



Organizadores:

Ana Grasielle Dionísio Corrêa

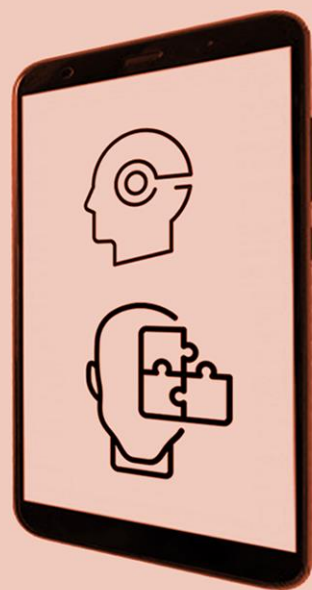
Bruno da Silva Rodrigues

Cibelle Albuquerque de la Higuera Amato

Valéria Farinazzo Martins



Tecnologias Aplicadas em Educação e Saúde



MEMNON

Ana Grasielle Dionísio Corrêa
Bruno da Silva Rodrigues
Cibelle Albuquerque de la Higuera Amato
Valéria Farinazzo Martins
(Organizadores)

Tecnologias Aplicadas em Educação e Saúde



MEMNON

São Paulo, 2021

© 2021 Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da Universidade Presbiteriana Mackenzie

ISBN 978-65-87672-17-5

REVISADO POR PARES

Supervisão editorial: SILVANA SANTOS

Projeto gráfico e capa: CATARINA RICCI

Revisão: SILVIA CRISTINA ROSAS

Todos os direitos de publicação reservados por

Memnon Edições Científicas Ltda.

Rua França Pinto 941 - 04016-034 - São Paulo - SP

(11) 5575-8444 - www.memnon.com.br

Esta editora é membro associado da



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Tecnologias aplicadas em educação e saúde [livro eletrônico] / organização Ana Grasielle Dionísio Corrêa...[et al.]. -- São Paulo, SP : Memnon, 2021.
PDF

Vários autores.

Outros organizadores: Bruno da Silva Rodrigues, Cibelle Albuquerque de la Higuera Amato, Valéria Farinazzo Martins.

Bibliografia.

ISBN 978-65-87672-17-5

1. Educação - Tecnologia 2. Inovações médicas
3. Inovações tecnológicas 4. Promoção da saúde
5. Tecnologia Assistiva (TA) 6. Tecnologia - Aspectos sociais 7. Educação inclusiva I. Corrêa, Ana Grasielle Dionísio.

21-92216

CDD-371.904334

Índices para catálogo sistemático:

1. Tecnologia assistiva : Educação inclusiva
371.904334

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

Este livro foi produzido com recursos financeiros do Programa de Excelência Acadêmica (Proex), Processo número 1133/2019, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001.

As pesquisas apresentadas nos capítulos deste livro foram apoiadas por diferentes agências de financiamento como: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundo Mackenzie de Pesquisa (MackPesquisa) da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Sumário

Pareceristas **(9)**

Organizadores **(14)**

Autores **(15)**

Apresentação **(26)**

SEÇÃO 1. Ferramentas tecnológicas voltadas para tecnologias assistivas, acessibilidade e avaliação

Capítulo 1

Tecnologias assistivas no ensino-aprendizagem: transtorno específico da aprendizagem e deficiência intelectual **(32)**

Ivone Félix de Sousa, Glauce Karine Conti de Freitas Elage, Emily Félix de Spindola, Juliana Batista Araújo dos Santos, Alessandra Gotuzo Seabra

Capítulo 2

O Uso da tecnologia para intervenções em crianças e adolescentes com transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) **(50)**

Juliana Dalla Martha Rodriguez, Nadia Maria Giaretta Ranalli, Lara Caldas Medeiros de Sá Zandoná D'Almeida, Maria Cristina Triguero Veloz Teixeira

Capítulo 3

Design instrucional com acessibilidade: estudo de caso da plataforma SELI **(63)**

Cibele Cesario da Silva Spigel, Cibelle A de la Higuera Amato, Maria Amélia Eliseo, Ismar Franco Silveira, Valéria Farinazzo Martins

Capítulo 4

Tecnologia assistiva na avaliação das habilidades receptivas de vocabulário de pessoa com surdez **(80)**

Damião Michael Rodrigues de Lima, Juliana Dalla Martha Rodriguez, Janaína Aparecida de Oliveira Augusto, Lara Caldas Medeiros de Sá Zandoná D'Almeida, Nadia Maria Giaretta Ranalli, Maria Cristina Triguero Veloz Teixeira

Capítulo 5

A utilização de app como recurso de Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA) em grupos sociocomunicativos de crianças e jovens não falantes com autismo e suas famílias **(95)**

Jessica Mayara, Fernanda Orsati

Capítulo 6

A elaboração de uma ferramenta tecnológica a serviço da avaliação e da estimulação em linguagem **(106)**

Gerson Obede Estevão Muitana, Daniela Regina Molini-Avejonas, Ana Cláudia Rossi, Valéria Farinazzo Martins, Cibelle Albuquerque de la Higuera Amato

Capítulo 7

A tecnologia como ferramenta de intervenção na linguagem **(120)**

Valeria F Martins, Maria Amelia Eliseo, Daniela Regina Molini-Avejonas, Vitoria L Sarlanis, Cibelle A de la Higuera Amato

Capítulo 8

Desempenho no Teste Informatizado de Avaliação das Funções Executivas (TAFE) por crianças com transtorno do espectro do autismo **(134)**

Glauce Karine Conti de Freitas Elage, Ivone Félix de Sousa, Piera Sampaio Antunes Lima, Alessandra Gotuzo Seabra

Capítulo 9

Árvore de decisão como modelo de análise em processos diagnósticos: discussão da sua aplicação em um estudo sobre desatenção e hiperatividade **(150)**

Mayara Miyahara Moraes Silva, Luiz Renato Rodrigues Carreiro, Maria Cristina Triguero Veloz Teixeira, Leandro Augusto da Silva, Anderson Martins Silva

Capítulo 10

Tecnologia assistiva em teleatendimento colaborativo: reflexões sobre desafios e possibilidades do trabalho em equipe a favor da autonomia **(162)**

Karina Rizzardo Sella, Marisa Hirata Fabri, Tarsila Pandeló de Oliveira

SEÇÃO 2. Jogos eletrônicos e jogos sérios como recurso tecnológico para auxiliar na educação e saúde

Capítulo 11

Jogos sérios em saúde: conceitos e aplicações **(180)**

Tiago França Melo de Lima, Gilda Aparecida de Assis, Ana Grasielle Dionísio Correa, Alexandre Fonseca Brandão

Capítulo 12

Intervenção neuropsicológica com o uso de jogos sérios em disfunção executiva em crianças com transtornos do desenvolvimento **(197)**

Fabiana Coimbra Noronha, Janaína Aparecida de Oliveira Augusto, Cibelle Albuquerque de la Higuera Amato

Capítulo 13

Terapia domiciliar com uso de videogames para desenvolvimento e aprimoramento da funcionalidade em pacientes neurológicos **(210)**

Natalia Regina Kintschner, Ana Grasielle Dionísio Corrêa, Silvana Maria Blascovi-Assis

Capítulo 14

O uso de jogos eletrônicos na educação para crianças com transtorno do espectro do autismo: uma revisão narrativa **(223)**

Leni Porto Costa Siqueira, Nadia Giaretta-Ranalli, Sebastião Gonçalves de Barros Neto

Capítulo 15

Jogos digitais aplicados no ensino de Biologia (doenças virais) para crianças e adolescentes no processo de aprendizagem **(239)**

Alice Couto Bagdzius, Silvana Maria Blascovi-Assis, Ana Grasielle Dionísio Corrêa

SEÇÃO 3. Tecnologias e técnicas não invasivas e suas aplicações em saúde e educação

Capítulo 16

Potencialidades da espectroscopia funcional por infravermelho próximo (fNIRS) para o estudo do cérebro em desenvolvimento na primeira infância **(258)**

Vera Mateus, Júlia Scarano de Mendonça, Helga Oliveira Miguel, Sara Cruz, Adriana Sampaio, Rickson C. Mesquita, Ana Alexandra Caldas Osório

Capítulo 17

O uso da espectroscopia funcional por infravermelho próximo (fNIRS) como técnica de neuroimagem em pesquisas sobre o transtorno do déficit de atenção / hiperatividade (TDAH) a partir de uma perspectiva dimensional e de heterogeneidade **(274)**

Armando dos Santos Afonso Junior, Izabella Trinta Paes, Vera Lúcia Esteves Mateus, Ana Alexandra Caldas Osório, Walter Machado Pinheiro, Luiz Renato Rodrigues Carreiro

Capítulo 18

Espectroscopia funcional de infravermelho próximo (fNIRS): aplicações em pesquisas na área educacional **(290)**

Waldir M. Sampaio, Fernanda N. Pantaleão, Carolina Gudin, Marília Lira, Paulo S. Boggio

Capítulo 19

Eletroencefalografia: como a técnica eletrofisiológica pode auxiliar a compreensão de processos cognitivos na aprendizagem e na saúde **(306)**

Ana Luísa Freitas, Beatriz Bezerra de Souza, Gabriel Gaudêncio do Rêgo, Ruth Lyra Romero, Stella Andrade Bassetto, Paulo Sérgio Boggio

Capítulo 20

Fisiologia e educação: como estudos com eletrocardiografia e medidas de condutância da pele podem contribuir para a construção de um ambiente propício para a aprendizagem **(325)**

Letícia Yumi Nakao Morello, Patrícia Moraes Cabral, Beatriz de Oliveira Ribeiro, Paulo Sérgio Boggio

Capítulo 21

Estimulações cerebrais não invasivas: as aplicações de Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) e Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) na aprendizagem e na clínica **(340)**

Marília Lira S. Coêlho, Patrícia Moraes Cabral, Letícia Yumi N. Morello, Gabriel Gaudêncio do Rêgo, Paulo Sérgio Boggio

SEÇÃO 4. Tecnologias de processamento de imagens como ferramentas para auxiliar nos processos de avaliação cognitiva e de reabilitação

Capítulo 22

Métodos de rastreamento de movimento ocular aplicados à saúde e à educação **(363)**

Paulo Guirro Laurence, Matheus Sant'Ana Michelino, Júlia Benvenuti Gerotto, Gabriel Gaudêncio do Rêgo, Elizeu Coutinho de Macedo

Capítulo 23

Uso de sistemas de eye-tracking para avaliação de pessoas com autismo e síndrome de Rett **(380)**

Jucineide Silva Xavier, Lourenço Kefalás Barbosa, José Salomão Schwartzman

Capítulo 24

Relação entre estresse e mães de indivíduos com autismo: um estudo usando FaceReader **(393)**

Aline Helen Corrêa Garcia, Lucas Murrins Marques, Paulo Sérgio Boggio, Décio Brunoni

Capítulo 25

FISIOBEM – Software para auxílio no tratamento da paralisia facial **(408)**

Grégory Fernandes Ramires, Matheus Gois de Lima Silva, Adriana Cristina D'Arco Rodrigues, Bruno da Silva Rodrigues, Daniela Vieira Cunha

SEÇÃO 5. Desafios dos sistemas de informação em educação e saúde

Capítulo 26

Sistemas de informação em saúde no atendimento clínico **(425)**

José Muniz Junior, Cristiano da Silva Benites

Capítulo 27

Gestação de risco e prematuridade: aplicativos móveis disponíveis na web para o sistema Android **(444)**

Ligia Maria da Costa Canellas Tropiano, Gisela Rosa Franco Salerno, Silvana Blascovi-Assis, Ana Grasielle Dionísio Corrêa

Capítulo 28

Desafios da COVID-19 na educação: o cuidado e educação **(456)**

Alessandra Ferreira de Brito, Cláudio Aparecido Sant'Ana

Índice remissivo **(473)**

Pareceristas

Profa. Dra. Adriana Nathalie Klein
Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP)

Prof. Dr. Alcides Teixeira Barboza Junior
Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Dra. Alessandra Gotuzo Seabra
Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Dr. Alexandre Cardoso
Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Prof. Dr. Alexandre Fonseca Brandão
Instituto Brasileiro de Neurociência e de Neurotecnologia - BRAINN, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Prof. Dra. Ana Alexandra Caldas Osório
Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Me. Ana Rita Avelino Amorim
Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Me. André Brasiliano da Silva
Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Me. André Kishimoto
Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Dr. André Luiz Satoshi Kawamoto
Ciência da Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Profa. Dra. Beatriz de Almeida Pacheco
Arquitetura e Urbanismo, Universidade Paulista (UNIP)

Prof. Dr. Charles Boulhosa Rodamilans
Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Dra. Daniela Marques
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP)

Profa. Dra. Daniela Regina Molini Avejonas
Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo (USP)

Profa. Dra. Daniela Vieira Cunha
Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Dr. Decio Brunoni
Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Me. Elisângela Botelho Gracias
Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Dr. Elizeu Coutinho de Macedo
Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Me. Eugênia L. S. Rodrigues Pires
Centro Universitário Lusíada (UNILUS)

Prof. Dr. Eurico Luiz Prospero Ruivo
Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Dra. Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques
Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo (USP)

Profa. Dra. Fernanda Dreux Miranda Fernandes
Departamento de Fisioterapia Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, Universidade de São Paulo (USP)

Profa. Dra. Gilda Aparecida de Assis
Departamento de Computação e Sistemas, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

Profa. Dra. Graziela Santos de Araújo
Faculdade de Computação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)

Me. Guido Augusto Faria Pereira
Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP)

Profa. Me. Heline Machado
Centro Universitário Lusíada (UNILUS)

Prof. Me. Hugo Bittencourt
Centro Universitário CESMAC

Prof. Dr. Ismar Silveira Frango
Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Dr. João Soares de Oliveira Neto
Centro de Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

Prof. Me. Joaquim Pessôa Filho
Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Dr. José Salomão Schwartzman
Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Dra. Juliana Cristina Braga
Universidade Federal do ABC (UFABC)

Profa. Dra. Kamila Santos Ressurreição
Fisioterapia, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Dr. Leandro Pupo Natale
Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Dra. Leila Cristina Carneiro Bergamasco
Centro Universitário FEI

Prof. Dr. Leonardo Souza Silva
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)

Profa. Me. Ligia Maria da Costa Canellas
Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Dr. Luiz Renato Rodrigues Carreiro
Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Dr. Marcelo de Paiva Guimarães
Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)

Profa. Dra. Maria Amélia Eliseo
Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Dra. Maria Cristina Triguero Veloz Teixeira
Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Dra. Maria Eloísa Famá D'Antino
Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Dra. Marina Monzani da Rocha
Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Dr. Mario Olímpio de Meneses
Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Dra. Natália Becker

Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Me. Natália Regina Kintschner

Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Dr. Orlando Bisacchi Coelho

Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Dr. Paulo Nazareno Maia Sampaio

Universidade Salvador (UNIFACS)

Prof. Dr. Pedro Henrique Cacique Braga

Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Dra. Pollyana C. S. Notargiacomo

Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Me. Priscila Lanzillotta

Fundação Lusíada (UNILUS)

Profa. Dra. Renata Mendes de Araujo

Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Me. Renata Sampaio Rodrigues Soutinho

Centro Universitário CESMAC

Profa. Me. Rita de Cássia Carames Saraiva Santo

Centro Universitário Lusíadas

Profa. Dra. Roberta Monterazzo Cysneiros

Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Dra. Silvana Maria Blascovi de Assis

Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Dra. Susi Mary de Souza Fernandes

Fisioterapia, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Me. Tiago França Melo de Lima

Departamento de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto (UFPO)

Prof. Dr. Arnaldo R. de Aguiar Vallim Filho

Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Dra. Valéria Farinazzo Martins

Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Dr. Vera Lúcia Esteves Mateus

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Prof. Dr. Vivaldo José Breternitz

Faculdade de Computação e Informática, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Profa. Me. Zodja Graciani

Fisioterapia, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Organizadores

Ana Grasielle Dionísio Corrêa

Bacharel em Engenharia de Computação pela Universidade Católica Dom Bosco (UCDB), Mestre e Doutora em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Docente da Faculdade de Computação e Informática (FCI) e do Programa de Pós-graduação em Computação Aplicada (PPGCA), Colaboradora do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento (PPG-DD) da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

Bruno da Silva Rodrigues

Bacharel em Engenharia da Computação, Mestre e Doutora em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), Doutorado no Instituto de Eletrônica e Telecomunicações de Rennes (IETR) pela Universidade de Rennes 1 (França). Docente da Faculdade de Computação e Informática (FCI) da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

Cibelle Albuquerque de la Higuera Amato

Fonoaudióloga, Mestre em Fisiopatologia Experimental pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), Doutora em Linguística Geral pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP. Docente do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento (PPG-DD) da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

Valéria Farinazzo Martins

Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos (UNIFESP), Doutora em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), com Pós-doutorado na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Docente da Faculdade de Computação e Informática (FCI) e do Programa de Pós-graduação em Computação Aplicada (PPGCA), Colaboradora no Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento (PPG-DD) da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

Autores

Adriana Cristina D'Arco Rodrigues

Fisioterapeuta, com Residência em Neurologia na AACD, Especialização em Intervenção em Neuropediatria pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) e em Acupuntura e Eletroacupuntura pela ABACO-CBA.

Adriana Sampaio

Psicóloga, Doutora em Psicologia pela Universidade do Minho, Concluiu o Curso de Medicina pelo Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar – Universidade do Porto. Vice-Presidente da Escola de Psicologia e Presidente da Direção da Associação de Psicologia da Universidade do Minho. Diretora do Laboratório de Neurociência Psicológica.

Alessandra Ferreira de Brito

Licenciada em Pedagogia, Mestre em Educação, Doutora em Distúrbios do Desenvolvimento pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM). Professora de Ensino Médio / Técnico e Orientadora Educacional pelo Centro Paula Souza, nas unidades de ensino Etec de Artes e Etec Getúlio Vargas.

Alessandra Gotuzo Seabra

Psicóloga, Mestre, Doutora e com Pós-doutorado em Psicologia pela Universidade de São Paulo (USP). Professora do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da UPM.

Alexandre Fonseca Brandão

Doutor em Biotecnologia pelo Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia na UFSCar e Especialista em Informática em Saúde pela UNIFESP. Atualmente é Pesquisador Associado no Instituto Brasileiro de Neurociência e de Neurotecnologia - BRAINN (CEPID FAPESP) e no Instituto de Física Gleb Wataghin - UNICAMP, com estágio Pós-doutoral no Instituto de Bioengenharia da Catalunha - IBEC.

Alice Couto Bagdzius

Licenciada em Ciências Biológicas, Mestranda em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM, com bolsa CAPES. Professora de Ciências para o Ensino Fundamental II. Desenvolve projetos de pesquisa na área de Jogos Sérios, TDAH e Funções Executivas.

Aline Helen Corrêa Garcia

Bióloga, Mestre e Doutora em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM. Professora de Ciências Biológicas nas redes pública e privada, Produtora de material didático para o Sistema Piaget de Ensino e Sistema Mackenzie de Ensino.

Ana Alexandra Caldas Osório

Psicóloga e Doutora em Psicologia pela Universidade do Minho (Portugal; Bolsista-sanduíche na Durham University - Reino Unido), com Pós-doutorado no Laboratório de Neuropsicofisiologia da mesma universidade. Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento na UPM. Editora Associada da Revista Psicologia: Teoria e Prática.

Ana Claudia Rossi

Bacharel em Ciência da Computação e Mestre em Engenharia Elétrica pela USP, Doutora em Engenharia de Computação – Engenharia Elétrica pela USP. Professor Assistente Associado da UPM.

Ana Grasielle Dionisio Corrêa

Engenheira de Computação, Doutora em Engenharia Elétrica pela Poli-USP. Docente dos Cursos de Ciência da Computação e Sistemas de Informação da Faculdade de Computação e Informática, atua no mestrado profissional em Computação Aplicada e como Colaboradora do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da UPM.

Ana Luísa Freitas

Licenciada em Letras e Especialista em Linguística Aplicada a Práticas Discursivas pela FAFIRE, Especialista em Neurociência e Psicologia Aplicada pela UPM, Mestre em Linguística e Língua Portuguesa pela PUC-MG, Doutoranda em Distúrbios do Desenvolvimento na UPM. Professora Convidada no curso de Pós-graduação Lato Sensu em Neurociência e Psicologia Aplicada da UPM.

Anderson Martins Silva

Mestre em Engenharia Elétrica e de Computação pela UPM, Graduação em Estatística pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, tendo em ambos bolsa de estudos financiada por programa governamental.

Armando dos Santos Afonso Junior

Psicólogo pela Universidade Federal Fluminense (UFF), Especialista em Neuropsicologia pelo Instituto Brasileiro de Neuropsicologia e Ciências Cognitivas (IBNeuro), Mestre em Neurociências pela UFF, Doutorando em Distúrbios do Desenvolvimento da UPM.

Beatriz Bezerra de Souza

Graduanda em Psicologia pela UPM. Membro do Laboratório de Neurociência Cognitiva e Social. Bolsista de Iniciação Científica pelo CNPq.

Beatriz de Oliveira Ribeiro

Psicóloga, Mestre em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM, com bolsa FAPESP. Membro do Laboratório de Neurociências Cognitivo e Social da UPM.

Bruno da Silva Rodrigues

Graduado em Engenharia da Computação, Mestre e Doutor em Engenharia Elétrica com ênfase em microeletrônica pela Escola Politécnica da USP, e Doutorado no Instituto de Eletrônica e Telecomunicações de Rennes (IETR) pela Universidade de Rennes 1 (França). Professor Assistente Doutor I da UPM.

Carolina Gudin

Psicóloga pela UPM, Mestranda em Distúrbios do Desenvolvimento na UPM. Pesquisadora no Laboratório de Neurociência Cognitiva e Social, da UPM.

Cibele Cesario da Silva Spigel

Graduada em Letras pela USP, Mestranda em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM, Especialista em Gestão Estratégica em EAD pelo Senac, Especialista em Design Instrucional pelo Senac, Especialista em Língua portuguesa pela Pontifícia Universidade Católica (PUC). Designer Educacional da UPM.

Cibelle A. de la Higuera Amato

Fonoaudióloga, Mestre em Fisiopatologia Experimental pela Faculdade de Medicina da USP, Doutora em Semiótica e Linguística Geral pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP. Docente do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da UPM, Pesquisadora do Laboratório de Investigação Fonoaudiológica nos Distúrbios do Espectro do Autismo do Curso de Fonoaudiologia da Faculdade de Medicina da USP.

Claudio Aparecido Sant Ana

Músico, Professor de Artes, Pedagogo, com especialização em Direito Educacional. Atua como Diretor de Escola Técnica da Etec de Artes do Centro Paula Souza.

Cristiano da Silva Benites

Analista de Sistemas e Professor Universitário. Mestre em Engenharia Elétrica e da Computação pela UPM, com bolsa pela CAPES. Doutorando em Engenharia Elétrica e da Computação pela UPM, com bolsa de isenção integral pela própria instituição.

Damião Michael Rodrigues de Lima

Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Ceará (UECE) e em Letras / Libras pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Especialista em Ciências Ambientais pelas Faculdades Integradas de Patos e em Educação Especial Inclusiva pela Faculdade Montenegro, Mestre em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM, Doutorando em Educação pela Universidade Tiradentes (UNIT). Professor de Libras do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Iguatu.

Daniela Regina Molini-Avejonas

Fonoaudióloga, Mestre e Doutora em Fisiopatologia Experimental pela FMUSP. Docente do Curso de Fonoaudiologia e Coordenadora do Laboratório de Investigação Fonoaudiológica em Atenção Primária à Saúde da FMUSP. Vice-coordenadora do Programa de Aprimoramento em Fonoaudiologia em Psiquiatria Infantil do Hospital das Clínicas da FMUSP.

Daniela Vieira Cunha

Graduada em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Mestre em Engenharia Elétrica pela UFU, Doutora em Engenharia Elétrica pela USP, iniciado na University of Maryland (College Park - EUA). Professora da UPM.

Decio Brunoni

Médico com Título de Especialista em Genética Médica, Mestrado, Doutorado e Livre Docência em Genética Humana e Médica. Professor Titular do Programa de Pós-graduação da UPM, Pesquisador do Laboratório TEA-MACK do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da UPM.

Elizeu Coutinho de Macedo

Psicólogo, Mestre e Doutor em Psicologia Experimental pela USP. Professor Adjunto do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da UPM, Membro da Academia Paulista de Psicologia (cadeira 32), Bolsista de Produtividade em Pesquisa 1B – CNPq, Pesquisador do Laboratório de Neurociência Cognitiva e Social.

Emily Félix de Spindola

Estudante de Psicologia e de Iniciação Científica da PUC - Goiás.

Fabiana Coimbra Noronha

Psicóloga, Especialista em Avaliação e Reabilitação Neuropsicológica, Mestranda em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM.

Fernanda Naomi Pantaleão

Graduada em Psicologia pela UPM, Pesquisadora Membro do Laboratório de Neurociência Cognitiva e Social da UPM, Bolsista de Iniciação Científica pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Fernanda T. Orsati

Psicóloga, Doutora em Educação Especial e Inclusiva pela Syracuse University. Atua como psicóloga clínica, consultora em suportes psicoeducativos e inclusivos, principalmente comunicação alternativa.

Gabriel Gaudencio do Rêgo

Psicólogo, Especialista em neuropsicologia pelo Instituto de Neurologia de São Paulo (INESP), Mestre, Doutor e Pós-doutorando no Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da UPM. Professor convidado na Pós-graduação Lato Sensu em Neurociência e Psicologia Aplicada na UPM.

Gerson O. E. Muitana

Psicólogo com enfoque Escolar e Necessidades Educativas Especiais pela Universidade Eduardo Mondlane (Moçambique), Mestre e Doutorando em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM, com bolsa do Programa ProAfri.

Gilda Aparecida de Assis

Cientista da Computação, Doutora em Ciências pela Poli-USP, Docente dos Cursos de Engenharia de Computação e Sistemas de Informação do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Gisela Rosa Franco Salerno

Fisioterapeuta pela Universidade de Mogi das Cruzes (UMC), Especialista em Uroginecologia pela UNIFESP, Mestre em Ciências da Saúde pela UNIFESP, Doutora em Ginecologia pela UNIFESP. Professora da UPM nas disciplinas de Fisioterapia aplicada a Ginecologia e Obstetrícia e Dermatologia.

Glauce Karine Conti de Freitas Elage

Psicóloga pela PUC - Goiás, Mestre e Doutora em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM.

Grégory Fernandes Ramires

Bacharel em Ciência da Computação pela UPM.

Helga O. Miguel

Terapeuta Ocupacional, Doutora em Psicologia Básica pela Universidade do Minho (Portugal), Investigadora Associada nos Institutos Nacionais de Saúde, Estados Unidos da América.

Ismar Frango Silveira

Bacharel em Matemática-Informática pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Mestre em Computação pelo ITA, Doutor em Engenharia Elétrica pela USP. Professor da UPM, em graduações na área de Informática e no Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Computação. Representante Internacional da Faculdade de Computação e Informática.

Ivone Félix de Sousa

Psicóloga, Mestre em Psicologia pela PUC Goiás, Doutoranda em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM. Professora e Pesquisadora da PUC Goiás.

Izabella Trinta Paes

Psicóloga, Mestre e Doutoranda em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM, Especialista em Psicologia de Envelhecimento pelo Centro de Estudos Psico-Cirúrgicos – CEP-SIC, Divisão de Psicologia e Serviço de Geriatria do Instituto Central do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – ICHC-FMUSP.

Janaína Aparecida de Oliveira Augusto

Psicóloga pela Universidade São Francisco, Especialista em Neuropsicologia Aplicada à Neurologia Infantil pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Mestranda em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM.

Jessica Mayara

Psicóloga pela Universidade Paulista, Mestranda em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM, Especializanda em Intervenção ABA, autismo e deficiência intelectual. Atua como psicóloga clínica.

José Muniz Junior

Médico Psiquiatra com área de atuação em Psiquiatria da Infância e da Adolescência, Especialista em Informática em Saúde pela UNIFESP, Mestrando em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM.

José Salomão Schwartzman

Médico pela UNIFESP, Doutor em Medicina (Neurologia) pela UNIFESP. Professor Titular no Curso de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da UPM, Coordenador do Laboratório TEA-MACK.

Jucineide Silva Xavier

Psicóloga pela UPM, Especialista em Neuropsicologia, Mestre em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM. Realizou atualização profissional em Neuropsicologia pela UNIFESP.

Júlia Benvenuti Gerotto

Psicóloga pela UPM.

Júlia Scarano de Mendonça

Fonoaudióloga, Mestre em Linguística Aplicada e Estudos da Linguagem, Doutora em Psicologia do Desenvolvimento Humano pela Université du Québec à Montréal (Canadá) (Doutorado no exterior CNPq), e reconhecido pela USP. Estágio de pesquisa na Westfälische Wilhelms Universität Münster, na Alemanha, durante seis meses (Programa BEPE/FAPESP). Desenvolveu pesquisa de Pós-doutorado no Departamento de Psicologia Experimental da USP (bolsa FAPESP) e no Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da UPM (bolsa CAPES PrInt). Docente no Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Psicologia da Universidade Ibirapuera (São Paulo).

Juliana Batista Araújo dos Santos

Estudante de Psicologia e de Iniciação Científica da PUC Goiás.

Juliana Dalla Martha Rodriguez

Psicóloga pela UPM, Especialista em Psicologia da Infância pela UNIFESP e em Gestão Escolar pela Universidade Cidade de São Paulo, Mestre em Saúde Coletiva pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Doutoranda em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM. Atualmente é Consultora Pedagógica do Senac São Paulo.

Karina Rizzardo Sella

Fonoaudióloga, Mestranda em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM, com bolsa CAPES. Desenvolve projeto de pesquisa na área de Tecnologia Assistiva e informações em plataforma digital a professores de alunos com necessidades específicas de aprendizagem.

Lara Caldas Medeiros de Sá Zandoná D'Almeida

Psicóloga, Mestre em Psicologia Clínica pela PUC-SP, Doutoranda do Programa de Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM. Psicóloga Clínica, atuando em Saúde Pública e Privada.

Leandro Augusto da Silva

Graduado em Engenharia da Computação, Mestre e Doutor pela Escola Politécnica da USP. Professor na Faculdade de Computação e Informática e Professor da Pós-graduação Strictu-Sensu dos Programas da Engenharia Elétrica e Computação e Aplicada da UPM. Autor principal do livro didático sobre Mineração de Dados pela editora Gen. Lidera o Laboratório e Grupo de Pesquisa Big MAAp - Big Data e Métodos Analíticos Aplicados.

Leni Porto Costa Siqueira

Pedagoga, Doutora em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM. Psicopedagoga do Instituto de Psiquiatria da UFRJ, Professora da Fundação Municipal de Educação de Niterói (RJ).

Letícia Yumi Nakao Morello

Psicóloga, Mestranda em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM, com bolsa FAPESP. Membro do Laboratório de Neurociências Cognitivo e Social da UPM desde 2016.

Ligia Maria da Costa Canellas Tropiano

Fisioterapeuta pela Universidade do Sagrado Coração, Mestre em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM. Professora em período parcial (30h) do Curso de Fisioterapia da UPM, Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da UPM.

Lourenço Kefalás Barbosa

Psicólogo em formação pela UPM, Administrador de Empresas pela PUC-SP, Pós-graduado em Certificate in Business Administration (CBA) pelo Insper. Pesquisador no Laboratório de Transtornos do Espectro do Autismo (TEA-MACK) da UPM.

Lucas Murrins Marques

Psicólogo pela UPM, Mestre em Psicologia Básica pela Universidade do Minho, Mestre e Doutor em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM, Pós-doutorando em Neurofisiologia no Instituto de Medicina Física e Reabilitação (IMREA) da FMUSP. Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo 2021/05897-5,

Luiz Renato Rodrigues Carreiro

Psicólogo, Especialista em Neurobiologia pela UFF, Mestre e Doutor em Ciências – Fisiologia Humana pela USP. Professor Adjunto do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento e do curso de Psicologia da UPM, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Nível 1D.

Maria Amelia Eliseo

Arquiteta pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, Mestre em Educação, Arte e História da Cultura pela UPM, Doutora em Ciências pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica). Docente na área de Computação e no Mestrado Profissional em Computação Aplicada da UPM.

Maria Cristina Triguero Veloz Teixeira

Psicóloga pela Universidade de Havana (Cuba), Especialista em Análise do Comportamento, Mestre em Psicologia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Doutora em Saúde pela UFSC. Professora do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento e do Curso de Psicologia do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da mesma instituição, Pesquisador e Membro da Equipe Gestora do Centro Mackenzie de Pesquisa sobre Infância e Adolescência, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1D.

Marília Lira da Silveira Coêlho

Fisioterapeuta pelo Centro Universitário da Bahia, Especialista em Reabilitação Neurofuncional pela Faculdade Social da Bahia, Mestre em Medicina e Saúde pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), Doutora em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM. Professora do Curso de Fisioterapia da UPM, Membro do Laboratório de Neurociência Social e Cognitiva da UPM.

Marisa Hirata Fabri

Terapeuta Ocupacional, Especialista em Tecnologia Assistiva. Membro da ISAAC Brasil – International Society of Alternative and Augmentative Communication / Capítulo Brasileiro.

Matheus Gois de Lima Silva

Bacharel em Ciência da Computação pela UPM, atuando em um laboratório da Faculdade, em desenvolvimento de software, o MackLeaps.

Matheus Sant’Ana Michelino

Psicólogo e Mestre em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM, com bolsa da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Pesquisador do Laboratório de Neurociência Cognitiva e Social da UPM. Docente dos cursos de pós-graduação Lato Sensu em Psicopedagogia e no curso de Neurociência Aplicada à Educação e Aprendizagem (modalidades presencial e EAD), ambos da UPM.

Mayara Miyahara Silva

Psicóloga pela UPM, Mestre e Doutora pelo Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da UPM, com Bolsa CAPES/PROEX Modalidade I. Acompanha e participa ativamente do Protocolo de Pesquisa sobre Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e do Laboratório de Transtorno do Espectro do Autismo TEA-MACK, ligados ao PPG em Distúrbios do Desenvolvimento da UPM.

Nadia Maria Giaretta Ranalli

Pedagoga, Mestre e Doutoranda em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM, Psicopedagoga pela UNICAMP, Especialista, Pós-graduada em Educação Especial com Língua Brasileira de Sinais - LIBRAS.

Natalia Regina Kintschner

Fisioterapeuta pela PUC- Campinas, Mestre e Doutoranda em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM, com bolsa CAPES. Desenvolve projetos de pesquisa na área de Realidade Virtual e pessoas com Paralisia Cerebral.

Patrícia Moraes Cabral

Psicóloga pela UPM, Membro do Laboratório de Neurociências Cognitivo e Social da Universidade desde 2016. Atualmente desenvolve pesquisa acerca dos diferentes aspectos inseridos na violência de gênero.

Paulo Guirro Laurence

Licenciatura e bacharelado em Ciências Biológicas pela UPM, Mestre e Doutorando em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM. Atualmente é Professor Convidado do Lato Sensu em Neurociência Aplicada à Educação e Aprendizagem na UPM.

Paulo S. Boggio

Psicólogo, Especialista em Neuropsicologia, Mestre em Psicologia Experimental e Doutor em Neurociências e Comportamento pela USP. Docente do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da UPM. Pesquisador Produtividade em Pesquisa 1C do CNPq, Coordenador do Laboratório de Neurociência Cognitiva e Social da UPM.

Piera Sampaio Antunes Lima

Psicóloga pela Universidade Paulista - Campus Brasília (DF), Mestranda pela Universidade Federal de Goiás.

Rickson Coelho Mesquita

Físico, Doutor em Ciências pelo Instituto de Física “Gleb Wataghin” da UNICAMP. Professor Associado do Instituto de Física da UNICAMP.

Ruth Lyra Romero

Psicóloga, Mestre em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM. Professora Convidada na Pós-graduação Lato Sensu em Neurociência e Psicologia Aplicada na UPM.

Sara Cruz

Psicóloga, Doutora em Psicologia Clínica pela Universidade do Minho (Braga, Portugal). Professora Auxiliar na Graduação e Pós-graduação na Universidade Lusíada – Norte, Porto. Responsável pelos cursos de Neuropsicologia e Avaliação e Intervenção Psicológica.

Sebastião Gonçalves de Barros Neto

Farmacêutico, Doutorando em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM.

Silvana Maria Blascovi-Assis

Fisioterapeuta, Doutora em Educação Física pela UNICAMP, Docente do Curso de Fisioterapia e do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da UPM.

Stella Andrade Bassetto

Graduanda em Psicologia pela UPM. Membro do Laboratório de Neurociência Cognitiva e Social e do Laboratório de Distúrbios do Desenvolvimento. Bolsista de Iniciação Científica pelo CNPq.

Tarsila Pandeló de Oliveira

Terapeuta Ocupacional, Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Terapia Ocupacional pela USP. Desenvolve projeto de pesquisa na área de educação inclusiva.

Tiago França Melo de Lima

Bacharel em Ciências da Computação pela UFOP, Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor do Departamento de Computação e Sistemas (DECSI) da UFOP.

Valeria F. Martins

Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Estadual Paulista, Mestre em Ciência da Computação pela UFSCar, Doutora em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica USP, com Pós-doutorado na Universidade Federal de Itajubá. Docente na área de Computação, atua no Mestrado Profissional em Computação Aplicada, Colaboradora no Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da UPM.

Vera Lúcia Esteves Mateus

Graduada e Doutorada em Psicologia Básica pela Universidade do Minho (Portugal), Pós-doutoranda no Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da UPM, com bolsa CAPES Print.

Vitoria L Sarlanis

Fonoaudióloga pela Universidade Tuiuti do Paraná, Especialista em Psicopedagogia pela PUC Paraná.

Waldir M. Sampaio

Bacharel em Psicologia pela Universidade Federal da Grande Dourados, Mestre em Psicologia pela UFSCar, Doutorando em Distúrbios do Desenvolvimento pela UPM, com bolsa da FAPESP. Pesquisador no Laboratório de Neurociência Cognitiva e Social da UPM.

Walter Machado-Pinheiro

Graduação em Medicina pela UFF, Mestre em Ciências Biológicas (Biofísica) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Doutor em Ciências (Fisiologia Humana) pela USP, com Pós-doutorado pela Facultad de Psicología da Universidad de Granada (Espanha). Professor Titular da UFF, onde ministra as disciplinas de Neuroanatomia e Neurociências para o curso de Psicologia. Está vinculado ao Programa de Pós-graduação em Neurologia/Neurociências da UFF.

Apresentação

A literatura aponta a emergente necessidade de utilizar novas tecnologias com vista a aprimorar a Saúde e a Educação e proporcionar melhor qualidade de vida à população. Além de possibilitar o gerenciamento de informações de forma mais eficiente, as tecnologias podem, também, surgir como ferramentas de apoio ao processo de ensino-aprendizagem, a partir da concepção e avaliação de recursos e tecnologias que promovam a inclusão e minimizem as barreiras físicas, cognitivas, sensoriais e sinestésicas.

Na área da Saúde, as tecnologias podem trazer benefícios tanto para os profissionais especializados e pacientes como também para apoiar a gestão das instituições. As soluções elucidadas para resolver os problemas que surgem na área da Saúde contemplam desde o diagnóstico, prevenção, tratamento e cuidado do paciente/cliente até os procedimentos e suporte para assistência médica, clínica, hospitalar e domiciliar.

Nos últimos dois anos, a pandemia do COVID-19 testou os conhecimentos da população acerca das novas tecnologias. Esse cenário único e desafiador fez com que os educadores e alunos se reinventassem na área da Educação, com uso de recursos tecnológicos que antes não eram notados. Do mesmo modo, os profissionais de Saúde passaram a reconhecer e a valorizar a importância das tecnologias e dos sistemas de informação aplicados à pesquisa científica.

Tais cenários de uso das novas tecnologias são temas centrais deste livro, que não são apenas resultados deste momento vivenciado, e sim do compromisso que a Universidade Presbiteriana Mackenzie sempre teve com o ensino, a pesquisa e a inovação. Portanto, a presente obra traz características de seriedade e de compromisso com a divulgação da ciência a todos os recantos que ela puder alcançar. Educação, medicina, fisioterapia, fonoaudiologia, farmácia, biologia, áreas da psicologia e tecnologia se mesclam no contexto da interdisciplinaridade, dando um colorido próprio a esta produção conjunta dos professores e pesquisadores do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento (PPG-DD), da Faculdade de Computação e Informática (FCI) e da Escola de Engenharia (EE) da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) e de muitos professores e pesquisadores convidados de diversos centros de excelência no ensino e na pesquisa no contexto nacional e internacional, tais como Associação de Psicologia da Universidade do Minho (APsi-UMinho), Etec de Artes do Centro Paula Souza, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), Fundação Municipal de Educação de Niterói/RJ, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Instituto Brasileiro de Neurociência e de Neurotecnologia – BRAINN, Instituto de Física Gleb Wataghin da UNICAMP, Instituto de Medicina Física e Reabili-

tação (IMREA) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), Instituto de Física da UNICAMP, Instituto de Psiquiatria da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Institutos Nacionais de Saúde dos Estados Unidos da América, ISAAC Brasil – *International Society of Alternative and Augmentative Communication*, Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC-SP), Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás), Universidade Federal Fluminense (UFF), Universidade Ibirapuera (UNIB), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e Universidade Lusíada.

CONTRIBUIÇÕES DA OBRA

Os capítulos apresentados vêm contribuir com relatos de experiência, revisões bibliográficas e/ou apontamentos de como essas tecnologias podem melhorar a Saúde e o processo de ensino-aprendizagem das pessoas atualmente e no futuro.

A abrangência da obra é ampla, abordando desde o desenvolvimento, aplicação e validação de tecnologias para apoiar a Saúde, avaliação e reabilitação de pessoas com deficiência ou com distúrbios de desenvolvimento, nas diversas fases da vida, quanto a acessibilidade e inclusão de pessoas que apresentem alguma condição específica de aprendizagem.

A primeira sessão do livro é formada por 10 capítulos que discutem o uso de ferramentas tecnológicas voltadas para tecnologias assistivas, acessibilidade e avaliação. O uso dessas tecnologias podem contribuir com o processo de ensino-aprendizagem de indivíduos com deficiência intelectual (DI) e com Transtorno Específico de Aprendizagem (TEAp) (Capítulo 1), favorecer o desenvolvimento de novas estratégias pedagógicas para o processo de aprendizagem de indivíduos com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) (Capítulo 2) e como o ecossistema SELI permite auxiliar no design instrucional, auxiliando professores e criadores de conteúdo na elaboração de materiais e cursos acessíveis (Capítulo 3).

No que tange comunicação e estimulação da linguagem, o uso de tecnologias pode auxiliar na avaliação das habilidades receptivas de vocabulário de pessoa com surdez (Capítulo 4) e no processo de aprendizagem da linguagem por meio da Comunicação Aumentativa e Alternativa (Capítulo 5). As tecnologias também podem ser um forte aliado no acompanhamento do desenvolvimento da fala e linguagem de crianças, com objetivo de rastrear de maneira precoce indícios e alterações de linguagem durante o seu desenvolvimento (Capítulo 6), oferecer ferramentas que auxiliem os terapeutas em sessões de fonoaudiologia com essas crianças em período de pré-alfabetização, assim como auxiliar crianças com TEA no treino de sua capacidade de compreensão

das palavras ditas por pessoas usando máscara de proteção facial no cenário da pandemia de COVID-19 (Capítulo 7).

Também foi abordado, na primeira sessão do livro, o uso da tecnologia para criar aplicativos de celulares para auxiliar na avaliação das funções executivas (TAFE) como memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva de crianças com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) sem deficiência intelectual (Capítulo 8) e o uso de inteligência artificial e árvore de decisão como modelo de análise em processos diagnósticos e avaliações de crianças com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) (Capítulo 9).

Completando a primeira sessão, são apresentadas reflexões sobre os desafios e possibilidades do trabalho em equipe a favor da autonomia por meio de teleatendimento de uma equipe multidisciplinar (Capítulo 10).

A segunda sessão do livro aborda como jogos digitais ou jogos sérios podem auxiliar tanto no ensino quanto prover melhora na saúde de indivíduos de maneira lúdica. Quando apresentamos o tema jogos digitais na perspectiva da Saúde, essa sessão apresenta ao leitor diversos desafios, assim como inúmeras oportunidades para a utilização dos jogos sérios para prover melhora na qualidade de vida bem como visualizar a possibilidade da integração dos jogos com tecnologias de realidade virtual, realidade aumentada, dispositivos vestíveis (*wearable devices*) (Capítulo 11). Versando o tema de maneira mais específica, o uso de jogos sérios pode auxiliar na reabilitação neuropsicológica de crianças com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) com disfunção executiva (Capítulo 12) e, assim, apoiar sessões de reabilitação motora em domicílio (Capítulo 13). O Capítulo 14 apresenta uma revisão sobre tecnologias de jogos desenvolvidos especificamente para indivíduos com diagnóstico de TEA, e o Capítulo 15 discorre sobre o uso de jogos no ensino de Biologia (Doenças Virais) para crianças e adolescentes com Transtornos do Desenvolvimento.

A terceira sessão do livro irá abordar tecnologias e técnicas não invasivas e suas aplicações em Saúde e Educação. São discutidas técnicas como espectroscopia funcional por infravermelho próximo (fNIRS) para o estudo do cérebro em desenvolvimento na primeira infância, apresentando as vantagens e desvantagens da técnica, bem como suas aplicações na avaliação do desenvolvimento infantil (Capítulo 16) e, a partir de uma perspectiva dimensional e de heterogeneidade no TDAH, buscar biomarcadores para déficits específicos e progredir para um sistema diagnóstico (Capítulo 17).

A mesma técnica pode ser usada em pesquisas em Educação e pode fundamentar estratégias pedagógicas, assim como possibilitar a realização de experimentos de *hyperscanning* para estudo da atividade cerebral durante processos de interação social entre alunos ou entre aluno(s) e professor (Capítulo 18).

Nessa sessão também são discutidas contribuições de técnicas eletrofisiológicas. Como a eletroencefalografia (EEG) pode auxiliar a compreensão de processos cognitivos na aprendizagem e na Saúde (Capítulo 19), e como os estudos com medidas periféricas, como eletrocardiografia e condutância da pele e fenômenos cognitivos, podem contribuir para a construção de um ambiente escolar e social propício para a aprendizagem (Capítulo 20).

Por fim, a terceira sessão apresenta como estimulações cerebrais não invasivas como Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) e Estimulação Magnética Transcraniana (EMT) podem auxiliar na aprendizagem e na clínica (Capítulo 21).

A quarta sessão do livro apresenta tecnologias relacionadas à área de processamento de imagens. A primeira tecnologia abordada nessa sessão é a de rastreamento de Movimento Ocular como *eye-tracking*, técnica que pode contribuir para a compreensão das estratégias cognitivas em testes de inteligência, para auxiliar no processo de avaliação da habilidade de leitura, assim como contribuir para o entendimento do esforço cognitivo, formação de memórias e aprendizado (Capítulo 22). A técnica de *eye-tracking* é capaz de ajudar a expandir a compreensão da cognição e do comportamento em distúrbios neurológicos, como pessoas com autismo e Síndrome de Rett (Capítulo 23).

Além do uso das ferramentas de *eye-tracking*, essa sessão apresentará a ferramenta FaceReader aplicada à análise das expressões faciais de mães de indivíduos com TEA (Capítulo 24). O Capítulo 25 mostra a aplicação mobile FisioBem, que tem como objetivo auxiliar terapeutas na reabilitação e avaliação de pacientes com Paralisia Facial, bem como auxiliar o paciente a executar a rotina de exercícios sugerida pelo terapeuta de maneira correta e segura (Capítulo 25).

Na última sessão do livro serão apresentados desafios dos sistemas de informação em Educação e Saúde. Na Saúde, um dos maiores desafios é a criação de um Sistema de Informação em Saúde (SIS) para integrar dados de diferentes locais gerados por membros com especialidades distintas e equipe multidisciplinar; todavia a tendência é integrar e disponibilizar essas informações em um sistema mais específico e integrado, denominado Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP) (Capítulo 26). Outro desafio é o desenvolvimento de aplicativos móveis que forneçam informações confiáveis sobre temas relacionados a Saúde. Outra contribuição do livro é uma revisão quantitativa e qualitativa de literatura, assim como uma avaliação dos aplicativos disponíveis para download sobre aplicativos desenvolvidos para mulheres com gestação de risco e prematuridade (Capítulo 27). E, por fim, o contexto de pandemia da COVID-19 impôs desafios na área de Educação, sendo que as tecnologias podem ser tornar um meio de correlacionar as necessidades da comunidade escolar, no sentido de formação, Educação e de interface para promover a equidade de oportunidades de inserção e permanência na escola, em especial no atual contexto social de isolamento social (Capítulo 28).

Dessa forma, são apresentados aos leitores os 28 capítulos que resultam de recente trajetória de pesquisas nas áreas de aplicação das tecnologias em Educação e Saúde, acreditando que o maior objetivo desta produção seja o de poder oferecer, ao público em geral, conhecimentos produzidos intramuros da Universidade. Eles foram escritos por cerca de 84 colaboradores, sendo que a grande parte da produção foi realizada por alunos do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento e da Faculdade de Computação e Informática da Universidade Presbiteriana Mackenzie – UPM, mas ainda por pesquisadores de outras unidades acadêmicas da UPM.

Poder, nesse momento, apresentar aos leitores uma obra construída coletivamente por todos nós pesquisadores e muitos de nossos alunos, além de pesquisadores de outras instituições, é motivo de muito orgulho e alegrias por continuarmos presentes e atuantes nesse Projeto desde sua concepção e implantação.

Professora Doutora Ana Grasielle Dionísio Corrêa

Professor Doutor Bruno da Silva Rodrigues

Professora Doutora Cibelle Albuquerque de la Higuera Amato

Professora Doutora Valéria Farinazzo Martins



SEÇÃO 1

**Ferramentas tecnológicas
voltadas para tecnologias
assistivas, acessibilidade e
avaliação**

1

Tecnologias assistivas no ensino-aprendizagem: transtorno específico da aprendizagem e deficiência intelectual

Ivone Félix de Sousa

Glauce Karine Conti de Freitas Elage

Emily Félix de Spindola

Juliana Batista Araújo dos Santos

Alessandra Gotuzo Seabra

INTRODUÇÃO

Atualmente, com tantas demandas tecnológicas em diversas facetas da vida, incluindo a educação, as Tecnologias Assistivas (TA) têm se destacado como recurso para melhorar o aprendizado das pessoas, principalmente daquelas que apresentam alguma dificuldade ou deficiência. Entende-se por TA aqueles recursos apresentados com diferentes formas, digitais ou não, direcionados às pessoas com diferentes deficiências, incapacidades e dificuldades ou transtorno de aprendizagem, que abrangem áreas interdisciplinares e cujo foco é promover autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão. As TA possibilitam ampliar a comunicação e desenvolver habilidades de aprendizado, de relações sociais, entre outros, atuando diretamente no aspecto funcional da pessoa (17).

Partindo do princípio de que as TA podem auxiliar em diferentes tipos de dificuldades de aprendizagem, neste capítulo o foco está nas TA digitais, que apresentam diferentes ferramentas (*software*, jogos, sistemas de treinamento, entre outros) como recursos para melhorar a aprendizagem. Em termos de população-alvo, o capítulo está focado nas pessoas com Deficiência intelectual (DI) e com Transtorno Específico de Aprendizagem (TEAp), quadros inclusos nos Transtornos do Neurodesenvolvimento descritos no DSM-5 (2). A motivação pela escolha do TEAp e da DI foi a escassez de materiais encontrados na literatura sobre as TA para esses grupos; esses quadros são descritos a seguir.

De acordo com a Associação Americana de Psiquiatria (DSM-5) (2), a DI é definida como uma condição com prejuízos nas áreas intelectual, social e adaptativa, que se apresenta desde o início do desenvolvimento humano. São déficits gerais na capacidade cognitiva, com dificuldades em raciocínio, planejamento, soluções de problemas, abstração, julgamento, aprendizagem acadêmica e por experiência. Já o TEAp está relacionado a déficits específicos na capacidade individual em perceber ou processar informações com precisão e eficiência, com dificuldades específicas para aprendizado e uso de leitura, escrita e/ou matemática (2). É um transtorno que se manifesta nos anos escolares iniciais e pode acarretar problemas, inclusive, na vida adulta. Leva a prejuízos duradouros nas atividades que dependem das habilidades acadêmicas básicas, de forma que a aprendizagem dessas habilidades requer um esforço extraordinário para o aprendizado, fato que não é compensado pela inteligência inata ou por estratégias de acomodação (2). Segundo Ohlweiler (18), esse transtorno não é adquirido por falta de estimulação adequada ou em decorrência de traumatismo ou doença cerebral. Esses dois transtornos do neurodesenvolvimento, DI e TEAp, trazem prejuízos ao aprendizado (2).

Estudos apontam que, por meio de métodos ativos de aprendizado, os alunos podem desenvolver competências que melhoram o interesse e as habilidades necessárias

para a aprendizagem (12). Nesse sentido, as TA podem ser inseridas como procedimentos legítimos de mediação que asseguram a formação humana fornecendo ferramentas que auxiliam os professores e os alunos (11). Boot et al. (5) afirmam que, mesmo havendo comprovação da relevância em desenvolver pesquisas e práticas voltadas para produtos de TA utilizadas por pessoas com baixo rendimento escolar, essa área ainda tem sido negligenciada.

Diante do exposto, propõe-se, neste estudo, avaliar se as TA podem auxiliar no processo ensino-aprendizagem de pessoas com transtorno do neurodesenvolvimento, especificamente em relação à DI e TEAp, por meio de uma revisão de escopo da literatura.

MÉTODO

Esta pesquisa é uma revisão de escopo (22) que seguiu as seguintes etapas: elaboração da pergunta norteadora, busca da amostragem na literatura, coleta de dados no Portal CAPES, análise crítica dos estudos incluídos com base em evidências, resultados e apresentação da síntese integrativa. Assim, a pergunta que norteou este estudo foi: “Quais são as contribuições científicas publicadas em periódicos no portal CAPES sobre TA utilizadas para auxiliar o professor / cuidador no aprendizado de pessoas com TEAp e DI?”.

A busca da amostragem na literatura foi realizada na Plataforma CAPES, via site institucional da PUC Goiás, e inserida no *Rayyan Systematic Reviews* (20) para análise entre pares dos critérios de inclusão e exclusão. Os critérios de inclusão foram: artigos retirados da Plataforma CAPES, avaliados por pares, cujos descritores (DeCS) e booleanos foram (“Specific Learning Disability” AND “Assistive Technology”) e (“Intellectual Disability” AND “Assistive Technology”), revisados por pares, publicados entre 2011 e 2021. Os critérios de exclusão foram: artigos duplicados e que fugissem ao objetivo proposto para este estudo.

Os artigos que compõem a amostra foram retirados de 10 periódicos (Tabela 1). Em relação à identificação, foram incluídos inicialmente 153 artigos, conforme os descritores. Desses, quatro foram eliminados por duplicação. Em seguida, com base na leitura do título, foram eliminados 117 artigos, e quatro, pela leitura do resumo. Foram selecionados por elegibilidade 28 artigos para leitura completa e, desses, foram excluídos nove artigos por não considerar as TA e quatro por não se tratar de DI ou TEAp. Ao final, 15 artigos foram incluídos neste estudo (Figura 1).

A fim de realizar a extração dos dados dos artigos, foi criado um questionário contendo: autor(es) do artigo / ano de publicação, objetivo e contribuições (ou seja, resultados e evidências sobre o uso de TA). Na fase de análise crítica dos artigos foram con-

siderados os tipos de evidências científicas: 1. Revisão sistemática; 2. Ensaio clínico randomizado; 3. Coorte; 4. Caso controle; 5. Série de casos; 6. Opinião de especialistas; 7. Estudos pré-clínicos (animais / *in vitro*) (21). No entanto, neste capítulo não foram consideradas as opiniões de especialistas, assim como não foram incluídos estudos desenvolvidos com animais.

Tabela 1. Estratégias de busca no Portal de Periódico Capes.

Periódicos	Termos de pesquisa (Descritores com Booleanos)	Total
Front Public Health	"Intellectual Disability" And "Assistive Technology"	1
Frontiers In Psychology	"Intellectual Disability" And "Assistive Technology"	1
Pubmed	"Intellectual Disability" And "Assistive Technology"	2
Sage Pub	"Intellectual Disability" And "Assistive Technology"	2
Scopus	"Intellectual Disability" And "Assistive Technology"	1
Taylor & Francis Online	"Intellectual Disability" And "Assistive Technology"	2
Wiley Online Library	"Intellectual Disability" And "Assistive Technology"	1
Gale Academic File	"Specific Learning Disability" And "Assistive Technology"	2
Taylor & Francis Online	"Specific Learning Disability" And "Assistive Technology"	1
Sage Pub	"Specific Learning Disability" And "Assistive Technology"	2
Total		15

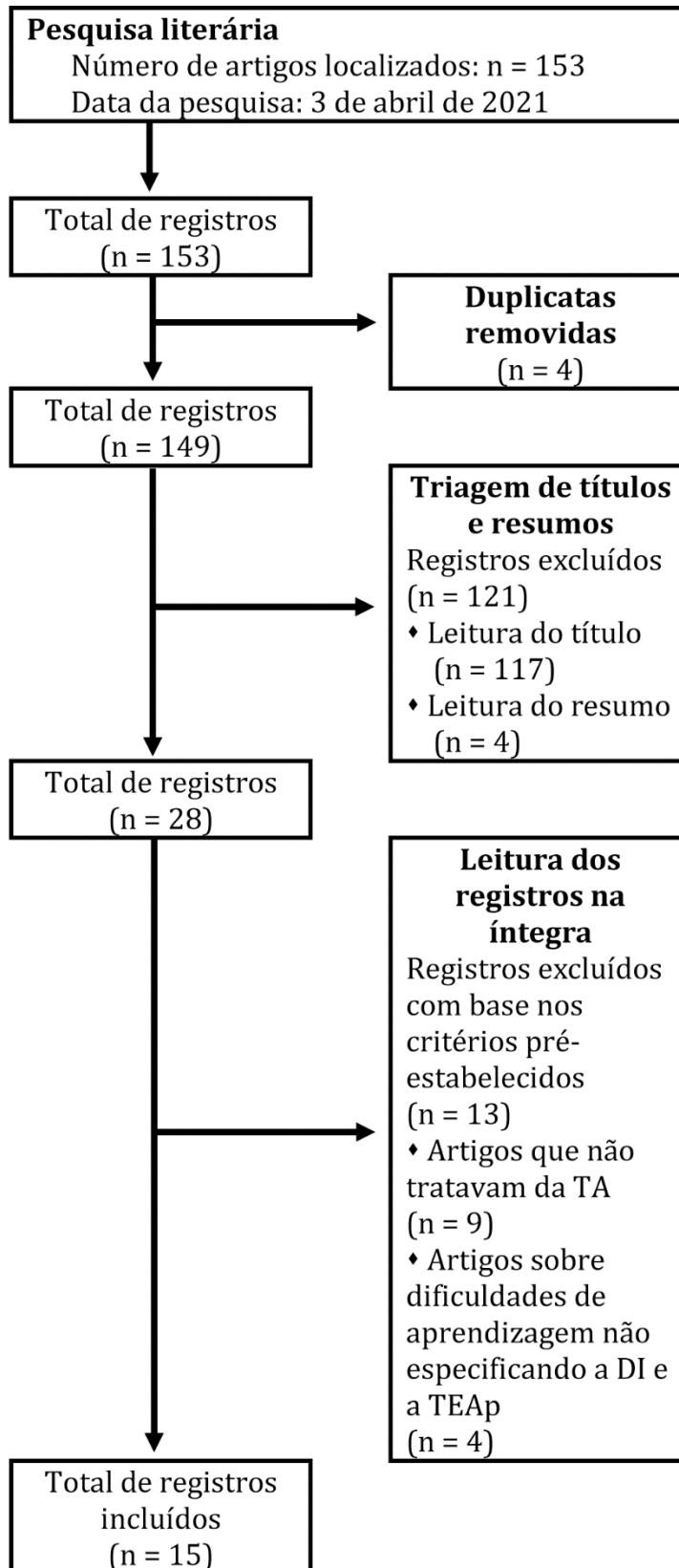


Figura 1. Fluxograma dos estudos retirados da Plataforma CAPES.

RESULTADOS

Ao todo, este estudo contou com a coleta de 15 artigos, 10 relacionados à DI e cinco ao TEAp. Dos artigos coletados sobre DI, sete foram estudos empíricos e três de revisão bibliográfica. Todos os artigos relacionados ao TEAp foram empíricos. A fim de apresentar uma estrutura de resultados mais didática, primeiramente serão apresentados os dados dos artigos empíricos para DI (Tabela 2), os de pesquisa bibliográfica para DI (Tabela 3) e, por fim, estudos empíricos para TEAp (Tabela 4).

Tabela 2. Sumários dos artigos empíricos sobre uso de TA na DI.

Autores / ano	Objetivo	Contribuições científicas das TA para o aprendizado de pessoas com DI
O'Neill e Smeaton / 2019 (19)	Analisar as experiências de pais, cuidadores, tutores, amigos e profissionais de indivíduos com DI ou TEA	Tecnologias móveis de TA, como <i>tablets</i> e dispositivos <i>smartphones</i> , são formas poderosas de tecnologia que podem ser usadas para aprimorar o desenvolvimento das habilidades de agendamento , planejamento e comunicação. Combinadas à terapia, essas intervenções de baixo custo e individualizadas podem ajudar a apoiar os indivíduos.
Schlosser et al. / 2017 (24)	Fornecer suportes visuais JIT (<i>Just In Time</i>) no formulário de dicas de cena (fotos representativas ou vídeos) para aumentar o entendimento de crianças com diagnóstico duplo de DI e autismo. Explorar se a cena fornecida pelo JIT permite que as crianças implementem diretivas que não foram capazes de completar apenas com a fala. Testar a viabilidade de fornecer dicas de cena no <i>Apple Watch</i> ®.	Esse estudo apresentou evidências preliminares de que as dicas de cena podem ser fornecidas com sucesso, ou seja, JIT por meio da <i>Apple Watch</i> ®, quando as diretivas faladas não são compreendidas.
Alja'am et al. / 2017 (1)	Apresentar uma solução tecnológica para melhorar a compreensão e as funções cognitivas de crianças com DI.	O sistema envolveu: criação do corpus baseado em domínio; classificação e seleção de sentenças; reconhecimento de padrões; e algoritmos de filtragem e recuperação de imagens. Foram usados três domínios com 50 histórias de estrutura simples e as palavras comuns foram determinadas com sua importância em cada domínio. O sistema se apresentou efetivo para a aprendizagem de crianças com DI.

Tabela 2. Sumários dos artigos empíricos sobre uso de TA na DI.

Autores / ano	Objetivo	Contribuições científicas das TA para o aprendizado de pessoas com DI
Bunning et al. / 2014 (7)	Desenvolver e explorar as maneiras que o <i>software</i> de reconhecimento de símbolos, livremente disponível em computadores, pode beneficiar pessoas com DI. Desenvolver um símbolo protótipo para acessar e controlar um computador e testar seu uso por pessoas com DI múltiplas.	Os resultados dessa pesquisa mostraram que o sistema poderia fornecer uma plataforma para o engajamento e aprendizado de indivíduos com DI profunda e múltipla (além da DI, com outro tipo de deficiência). Os resultados apontam que houve potencial para generalizar o uso para outras atividades e para dar suporte e compreensão aos auxiliares sobre como trabalhar com indivíduos com DI múltipla.
Boot et al. / 2021 (6)	Explorar os fatores que influenciam o acesso e o uso continuado de TA por pessoas que viviam na província de Western Cape da África do Sul. Sugerir implicações potenciais dessas descobertas e as ações necessárias para promover o acesso a TA.	O estudo concluiu que indivíduos com DI no ambiente escolar / acadêmico enfrentaram muitos desafios ao tentar acessar as TA. Os fatores importantes que influenciaram o acesso e o uso de TA para pessoas com DI foram: atitudes da comunidade; conhecimento e consciência para identificar a necessidade de TA; treinamento e instruções de TA para apoiar o usuário e a rede de atendimento.
Fage et al. / 2018 (14)	Apresentar um pacote de aplicativos móveis (<i>mobile app</i>) que fornece assistência e reabilitação cognitiva a fim de apoiar a inclusão das crianças com TEA e DI no ambiente escolar.	Crianças com DI utilizando <i>tablet</i> exibiram melhoras na performance dos testes ao final das intervenções. A abordagem sistemática foi baseada no local de assistência e com treinamento cognitivo dos processos sociocognitivos em intervenção. A abordagem permitiu que os participantes apresentassem melhor participação social.
Cankaya e Kuzu / 2018 (8)	Investigar a eficácia de um <i>software</i> móvel para desenvolver habilidade de ensino para uso dos pais de crianças com DI.	Os resultados sugerem que as atividades realizadas pelos pais com o uso do <i>software</i> foram consideradas eficazes.

A seguir são discutidos os principais aspectos dos artigos anteriormente descritos na Tabela 2. O'Neill e Smeaton. (19) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar e analisar a eficácia das TA como apoio em experiências, atuais e passadas, de pais, cuidadores, tutores, amigos e profissionais de pessoas com DI ou autismo. Participaram 96 pessoas residentes na Irlanda ou no Reino Unido, cuidadores de pessoas com diagnóstico de DI ou autismo que responderam um questionário *on-line*. Dos 87% entrevistados que responderam a questão sobre utilização de recursos de TA: 30% utilizavam

TA em mais de um aparelho tecnológico; 32% acessavam TA por meio de *tablets*; 9% usavam computador; 8% usavam *smartphone*; 4% usavam dispositivo de comunicação aumentativo; 2% usavam *wearable*; e 2% selecionaram “outro”. Em relação à função para a qual as TA foram utilizadas: 31% utilizaram para função educacional; 25% utilizaram para comunicação; 16% utilizaram para comportamentos desafiadores; 15%, para planejamento e organização; 10%, para habilidades sociais; 2 % utilizaram para memorização; As experiências com as TA foram classificadas em: muito boa (38%); boa (43%); justa (14%); e ruim (5%). Em relação a sugestões: 22% sugeriram programação e planejamento; 19%, comunicação; 17%, maior acessibilidade; 11%, treinamento de habilidades; 14% falaram que se sentem inseguros; 8% sugeriram personalização; e 8%, habilidades sociais. A gestão de dinheiro, a partir da fala e linguagem, foi identificada como desejável para TA. Constatou-se, nesse estudo, que tecnologias móveis se apresentaram como efetivas para o processo de aprendizagem.

Schlosser et al. (24), em um estudo qualitativo e descritivo, forneceram suportes visuais JIT (*Just In Time*) no formulário de dicas de cena (fotos representativas ou videoclipes) para aumentar a capacidade de resposta à instrução falada recebida por crianças com diagnóstico duplo de DI e autismo. Exploraram se a cena fornecida pelo JIT permite que as crianças implementem diretivas que não foram capazes de completar apenas com a fala e testaram a viabilidade de fornecer dicas de cena no *Apple Watch*®. Essa tecnologia foi aplicada em cinco crianças com diagnóstico duplo de DI e autismo. Para isso foram utilizados: *Ipad*, *Apple Watch*®; objetos e fotografias para a tarefa de triagem; cinco falas diretivas e suas pistas de cena correspondentes para a tarefa de triagem; objetos e estatuetas; 10 diretivas faladas envolvendo frases preposicionais ou frases de ação e suas correspondentes estáticas e dinâmicas (dicas de cena). Esse estudo apresentou evidências preliminares de que as dicas de cena podem ser fornecidas com sucesso. Mostrou também que essas crianças podem utilizar informações visuais importantes, apesar do tamanho pequeno da tela do *Apple Watch*®, o que sugere que é uma tecnologia potencialmente viável para suportes visuais JIT das crianças com DI e autismo.

Alja'am et al. (1) apresentaram um sistema tecnológico inovador para crianças com DI a fim de melhorar sua compreensão e funções cognitivas, por meio de multimídias. Participaram do estudo dois usuários de sistemas. O sistema é composto por três componentes principais: o primeiro, um corpus que agrupa histórias para crianças e palavras com seus “pesos” que podem ser usados para mostrar sua importância no domínio do discurso (animais, alimentos e árvores); o segundo é formado por vários algoritmos, os quais foram usados para classificar as frases da história e selecionar as mais representativas; o terceiro consistiu em traduzir as frases para multimídia (imagens e cliques). O sistema é dinâmico e os instrutores solicitam elementos adicionais de multimídia por meio de acesso ao *Google* sempre que necessário. Foram usados três domínios com 50 histórias de estrutura simples e as palavras comuns foram determi-

nadas com sua importância em cada domínio. Observou-se que o sistema contribuiu para a reintegração das crianças com DI na sociedade e para quebrar a sua marginalização e isolamento.

Bunning et al. (7) desenvolveram e exploraram de que maneiras um software de reconhecimento de símbolos de acesso livre, disponível nos computadores, pode beneficiar pessoas com DI. A pesquisa foi realizada com cinco pessoas com DI profunda e múltipla, com idade entre 15 e 28 anos. Os símbolos foram introduzidos durante as atividades realizadas no computador, em quatro tentativas e com intervalos mensais. Cada tentativa foi gravada em vídeo. Aspectos vocais e não vocais relacionados ao computador das filmagens foram transcritos para a ortografia padrão. Uma estrutura de codificação baseada em linguística estrutural foi usada para codificar os movimentos de ação. As transcrições foram revisadas e comparadas com o vídeo. As anotações de código foram aplicadas às transcrições. A pesquisa mostrou que o sistema poderia fornecer uma plataforma para o engajamento e aprendizado de indivíduos com DI múltipla. Entretanto, o estudo levantou dois fatores a serem analisados com cuidado: quem seria o maior beneficiado; e qual o papel do sujeito facilitador. A aplicação da linguística estrutural-funcional para esse tipo de atividade possibilitou a análise de desempenho do usuário no contexto em que houver a mediação humana. Os autores mostraram que existe potencial para generalizar o uso para outras atividades e para dar suporte e compreensão aos auxiliares sobre como trabalhar com indivíduos com DI múltipla.

Boot et al. (6) exploraram os fatores que influenciam o acesso e o uso contínuo a TA em 20 adultos com DI e com registro geral na província de Western Cape da África do Sul. Foram realizadas entrevistas presenciais e 17 provedores de TA foram analisados tematicamente. Buscou-se sugerir as implicações potenciais dessas descobertas e as ações necessárias para promover o acesso a TA. Os autores concluíram, a partir dos dados, que indivíduos com DI no ambiente escolar / acadêmico enfrentaram muitos desafios ao tentar acessar TA. Para aqueles que conseguiram adquirir as ferramentas de TA, o uso contínuo foi influenciado tanto por variáveis pessoais do usuário quanto por fatores ambientais. Os fatores que influenciaram o acesso e o uso de TA foram: atitudes da comunidade, conhecimento e consciência para identificar a necessidade de TA, treinamento e instruções de TA para apoiar o usuário, e a rede de atendimento. Os autores apontaram que mais pesquisas são necessárias e, particularmente, pesquisas que ponham em primeiro plano as visões e experiências das próprias pessoas com DI, bem como dos prestadores de serviços.

Fage et al. (14) apresentaram um pacote de aplicativos móveis que fornece assistência e reabilitação cognitiva, a fim de apoiar a inclusão das crianças com DI e autismo no ambiente escolar. Participaram desse estudo 20 crianças com DI e 30 crianças com autismo. A coleta de dados foi realizada durante o período de três meses, nas residências dos sujeitos e no ambiente escolar. As crianças com DI que utilizam o tablet exibi-

ram melhoras na performance dos testes ao final das intervenções. A abordagem sistemática, tanto no local assistência como no treinamento cognitivo dos processos sociocognitivos, com intervenção de três meses, com base em aplicações “Escola +”, permitiu a inclusão dos participantes nas salas de aula regulares, com melhor participação social. Esses resultados são promissores e apoiam a inclusão de “Intervenções baseadas em tecnologia móvel”, em intervenções ecológicas terapêuticas e compensatórias para crianças com DI.

Cankaya e Kuzu (8) investigaram a eficácia de um software de ensino móvel desenvolvido para uso de pais de crianças com DI. Participaram do estudo quatro mães de pessoas com DI. Esse *software* móvel de ensino de habilidades foi desenvolvido para benefício de pais com filhos com DI. Avaliou-se se a pessoa com DI cumpria os estágios de habilidades relevantes de forma independente, com pista verbal, modelagem, ou com o auxílio físico. No processo de coleta de dados, foram realizadas 32 atividades de ensino e 20 práticas de coleta de dados relacionadas às fases de linha de base e acompanhamento. Os 52 vídeos gravados nesse estudo foram vistos por um especialista em educação especial, e os desempenhos dos indivíduos com DI foram determinados (a porcentagem de estágios de habilidade realizados de forma independente). Os dados sugerem que as atividades realizadas pelos pais com o uso do *software* foram eficazes.

A seguir, destacam-se os principais pontos dos artigos de revisão listados na Tabela 3, que sumariza os artigos sobre uso de TA na DI.

Cannella-Malone et al. (9) forneceram aos professores ferramentas tecnológicas que poderiam ser usadas a fim de ensinar a expressão escrita para alunos em idade escolar com diagnóstico de DI. Conhecidas como TA, essas ferramentas podem apoiar a expressão escrita em alunos com DI nas modalidades conhecidas como: de baixa tecnologia assistiva, que fornece suporte físico para os alunos enquanto escrevem (punhos de lápis, placas inclinadas etc.); teclado alternativo, que pode ser personalizado para atender às necessidades individuais de cada aluno (por ex.: *Intellikeys*); programa de escrita baseada em seleção, que fornece uma série de palavras ou imagens que podem ser escritas e que os alunos podem se expressar circulando os requisitos da linguagem (por ex.: *Clicker 6*, sentenças de *Clicker*, *Pixwriter*); leitores de tela, que leem texto contido na tela em voz alta (por ex.: *JAWS*, *Job Acces With Speech*); *software* de voz para texto, que permite que um aluno fale o que quer escrever e, assim, o texto é gerado em um programa de computador (*Dragon Naturally Speaking*, Siri); *software* de previsão de palavras (coescritor), que prevê o resto de uma palavra depois de iniciada pelo aluno; *software* de organização gráfica (*Kidspiration*, *Draftbuilder*), que fornece modelos a partir dos quais os alunos conseguem organizar gráficos ao preenchê-los com texto e imagem. Observou-se que os professores podem escolher entre uma variedade de acomodações e TA para apoiar a instrução dada aos alunos com DI.

Tabela 3. Sumários dos artigos de revisão sobre uso de TA na DI.

Autor(es) (ano)	Objetivo	Contribuições científicas das TA para o aprendizado de pessoas com DI
Cannella-Malone et al. (2015) (9)	Fornecer aos professores ferramentas que possam usar para ensinar a expressão escrita a crianças em idade escolar diagnosticadas com DI.	Elencaram-se como as ferramentas de TA apoiam a expressão escrita em alunos com DI, incluindo: baixa TA; teclado alternativo; programa de escrita baseada em seleção; <i>software</i> de voz para texto; <i>software</i> de previsão de palavras; <i>software</i> de organização gráfica. Esses suportes podem ajudar alunos a evitar obstáculos comuns para desenvolver produtos escritos coesos.
Ayres et al. (2013) (3)	Examinar as tecnologias, especificamente as tecnologias móveis, que podem ser usadas para apoiar e ensinar os alunos com DI e autismo a serem mais independentes.	Para integrar com sucesso a tecnologia em qualquer programa educacional, os profissionais precisam entender como funciona a tecnologia disponível. Esse aplicativo de tecnologias móveis para alunos com DI e autismo oferece a oportunidade para o psicólogo escolar deixar de fornecer suporte direto.
Collins e Collet-Klingenberg (2013) (10)	Examinar amplamente a utilidade do PEAT como ferramenta de apoio às pessoas com DI ao concluir tarefas relacionadas ao trabalho em uma revisão sistemática da literatura.	Após extensa revisão de todos os estudos, evidências convergentes apoiam a eficácia da tecnologia portátil usada como mecanismo para ajudar os indivíduos com DI ao concluir tarefas relacionadas ao trabalho

Ayres et al. (3) examinaram as tecnologias móveis que podem ser usadas para apoiar e ensinar alunos com DI e autismo a serem mais independentes. Para integrar com sucesso a tecnologia em qualquer programa educacional, os profissionais precisam ter consciência da tecnologia disponível, compreender como ela pode ajudar na instrução, conhecer as maneiras de apoiar as atividades no dia a dia e, finalmente, a capacidade de ensinar os alunos. Tais oportunidades estão relacionadas à prática e incluem melhores métodos para personalizar a instrução fornecendo suporte *just-in-time*, minimizando a necessidade de ter a presença constante de um adulto.

Collins e Collet-Klingenberg (10) realizaram uma revisão sistemática da literatura empírica, realizada entre 2000 e 2015, que envolveu o uso de tecnologia portátil específica para apoiar pessoas com DI na realização de trabalhos relacionados a tarefas. Primeiramente, foi realizada uma busca eletrônica completa nos bancos de dados do Centro de Informações de Recursos Educacionais, *Academic Search Premier* e *PsycINFO* de 2000 a 2015, com as palavras-chave “DI, deficiência intelectual ou retardo men-

tal”, combinadas com as palavras “computador portátil, PDA, assistente digital pessoal, portátil reproduzidor de mídia, *palmtop*, computador portátil de bolso (PC), dispositivo eletrônico portátil, MP3, *iPhone*, *iPad* ou *iPod*”. Em seguida, uma pesquisa manual foi realizada nos seguintes periódicos, cobrindo o período de 2000 até 2013: JABA, JSET e ETADD. Dezenove estudos foram identificados para revisão, com ênfase na identificação: das características dos participantes e configurações, dos tipos de tecnologia portátil e formatos de solicitação usados, dos projetos de pesquisa utilizados, das variáveis independente e dependente, das medidas de confiabilidade e validade, e da eficácia geral das intervenções. O objetivo dessa pesquisa foi examinar amplamente a utilidade de TA portátil como ferramenta de apoio às pessoas com DI ao concluírem tarefas relacionadas ao trabalho. Após uma extensa revisão de todos os estudos, evidências convergentes apoiam a eficácia de TA portáteis usadas como mecanismo para ajudar os indivíduos com DI a concluir tarefas relacionadas ao trabalho.

A Tabela 4 sumariza os artigos empíricos sobre uso de TA no TEAp. Detalhes mais relevantes dos artigos são descritos na sequência.

Damiano et al. (13) investigaram a legibilidade de sites para usuários com dislexia e leitores neurotípicos. Avaliaram se, e como, poderia ser melhorada a acessibilidade de usuários com dislexia às páginas da web, além de determinar quais outros requisitos de acessibilidade, presentes nas diretrizes WCAG (para acessibilidade da Web), poderiam ser adicionados aos atuais. O teste consistiu na leitura de dois textos narrativos apresentados em dois sites diferentes, seguido por uma análise de compreensão textual e por um questionário de preferência. Os dois sites, denominados para esse estudo como Site A e Site B, diferem em seu estilo. O Site A foi estruturado para atender aos requisitos atuais das WCAG 2.0, enquanto o Site B adicionou soluções específicas, como largura da coluna, caracteres, tamanho da fonte, espaçamento entre linhas, título e menu, cor do texto, glossário e *layout*. Participaram do estudo 26 alunos, com idades entre 8 e 15 anos, 16 homens e 10 mulheres, com diagnóstico prévio de dislexia. Os testes foram realizados em escolas de Ensino Fundamental e Médio, em salas de informática ou em salas isoladas e silenciosas. Os resultados mostraram que outras modificações no estilo da página, além daquelas consideradas pelas WCAG (por exemplo, tipo de fonte, tamanho e largura da coluna), foram apreciadas por usuários com dislexia e podem ser consideradas opções de personalização adicionais para esse tipo de usuário.

Polat et al. (23) verificaram a efetividade de um aplicativo de dispositivo móvel que permite o engajamento físico e multissensorial de estudantes com dificuldades específicas de aprendizado. Participaram do estudo três estudantes turcos da 7ª série, com TEAp. Foi utilizado um aplicativo móvel e tangível elaborado pelos autores do artigo. Esse aplicativo apresentava: um teste, que era realizado após intervenção a fim de compará-lo com os resultados da linha de base; um tutorial; e uma parte prática contendo 22 questões, que foram aplicadas nos momentos pré-teste e pós-teste. Além disso, fo-

ram usadas mesa, câmera filmadora, sala de aula especial. Verificou-se que o aplicativo móvel se apresentou como benéfico, possibilitando aos alunos com TEAp maior eficácia no aprendizado. Em evidências preliminares constatou associação entre o uso do aplicativo com o aprimoramento no conhecimento dos estudantes com TEAp. O aplicativo foi capaz de chamar mais atenção dos estudantes e eles se mostraram abertos para utilizá-lo, mantendo contato visual e respondendo com ações apropriadas.

Tabela 4. Sumários dos artigos empíricos sobre uso de TA no TEAp.

Autores / ano	Objetivos	Contribuições científicas de TA para o aprendizado de pessoas com TEAp
Damiano et al. / 2019 (13)	Investigar a legibilidade de sites para usuários com dislexia, bem como leitores neurotípicos. Avaliar se, e como, pode ser melhorado o nível de acessibilidade às páginas da web para usuários com dislexia, e determinar quais novos requisitos podem ser adicionados aos atuais propostos pelas WCAG diretrizes para acessibilidade na web.	Os resultados mostraram que outras modificações no estilo da página, além daquelas consideradas pelas WCAG (por exemplo, tipo de fonte, tamanho e largura da coluna), melhoram a aprendizagem dos usuários com dislexia.
Polat et al. / 2019 (23)	Verificar a efetividade de um aplicativo de dispositivo móvel que permite o engajamento físico e multissensorial de estudantes com dificuldades específicas de aprendizado.	Verificou-se que o aplicativo móvel tangível se apresentou como benéfico, possibilitando maior eficácia ao aluno com TEAp. Em evidências preliminares foi possível constatar uma associação entre o uso do aplicativo com o aprimoramento no conhecimento dos estudantes com TEAp.
Berkeley e Lindstrom / 2011 (4)	Apresentar como podem ser usadas as TA aplicadas às situações de aprendizagem específicas e como elas podem corrigir habilidades específicas por meio da prática individualizada e repetitiva em crianças com TEAp.	As TA emergentes oferecem oportunidades de preparar os alunos com TEAp para o mundo tecnológico atual. Exibir o material na tela do computador não traz habilidade de leitura superior; é necessário oferecer oportunidades únicas para reformatar e aprimorar o texto de maneira que possa dar suporte à compreensão de leitura.
Monem et al. / 2018 (16)	Comparar uma condição de resposta ativa do aluno (ASR) em baixa tecnologia (estratégia de notebook interativo) a uma condição ASR de alta tecnologia (<i>Quizlet Application</i> em um <i>iPad</i>) usada como revisões de final de sessão de conteúdo de história em crianças com TEAp.	Os resultados indicaram que ambas as intervenções tiveram um grau de eficácia na capacidade dos alunos de obter ganhos de aprendizagem. As pontuações médias de pós-aula dos participantes-testes sugerem que o <i>Quizlet</i> no <i>iPad</i> produziu resultados ligeiramente melhores.

Tabela 4. Sumários dos artigos empíricos sobre uso de TA no TEAp.

Autores / ano	Objetivos	Contribuições científicas de TA para o aprendizado de pessoas com TEAp
Kellems et al. / 2020 (15)	Examinar a eficácia do ensino de matemática baseado em vídeo em alunos com diagnóstico de TEAp, usando um pacote de treinamento baseado em realidade aumentada.	Foi identificada uma relação funcional entre a porcentagem de etapas concluídas corretamente na seleção de problemas matemáticos e o pacote de intervenção baseado em realidade aumentada (AR). Todos os alunos mostraram uma melhora substancial em seu desempenho após receberem a intervenção. No entanto, nem todos os ganhos foram mantidos.

Berkeley e Lindstron (4) apresentaram como usar as TA aplicadas às situações de aprendizagem específicas e como corrigir habilidades por meio da prática individualizada e repetitiva em crianças com TEAp. Tratou-se de um estudo de caso com dois alunos, Jéssica e Johnny. Jéssica estava no 9º ano, residia nos Estados Unidos há 2 anos. Johnny estava no 4º ano, tinha a capacidade de entender o conteúdo do curso, mas sempre levava o dobro de tempo dos colegas para concluir as leituras; ele recebia serviços de educação especial para aprimorar suas habilidades básicas de leitura e não era um leitor fluente. Utilizou-se TA com acesso gratuito ou de baixo custo. Observou-se que com as TA têm existido mudanças na forma de como os alunos acessam texto em sala de aula. Para adolescentes com TEAp e outros leitores com dificuldades, essas tecnologias oferecem oportunidades, preparando-os para o mundo tecnológico de hoje. Apenas exibir o material na tela do computador não faz com que o aluno com dificuldades de aprendizado desenvolva habilidades de leitura superior; no entanto, o meio eletrônico oferece oportunidades únicas para reformatar e aprimorar o texto de maneiras que podem dar suporte à melhor compreensão de leitura.

Monem et al. (16) compararam uma condição de baixa tecnologia (estratégia de notebook interativo) a uma condição de alta tecnologia (*Quizlet Application* em um *iPad*) usada como revisões de final de sessão de conteúdo de história em crianças com TEAp. Participaram sete alunos hispânicos do Ensino Médio com TEAp (idades de 13 a 15 anos). Seis deles estudavam em classes para alunos que falam inglês e outras línguas. Como materiais foram usados o currículo aprovado pelo estado e pelo distrito escolar para estudos sociais do Ensino Médio, livros didáticos de história dos EUA, um quadro branco interativo, um computador com o *software* Microsoft PowerPoint para apresentação de aulas, canetas e lápis, marcadores de texto, cadernos e quatro *iPads* com o aplicativo *Quizlet*. O *Quizlet App* no *iPad* é um aplicativo interativo, que integra texto, som e gráficos, que permite aos alunos estudarem o material usando três modos

diferentes: cartões, aprender e combinar. Todos os participantes demonstraram melhoras em suas pontuações de teste durante ambas as condições de intervenção. Os resultados do estudo indicaram que ambas as intervenções apresentaram um grau de eficácia na capacidade dos alunos de obter ganhos de aprendizagem. As pontuações médias de pós-aula dos participantes sugerem que o *Quizlet* no *iPad* produziu resultados ligeiramente melhores em cinco dos sete participantes.

Kellems et al. (15) examinaram a eficácia do ensino de matemática com vídeo em um pacote de treinamento baseado em realidade aumentada. Participaram do estudo sete alunos da 7ª e 8ª séries, do centro oeste dos EUA, e com o diagnóstico de TEAp. Na escola, esses alunos tinham metas de matemática determinadas pelo Programa de Educação Individualizada, que incluíam matrícula em uma aula geral de matemática e também em uma aula de apoio de matemática de recursos. Todos esses alunos foram previamente avaliados e possuíam capacidade visual e auditiva para participar das atividades de intervenção (vídeos, checklists e questionário de validade social). Os resultados indicaram uma relação funcional entre a intervenção matemática baseada em vídeo e a porcentagem de etapas concluídas corretamente para cada tipo de problema. Todos os sete participantes mostraram ganhos significativos imediatamente após receber a intervenção. Em relação à manutenção de ganhos, os alunos mantiveram as habilidades de resolução de problemas em pelo menos três das quatro categorias de problemas. Conforme o estudo, os resultados são promissores, porém mais pesquisas são necessárias para fornecer evidências da melhora da precisão matemática e da compreensão conceitual para alunos com TEAp, especialmente em relação à manutenção em longo prazo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se, em todos os artigos descritos nesta revisão, que as TA se apresentam como metodologia eficiente e eficaz para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem em crianças com TEAp e DI. No entanto, a maioria dos estudos levanta a necessidade de treinamento específico voltado tanto para o aluno quanto para o professor / cuidador a fim de se obter êxito com o uso das TA. Os tipos de TA utilizados foram aquelas baseadas em tecnologias da informação e comunicação com o auxílio de aplicativos móveis, tablets, smartphones, *Ipad*, *Apple Watch*®, suportes visuais JIT, sistemas, aplicativos, *software*, computador, sites, programas para melhorar o acesso às TA. Vários sistemas foram apresentados contendo símbolos, jogos digitais, checklist, histórias, figuras, vídeos, formulários de dicas, falas diretivas, todos voltados para o ensino e aprendizagem.

Os ganhos adquiridos nas pesquisas com TA para DI foram principalmente nas seguintes áreas: maior independência, desenvolvimento de habilidades de agendamento,

planejamento, comunicação (19), aprendizagem por dicas de cenas (24), reintegração das crianças com DI (1, 14), generalização de aprendizado para vida (7), auxílio aos pais para ensinar seus filhos (8), auxílio na escrita de forma coesa (9), cumprimento das tarefas (10). Além disso, os estudos apontam que treinamentos devem ser realizados tanto com professores, para saber escolher a melhor TA, quanto com alunos, pais e cuidadores a fim de obter melhor eficácia das TA (6), o que minimiza a necessidade da presença constante dos pais ou cuidadores (3). Em relação às TA para as pessoas com TEAp, observou-se que houve ganho em relação à eficácia nas respostas ao aprendizado (16, 23), possibilidade de reformatar e melhorar a compreensão de textos (4), melhora substancial em cálculos matemáticos (15) e de entender que sites personalizados para pessoas com TEAp auxiliam no aprendizado (13).

À guisa de conclusão, mais estudos devem ser desenvolvidos a fim de criar, validar e testar TA, recursos digitais, jogos educativos, inclusive apresentando situações reais que podem trazer maior generalização do aprendizado para outras situações. Dos artigos relacionando TA e DI, um apresentou nível de evidência científica 1 e 2, dois artigos apresentaram nível de evidência 3 e 5 e quatro artigos apresentaram nível de evidência 4. Já em relação às TA no TEAp, um artigo apresentou nível de evidência científica 3 e quatro apresentaram nível de evidência 4. Esses resultados reforçam a necessidade de desenvolver mais estudos que possam apresentar maiores níveis de evidência científica, pois só tiveram dois artigos com nível de evidência (1 e 2) considerado alto. Além disso, os estudos empíricos encontrados foram desenvolvidos com poucos participantes, apresentando estudos de casos que não possibilitam a generalização dos dados. No entanto, como um estudo exploratório, o presente estudo cumpriu os requisitos de apresentar as contribuições científicas encontradas sobre TA, DI e TEAp.

REFERÊNCIAS

1. Alja'am JM, El-Seoud AS, Mwinyi MU. Design and implementation of a multimedia-based technology solution to assist children with intellectual disability to learn. *Int J Emerg Technol Learn*. 2017; 12(4):141-52.
2. American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5)*. 5.ed. Arlington: APA; 2014.
3. Ayres KM, Mechling L, Sansosti FJ. The use of mobile technologies to assist with life skills/independence of students with moderate/severe intellectual disability and/or autism spectrum disorders: considerations for the future of school psychology. *Psychol Sch*. 2013; 50(3):259-71.
4. Berkeley S, Lindstrom J. Technology for the struggling reader: free and easily accessible resources. *Teach Except Child*. 2011; 43(4):48-55.
5. Boot FH, Dinsmore J, Khasnabis C, Maclachlan M. Intellectual disability and assistive technology: opening the GATE wider. *Front Public Health*. 2017; 5(10):1-4.

6. Boot FH, Kahonde C, Dinsmore J, Maclachlan M. Perspectives on access and usage of assistive technology by people with intellectual disabilities in the Western Cape province of South Africa: Where to from here? *Afr J Disabil.* 2021; 10:a767. doi: <https://doi.org/10.4102/ajod.v10i0.767>.
7. Bunning K, Kwiatkowska G, Weldin N. People with profound and multiple intellectual disabilities using symbols to control a computer: exploration of user engagement and supporter facilitation. *Assist Technol.* 2021; 24(4), 259-70.
8. Cankaya S, Kuzu A. Effectiveness of mobile skill teaching software for parents of individuals with intellectual disability. *Int Educ Stud.* 2018; 11(3):1-11.
9. Cannella-Malone H, Konrad M, Pennington RC. ACCESS! Teaching writing skills to students with intellectual disability. *Teach Except Child.* 2015; 47(5):272-80.
10. Collins JC, Collet-Klingenberg L. Portable electronic assistive technology to improve vocational task completion in young adults with an intellectual disability: a review of the literature. *J Intellect Disabil.* 2017; 22(3):1-20.
11. Conte E, Basegio AC. Tecnologias assistivas: recursos pedagógicos para inclusão humana. *Rev Temas Educ.* 2015; 24(2):28-44.
12. Cowan J. Como ser professor universitário inovador: reflexão e ação. Costa RC, tradutor. Porto Alegre: Artmed; 2002.
13. Damiano R, Gena C, Venturini G. Testing web-based solutions for improving reading tasks in dyslexic and neuro-typical users. *Multimedia Tools and Applications.* 2019; 78(5): 13489-515. doi: <https://doi.org/10.1007/s11042-019-7273-5>.
14. Fage C, Consel CY, Balland E, Etchegoyhen K, Amestoy A, Bouvard M et al. Tablet apps to support first school inclusion of children with autism spectrum disorders (ASD) in mainstream classrooms: a pilot study. *Front Psychol.* 2018; 9. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02020>.
15. Kellems RO, Eichelberger C, Cacciatore G, Jensen M, Frazier B, Simons K et al. Using video-based instruction via augmented reality to teach mathematics to middle school students with learning disabilities. *J Learn Disabil.* 2020; 53(4):277-91.
16. Monem R, Bennet K, Barbetta P. The effects of low-tech and high-tech active student responding strategies during history instruction for students with SLD. *Learn Disabil Contemp J.* 2018; 16:87-106.
17. Nunes EV, Busarello RI, Dandolini G, Souza JA, Ulbricht VR, Vanzin T. Construção de objetos de aprendizagem acessível; foco na aprendizagem significativa. 2011; (1)245-48.
18. Ohlweiler L. Introdução aos transtornos da aprendizagem. In: Rotta NT, Ohlweiler L, Riesgo RS. *Transtornos da Aprendizagem: abordagem neuropsicológica e multidisciplinar.* Porto Alegre: Artmed: 2016. p. 107-11.
19. O'Neill SJ, Smeaton AF. Assistive technology: understanding the needs and experiences of individuals with autism spectrum disorder and/or intellectual disability in Ireland and the UK. *Assist Technol.* 2020; 32(5):251-9.
20. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan: a web and mobile app for systematic reviews. *Syst Rev.* 2016; 5:210. doi: <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>.
21. Pereira AL, Bachion MM. Atualidades em revisão sistemática de literatura, critérios de força e grau de recomendação de evidência. *Rev Gaúcha Enferm Porto Alegre.* 2006; 27(4):491-8.

22. Peters MD, Godfrey CM, Khalil H, McInerney P, Parker D, Soares CB. Guidance for conducting systematic scoping reviews. *Int J Evid Based Healthc.* 2015; 13(3):141-6.
23. Polat E, Cagiltay K, Aykut C, Karasu N. Evaluation of a tangible mobile application for students with specific learning disabilities. *Aust J Learn Difficult.* 2019; 24(1):95-108.
24. Schlosser RW, O'Brien A, Yu C, Abramson J, Allen AA, Flynn S et al. Repurposing everyday technologies to provide just-in-time visual support to children with intellectual disability and autism: a pilot feasibility study with the Apple Watch®. *Int J Dev Disabil.* 2017; 63(4):221-7.

2

O uso da tecnologia para intervenções em crianças e adolescentes com transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH)

Juliana Dalla Martha Rodriguez

Nadia Maria Giaretta Ranalli

Lara Caldas Medeiros de Sá Zandoná D´Almeida

Maria Cristina Triguero Veloz Teixeira

INTRODUÇÃO

O Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) é uma condição que gera prejuízos ao neurodesenvolvimento, cujo diagnóstico é predominantemente clínico e requer uma avaliação detalhada dos sintomas e do comprometimento funcional da criança. Inúmeras são as dificuldades que essas crianças e adolescentes enfrentam para condução da rotina diária devido às manifestações. O TDAH tem alta prevalência, impacta o funcionamento adaptativo da pessoa (7), e afeta tanto o indivíduo quanto a sua família e comunidade (10). A gravidade das manifestações determina o tipo de intervenção, acompanhamento interdisciplinar e necessidade de medicamento. O acompanhamento psicológico, pedagógico, psiquiátrico (23, 28) e uso de medicamentos devem ser ajustados periodicamente em conjunto com as intervenções neurocomportamentais (13).

Para acompanhamento e tratamento desse transtorno, a participação ativa dos pais e/ou responsáveis é de suma importância, para que as medidas adotadas tenham adesão, também, pela criança ou adolescente. Ao longo do desenvolvimento, a criança com TDAH pode apresentar comorbidades, o que aumenta o risco de baixo desempenho e evasão escolar. Em sala de aula, as crianças com TDAH necessitam de estratégias que possibilitem o processo de ensino e aprendizagem já que a dificuldade de concentração nas tarefas e em autorregulação do comportamento (4) restringem o potencial acadêmico. As estratégias de intervenção precisam ser planejadas para minimizar os impactos do déficit de atenção nesse processo.

O uso apropriado de tecnologias avançadas pode minimizar os entraves no processo de aprendizagem de forma personalizada, interativa e inovadora. Os estímulos audiovisuais gerados podem auxiliar a concentração e atenção durante as atividades dos diferentes cenários (6). Algumas estratégias utilizadas no contexto escolar, como o uso do treinamento cognitivo computadorizado e dos jogos digitais, são intervenções possíveis e com resultados positivos. No ano de 2020, a *Food and Drug Administration* (FDA) aprovou o uso de um jogo de videogame como terapia digital, para apoiar no tratamento de crianças com sintomas de TDAH (25). Tal ação corrobora com o crescente foco na temática e exalta a utilização de ferramentas tecnológicas no processo de tratamento e/ou adaptação das crianças e adolescentes com TDAH nas diferentes necessidades educacionais e sociais.

Este capítulo tem como proposta apresentar um breve contexto sobre o TDAH em crianças e adolescentes, destacar a necessidade de novas estratégias pedagógicas para o processo de aprendizagem dessas crianças e direcionar sobre a utilização do treinamento cognitivo computadorizado e dos jogos digitais como suporte aos processos adaptativos e de tratamento desse público.

O TDAH EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES

O TDAH é um transtorno do neurodesenvolvimento caracterizado por sintomas de desatenção e/ou hiperatividade e impulsividade. A prevalência de crianças com TDAH na população pode variar em relação ao tempo, critério diagnóstico e tipo de metodologia empregada na pesquisa. No caso dos Estados Unidos, a FDA relata que as modificações nos métodos e critérios de diagnóstico que ocorreram ao longo dos anos resultaram em taxas diferentes de acometimento da população. Em 2016, os dados indicavam que 6,1 milhões de crianças e adolescentes foram diagnosticados com TDAH, com maior parcela concentrada entre 12 e 17 anos, seguida de 6 a 11 anos e, menos frequentemente, em crianças entre 2 e 5 anos de idade. Entre os anos de 2017 e 2018, *The National Survey of Children's Health* (NSCH) realizou um levantamento sobre as condições de saúde que (11) acometem crianças, e o TDAH foi comumente relatado.

O diagnóstico e tratamento da criança ou adolescente com TDAH demanda um conhecimento acurado do profissional. Além dos sintomas e funções cognitivas afetadas no transtorno, é importante considerar os correlatos comportamentais de como esses sintomas se manifestam frente às demandas do dia a dia.

Uma das principais características do TDAH é sua pluralidade de sintomas comportamentais e cognitivos. Devido a isso, a avaliação neuropsicológica e comportamental se mostra de suma importância para firmar e diferenciar os déficits cognitivos e os comportamentais de cada caso. (4).

Uma avaliação comportamental eminentemente clínica exige a combinação de instrumentos de avaliação, incluindo questionários / inventários / checklists, observação comportamental e realização de entrevistas, tanto para a realização do diagnóstico quanto para a construção e monitoramento de intervenções personalizadas. Para fins diagnósticos, os principais indicadores a serem verificados nessas avaliações são os problemas de desempenho escolar e os comportamentos de desatenção, hiperatividade ou impulsividade. A complexidade da avaliação comportamental está associada à variabilidade de ambientes em que os sintomas, sinais e dificuldades comportamentais associados ao transtorno se manifestam.

PROCESSO DE APRENDIZAGEM E ESTRATÉGIAS PEDAGÓGICAS

As crianças e adolescentes com TDAH podem apresentar dificuldades em várias áreas do desenvolvimento e cenários, com mais frequência no âmbito escolar. As alte-

rações e/ou déficits nas funções executivas (FE) são comuns em pessoas com TDAH e geram os principais prejuízos funcionais.

Funções executivas se referem às habilidades cognitivas ou funções mentais complexas ou superiores que exercem papel importante no processo de adaptação a novas situações ou àquelas de maior complexidade (4, 21). Essas funções são basilares para o processo de regulação de diversas habilidades intelectuais, sociais e emocionais (9). A atenção seletiva, o controle inibitório, planejamento, organização, flexibilidade cognitiva, memória operacional e autorregulação são indicadores de FE (13).

O perfil de funcionamento cognitivo característico de crianças com TDAH, que envolve déficits em controle executivo, associado às fragilidades de regulação das emoções e habilidades sociais, aumenta a chance de que elas tenham dificuldades no ambiente escolar. (4).

Além do desenvolvimento de habilidades cognitivas, a implementação de repertórios comportamentais no contexto de sala de aula com foco nas funções executivas e de autorregulação é importante. Um programa de intervenção comportamental que possibilite ao “[...] professor atuar para reduzir a frequência de comportamentos típicos de crianças com esse diagnóstico no contexto de sala de aula e, conseqüentemente, ampliar as condições favoráveis para sua aprendizagem” (4) pode proporcionar a crianças e adolescentes com TDAH melhores condições de aprendizagem.

O processo de aprendizagem é amplo, multidisciplinar e multifatorial, sendo mais complexo quando se considera o contexto de crianças e adolescentes com TDAH. É imprescindível que o currículo seja diversificado e ampliado, tanto no requisito conteúdo como na esfera de profissionais atuantes no processo, para enaltecer as habilidades e atuar nas especificidades de cada indivíduo.

A psicopedagogia possibilita a informação e ampliação dessas novas ferramentas e técnicas de aprendizagem com benefício direto a professores e alunos. As ações e intervenções psicopedagógicas contribuem significativamente com as atividades específicas de sala de aula e refletem nas atividades de vida diária e práticas da criança ou adolescente com o transtorno. Alterações de imediato devem fazer parte dessas mudanças, como estimular as ações concretas, estipular metas e prazos a serem cumpridos, realizar monitoramento constante das atividades e diversidade das ferramentas utilizadas, e a tecnologia pode e deve estar diretamente associada.

As estratégias de intervenção junto a pais de crianças e adolescentes com TDAH, referenciadas como padrão-ouro, são: (a) estimulação cognitiva, (b) treinamento parental, e (c) intervenções cognitivo-comportamentais associadas ou não a uso de medicação. Já no contexto escolar, são necessárias adequações pedagógicas e educacio-

nais, assim como diferentes estratégias para o desenvolvimento adequado de habilidades de aprendizagem e socialização de crianças e adolescentes com TDAH.

Nesse cenário, os jogos podem ser utilizados como estratégias, que, por meio de desafios mentais, exigem o engajamento das crianças e adolescentes na busca por soluções para os desafios. “No processo, o sujeito aprende sobre si, sobre o jogo e a construção de regras, sobre as relações sociais envolvidas no ato de jogar, além da interdisciplinaridade entre conteúdos correlacionados.” (2).

As diferentes abordagens tecnológicas auxiliam o tratamento de crianças e adolescentes com o transtorno de forma personalizada, facilitam o acesso aos cuidados e possibilitam intervenções que podem ser realizadas nos contextos escolar, domiciliar, clínico e de laser. O avanço da tecnologia pode trazer um novo horizonte frente aos déficits que acometem as crianças e adolescentes com TDAH (18-24).

TREINAMENTO COGNITIVO COMPUTADORIZADO E JOGOS DIGITAIS

As tecnologias atuais possibilitam formas inovadoras de intervenção terapêutica. Os jogos cognitivos eletrônicos são considerados “[...] um conjunto de jogos variados que trabalham aspectos cognitivos, propondo a intersecção entre os conceitos de jogos, diversão e cognição” (16, 17). Os jogos digitais, como os de videogame, têm sido utilizados para “[...] testar a função cognitiva, como intervenções terapêuticas para distúrbios neuropsiquiátricos e para explorar mecanismos de mudanças cerebrais estruturais dependentes de experiência” (20). Tais recursos trazem uma nova perspectiva e um panorama positivo e inclusivo para crianças e adolescentes com TDAH (18-22).

A partir desse pressuposto, considera-se que os desafios e os atributos dos jogos contribuem para o exercício e desenvolvimento de habilidades cognitivas. O jogo *Amazing Alex1*, desenvolvido pela *Rovio Entertainment*, auxilia crianças e adolescentes com TDAH ao propor o planejamento de estratégias para a conclusão dos níveis. As situações propostas nos jogos digitais têm como foco a solução de problemas. Para tanto, exige das funções executivas para o planejamento e, conseqüentemente, da interação entre memória, atenção e flexibilidade cognitiva (1).

Um estudo que mediu a tolerância de curto prazo ao uso de tecnologias demonstrou que as ferramentas tecnológicas, tais como videoaulas indisponíveis nas aulas presenciais e que podem ser acessadas e assistidas várias vezes, tiveram como resultado a diminuição da ansiedade e estresse. A tecnologia associada à educação, independentemente da modalidade, acrescenta novas ferramentas ao processo educacional e de ensino e aprendizagem (3).

Por apresentarem dificuldades específicas, as crianças e adolescentes com TDAH necessitam, incondicionalmente, de mais estímulos cerebrais em comparação àqueles que não têm o transtorno. Tal particularidade pode ser alcançada com auxílio de jogos como afirmam estudos. A *Game Based Learning* (GBL) se define por uma aprendizagem estruturada em jogos e tem como eficácia comprovada maior motivação dos alunos, posto que é apresentada uma gama de opções sobre os conteúdos abordados em sala de aula, sempre intermediados por dispositivos eletrônicos. Outro facilitador dessa ferramenta é que a atividade pode ser realizada ou continuada em qualquer ambiente e tempo, não se limita às paredes da escola (19).

Um estudo de revisão sistemática, com objetivo de avaliar intervenções e tratamentos com videogame, demonstrou que as ferramentas foram bem aceitas pelos pacientes e proporcionaram melhorias nas áreas cognitivas e na redução dos sintomas do TDAH. A gamificação e o treinamento cognitivo foram os principais recursos utilizados para avaliação e intervenções baseadas em jogos (28).

Os benefícios da gamificação, técnica que promove uma mudança comportamental e envolvimento dos usuários, demonstram que efeitos recompensadores dos videogames podem ter especial importância na melhor adesão ao tratamento. Em complemento, podem não ser percebidos como forma de tratamento ou como uma imposição dos cuidadores, são menos onerosos para as crianças, podem aumentar a participação e a motivação do paciente (8), e aprimorar as funções cognitivas e neurobiológicas (26).

Nos últimos anos, com o avanço tecnológico, foi possível desenvolver intervenções para facilitar o autogerenciamento dos sintomas do TDAH em crianças e adolescentes. Em um estudo que teve como objetivo fornecer recomendações para o desenvolvimento de intervenções tecnológicas futuras que facilitam o autogerenciamento do TDAH, alguns pontos foram destacados como fundamentais para o sucesso da intervenção: a utilização do feedback recompensador positivo, de jogos disponíveis para download, de componentes personalizáveis e adaptáveis, componentes de psicoeducação, integração de estratégias de autogestão, ambiente e contexto adequado (13).

Em seguida foram apresentadas recomendações, assim como o contexto ideal para intervenção com crianças e adolescentes com TDAH, a partir de uma revisão da literatura científica (13). No Quadro 1, ao lado de cada recomendação, há um conjunto de circunstâncias ou ambientes em que a intervenção tecnológica para crianças e adolescentes deve ser realizada. Como exemplo, temos a recomendação de possibilitar um feedback visual e auditivo sempre positivo para melhorar a confiança e desempenho da criança e/ou adolescente. Para tanto, é preciso acesso à internet que possa ser realizado na residência, com feedback visual e com mínima exigência de leitura.

Quadro 1. Recomendações para intervenção tecnológica em crianças e adolescentes com TDAH. Adaptada de Centers of Disease Control and Prevention (5).

Recomendações		Contexto ideal para intervenção
1	O usuário deve receber feedback visual e auditivo positivo e gratificante, para melhorar confiança e desempenho.	Deve haver acesso à internet, e a intervenção deve ser acessível em casa e independente do profissional da saúde. A intervenção deve ser colorida e sem muito texto.
2	A opção para utilizar os recursos de jogos para download deve ser disponibilizada, pois pode permitir maior compreensão dos conceitos abordados na intervenção. Exemplos de recursos para download: questionários, jogo de labirinto, pesquisa de palavras, palavras cruzadas, colorir imagens, origami.	Os recursos de jogos para download devem estar disponíveis para serem usados independentemente ou com o apoio de um amigo ou cuidador do usuário.
3	A intervenção deve permitir ao usuário personalização e adaptações das atividades ou personagens. Além disso, deve haver um número limitado de módulos para que o usuário mantenha o interesse na tarefa.	A intervenção deve fornecer ao usuário muitas opções para mantê-lo engajado e motivado, e deve ter sua própria área de usuário para que possa retornar ao trabalho anterior e continuar de onde parou.
4	O reforço positivo deve ser incorporado à intervenção (recompensas colecionáveis personalizadas), para motivar o usuário a utilizar a intervenção. Exemplos de recompensas incluem: diamantes, moedas (para comprar itens no jogo, por exemplo, <i>skins</i> , acessórios para avatares), certificados, medalhas, recompensas personalizadas e <i>tokens</i> .	A intervenção deve ser gratificante, coletável e personalizada para o usuário.
5	Incluir cenários sociais animados, nas intervenções pode ajudar o usuário a tomar decisões sociais mais adequadas e, como consequência, melhorar as relações sociais. Outra opção seria usar animais em vez de personagens / avatares humanos.	A intervenção deve recompensar positivamente a tomada de decisão apropriada durante os cenários animados fornecidos.
6	A intervenção deve auxiliar o usuário a compreender melhor o TDAH.	A intervenção deve fornecer informações adequadas à idade e deve melhorar o conhecimento e compreensão do usuário sobre o TDAH.

Quadro 1. Recomendações para intervenção tecnológica em crianças e adolescentes com TDAH. Adaptada de Centers of Disease Control and Prevention (5).

Recomendações		Contexto ideal para intervenção
7	A intervenção pode encorajar o usuário a envolver pais, cuidadores e amigos, no momento da intervenção. Por exemplo, o usuário pode ensinar como eles aprenderam a gerenciar os sintomas do TDAH. A intervenção pode ajudar a melhorar os relacionamentos e a autogestão dos sintomas de TDAH.	A intervenção deve fornecer informações adequadas à idade para melhorar a compreensão do usuário sobre o TDAH.
8	A intervenção deve deixar claro que o incentivo de amigos e/ou dos cuidadores pode reforçar a opinião dos usuários e o engajamento na intervenção.	A intervenção deve ser usada em ambiente onde o usuário seja encorajado a se envolver na atividade.
9	A intervenção pode ajudar o usuário a definir metas relevantes de curto prazo para si mesmo, o que pode encorajá-lo a se envolver com a intervenção e a autogerir os sintomas do TDAH de forma mais eficaz.	A intervenção deve possibilitar o desenvolvimento de metas de curto prazo alcançáveis para o usuário, ou fornecer orientações sobre como definir metas de curto prazo. Além disso, os recursos disponíveis para download podem encorajar os pais a pensar em metas de curto prazo com seus filhos.
10	A intervenção pode fornecer uma indicação de melhoria ou progresso durante as atividades. Por exemplo, elevar de nível da atividade motivará a adesão.	A intervenção deve fornecer ao usuário vários níveis de jogo para mantê-lo engajado e motivado. Uma “opção simplificar” para tornar o nível gerenciável para o usuário, se ele estiver com dificuldade para concluí-lo.

Uma alternativa de ferramenta tecnológica é o *RECOGNeyes*[®], que apresenta mecanismos que auxiliam a intervenção com crianças e adolescentes com TDAH. Trata-se de um jogo de computador controlado por rastreamento ocular, que foi avaliado em relação aos benefícios terapêuticos potenciais para crianças com transtorno do neurodesenvolvimento, em particular o transtorno de déficit de atenção, hiperatividade / impulsividade. O embasamento para o desenvolvimento do jogo levou em consideração que esses indivíduos têm um déficit no sistema de controle de atenção. O jogo foi projetado como uma intervenção para treinar a atenção da criança com TDAH. Os resultados apontaram para a redução dos sintomas de impulsividade. O *RECOGNeyes*[®] pode, portanto, fornecer novos insights sobre o tratamento do TDAH (8)

Em um estudo com objetivo de explorar as opiniões dos pais e médicos sobre alguns aplicativos disponíveis para crianças e jovens com TDAH, destacou-se a importância dos usuários e desenvolvedores se relacionarem com o aplicativo. Devem, também, abordar as dificuldades relacionadas ao TDAH, influenciar nas relações familiares e se tornar um dispositivo educacional (14).

O *EndeavorRx*[®] é um jogo de videogame, direcionado para crianças de 8 a 11 anos, com sintomas de TDAH, que visa melhorar o foco atencional. Em uma pesquisa, os resultados indicaram que o uso desse jogo digital diminuiu significativamente o déficit de atenção em pelo menos uma medida de atenção objetiva do teste realizado com esse público, sendo a mudança observada pelos pais e/ou responsáveis pelas crianças (12). E, também, como recurso terapêutico digital, o AKL-T01, que apresenta interface análoga a de um videogame, apresenta resultados positivos, pois direciona a atenção e o controle cognitivo e proporciona melhor desempenho atencional em crianças com TDAH (8).

A realidade virtual aumentada via ferramenta *TFMind* e jogo *Brainy Mouse* para dispositivos móveis (27), entre uma série de tecnologias, estão sendo desenvolvidas no tratamento de crianças e jovens com TDAH. No entanto, pesquisas futuras são necessárias para investigar o valor da tecnologia no apoio a crianças e jovens com TDAH, além da necessidade de ampliar o foco em psicoeducação (15). Abaixo, o Quadro 2 apresenta jogos digitais para uso em intervenções tecnológicas e aprendizagem estruturada com crianças e adolescentes com TDAH / *Game Based Learning* (GBL)

Quadro 2. Jogos digitais para uso em intervenções tecnológicas e aprendizagem estruturada com crianças e adolescentes com TDAH / *Game Based Learning* (GBL) (19).

Jogo	Fabricante	Ano	Objetivo
<i>Amazing Alex</i> 1 (21)	<i>Rovio Entertainment</i>	2013	Planejamento de estratégias
<i>RECOGNeyes</i> (23)	<i>Gaze Control Training Game</i>	2020	Reconhecimento de conteúdo facial (expressão, ação, objeto e cena) e controle da atenção
<i>EndeavorRx</i> - AKL-T01 (23, 26)	<i>Akili Interactive</i>	2013	Foco atencional e controle cognitivo
<i>TFMind</i> (28)	ASAS VR	2019	Realidade virtual aumentada
<i>Brainy Mouse</i> (28)	<i>Brainy Mouse Foundation</i>	2019	Ampliar o foco e auxiliar na alfabetização

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da tecnologia assistida por profissionais para identificar e tratar os sintomas de TDAH em crianças e adolescentes traz resultados positivos, uma vez que as tecnologias auxiliam o desenvolvimento de alternativas personalizadas e direcionadas. Os estudos apresentados sugerem um crescente interesse pelo tema, com resultados que apontam para a importância do uso de tecnologias inovadoras tanto para os profissionais de saúde quanto para os da educação.

Alternativas aos cuidados tradicionais, incluindo novas terapias digitais, têm se mostrado promissoras para remediar os déficits cognitivos associados a esse transtorno e podem abordar as barreiras às terapias padrão, como intervenções farmacológicas e terapia comportamental. Os jogos como *Amazing Alex*¹, *RECOGNeyes*, *EndeavorRx-AKL-T01*, *TFMind* e *Brainy Mouse* se mostram mediadores eficazes para estimular as funções executivas, proporcionando às crianças e adolescentes com TDHA o treinamento e aprimoramento dessas habilidades tão importantes no percurso de desenvolvimento e, conseqüentemente, nos futuros processos cognitivos.

Novos estudos, com maior número amostral e diferentes contextos culturais, são necessários para auxiliar profissionais que atendem crianças e adolescentes com TDAH na busca por estratégias mais assertivas, personalizadas e direcionadas.

REFERÊNCIAS

1. Alves L. Jogos digitais e aprendizagem: fundamentos para uma prática baseada em evidências. Campinas: Papirus; 2016.
2. Axelson VT, Pena P. As funções executivas e o transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) na primeira infância. *Psicologia.pt* [internet]. 2015 [acesso 8 jun. 2021]. Disponível em: <https://www.psicologia.pt/artigos/textos/TL0381.pdf>.
3. Bobo E, Lin L, Acquaviva E, Caci H, Franc N, Gamon L et al. Comment les enfants et adolescents avec le trouble déficit d'attention / hyperactivité (TDAH) vivent-ils le confinement durant la pandémie COVID-19? *L'Encéphale* [internet]. 2020 [cited 2021 jun. 8]; 46(3). doi: <https://doi.org/10.1016/j.encep.2020.05.011>.
4. Carreiro LRR, Teixeira MCTV, Silva MMM, Paes IT, Barros RACB, Micieli APR. Avaliação neuropsicológica no TDAH: contribuições para identificação de dificuldades cognitivas e orientação escolar. In: Amato CAH, Brunoni D, Boggio OS, organizadores. *Distúrbios do desenvolvimento: estudos interdisciplinares*. São Paulo: Memnon; 2018. p. 142-53.
5. Centers of Disease Control and Prevention (CDC). Attention-Deficit / Hyperactivity Disorder (ADHD) [internet]. [cited 2021 Jun 7]. Available from: <https://www.cdc.gov/ncbddd/adhd/data.html>.

6. Cordeiro KMA. O impacto da pandemia na educação: a utilização da tecnologia como ferramenta de ensino [Monografia na internet]. Manaus: Faculdades IDAAM; 2020 [acesso 8 set. 2021]. 15 p. Disponível em: <http://repositorio.idaam.edu.br/jspui/handle/prefix/1157>.
7. Danielson ML, Bitsko RH, Ghandour RM, Holbrook JR, Kogan MD, Blumberg SJ. Prevalence of parent-reported ADHD diagnosis and associated treatment among U.S. children and adolescents, 2016. *J Clin Child Adolesc Psychol* [internet]. 2018 [cited 2021 jun. 8]; 47(2):199-212. doi: <https://doi:10.1080/15374416.2017.1417860>.
8. García-Baos A, D'Amelio T, Oliveira I, Collins P, Echevarria C, Zapata LP et al. Novel interactive eye-tracking game for training attention in children with attention-deficit / hyperactivity disorder. *Prim Care Companion CNS Disord* [internet]. 2019 [cited 2021 jun. 8]; 21(4):19m02428. doi: <https://doi:10.4088/PCC.19m02428>.
9. Goldberg E. O cérebro executivo: lobos frontais e a mente civilizada. Rio de Janeiro: Imago; 2002.
10. Gupte-Singh K, Singh RR, Lawson KA. Economic burden of attention-deficit / hyperactivity disorder among pediatric patients in the United States. *Value Health* [internet]. 2017 [cited 2021 jun. 8]; 20(4):602-9. doi: <https://doi:10.1016/j.jval.2017.01.007>.
11. HRSA Maternal & Child Health [homepage]. National Survey of Children's Health: NSCH Data Brief, July 2020. Available from: <https://mchb.hrsa.gov/sites/default/files/mchb/Data/NSCH/nschdata-brief.pdf>. Cited 2021 jun. 7.
12. Pandian GSB, Jain A, Raza Q, Sahu KK. Digital health interventions (DHI) for the treatment of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) in children - a comparative review of literature among various treatment and DHI. *Psychiatry Res* [internet]. 2021 [cited 2021 Jun. 8]; 297. doi: <https://doi:10.1016/j.psychres.2021.113742>.
13. Powell L, Parker J, Harpin V, Mawson S. Guideline development for technological interventions for children and young people to self-manage attention deficit hyperactivity disorder: realist evaluation. *J Med Internet Res* [internet]. 2019 [cited 2021 sept. 8]; 21(4). doi: <https://doi:10.2196/12831>.
14. Powell L, Parker J, Harpin V. ADHD: Is there an app for that? A suitability assessment of apps for the parents of children and young people with ADHD. *JMIR Mhealth Uhealth* [internet]. 2017 [cited 2021 jun. 8]; 5(10). doi: <https://doi:10.2196/mhealth.7941>.
15. Powell L, Parker J, Harpin V. What is the level of evidence for the use of currently available technologies in facilitating the self-management of difficulties associated with ADHD in children and young people? A systematic review. *Eur Child Adolesc Psychiatry* [internet]. 2018 [cited 2021 Jun. 8]; 27:1391-412. doi: <https://doi:10.1007/s00787-017-1092-x>.
16. Ramos DK, Rocha NL. Avaliação do uso de jogos eletrônicos para o aprimoramento das funções executivas no contexto escolar. *Rev Psicopedag* [internet]. 2016 [cited 2021 Jun. 8]; 33(101):133-43. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84862016000200003&lng=pt&nrm=iso&tlng=PT.

17. Ramos DK. Jogos cognitivos eletrônicos: contribuições à aprendizagem no contexto escolar. *Ciênc Cogn* [internet]. 2013 [acesso 2021 jun. 8]; 18(1):19-32. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/848>.
18. Rohde LA, Halpern R. Transtorno de déficit de atenção / hiperatividade: atualização. *J Pediatr* [internet]. 2004; 8 (suppl. 2);S61-S70. doi: <https://doi.org/10.1590/S0021-75572004000300009>.
19. Sanchez WM, Kawamoto Júnior LT. Jogo para auxílio ao ensino de tabuada principalmente para crianças com TDAH. *J Health Inform* [internet]. 2016 [acesso 2021 jun. 8]; 8(supl. I): 29-40. Disponível em: <https://docplayer.com.br/94761358-Jogo-para-auxilio-ao-ensino-de-tabuada-principalmente-para-criancas-com-tdah.html>.
20. Shams TA, Foussias G, Zawadzki JA, Marshe VS, Siddiqui I, Müller DJ et al. The effects of video games on cognition and brain structure: potential implications for neuropsychiatric disorders. *Curr Psychiatry Rep* [internet]. 2015 [cited 2021 jun. 8]; 17(9):71. doi: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11920-015-0609-6>.
21. Sobrosa GMR, Camerin C, Santos AS, Dias ACG. Considerações acerca da inserção profissional de jovens do Ensino Médio. *Mudanças Psicol Saúde* [internet]. 2012 [acesso 2021 jun. 8]; 20(1-2): 41-9. doi: <https://doi.org/10.15603/2176-1019/mud.v20n1-2p41-49>.
22. Stroh JB. TDAH: diagnóstico psicopedagógico e suas intervenções através da Psicopedagogia e da Arteterapia. *Constr Psicopedag* [internet]. 2010 [acesso 2021 jun. 8]; 18(17):83-105. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-69542010000200007&lng=pt&nrm=iso.
23. Thapar A, Cooper M. Attention deficit hyperactivity disorder. *Lancet* [internet]. 2016 [cited 2021 jun. 8]; 387(10024):240-50. doi: [https://doi: 10.1016/S0140-6736\(15\)00238-X](https://doi: 10.1016/S0140-6736(15)00238-X).
24. Trevisan BT, Scarpato BS, Berberian AD. Intervenções em funções executivas no transtorno de déficit de atenção / hiperatividade no contexto escolar. In: Dias NM, Mecca TP. *Contribuições da neuropsicologia e da psicologia para intervenção no contexto educacional*. São Paulo: Memnon; 2015. p. 225-32.
25. U.S. Food & Drug [homepage]. FDA permits marketing of first game-based digital therapeutic to improve attention function in children with ADHD. 2020. Available from: <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-permits-marketing-first-game-based-digital-therapeutic-improve-attention-function-children-adhd>. Cited 2021 jun. 7.
26. Vieira J, Gomes M, Cerqueira L, Tourinho A, Dórea MF, Caroline B et al. Funções executivas e games: teoria e prática dentro do contexto escolar. In: *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital*; 2017 nov 2-4; Curitiba, PR, Brasil. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação; 2017.
27. Vieira N. Tecnologia: uma aliada inesperada para pessoas com TDAH. 2019. [homepage]. Disponível em: <https://canaltech.com.br/saude/tecnologia-uma-aliada-inesperada-para-pessoas-com-tdah-153991/>. Acesso 2021 jun.].
28. Wolraich ML, Hagan JF, Allan C, Chan E, Davison D, Earls M et al. Clinical practice guideline for the diagnosis, evaluation, and treatment of attention-deficit / hyperactivity disorder in

children and adolescents. *Pediatrics* [internet]. 2019 [cited 2021 jun. 8]; 144(4): e20192528.
doi: [https://doi: 10.1542/peds.2019-2528](https://doi.org/10.1542/peds.2019-2528).

3

Design instrucional com acessibilidade: estudo de caso da plataforma SELI

Cibele Cesario da Silva Spigel

Cibelle A de la Higuera Amato

Maria Amélia Eliseo

Ismar Frango Silveira

Valéria Farinazzo Martins

INTRODUÇÃO

No Brasil, dados de 2019 do IBGE revelam que, apesar de ter aumentado o número de usuários com acesso à internet (82,7% têm acesso) ainda há 40 milhões de brasileiros que não possuem acesso, sendo 32,9% por falta de interesse em acessá-la, 26,2% alegam ser um serviço muito caro e, por nenhum morador saber usá-la, 25,7%. E ainda, apenas 40,6% dos domicílios possuem computador; por outro lado, 98,6% da população possuem um dispositivo móvel. A maioria daqueles que usufruem os serviços oferecidos pela rede mundial de computadores a utiliza para troca de mensagens (10). Mas, é importante destacar, que ter acesso à internet não significa necessariamente que haja inclusão digital (18). O Programa Nacional de Tecnologias na Educação (ProInfo), instituído em 1997, com o objetivo de desenvolver o uso pedagógico das tecnologias da informação e comunicação (TIC) nas escolas públicas, acaba sendo ineficiente em decorrência da falta de infraestrutura das escolas e outros obstáculos, como capacitação de professores, por exemplo, configurando-se em um programa que não possibilita a inclusão digital (18). Não basta disponibilizar as TICs, é preciso capacitar os usuários para seu uso consciente.

Com relação à inclusão digital, a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (4) preconiza que os alunos com deficiência devam ser inseridos no ensino regular, cabendo às escolas fazer as acomodações necessárias, tanto no ambiente arquitetônico quanto no processo ensino-aprendizagem. No sentido de auxiliar a área da Educação a ser mais inclusiva, ferramentas que possibilitem a criação de materiais digitais acessíveis são um forte aliado para que a acessibilidade aconteça de fato (12). Somado a isso, o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA), que é um conjunto de princípios que constitui um modelo prático para maximizar as oportunidades de aprendizagem para todos os estudantes (5), pode contribuir na construção desses materiais acessíveis. Cabe ressaltar que a promoção da educação inclusiva cumpre com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável número 4, da agenda Global 2030, ratificada por 193 países-membros, sendo o Brasil um deles (18).

Este capítulo está estruturado como segue. Na seção 2, Fundamentação Teórica, são apresentados os conceitos de Design Instrucional (DI) e DUA, assim como o ecossistema SELI. A seção 3 mostra o *Framework* DUA/DI, suas fases e exemplos. Logo após, a seção 4 traz os resultados e as discussões. Finalmente, na seção 5 são apresentadas as considerações finais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Design instrucional e o modelo Addie

Design Instrucional (DI) é uma ação intencional e sistemática para estabelecer estratégias de ensino e aprendizagem centradas no estudante. Envolve o planejamento, o desenvolvimento e a aplicação de métodos, técnicas, atividades, materiais, eventos e produtos educacionais em situações didáticas específicas a fim de promover, a partir de princípios de aprendizagem e instrução conhecidos, a aprendizagem humana (7). Trata-se de um processo iterativo de identificação de um problema ou necessidade de aprendizagem para planejar, desenvolver, implementar e avaliar uma solução. Após uma análise das necessidades do estudante e dos meios instrucionais, como conteúdo e tarefas, definem-se os objetivos de aprendizado, selecionam-se estratégias e métodos instrucionais, além de se escolher, selecionar ou criar materiais didáticos e avaliações (3). A intenção do DI é produzir conhecimento sobre os princípios e os métodos de instrução mais adequados a diferentes tipos de aprendizagem (7).

O DI é um processo complexo, criativo, ativo e interativo. Modelos de DI indicam como organizar os procedimentos e como colocar em prática o DI, permitindo a visualização do processo como um todo e estabelecendo diretrizes para gerenciar o próprio processo. Os modelos de DI mais utilizados, por serem mais genéricos, eficazes e fáceis de aplicar, são: o ISD - *Instructional System Design* ou Design de Sistemas Instrucionais; e o modelo ADDIE - *Analyze, Design, Develop, Implement and Evaluate* ou Analisar, Projetar, Desenvolver, Implementar e Avaliar (9, 17). Com a abordagem sistemática do DI, o ISD divide o desenvolvimento das ações educacionais em pequenas fases, na seguinte sequência: 1. Analisar a necessidade; 2. Projetar a solução; 3. Desenvolver a solução; 4. Implementar a solução; 5. Avaliar a solução.

Da mesma forma que o ISD, o modelo ADDIE é um processo cíclico e iterativo que evolui ao longo do tempo e continua ao longo do planejamento instrucional e do processo de implementação (16). As ações educativas são divididas nas seguintes fases: 1. Fase de análise; 2. Fase de projeto; 3. Fase de desenvolvimento; 4. Fase de implementação; 5. Fase de avaliação.

A Fase de análise compreende a definição do problema, a caracterização dos estudantes, a identificação das necessidades de aprendizagem, os objetivos de aprendizagem e uma análise de tarefas para identificar o conteúdo instrucional ou as habilidades específicas relacionadas ao curso. A Fase de projeto abrange o planejamento e o design do processo didático especificando como aprender; envolve o uso dos resultados da Fase de análise para planejar uma estratégia para desenvolver a instrução e inclui a identificação de mídias, de ferramentas mais apropriadas e materiais que deverão ser produzidos para utilização de alunos e professores. A Fase de desenvolvimento é a fase

de autoria e produção dos materiais didáticos planejados na Fase de projeto. A Fase de implementação se refere à entrega de instrução e dos recursos didáticos produzidos na Fase de desenvolvimento. A Fase de avaliação mede a eficácia e eficiência da instrução e pode ocorrer: durante a Fase de desenvolvimento na, forma de avaliações formativas; ao longo da Fase de implementação, com o auxílio dos alunos e dos professores; e/ou no final da implementação de um curso na forma de uma avaliação somativa para melhoria educacional (3, 7, 16).

Desenho universal para aprendizagem

A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (4) garante em condições de igualdade, entre diversos exercícios de cidadania, o direito à educação, o que significa que o ensino regular passa a ser reconhecido como um espaço para todos. Entretanto, ainda não é possível dizer que a permanência, participação e aprendizagem de pessoas com deficiência na escola regular sejam uma prática cotidiana e efetiva no Brasil. A literatura especializada destaca o papel do professor como o principal agente a buscar atender e entender um público tão diverso, o que faz com que o profissional se sinta sobrecarregado e as estratégias de permanência, participação e aprendizagem ineficientes, pois só são possíveis a partir de uma rede de apoio que assegure o sucesso dessas ações. Quando o assunto é inclusão escolar, é comum ter como proposta fazer adaptações e flexibilizações no ensino, o que acarreta um árduo trabalho de planejar e executar o ensino e, mesmo assim, o que se verifica é que na maioria das propostas os estudantes com deficiência não estão inseridos em processos de ensino e aprendizagem adequados, sobretudo pela falta de acesso ao currículo (8, 14, 19).

Assim, torna-se necessário discutir e propor uma prática pedagógica que considere o processo ensino-aprendizagem individualizado, permitindo a todos o acesso ao currículo, considerando a diversidade e a especificidade de cada estudante. Nesse contexto, surge nos EUA, em 1999, o Desenho Universal para Aprendizagem (DUA), desenvolvido por David Rose, Anne Meyer e outros pesquisadores do *Center for Applied Special Technology* (Cast) (5). Sua origem se centra no Desenho Universal, desenvolvido por Ronald Mace (11), que pensa em espaços físicos acessíveis para pessoas com deficiência. Atualmente, a concepção se aplica a qualquer pessoa que necessite de suporte no processo de aprendizagem. Dessa maneira, o DUA é uma educação acessível a todos, sem barreiras físicas e pedagógicas (19). Sendo assim, em vez de elaborar um material exclusivamente a um aluno com deficiência, o mesmo material beneficia outros alunos da mesma sala de aula, com ou sem deficiência.

O DUA se alicerça em três princípios: 1) Princípio do engajamento (rede afetiva): engajar e motivar os alunos, por meio de desafios, fazendo com que fiquem interessados no assunto a ser aprendido; 2) Princípio da representação (rede de reconhecimento): conectar conhecimentos prévios às informações novas, de modo que o aluno possa fazer o reco-

nhecimento do que está sendo aprendido, por isso, o uso de exemplos é muito importante nesse processo; 3) Princípio da ação e expressão (redes estratégicas): avaliar o aluno por meio de feedbacks constantes, de diferentes formas, não somente com uma prova escrita, por exemplo, mas oportunizar ao aluno diferentes formas para que ele demonstre os conhecimentos aprendidos (19). Nesse sentido, o conceito de DUA e o uso de recursos de tecnologia no processo de ensino aprendizagem são considerados positivos para escolarização de pessoas com deficiência. E como aplicar esses princípios na elaboração de um curso *on-line*? É o que será mais bem explicado nas próximas seções.

O ecossistema SELI

SELI (*Smart Ecosystem for Learning and Inclusion* - Ecossistema Inteligente para Aprendizagem e Inclusão) (13, 15) é o resultado de um projeto transnacional envolvendo países da Europa e da América Latina, que tem por principal objetivo fornecer ferramentas digitais que possibilitem a professores e criadores de conteúdo a elaboração de materiais educacionais e cursos acessíveis, considerando um vasto espectro de deficiências congênitas ou adquiridas, físicas ou cognitivas. Entre essas ferramentas, encontra-se um sistema de autoria de conteúdo educacional acessível e um software de suporte à elaboração de narrativas por parte dos estudantes, denominado plataforma SELI, que é parte do ecossistema. A Figura 1 exibe alguns *screenshots* dessa plataforma digital.

A proposta do projeto SELI inclui um suporte tecnológico, que envolve uma estrutura baseada em *blockchain* para microcertificações acadêmicas. A plataforma SELI, originalmente arquitetada para utilizar uma estrutura de microsites, em que cada curso construído com o auxílio da ferramenta de autoria seria disponibilizado na forma de um pequeno site, foi redesenhada para permitir diversas instalações-espelho ao redor do mundo que possibilitaram a otimização e o balanceamento de acesso. Além disso, o projeto promove ferramentas que facilitam a adoção de estratégias didáticas centradas no estudante, como sala de aula invertida (onde os conceitos são estudados antes da aula, podendo utilizar recursos como videoaulas ou textos) ou o uso de *digital storytelling* (que trabalha com narrativas pessoais sobre o conteúdo abordado) (13), como fios condutores do processo de aprendizagem.

Um dos grandes desafios do projeto SELI diz respeito aos processos de adoção de ferramentas digitais para autoria e organização de conteúdo por parte dos professores, que, muitas vezes, são resistentes ao uso da tecnologia, seja por desconhecimento ou por falta de tempo em aprender a utilizá-las devido à sobrecarga de trabalho. Outro desafio é a conscientização quanto à necessidade de construção de materiais educacionais acessíveis por parte de criadores de conteúdo e professores (em exercício da profissão ou em formação).

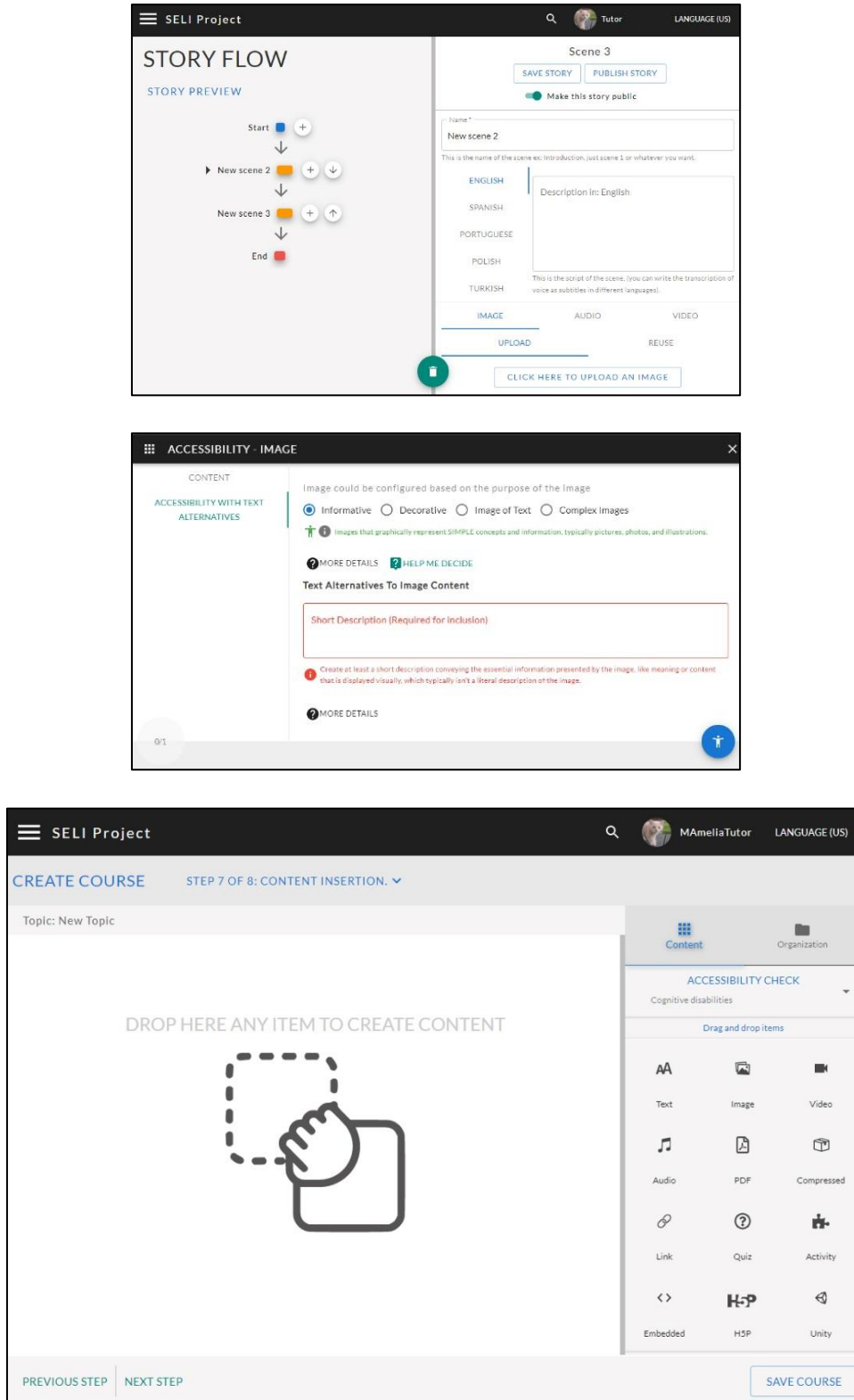


Figura 1. Screenshots das ferramentas digitais da plataforma SELI, no sentido horário: ferramenta de *storytelling*; editor para configuração de acessibilidade em imagens; ferramenta de autoria de conteúdos acessíveis.

O FRAMEWORK DUA/DI

O professor, ao se deparar com as diretrizes do DUA, muitas vezes não sabe aplicá-las na elaboração de um curso acessível, uma vez que essas diretrizes não são prescritivas, dificultando sua aplicabilidade ao planejamento pedagógico. Conforme o último censo da Abed, o número de alunos com deficiência, matriculados em universidades públicas e privadas no Brasil, cresceu 27%, porém, mesmo com esse exponencial crescimento, menos da metade dos professores dessas mesmas universidades recebe treinamento sobre acessibilidade (1). Nesse sentido, a plataforma SELI, em sua ferramenta de autoria de conteúdos acessíveis baseada em DUA e DI, orienta o usuário (professor ou criadores de conteúdo) na elaboração de recursos educacionais acessíveis: como inserir acessibilidade em imagens, textos no formato PDF, vídeos, áudios, dentre outros. Após a construção do curso acessível, ele é publicado na área do aluno, outro recurso oferecido pela plataforma SELI, que poderá interagir com o material disponibilizado. Assim, ferramentas que auxiliem a construção de materiais didáticos acessíveis são urgentes no cenário educacional; esses materiais são desejáveis não só para dar autonomia a pessoas com deficiência, como também a pessoas idosas que pretendem se aperfeiçoar, a pessoas com deficiência temporária devido à recuperação de um acidente, por exemplo, ou mesmo para atender às diferentes formas de aprendizagem.

Nesta seção, será analisado um curso construído na plataforma SELI, demonstrando cada etapa do modelo ADDIE de DI, e sua respectiva correspondência com as diretrizes do DUA. Na tela inicial, há oito fases para elaborar um curso na plataforma SELI: 1) Informações gerais do curso; 2) Identificação do público-alvo e suas necessidades; 3) Pré-requisitos para o curso; 4) Plano do curso; 5) Análise; 6) Design; 7) Programa; 8) Relatório de acessibilidade, conforme apresentado na Figura 2.

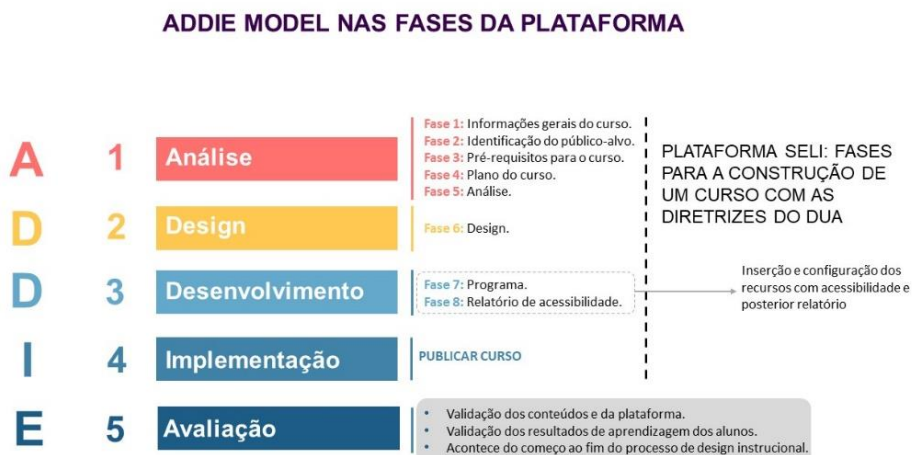


Figura 2. ADDIE Model nas fases da plataforma SELI. Fonte: Autores.

Análise

O curso a ser analisado apresenta o seguinte problema: como elaborar materiais didáticos acessíveis para idosos. Depois de definido o problema de aprendizagem, na Fase 1 da plataforma, Informações gerais do curso, são definidos o nome do curso, carga horária, descrição, idioma e a modalidade do curso (on-line ou híbrido); no caso, optou-se pelo modelo on-line, conforme mostra a Figura 3.

The screenshot displays the 'EDITING' interface for the 'SELI Project'. The top navigation bar includes a search icon and a progress indicator for 'Step 1 of 8: General Information about the course'. The progress bar shows 'Information Completed', 'Audiences Completed', 'Requirements Completed', 'Course Plan Completed', 'Analysis Completed', and 'Design Phase'.

The main section is titled 'Information' and contains the following fields and options:

- Course title (Required):** A text input field containing 'Materiais educacionais acessíveis para idosos'.
- Course subtitle:** An empty text input field.
- Course description (Required):** A text area containing the text: 'anos atrás. A idade não os impede de aprender, por isso pensar em materiais que possam ser acessíveis a eles é fundamental para que consigam atingir esse conhecimento. Esse curso é destinado a professores que criar materiais acessíveis para idosos ou adaptar os que já possuem.'
- Language (Required):** A dropdown menu set to 'Portuguese (PT)'.
- Course keywords (Required):** A text input field with a '+' button. Below it, three tags are visible: 'Idosos', 'Acessibilidade', and 'Materiais adaptados'.
- Duration (Required):** A time input field set to '005:00:00'.
- Modality:** Radio buttons for 'Online' (selected) and 'Hybrid'.

At the bottom of the form, there is a large image showing an elderly couple sitting at a table, looking at a tablet together.

Figura 3. Informações gerais do curso.

Finalizada a Fase 1, na Fase 2, Identificação do público-alvo e suas necessidades, continuamos na etapa de **Análise**, em que se define o nível educacional do público-alvo (Ensino Fundamental, Ensino Médio, graduação etc); no caso, optou-se por estudantes que estivessem na graduação, professores universitários e de Ensino Médio. Além disso, é nessa fase que selecionamos os objetivos de acessibilidade. Nesse caso, todos foram selecionados: deficiência cognitiva, auditiva e visual.

Na Fase 3, Pré-requisitos para o curso, especificam-se hardware e software necessários para que o aluno consiga acompanhar o curso. Essa fase é muito importante, porque o aluno, sabendo previamente o que é necessário para que possa realizar o curso, pode providenciar com antecedência, evitando frustração de não acompanhar, por falta de suporte.

Na Fase 4, Plano do curso, a plataforma oferece a opção de criar o curso de forma autônoma ou guiada; com ou sem *template*, qual *template*; em unidades ou tópicos. As opções de *templates* são Modelo espiral, Metáfora consistente, *Toybox* (2). Esses *templates* auxiliam o professor, caso ele tenha dificuldade em criar um leiaute sozinho. Para este estudo, optou-se na pela forma guiada, sem *template* e em unidades.

Ainda na etapa de **Análise** (Figura 4), na Fase 5, Análise, são elencados os objetivos de aprendizagem, conforme a Taxonomia de Bloom (6), abrangendo os domínios cognitivo (aquisição de informação e avaliação crítica de informação), afetivo (estar aberto a uma nova experiência que se apresenta) e psicomotor (movimento físico e coordenação motora), bem como o resultado de aprendizagem. Definir claramente e precisamente esses objetivos educacionais para o estudante aumentará a aprendizagem (3). Para auxiliar o usuário na definição dos objetivos de aprendizagem, a plataforma SELI oferece alguns verbos da Taxonomia de Bloom, tais como duplicar, descrever, apresentar, escolher etc. (domínio cognitivo), por exemplo.

Design

Na etapa Design é definido o planejamento e o mapeamento dos conteúdos. O curso em questão é composto por quatro unidades: 1) Introdução aos materiais acessíveis; 2) Diretrizes de acessibilidade; 3) Construindo um curso na plataforma SELI; 4) Vamos praticar o que aprendemos?, com atividades síncronas e assíncronas. Foram levantadas as mídias que seriam utilizadas para a elaboração do curso, os objetivos de aprendizagem de cada unidade, imagens de cada unidade etc.

Desenvolvimento e implementação

Na etapa Desenvolvimento são realizadas a produção e a adaptação dos conteúdos, o que demanda mais tempo do que nas outras etapas, bem como sua disponibili-

zação na plataforma, na etapa Implementação. No curso em questão, foram selecionadas imagens de banco de imagens gratuito. Textos foram desenvolvidos em uma linguagem dialógica para que o aluno não se sinta sozinho, gráficos foram desenvolvidos a fim de facilitar a aprendizagem, bem como um instrumento Quis, ao final de cada unidade, para que o aluno pudesse apreender o conteúdo.

Existe um Menu, na tela principal, que permite a inserção de recursos com acessibilidade, tais como texto, imagem, vídeo, áudio, arquivo PDF, arquivos comprimidos, link, Quiz, vídeo embutido, atividades em H5P e jogos criados no software *Unity*.

The screenshot shows the 'CREATE COURSE' interface in the 'Analysis Phase'. The top navigation bar includes 'SELL Project', 'CREATE COURSE', and progress indicators for 'Information', 'Audiences', 'Requirements', 'Course Plan', and 'Analysis'. The 'Analysis Phase' section is titled 'The analysis phase consists of understanding the educational problem, covering the survey of educational needs, the characterization of students and the instructional concepts.' It includes a 'Course summary' section with fields for Course Title, Course Subtitle, Intended Audience, and Instruction Goals. Below this is the 'Learning Objectives' section, which is divided into three domains: Cognitive, Affective, and Psychomotor. Each domain has a list of objective types (e.g., Remembering, Understanding, Applying) with 'Add' buttons and a 'More Details' button. The 'Learning outcomes' section follows, with similar 'Add' and 'More Details' buttons. Finally, there is a 'Learning constraint' section and a 'Pedagogical Considerations' section with a text input field. At the bottom, there are 'PREVIOUS STEP' and 'NEXT STEP' buttons.

Figura 4. Fase de Análise.

No curso desenvolvido, ao inserir uma figura, é percebido o botão na lateral à direita em que aparecem as opções de descrição da imagem para configuração da acessibilidade (Figura 5).

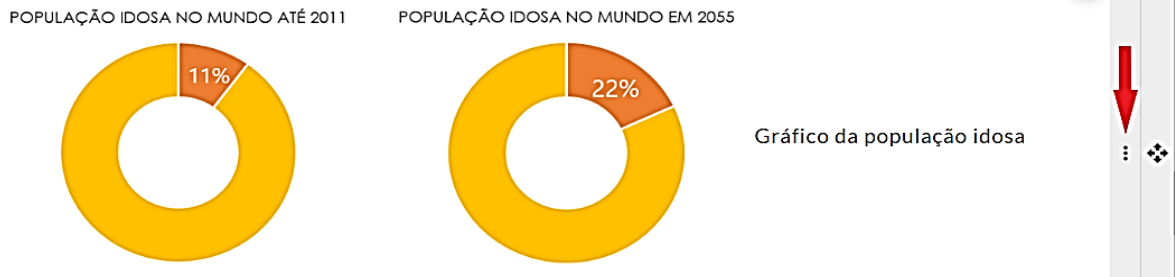


Figura 5. Imagem inserida no curso, com botão de configuração de acessibilidade.

Antes de descrever a imagem, é preciso informar de que tipo é: informativa, decorativa, imagem com texto ou uma imagem complexa. Em seguida, é possível fazer a descrição detalhada do conteúdo da imagem, conforme podemos notar a seguir. No caso em análise, trata-se de uma imagem informativa, logo, com mais dados a serem interpretados (Figura 6).

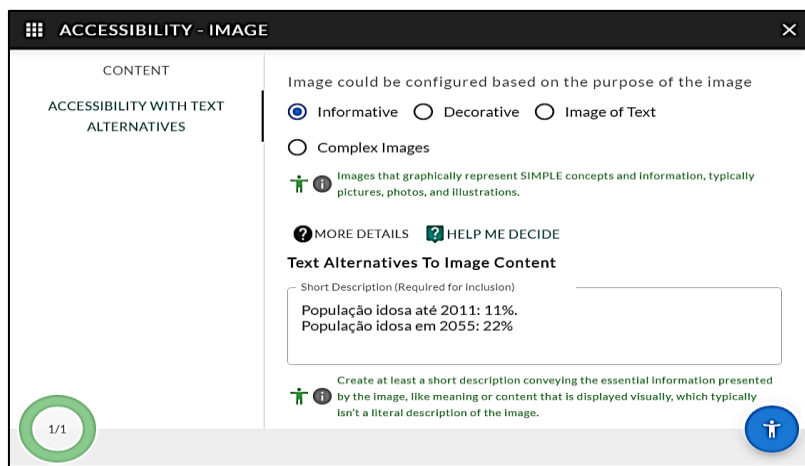


Figura 6. Tela de configuração de acessibilidade de imagem.

Feito isso, aparece na tela, juntamente com a imagem, a barra indicando a acessibilidade, em que é possível aumentar e/ou diminuir a imagem, sendo que a cor verde indica excelente acessibilidade (Figura 7).

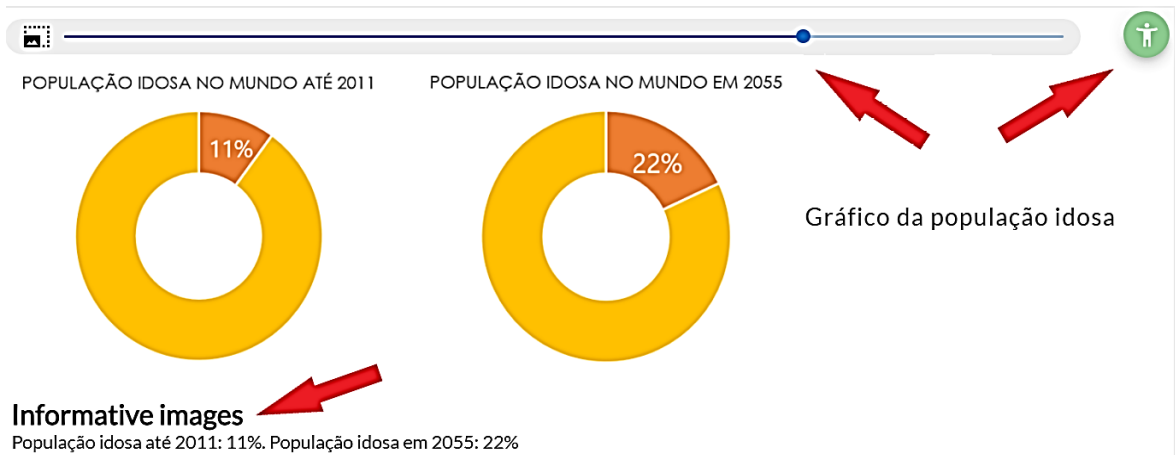


Figura 7. Ícone de aumento e diminuição da imagem, ícone de nível de acessibilidade, descrição da imagem.

Já o vídeo inserido no curso aponta acessibilidade média, porque o vídeo contém legenda, mas não possui interpretação em Libras para uso dos deficientes auditivos e, por isso, o amarelo é usado para sinalizar essa informação (Figura 8). É possível ainda configurar outros tipos de recursos didáticos, como áudio, arquivo no formato PDF, entre outros, que não serão demonstrados neste texto.

Idosos usam tecnologia como ferramenta d... Assistir ma... Compartilh...

Assistir no YouTube

External video

Idosos usam tecnologia como ferramenta de integração e aprendizado

Short Description (Required for inclusion)
O pessoal da terceira idade tem encontrado um novo meio de passar o tempo. Cada vez mais eles vêem a tecnologia como um mundo cheio de oportunidades e, porque não, de bastante aprendizado.

No Long Description

THIS CONTENT HAS AVERAGE ACCESSIBILITY

Figura 8. Ícone que sinaliza o nível de acessibilidade; nesse caso, grau médio.

A última fase, Relatório de acessibilidade (Figura 9), mostra, de forma clara, o quão acessível está o curso. Como podemos observar, mesmo com todos os cuidados

nas configurações da acessibilidade, é preciso aprimorar os recursos inseridos na plataforma, tomando um cuidado maior com os vídeos e imagens.

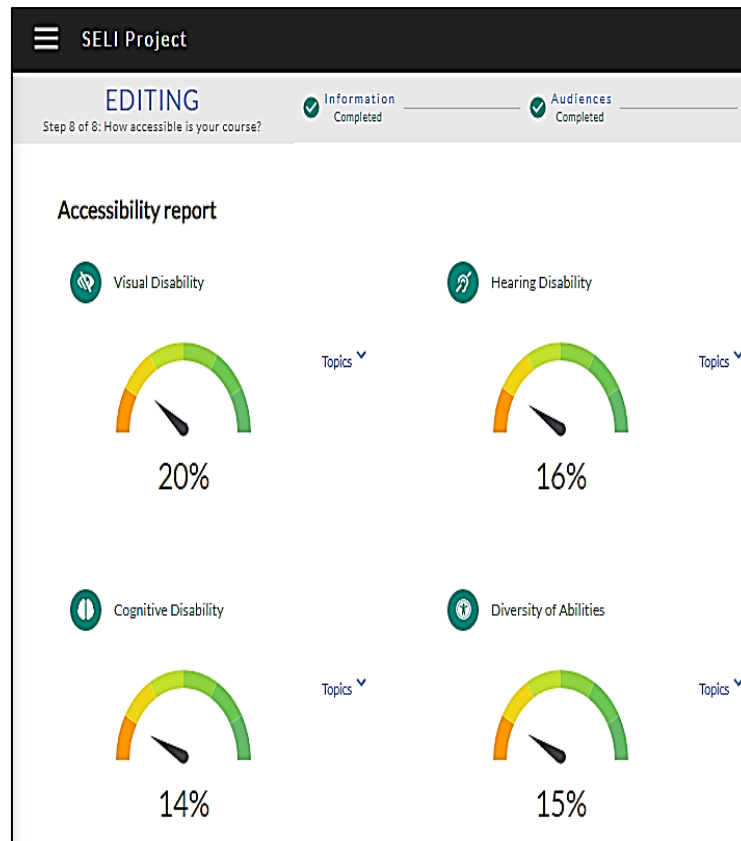


Figura 9. Relatório de acessibilidade.

Avaliação

A última etapa do ADDIE Model é a Avaliação, que pode ser formativa, realizada durante o processo de elaboração ou somativa, depois do curso finalizado, com a finalidade de dimensionar sua efetividade e eficiência: o que funcionou ou não, o que precisa ser alterado, aprimorado etc. Os alunos ajudam nessa questão porque depois que o curso foi efetivamente colocado em andamento, estratégias que foram pensadas como as mais adequadas podem se mostrar ineficazes, indicando alterações a serem realizadas no curso ainda em andamento ou depois que o curso foi finalizado. Por isso, solicitar o feedback dos alunos, ou seja, ouvi-los contribuirá para essa etapa. A etapa de avaliação permeia todo o processo de design instrucional e continua após a finalização do curso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante de um problema de aprendizagem, depara-se com alguns desafios na tentativa de oferecer ao aluno experiência de aprendizagem melhor e mais eficaz, seja no que se refere ao ensino presencial, seja no que se refere ao ensino on-line. Entretanto, esse último se configura como modalidade com maiores desafios, uma vez que os recursos educacionais disponibilizados precisam estar em consonância com o que é esperado e necessário ao aluno. E esse desafio se torna ainda maior quando é necessário se pensar em acessibilidade, conhecimento esse ainda pouco difundido e discutido no universo educacional. Por isso, elaborar um curso seguindo as etapas do ADDIE Model, com as diretrizes do DUA incutidas na plataforma, facilitou não só a elaboração do curso, pensado em professores que precisam confeccionar materiais acessíveis para idosos, como também o entendimento do que é necessário para que um vídeo seja acessível, por exemplo. Não basta a legenda, é necessária a interpretação em Libras desse conteúdo. Sem esse direcionamento da plataforma, talvez, esse ponto passaria despercebido.

Isso implica autonomia e liberdade para elaboração de um curso e, ao mesmo tempo, segurança, uma vez que a plataforma traz uma espécie de guia, orientando o caminho para que o curso seja o mais completo possível e com acessibilidade. As etapas e orientações estão bem claras, por meio de um design agradável e intuitivo, promovendo uma boa usabilidade.

Não é possível pular as fases de elaboração do curso, sendo o preenchimento de uma fase pré-requisito para passar para a próxima. Assim, a plataforma nos “obriga” a aprimorar a fase de **Análise**, etapa fundamental para o bom planejamento do curso, diminuindo sua incompletude e possíveis erros futuros. É importante deixar bem claro para o aluno, além do nome do curso, os objetivos de aprendizagem nos domínios afetivos, psicomotores e cognitivos, os pré-requisitos e identificação do público-alvo. Depois de muito bem definida essa etapa, passa-se à fase do **Design**, em que são concebidos o mapeamento dos conteúdos, as estratégias e as atividades.

Na etapa **Desenvolvimento** são inseridos os conteúdos didáticos planejados nas fases anteriores, utilizando as opções de recursos disponíveis na plataforma - texto, imagem, vídeo, áudio, arquivo PDF, arquivos comprimidos, link, quiz, vídeo embutido, atividades em H5P e jogos criados no software *Unity*. Ainda nessa fase se configura a acessibilidade de cada um desses recursos.

A opção gravar um áudio na plataforma ou subir um já pronto é interessante porque mescla os recursos dentro da unidade, tornando o conteúdo mais atrativo e dinâmico. Porém, é preciso atentar-se à acessibilidade que requer a transcrição desse áudio. A inserção de imagens, além de deixar o ambiente mais atrativo, ajuda o aluno a aprender o conteúdo de diferentes formas. Todavia, mesmo sendo de uso gratuito, es-

ses recursos exigem a inserção da fonte de referência, e, nesse sentido, a plataforma SELI possui uma falha, pois não possui espaço para referenciar as imagens, vídeos ou áudios para evitar possíveis problemas com direitos autorais. Em uma época em que a fácil produção de vídeos fomenta a grande adesão dos usuários ao *Youtube*, a educação, tanto on-line quanto presencial, não poderia deixar de usar esse recurso tão rico para ancorar a aprendizagem do conteúdo pretendido.

Embora a plataforma ainda esteja em desenvolvimento, é possível utilizar todas suas funcionalidades e concluir a elaboração do curso. Talvez, o usuário iniciante tenha dificuldades em sua utilização, pela falta de tutoriais de funcionamento dos recursos da plataforma. No relatório de acessibilidade, mostrado na Figura 9, os diferentes graus de acessibilidade são identificados por cor, sendo verde “excelente acessibilidade”. Os recursos de baixa acessibilidade são sinalizados na cor amarelo, quando deveria estar em outra cor, como vermelho, por exemplo, para diferenciar de média acessibilidade, que também aparece em amarelo.

Esse relatório de acessibilidade, ao final, ajuda a rever os recursos com baixa ou nenhuma acessibilidade e reavaliar possíveis substituições de recursos ou, até mesmo, configurar corretamente a acessibilidade. A plataforma, assim como pré-requisito para configuração das fases, “obriga-nos” a atentar com acurácia para essa última fase.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um estudo de caso sobre acessibilidade e design instrucional na criação de um curso destinado ao público idoso, utilizando uma plataforma digital denominada SELI. Foram abordadas todas as fases de desenvolvimento de um curso digital utilizando o modelo ADDIE de DI.

Percebeu-se que o uso de uma ferramenta que guie o professor na criação de cursos com conteúdos acessíveis é realmente desejável, visto que, muitas vezes, o professor pode se sentir perdido sem o uso de um guia. É necessário que mais iniciativas de ferramentas acessíveis estejam disponíveis para professores, a fim de difundir e facilitar que a acessibilidade e a inclusão possam fazer parte do cotidiano desses profissionais e que mais alunos possam ser incluídos.

Como trabalhos futuros, pretende-se aprimorar a plataforma digital SELI a fim de que se torne mais amigável ao público em geral, incluindo professores com deficiências ou com dificuldades no uso de plataformas digitais. Também pode se pensar que seria desejável que essa plataforma fosse mais bem difundida no Brasil para a confecção de cursos acessíveis.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do projeto ERANET-LAC, que recebeu financiamento do *European Union's Seventh Framework Programme*, projeto Ecosistema Inteligente para Aprendizagem e Inclusão - ERANet1 7 / ICT-0076SELI. O projeto também teve apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Programa de Excelência - Proex 1133/2019 e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) 2018/04085-4.

REFERÊNCIAS

1. Associação Brasileira de Educação a Distância (ABED) [homepage] [acesso jun. 2021]. Disponível em: <http://www.abed.org.br/site/pt/>.
2. Bergin J. Fourteen pedagogical patterns. In: Proceedings of the Fifth European Conference on Pattern Languages of Programs. 2000 jul. 5-9; Irsee, Germany. p. 1-49.
3. Branch RM. Instructional design: the ADDIE approach. Boston: Springer Science & Business Media; 2009.
4. Brasil. Lei 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da União. 7 jul 2015; Seção1(127):2.
5. CAST [homepage]. Design universal para aprendizagem [acesso jun. 2021]. Disponível em <http://www.cast.org>.
6. Ferraz APDCM, Belhot RV. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. Gestão Produção. 2010; 17(2):421-31.
7. Filatro A. Design instrucional na prática. São Paulo: Pearson; 2008.
8. Freitas AP, Monteiro MI, Camargo EAA. Ações e reflexões de docentes e pesquisadores sobre a prática pedagógica com alunos com deficiência. Rev Educ Pública. 2017; 26(61):57-76.
9. Göksu İ, Özcan K, Cakir R, Goktas Y. Content analysis of research trends in instructional design models: 1999-2014. J Learn Des. 2017; 10(2):85. doi: 10.85.10.5204/jld.v10i2.288.
10. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [homepage]. Uso de internet, televisão e celular no Brasil [acesso 16 jun. 2021]. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/materias-especiais/20787-uso-de-internet-televisao-e-celular-no-brasil.html>.
11. Mace R. Universal design in housing. Assist Technol. 1998; 10(1):21-8. doi: <https://doi.org/10.1080/10400435.1998.10131957>.
12. Martins VF, Amato CAH, Ribeiro GR, Eliseo MA. Desenvolvimento de aplicações acessíveis no contexto de sala de aula da disciplina de interação humano-computador. Rev Ibérica Sist Tecnol Inf. 2019; (E17):729-41.

13. Martins VF, Tomczyk Ł, Amato C, Eliseo MA, Oyelere SS, Akyar ÖY et al. A smart ecosystem for learning and inclusion: an architectural overview. In: 20th International Conference on Computational Science and Its Applications. 2020 jul. 1-4; Cagliari, Italy. p. 601-16.
14. Mendes EG, Tannús-Valadão G, Milanesi JB. Atendimento educacional especializado para estudante com deficiência intelectual: os diferentes discursos dos professores especializados sobre o que e como ensinar. *Rev Linhas*. 2016; 17(35): 45-67.
15. Oyelere SS, Silveira IF, Martins VF, Eliseo MA, Akyar ÖY, Jauregui, VC et al. Digital storytelling and blockchain as pedagogy and technology to support the development of an inclusive smart learning ecosystem. In: 8th World Conference on Information Systems and Technologies. 2020 apr. 7-10; Budva, Montenegro. p. 397-408.
16. Peterson C. Bringing ADDIE to life: instructional design at its best. *J Educ Multimed Hypermedia*. 2003; 12(3):227-41.
17. Rouhollah K, Samah SA. Instructional design models for online instruction: from the perspective of iranian higher education. *Procedia Soc Behav Sci*. 2012; 67:545-52. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.11.359.
18. Teixeira AJO. Direito à inclusão digital no Brasil: um objetivo sustentável. *Rev CEPEJ* [internet]. 2019; 21:20-50. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/CEPEJ/article/view/34510>.
19. Zerbato AP, Mendes EG. Desenho universal para a aprendizagem como estratégia de inclusão escolar. *Educ Unisinos*. 2018; 22(2):147-55.

4

Tecnologia assistiva na avaliação das habilidades receptivas de vocabulário de pessoa com surdez

Damião Michael Rodrigues de Lima

Juliana Dalla Martha Rodriguez

Janaína Aparecida de Oliveira Augusto

Lara Caldas Medeiros de Sá Zandoná D´Almeida

Nadia Maria Giaretta Ranalli

Maria Cristina Triguero Veloz Teixeira

INTRODUÇÃO

Atualmente, com os avanços tecnológicos, o desenvolvimento de aplicativos para tradução, interpretação e reconhecimento dos sinais (30) tem possibilitado a participação dos surdos em atividades da vida cotidiana, proporcionando autonomia, independência funcional, qualidade de vida e inclusão social. Porém, no que tange à utilização de instrumentos para avaliação neuropsicológica, ainda existe uma expressiva carência desse tipo de instrumento adaptado para a comunidade surda.

Diante desse cenário, a utilização da língua brasileira de sinais se torna fundamental, uma vez que as instruções desses instrumentos precisam ser claras e objetivas para a população-alvo. Fundamental ressaltar que, em 2002, por meio da Lei 10.436, a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) foi reconhecida como língua oficial no Brasil (8), sendo reconhecida como segunda língua materna da comunidade surda e segunda língua materna oficial no Brasil. Tem importância ímpar para as pessoas com deficiência nas habilidades sensoriais, pois possibilitam a comunicação não somente entre elas, mas também com ouvintes que tenham o conhecimento de LIBRAS. Para além do processo de comunicação, ainda são fundamentais para o desenvolvimento cognitivo e social da criança com essa deficiência (38).

Os profissionais da saúde e da educação enfrentam diversas dificuldades para avaliar pessoas com deficiências sensoriais auditivas, pois os testes são desenvolvidos sem pressupor essa possibilidade. Para que esses instrumentos possam ser utilizados com a pessoa com perdas auditivas e, futuramente com os avanços tecnológicos, tornar-se mais acessíveis, precisam primeiramente passar pelo processo de tradução, da Língua portuguesa para Libras. Posteriormente, o uso da tecnologia assistiva minimizaria as barreiras da comunicação, tornando a utilização dos instrumentos mais acessível no processo de avaliação dessa população.

DEFICIÊNCIAS SENSORIAIS AUDITIVAS

A Lei Brasileira de Inclusão (LBI), em 2015, em seu Artigo 2º, conceitua pessoa com deficiência como “aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas” (6). Até 2050, aproximadamente 2,5 bilhões de pessoas terão alguma perda auditiva, sendo que aproximadamente 700 milhões delas terão necessidade de utilizar serviços de reabilitação (46).

O Decreto 5.626, em seu artigo 2º, define como pessoa surda “[...] aquela que, por ter perda auditiva, compreende e interage com o mundo por meio de experiências visuais, manifestando sua cultura principalmente pelo uso da Língua Brasileira de Sinais - Libras”, e a deficiência auditiva como “[...] a perda bilateral, parcial ou total, de quarenta e um decibéis (dB) ou mais, aferida por audiograma nas frequências de 500Hz, 1.000Hz, 2.000Hz e 3.000Hz” (5).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) (49), até 2050, a população mundial terá aproximadamente 900 milhões de pessoas surdas. Trata-se de um número alarmante que poderia ser evitado com Políticas Públicas direcionadas a essa condição de saúde. Em 2020, a OMS definiu como perda auditiva completa ou surdez a dificuldade extrema em ouvir voz em forte intensidade, sendo caracterizada por não escutar nenhuma conversa e a maioria dos sons ambientais (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação do grau de perda auditiva e desempenho conforme decibéis (dB) de acordo com a OMS (8, 9).

Grau de perda	dB*	Desempenho
Audição normal	< 20 dB	Nenhum problema em ouvir sons.
Leve	20 < 35 dB	Pode apresentar dificuldade em ouvir o que é falado em locais ruidosos.
Moderado	35 < 50 dB	Pode apresentar dificuldade em ouvir conversa particularmente em lugares com ruidosos.
Moderadamente severo	50 < 65 dB	Dificuldade em participar de uma conversa, especialmente em locais ruidosos, mas pode ouvir se falarem com a voz mais alta sem dificuldade.
Severo	65 < 80 dB	Não ouve a maioria das conversas e pode ter dificuldade em ouvir sons elevados.
Profundo	80 < 95 dB	Dificuldade extrema para ouvir em lugares ruidosos e fazer parte de uma conversa.
Perda auditiva completa /surdo	> 95 dB	Dificuldade extrema em ouvir voz em forte intensidade. Não consegue escutar nenhuma conversa e a maioria dos sons ambientais.

*Média entre as frequências de 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz e 4 kHz.

A deficiência auditiva pode ter causas relacionadas a fatores genéticos, biológicos, comportamentais e ambientais. A perda auditiva é o comprometimento sensorial mais comum (42, 51), sendo o resultado da interação entre os fatores de risco ou causais (como acontecimentos desfavoráveis relacionados ao nascimento e infecções de ouvido e virais, exposição ao ruído e medicamentos ototóxicos) e fatores de proteção (como a boa higiene, evitar sons altos e estilos de vida saudáveis) (46). A perda auditiva, quando não diagnosticada precocemente e não tratada adequadamente, pode gerar impactos negativos na vida da pessoa, sendo extremamente importante a existência de programas de triagem para detectar precocemente o comprometimento auditivo nos estágios iniciais (18, 42). Os impactos ocorrem no desenvolvimento da linguagem e fala, nas atividades diárias e relações interpessoais e profissionais, no acesso à educação e emprego e na qualidade de vida e bem-estar social (18). Infelizmente, na maioria dos países, o acesso ao diagnóstico e reabilitação é uma barreira que impacta na qualidade de vida dessas pessoas (46, 47). O acompanhamento e a reabilitação são fundamentais para as pessoas com perdas auditivas, assim como o uso de aparelhos auditivos e implantes cocleares (18), a língua de sinais, no caso do Brasil, LIBRAS (Língua Brasileira de Sinais) e a Tecnologia Assistiva (TA). Atualmente, diversas alternativas e soluções viáveis e inovadoras, do ponto de vista clínico, econômico, tecnológico e ambiental, estão disponíveis, sendo eficazes para a maioria das pessoas com perda auditiva (47).

TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA A POPULAÇÃO SURDA

No Brasil, a LBI, de 2015, em seu Artigo 3º, deliberou a tecnologia assistiva ou ajuda técnica como aqueles “produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social” (6). Segundo a OMS, até 2030, aproximadamente dois bilhões de pessoas terão necessidade de utilizar ao menos uma tecnologia (2). Desde modo, torna-se de suma importância considerar a usabilidade de um dispositivo de tecnologia assistiva, considerando a interface entre o usuário, o dispositivo e o ambiente, assim como precisão e conclusão da tarefa, a relação entre benefício de uso e tempo, esforço, eficácia e custo e a satisfação do usuário (49). A tecnologia assistiva assume função importante para a pessoa surda possibilitando que ela tenha sua vida cotidiana, seja familiar, social ou profissional de forma independente, otimizando suas rotinas por meio de recursos e serviços tecnológicos (2, 39) e minimizando o impacto da deficiência no acesso às atividades diárias e, consequentemente, na qualidade de vida (38). Os recursos e serviços de tecnologia assistiva vão desde sistemas, equipamentos e produtos personalizados ou não, que podem

manter ou aprimorar as capacidades funcionais das pessoas surdas. A maior adesão ao uso da tecnologia assistiva depende de fatores como a disponibilidade, os requisitos, funcionalidades, eficiência, segurança, durabilidade e preço do serviço / produto, iniciativa e reconhecimento da necessidade e potencialidades de utilização da tecnologia assistiva pela pessoa com deficiência, cuidadores e profissionais. O envolvimento das diversas áreas no contexto da recomendação e utilização da tecnologia assistiva é de suma importância para a pessoa com deficiência, pois, dessa forma, interdisciplinar, será possível garantir o atendimento às necessidades e especificidades individuais (35).

Na escolha da tecnologia assistiva que possa auxiliar o indivíduo com deficiência auditiva, diversos fatores devem ser considerados, como o ambiente familiar, escolar e social e estilo de vida. Estudo com surdos adultos indica que eles utilizam regularmente a tecnologia assistiva, sentindo-se confortáveis com ela (40). Uma revisão sistemática com surdos indicou que o uso da tecnologia assistiva, no âmbito das faculdades e universidades, impacta de maneira positiva os resultados acadêmicos (4). No contexto da saúde, utilizar plataformas de saúde que contam com auxílio da tecnologia assistiva, pode beneficiar o surdo, minimizando as barreiras da comunicação (10, 34), assim como vídeos educativos com informações sobre saúde, com recursos visuais e tradução para língua de sinais (1). Com crianças, estudo verificou que um programa de treinamento de leitura da fala computadorizado aumenta as habilidades de leitura da fala em crianças surdas (26). A tecnologia assistiva é fundamental para o suporte às pessoas com deficiência e, para que realmente possa garantir a usabilidade e os resultados esperados em sua utilização, deve ser apropriada para cada tipo de deficiência.

A tecnologia assistiva é de grande valia para a população surda, tanto no processo de socialização como nas atividades rotineiras, na educação e no atendimento em saúde. As tecnologias podem ser agrupadas em três grupos: das tecnologias que dependem de um intermediário; das tecnologias com o suporte de um avatar; e das tecnologias que detectam os sinais (12). No primeiro grupo, como exemplo, tem-se o *Teletypewriter* (TTY), um dispositivo conectado ao telefone que possibilita a comunicação entre surdos e ouvintes. No segundo grupo, incluem-se os aplicativos como *VLibras*, *ProDeaf*, *HandTalk* e *Rybená*, para diferentes plataformas tecnológicas, que realizam a tradução simultânea da Língua portuguesa escrita e falada para a Libras, como *VLibras*, *Hand Talk* e *ProDeaf*, e que possibilitam a comunicação entre surdos e ouvintes. O *VLibras* é um produto governamental e fruto de uma parceria entre o Ministério da Economia (ME), da Secretaria de Governo Digital (SGD) e da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) representada pelo Laboratório de Aplicações de Vídeo Digital (LAVID); traduz textos, vídeos e áudios do Português para Libras, em computadores e celulares, mais importante de código aberto e acessível para todos. O *Hand Talk* é um aplicativo utilizado para sanar as dificuldades entre a comunicação ouvinte e a comunidade surda, facilitando a tradução e interpretação para Libras, representado pelo Hugo, personagem que interage no aplicativo; foi premiado pela ONU como o melhor apli-

cativo Social do Mundo. E o *ProDeaf*, software que traduz texto e voz que proporciona a tradução de conteúdos diversos com interpretação de um personagem 3D; foi desenvolvido na Universidade Federal de Pernambuco, por pesquisadores e parceiros com expertise, linguistas, tradutores, entre outros profissionais. E no terceiro grupo, o *SignAlouas*, dispositivo que por meio de luvas especiais ou câmeras de vídeo busca traduzir automaticamente os gestos da língua de sinais (12, 22).

Apesar de todos os avanços tecnológicos, a presença ou a expertise do intérprete de Libras continua sendo fundamental, principalmente no âmbito da saúde e, inclusive, no contexto da avaliação neuropsicológica, pois se considera a premissa do atendimento humanizado e com respeito à diversidade (12).

AVALIAÇÃO NEUROPSICOLÓGICA EM PESSOA COM DEFICIÊNCIA SENSORIAL AUDITIVA

A população surda encontra diversas barreiras no acesso à saúde. Esse público possui dificuldade de acesso à informação sobre diversos temas referentes à saúde, assim como em avaliações especializadas. Uma dessas barreiras é a falta de instrumentos de avaliação psicológica, desenvolvidos e/ou adaptados (7), e também de estudos que verifiquem se os instrumentos de rastreamento e avaliação psicológica desenvolvidos, considerando apenas a população ouvinte, também são apropriados para uso em pessoas surdas. Em nota técnica, o Conselho Federal de Psicologia orienta que a aplicação de instrumentos deve permitir condições iguais de aplicação quando são aplicados em pessoas com deficiência (11). Qualquer deficiência, ou transtorno, apresenta especificidades, mas é importante ressaltar que, no caso da pessoa com deficiência sensorial auditiva, essas especificidades são diferenciadas, pois envolvem a linguística e a comunicação, o que dificulta a inclusão, a vivência e a própria cultura (35).

A avaliação neuropsicológica investiga funções corticais superiores como atenção, linguagem, memória, raciocínio / abstração, julgamento / insight, entre outras, compreendendo e mapeando a atuação e os prejuízos delas no funcionamento cerebral e no funcionamento do indivíduo. Na avaliação neuropsicológica, o profissional busca selecionar instrumentos, coletar informações e estudar hipóteses pertinentes ao diagnóstico do indivíduo. Diante dessa situação, é preciso considerar a disponibilidade, as restrições e o estado clínico do paciente, o local de realização e o objetivo da testagem. Ressalta-se a importância de que os instrumentos utilizados estejam adaptados, validados para a sua aplicação e compreendidos pelo profissional que irá utilizá-los. As avaliações são realizadas a partir de técnicas psicológicas / neuropsicológicas, visando a um diagnóstico diferencial e verificação prognóstica, o que contribui para a melhor

compreensão do comprometimento da deficiência, além da inserção laboral e acadêmica do indivíduo (38).

A avaliação neuropsicológica de pacientes que apresentam limitações sensoriais, sejam elas congênitas, adquiridas ou relacionadas a sequelas, faz-se necessária. Sabe-se da importância de desenvolvermos instrumentos destinados a esses pacientes, já que ficam prejudicados quando são submetidos a testagens cognitivas convencionais que necessitam de compreensão verbal. A audição é o sentido responsável por captar as informações sonoras e seu prejuízo pode causar distúrbios psicológicos ou neuropsicológicos relacionados a alterações de aprendizagem, alterações de fala, linguagem, comunicação, promovendo declínio cognitivo, redução do estado funcional, prejudicando o desenvolvimento escolar e, conseqüentemente, profissional e social (39). A avaliação das habilidades comunicativas de uma criança surda deve sempre levar em consideração as dificuldades que ela possa ter quanto ao uso da língua oral e observar o uso e o domínio da língua de sinais. Para que isso seja viável, é necessário que o avaliador tenha domínio dessas línguas e, assim, o processo avaliativo poderá ocorrer de forma eficaz. A possibilidade de viés no resultado da avaliação aplicada por um examinador sem conhecimentos da língua de sinais é uma realidade que não pode ser negligenciada porque o desenvolvimento de linguagem em uma criança surda poderá ocorrer por meio da aquisição da língua de sinais. Analisar o desenvolvimento das habilidades comunicativas e de linguagem apenas por meio da língua oral é inadequado e insuficiente, pois o indivíduo surdo poderá ser erroneamente classificado como portador de um distúrbio de linguagem, sendo que, na realidade, ele estaria em uma etapa de aprendizado da língua oral não esperada para sua idade quando comparada com a aquisição oral de uma criança ouvinte (3).

Apesar da existência, no mercado, de diversos instrumentos, poucos têm aplicabilidade em pessoas com algumas deficiências físicas e/ou sensoriais. Observa-se que o mercado brasileiro está despreparado em relação aos instrumentos destinados à avaliação neuropsicológica de pessoas com limitações sensoriais e físicas, com propriedades psicométricas confiáveis, adaptados e validados para a realidade brasileira, pois a maioria dos instrumentos disponibilizados é para indivíduos com capacidades sensoriais e motoras preservadas. Tendo em vista a escassa produção científica na área, há necessidade de mais pesquisas brasileiras buscando, também, sanar a pouca variedade de instrumentos neuropsicológicos para determinadas limitações, como é o caso da deficiência auditiva (38).

E, ainda, é importante frisar que os instrumentos de avaliação neuropsicológicos consideram que as pessoas possuem capacidade de ver, ouvir, entender as instruções, não considerando as particularidades da deficiência sensorial auditiva, posto que, como já foi mencionado, a identificação linguística, ou seja, o modo como chega a informação linguística, é diferente entre os indivíduos surdos e os ouvintes (8, 17, 24).

AQUISIÇÃO DA LINGUAGEM E HABILIDADES RECEPTIVAS DE VOCABULÁRIO

A aquisição da linguagem da criança surda é um processo vasto, multifatorial e apresenta particularidades que diferem das crianças ouvintes; depende da interação entre criança, meio e língua, do aprendizado das palavras e seu emprego apropriado (16). Um componente importante desse processo é o contato visual, extremamente necessário para a pessoa com surdez, uma vez que quanto maior a gravidade da perda auditiva maior será a necessidade do apoio orofacial na comunicação.

A surdez se apresenta de forma ampla, linguística, cultural e biológica, de causas neurossensoriais, que podem ser congênitas ou adquiridas, o que representa a importância para que haja, de fato, adaptações no processo de alfabetização, principalmente para a LIBRAS, a primeira língua (L1) ou língua materna da comunidade surda. Porém, outros recursos são de grande valia nesse processo, como as habilidades de leitura orofacial, Método Fônico, dicas visuais, entre outros. É de suma importância que se entenda como ocorre o processo e suas diferenças, no que diz respeito à aquisição da linguagem, seja falada ou gestual, tanto nos indivíduos ouvintes como nos surdos. Existem diferenças linguísticas importantes e cruciais, necessárias de entendimento na aquisição de conceitos linguísticos na escrita e na aquisição e ampliação do vocabulário. A criança ouvinte aprende pela compreensão da fala e da leitura, decifra o fonema, ou seja, a escrita em som e fala; a pronúncia da palavra é reconhecida pela sua leitura. Nas crianças com surdez, sendo a L1 a LIBRAS, a informação, que para as crianças ouvintes é recebida pelo som, será apresentada pela sinalização (visual), sendo denominada como aquisição pelo Léxico Sematósico, ação que fornece o acesso ao Léxico Semântico. O vocabulário em LIBRAS é representado por sinais e o Léxico Sematósico é o acesso ao Léxico Semântico das palavras. No indivíduo com surdez, o significado da palavra perpassa por outro caminho; a leitura escrita pode ser realizada tanto pela ortografia como pela soletração digital (datilologia), que será interpretada pelo Léxico Sematósico e, posteriormente, acessada pelo Léxico Semântico, o que é automático para os ouvintes, e enaltece a importância de documentos escritos serem também traduzidos para a LIBRAS (8). Os estágios linguísticos pelos quais as crianças surdas passam são denominados: estágio pré-linguístico, de um sinal, das primeiras combinações de sinal, e das múltiplas combinações de sinais. A criança inicia com balbucios silábicos e gestuais, evolui para a produção de um sinal em forma de gestos que indicam a construção de frases, e a posterior combinação de dois ou três gestos, finalizando com a diferenciação das palavras e produção de sentenças mais complexas (45). Dessa forma, a convivência com pares que utilizam a língua de sinais, nesse período, favorece o desenvolvimento cognitivo e socioemocional, além de prevenir atraso de linguagem da criança.

As habilidades receptivas de vocabulário estão diretamente relacionadas às habilidades auditivas; essas últimas seguem etapas em que ocorre a detecção auditiva, a discriminação auditiva, o reconhecimento auditivo e a compreensão auditiva. Nessas etapas, dependendo do nível da perda auditiva, a criança é capaz de: perceber a presença e ausência do som, diferenciar dois ou mais estímulos, identificar e classificar o som, e compreender estímulos sonoros sem repetição (9). No processo de aquisição da linguagem, a audição tem papel fundamental e qualquer dificuldade ou perda auditiva pode gerar atrasos importantes na comunicação ao longo do desenvolvimento infantil (23, 37). As dificuldades de linguagem levam a alterações no processo do desenvolvimento da expressão e recepção verbal e, posteriormente, na escrita, ocasionando dificuldades sociais e educacionais (43). Desse modo, a avaliação precoce pode auxiliar na detecção de problemas possibilitando que medidas sejam tomadas para minimizar os impactos no desenvolvimento da linguagem e da comunicação da criança. Partindo desse ponto, torna-se de suma importância a avaliação das habilidades receptivas de vocabulário de pessoas com surdez. Diante disso, é muito importante adaptar e traduzir os instrumentos de avaliação dessa população para LIBRAS.

A língua de sinais é artefato imprescindível no processo de apropriação dos elementos culturais, inclusão na sociedade e acesso ao conhecimento. O bilinguismo do surdo se dá por meio da aprendizagem da leitura e escrita, por meio de interações que tenham relação com a sua realidade sensorial apresentadas na modalidade escrita, possibilitando o desenvolvimento cognitivo e afetivo (25). Mesmo diante desse cenário, observa-se uma carência de instrumentos que tenham sido traduzidos e adaptados para Língua de Sinais, sendo mais comum apenas a tradução das instruções. No Brasil, o WISC-III (28) e o Teste das Manchas de Tinta de Zulliger foram adaptados e traduzidos para LIBRAS (2). E, um estudo realizado em 2016, traduziu os testes AC (Atenção Concentrada), Figura Complexa de Rey: cópia e memória, e os subtestes do WISC III (*Wechsler Intelligence Scale for Children Third Edition*): Labirinto e Dígitos (ordem normal e inversa), para aplicação em surdos (36). Na Inglaterra, a Escala de Responsividade Social (SRS-2) (50), a versão resumida da Escala de Bem-estar Mental Warwick-Edinburgh (SWEMWBS) (31), o Questionário de Capacidades e Dificuldades (SDQ) (29), o Questionário de Saúde do Paciente (PHQ-9), a Escala de Transtorno de Ansiedade Generalizada de 7 itens (GAD-7), a Escala de Ajuste Social e Trabalho (WSAS) (33) e o Questionário de Saúde EuroQol EQ-5D-5L (32) passaram pelo processo de tradução e adaptação para Língua de Sinais Britânica.

Apesar da adaptação e tradução de alguns instrumentos direcionados para população surda que avaliam inteligência e memória, atualmente, observa-se uma escassez nas demais áreas que compõem a avaliação neuropsicológica, como a linguagem. Nesse sentido, adaptação do teste de vocabulário por imagem, que é frequentemente utilizado na avaliação desse construto, visa a suprir essa demanda, além de auxiliar na com-

preensão do funcionamento da linguagem receptiva em crianças e adolescentes deficientes auditivos.

TRADUÇÃO E ADAPTAÇÃO PARA LIBRAS DO TESTE DE VOCABULÁRIO POR IMAGEM PEABODY (TVIP)

No Brasil, não são muitos os estudos que relatam o processo de tradução e adaptação de instrumentos de avaliação psicológica para pessoas surdas. Porém, observa-se naqueles que existem na literatura científica, a importância de considerar os aspectos culturais e linguísticos nesse processo (1, 31). É necessário que o intérprete de Língua de Sinais (TILS) seja habilitado, pois será o responsável em proporcionar a acessibilidade linguística aos surdos avaliados.

O Teste de Vocabulário por Imagem Peabody (TVIP), composto por itens com figuras, avalia o vocabulário receptivo-auditivo e consiste em apontar a figura que indica a palavra que foi proferida pelo aplicador (15, 19). O TVIP é composto por 125 itens, mais cinco itens de treino, e é voltado para crianças de 2 anos e 6 meses até 18 anos de idade. Há estudos de adaptação e normatização para a população brasileira, além de versão impressa e computadorizada. O instrumento foi utilizado em versão adaptada para a Libras, sendo que no processo de aplicação, ao invés de verbalizar as instruções, o intérprete de Libras habilitado faz o sinal correspondente à figura (20). Essa tradução foi realizada por pesquisador com formação na área de tradução e interpretação em LIBRAS (20). Essa formação se refere ao Curso de formação de intérpretes e Prolibras com aprovação no respectivo Exame de Proficiência para Tradução e Interpretação em LIBRAS, tanto em nível de Ensino Médio como para o Ensino Superior. O Prolibras foi desenvolvido pelo Ministério da Educação, sendo um programa nacional de realização de exames para obtenção de certificados de Proficiência no Uso e Ensino da Libras e de Proficiência em Tradução e Interpretação da Libras / Língua Portuguesa" (13).

Após a tradução das instruções para LIBRAS, houve o processo de consolidação da tradução das instruções, cujo objetivo foi avaliar os indicadores de validade de conteúdo da tradução (20). O processo de validação de conteúdo é importante, pois verifica a relevância de cada item, buscando avaliar cada um com rigor (14, 44). É uma propriedade psicométrica indicada e amplamente selecionada ao desenvolver um novo instrumento e nos estudos de adaptação transcultural (27). "Considera-se que o conteúdo de instrumentos reflete com maior especificidade quando inclui no seu desenvolvimento a população para a qual o instrumento estaria sendo direcionado, uma vez que seria contemplada a experiência da condição de saúde que se pretende avaliar" (21). A

validação de conteúdo é parte fundamental de um processo de adaptação de instrumento e quando se busca garantir o rigor técnico-científico.

O sucesso da avaliação da validade de conteúdo relaciona-se com os passos iniciais que contemplam o amplo e profundo conhecimento sobre o construto em questão, os possíveis fatores que poderiam influenciar na avaliação desse construto; e, quais seriam os aspectos a serem considerados que poderiam distinguir o construto analisado de outros existentes; a relevância, a integralidade e o equilíbrio do construto na medida e dos itens do instrumento; a validade de conteúdo por juízes / experts; a validade de conteúdo por estratégia qualitativa (exemplo: avaliação por grupos focais) e/ou por estratégia quantitativa (exemplo: pelo Índice de Validade de Conteúdo ou Coeficiente de Kappa) e a validade de conteúdo por meio das medidas derivadas da Teoria de Resposta ao Item (ITR). (14).

Para a validação do conteúdo após a tradução do (TVIP), dois juízes, com formação específica para intérprete e PROLIBRAS, participaram realizando a análise dos pontos divergentes e convergentes da tradução. O processo consistiu em escolher, para cada item do teste, um sinal correspondente na LIBRAS. Para esse processo, considerando o total de 130 itens, 125 apresentaram concordâncias e cinco indicaram discordâncias, com Índice de Concordância de 96,15%. Esse índice de concordância é considerado adequado para utilização do instrumento (20).

Desse modo, a versão adaptada do TVIP para o público surdo mostrou ser promissora e uma excelente ferramenta para a avaliação do desenvolvimento da linguagem em crianças e adolescentes deficientes auditivas. Ressalta-se, ainda, que o uso do TVIP na avaliação de indivíduos surdos é frequentemente observado em estudos internacionais. A importância do processo de tradução desse instrumento está principalmente na possibilidade de utilização para a população surda, permitindo a detecção precoce de dificuldades de aprendizagem resultantes de déficits em habilidades de vocabulário receptivo. O resultado dessa avaliação permite, à pessoa com deficiência auditiva, o adequado encaminhamento e acompanhamento de suas dificuldades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da tecnologia assistiva na avaliação neuropsicológica da pessoa com deficiência sensorial auditiva, seja na adaptação e tradução do instrumento para LIBRAS, é de extrema importância uma vez que considera as especificidades dessa população. É extremamente necessário que, no âmbito da avaliação neuropsicológica, exista um olhar voltado para a população surda, considerando suas especificidades e necessidades. A detecção precoce das dificuldades de vocabulário e comunicação da pessoa com

deficiência sensorial auditiva possibilita o acompanhamento e tratamento adequados evitando problemas futuros no âmbito social e escolar.

Além da adaptação e tradução dos instrumentos para Libras, outras tecnologias poderiam auxiliar na avaliação dessa população, como o uso de aplicativos, ferramentas diversas e códigos que traduzem conteúdos digitais para libras. Para além da aplicação dos instrumentos de avaliação neuropsicológica, o uso da TA pode proporcionar às pessoas com deficiência a possibilidade de autonomia e inclusão social.

Este capítulo buscou suscitar a reflexão acerca da importância da TA para a população surda em todos os âmbitos, especialmente quando consideramos a escassez de instrumentos de avaliação adaptados. Espera-se que profissionais possam investir na pesquisa nesse campo de atuação direcionando seus esforços para que a população com deficiências sensoriais auditivas possa ter acesso ao diagnóstico precoce e ao acompanhamento e tratamento.

REFERÊNCIAS

1. Áfio ACE, Carvalho AT, Carvalho LV, Silva ASR, Pagliuca LMF. Accessibility assessment of assistive technology for the hearing impaired. *Rev Bras Enferm.* 2016; 69 (5). doi: <https://doi.org/10.1590/0034-7167.2016690503>.
2. Angelini SN, Oliveira RV. Aplicação do teste verbal Zulliger (forma individual) em pessoas surdas. *Psic [internet]*. 2003; 4(1):82-93. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/psic/v4n1/v4n1a09.pdf>.
3. Barbosa FV, Lichtig I. Protocolo do perfil das habilidades de comunicação de crianças surdas. *Rev Est Ling [internet]*. 2014; 22(1). doi: <http://dx.doi.org/10.17851/2237-2083.22.1.95-118>.
4. Bell D, Foiret J. A rapid review of the effect of assistive technology on the educational performance of students with impaired hearing. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2020; 15(7):838-43. doi: <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1775317>.
5. Brasil. Presidência da República. Decreto 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a Lei 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras, e o art. 18 da Lei 10.098, de 19 de dezembro de 2000. *Diário Oficial da União.* 23 dez. 2005; 1:28. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5626.htm.
6. Brasil. Presidência da República. Lei 13.146, de 6 de julho de 2015 (Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência). *Diário Oficial da União.* 7 jul. 2015; 1:12. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm.
7. Bray N, Edwards RT, Squires L, Morrison V. Perceptions of the impact of disability and impairment on health, quality of life and capability. *BMC Research Notes [internet]*. 2019; 12(287). <https://doi.org/10.1186/s13104-019-4324-y>.
8. Capoviilla FC. Dificuldades e desafios na alfabetização em diferentes contextos: variabilidade sensorial, linguística e cognitiva. In: Relatório Nacional de Alfabetização Baseada em Evidência.

Brasília: Ministério da Educação; 2020. Disponível em: http://alfabetizacao.mec.gov.br/imagens/pdf/renabe_web.pdf.

9. Carvalho LS, Carvalheiro LG. Detecção precoce e intervenção em crianças surdas congênitas inseridas em escolas especiais da cidade de Salvador, BA. *Arq Int Otorrinolaringol*. 2009; 13:189-94.

10. Chong EYC, Palanisamy UD, Jacob SA. A qualitative study on the design and development of an mHealth app to facilitate communication with the deaf community: perspective of community pharmacists. *Patient Prefer Adherence* [internet]. 2019; 13:195-207. doi: <https://doi.org/10.2147/PPA.S182516>.

11. Conselho Federal de Psicologia (CRP). Nota Técnica nº 4/2019/GTEC/CG. 2019. [acesso 2021 mai. 12]. Disponível em: <https://satepsi.cfp.org.br/docs/NotaTecnica042019.pdf>.

12. Costa VM, Sacramento C, Barbosa PGF, Alves AS. Tecnologia Assistiva. Curso de Acessibilidade e os Princípios do SUS: Formação Básica para Trabalhadores da Saúde. Parte II. Módulo 4. Rio de Janeiro: Fiocruz/Icict; 2019.

13. Cristino A. Prolibras [internet]. 2017. Disponível em: <https://www.libras.com.br/prolibras>.

14. Echevarría-Guanilo ME, Gonçalves N, Romanoski PJ. Propriedades psicométricas de instrumentos de medidas: bases conceituais e métodos de avaliação. Parte I. Texto Contexto Enferm [internet]. 2017; 26(4). <https://doi.org/10.1590/0104-07072017001600017>.

15. Capovilla FC, Seabra AG. Desenvolvimento linguístico na criança dos dois aos seis anos: tradução e standardização do Peabody Picture Vocabulary Test Dunn e Dunn, e da Language Development Survey de Rescorla. *Ciênc Cogn Teor Pesq Apl*. 1997; 1(1):353-80.

16. Ferreira MIO, Dornelas SA, Teófilo MMM, Alves LM. Avaliação do vocabulário expressivo em crianças surdas usuárias da Língua Brasileira de Sinais. *Rev CEFAC* [internet]. 2011; 14(1). doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-18462011005000059>.

17. Guimarães CF, Oda AL. Instrumentos de avaliação de linguagem infantil: aplicabilidade em deficientes. *Rev CEFAC* [internet]. 2013; 15(6). doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-18462013000600033>.

18. Haile LM, Kamenov K, Briant PS, Orji AU, Steinmetz JD, Abdoli A et al. Hearing loss prevalence and years lived with disability, 1990-2019: findings from the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet* [internet] 2021; 397(10278). doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00516-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00516-X).

19. Lima DMR, León CBR, Seabra AG, Teixeira MCTV. Competências de leitura e vocabulário em Libras em escolares surdos. *Rev Psicopedag* [internet]. 2020; 37(113):156-67. doi: <http://dx.doi.org/10.5935/0103-8486.20200014>.

20. Lima DMR. Perfil comportamental, competências de leitura e desempenho acadêmico de escolares surdos [Dissertação]. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie; 2015.

21. Lohr KN. Assessing health status and quality-of-life instruments: attributes and review criteria. *Qual Life Res* [internet]. 2002; 11(3):193-205. doi: 10.1023/a:1015291021312.

22. O'Connor TF, Fach ME, Miller R, Root SE, Mercier PP, Lipomi DJ. The language of glove: wireless gesture decoder with low-power and stretchable hybrid electronics. *PLoS ONE* [internet]. 2017; 12(7). doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179766>.

23. Oliveira PS, Penna, LM, Lemos SMA. Desenvolvimento da linguagem e deficiência auditiva: revisão de literatura. *Rev CEFAC* [internet]. 2015, 17(6). doi: <https://doi.org/10.1590/1982-0216201517611214>.

24. Paura AC, Deliberato D. Análise de vocábulos para a elaboração de pranchas de comunicação suplementar e alternativa para alunos com deficiência. *Rev Educ Espec* [internet]. 2011; 24(41):409-26. doi: <https://doi.org/10.5902/1984686X3109>.
25. Peixoto RC. Algumas considerações sobre a interface entre a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) e a Língua Portuguesa na construção inicial da escrita pela criança surda. *Cad CEDES* [internet]. 2006; 26(69). doi: <https://doi.org/10.1590/S0101-32622006000200006>.
26. Pimperton H, Kyle F, Hulme C, Harris M, Beedie I, Ralph-Lewis A et al. Computerized speechreading training for deaf children: a randomized controlled trial. *J Speech Lang Hear Res* [internet]. 2019; 62:2882-94. doi: https://doi.org/10.1044/2019_JSLHR-H-19-0073.
27. Polit DF, Yang F. *Measurement and the measurement of change: a primer for the health professions*. Filadélfia: Wolters Kluwer Health; 2014.
28. Povedano-Diaz A, Muñiz-Rivas M, Vera-Perea M. Adolescents' life satisfaction: the role of classroom, family, self-concept and gender. *Int J Environ Res Public Health* [internet]. 2020; 7(1):19. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/1/19/htm>.
29. Roberts S, Wright B, Moore K, Smith J, Allgar V, Tennant A, et al. Translation into British Sign Language and validation of the Strengths and Difficulties Questionnaire. *Health Services and Delivery Research* [periódico online] 2015; 3(2). doi: 10.3390/ijerph17010019.
30. Rocha C, Caetano De Melgaço S. O uso de aplicativos para tradução de Libras. In: *Anais do V Simpósio Internacional de Inovação em Mídias Interativas*; 2018 mai. 9-11; Goiás, Brasil. p. 36-47.
31. Rogers KD, Dodds C, Campbell M, Young A. The validation of the Short Warwick-Edinburgh Mental Well-Being Scale (SWEMWBS) with deaf British sign Language users in the UK. *Health Qual Life Outcomes* [internet]. 2018; 16(145):1-12. doi: 10.1186/s12955-018-0976-x.
32. Rogers KD, Pilling M, Davies L, Belk R, Nassimi-Green C, Young A. Translation, validity and reliability of the British Sign Language (BSL) version of the EQ-5D-5L. *Qual Life Res* [internet]. 2016; 25(7):1825-34. doi: 10.1007/s11136-016-1235-4.
33. Rogers KD, Young A, Lovell K, Campbell M, Scott PR, Kendal S. The British sign language versions of the patient health questionnaire, the generalized anxiety disorder 7-item scale, and the work and social adjustment scale. *J Deaf Stud Deaf Educ* [internet]. 2013; 18(1):110-22. doi: 10.1093/deafed/ens040.
34. Ryan C, Kushalnagar P. Towards health equity: deaf adults' engagement in social e-health activities and e-communication with health care providers. *J Health Commun* [internet]. 2018; 23(9):836-841. doi: 10.1080/10810730.2018.1527875.
35. Salles HMML. Língua de sinais brasileira: estudos linguísticos. *Perspectiva* [internet]. 2006; 24(3):203-20. doi: <https://doi.org/10.5007/%25x>.
36. Sarah R, Pereira AP. Avaliação neuropsicológica da atenção e da memória em surdos. In: *Anais do 7º Congresso Brasileiro de Educação Especial*. Campinas: Galoá; 2016.
37. Schirmer CR, Fontoura DR, Nunes ML. Distúrbios da aquisição da linguagem e da aprendizagem. *J Pediatr* [internet]. 2004; 80(2 suppl). doi: <https://doi.org/10.1590/S0021-75572004000300012>.
38. Schlindwein-Zanini R, Sotili M, Todeschini C, Silva DZC, Conte RF. Avaliação neuropsicológica e deficiências físicas: revisão de instrumentos viáveis no Brasil. *Contextos Clín* [internet]. 2013; 6(1). doi: <http://dx.doi.org/10.4013/ctc.2013.61.04>.

39. Schlindwein-Zanini R. Alterações neuropsicológicas em pacientes com perda auditiva. In: Anais do IV Congresso Sul-Brasileiro de Cognição e II Simpósio de Neurociência e Sono; 2017 jun. 7-9; Florianópolis, SC, Brasil. Florianópolis: UUFSC; 2017.
40. Singleton JL, Remillard ET, Mitzner TL, Rogers WA. Everyday technology use among older deaf adults. *Disabil Rehabil Assist Technol* [internet]. 2019; 14(4):325-32. doi: <https://doi.org/10.1080/17483107.2018.1447609>.
41. Sistema de Conselhos de Fonoaudiologia. Guia de Orientação na Avaliação Audiológica. Brasília: Sistema de Conselhos de Fonoaudiologia; 2020. Vol. I, Audiometria tonal liminar, logaudiometria e medidas de imitância acústica [acesso 2021 jun. 1]. Disponível em: https://www.fonoaudiologia.org.br/wp-content/uploads/2020/09/CFFa_Manual_Audiologia-1.pdf
42. Skarżyński H, Gos E, Świerniak W, Skarżyński PH. Prevalence of hearing loss among polish school-age children from rural areas: results of hearing screening program in the sample of 67 416 children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* [internet]. 2020; 128:109676. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.109676>.
43. St-Amour L, Jarry J, Wittich W. the audibility of low vision devices with speech output used by older adults with dual sensory impairment. *Optom Vis Sci* [internet]. 2019; 96(5):345-53. doi: 10.1097/OPX.0000000000001374.
43. Strauss ME, Smith GT. Construct validity: advances in theory and methodology. *Ann Rev Clin Psychol* [internet]. 2009; 5:1-25. doi: 10.1146/annurev.clinpsy.032408.153639.
45. Vilela AF, Martins RMF. Aquisição da linguagem por crianças surdas com pais ouvintes. *Miguilim Rev Eletr Netli* [internet]. 2019; 8(2). <https://doi.org/10.47295/mgren.v8i2.2077>.
46. World Health Organization (homepage). Highlighting priorities for ear and hearing care: World Report on Hearing. 2021 [acesso 2021 mai. 12]. Disponível em: <https://www.who.int/publications/m/item/WHO-UCN-NCD-SDR-20.22>.
47. World Health Organization (homepage). Integrated people-centred ear and hearing care. 2021 [acesso 2021 Mai. 12]. Disponível em: <https://www.who.int/publications/m/item/WHO-UCN-NCD-SDR-20.21>
48. World Health Organization (homepage). Basic ear and hearing care resource. 2020 [acesso 2021 jun. 1]. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/basic-ear-and-hearing-care-resource>.
49. World Health Organization [homepage]. Deafness and hearing loss. 2018 [acesso 2021 jun. 1]. Disponível em: <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>.
50. Wright B, Phillips H, le Couteur A, Sweetman J, Hodkinson R, Ralph-Lewis A et al. Modifying and validating the social responsiveness scale edition 2 for use with deaf children and young people. *PLoS ONE* [internet]. 2020; 15(12):1-21. doi: 10.1371/journal.pone.0243162.
51. Zinn-Souza LC, Nagai R, Teixeira LR, Latorre MRDO, Roberts R, Cooper SP et al. Factors associated with depression symptoms in high school students in São Paulo, Brazil. *Rev Saúde Pública* [internet]. 2008; 42(1). doi: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102008000100005>.

5

**A utilização de app como recurso de
Comunicação Alternativa e Aumentativa
(CAA) em grupos sociocomunicativos de
crianças e jovens não falantes com
autismo e suas famílias**

Jessica Mayara

Fernanda Orsati

INTRODUÇÃO

Estudos apontam que por volta de 30% de indivíduos com autismo não desenvolvem linguagem verbal funcional (17). As dificuldades nas habilidades comunicativas em indivíduos com autismo não falantes dificultam sua interação social, desde fazer uma compra até em uma aula na escola, dizer o que sente, fazer planos e tomar decisões; por isso, desde cedo precisam ser estimulados.

O déficit linguístico no autismo conta com problemas de comunicação não verbal, problemas simbólicos, problemas de fala, assim como problemas pragmáticos (14), falhas nas habilidades que precedem a linguagem, na compreensão da fala, falta de gestos, mímicas e do gesto de apontar (13). Algumas crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) não apresentam comunicação verbal funcional, ou seja, podem apresentar ecolalia, alteração na gramática e articulação da fala, assim como dificuldade em compreender e contextualizar uma conversa (15). Assim, é essencial a implementação de um meio de comunicação alternativa ou suplementar junto a esses indivíduos, a fim de apoiar habilidades de atividades diárias, como alimentação, trabalho, relacionamentos, amizades, estudos, entre outras necessidades presentes em nosso dia a dia.

O autismo, em alguns casos, leva o contexto familiar a viver rupturas interrompendo suas atividades sociais do cotidiano, transformando o clima emocional do ambiente em que se vive. Muitas vezes, sem o apoio da sociedade, a família se une à disfunção de socialização de sua criança, pois acreditam estar fazendo o melhor para o seu filho, sendo tal fator determinante no início de sua adaptação. Com isso, vai tornando-se mais difícil reproduzir normas e valores sociais e, conseqüentemente, manter o contexto social. Frente às diferentes demandas e impressões da sociedade e de outros a sua volta, os pais de crianças não falantes, que podem exibir comportamentos disfuncionais e disruptivos como meio de expressar-se, podem isolar-se ainda mais por não ter orientações adequadas e não saber lidar com essas situações. Algumas famílias não são orientadas sobre possíveis funções comunicativas desses comportamentos disfuncionais dos seus filhos (por exemplo, chorar, jogar-se no chão etc.). Ou seja, o indivíduo tenta comunicar-se com esses comportamentos que podem assumir diferentes funções como uma necessidade ou desejo, incluindo estar com fome, incômodo físico, dor, necessidade sensorial, como querer sair de ambientes muito barulhentos ou acesso a itens de preferência como o celular, ou qualquer outro desejo que não é compreendido pela família ou por outros em seu contexto social. Esse comportamento é comunicativo, e é instalado no repertório desse indivíduo, mas infelizmente algumas famílias tentam compreender seus filhos por tentativa e erro, pois não há uma comunicação funcional e uma orientação profissional para essas famílias.

Muitas famílias com indivíduos autistas não falantes ainda carecem de recursos e orientações (18). As orientações adequadas de suporte são de grande importância, já que estratégias inadequadas de educação prejudicam o desenvolvimento de repertórios comportamentais adequados, podendo contribuir para o surgimento de problemas comportamentais (15) e colaborando para uma comunicação não funcional, como as situações citadas acima.

As intervenções de treinamento em comunicação funcional e interrupção de resposta, redirecionamento, têm sido eficazes como estratégias para reduzir comportamentos disruptivos e para o ensino de habilidades de comunicação apropriadas para cada situação do dia a dia, facilitando o cotidiano e bem-estar do indivíduo e de sua família (21). As intervenções proporcionam a ampliação de repertórios e melhora a comunicação social na expressão do que é desejado, o que pode ser ampliado com o treino entre pares para a reciprocidade socioemocional e habilidades de relacionamento social entre os indivíduos não falantes e seus familiares também.

A literatura demonstra que um treinamento sistemático é efetivo para que pais aprendam comportamentos associados ao desenvolvimento de linguagem de seus filhos com TEA incluindo: (a) o número de oportunidades de interação pai-criança, (b) maior responsividade às tentativas comunicativas da criança, (c) quantidade e qualidade do estímulo que o pai oferece, (d) uso de estratégias de aprendizagem e desenvolvimento de linguagem (7). A ideia principal de um treinamento é que os pais aprendam naturalmente durante as interações, mas que, ao mesmo tempo, sejam orientados durante as interações para serem parceiros de comunicação efetivos no dia a dia da criança. Tais pesquisas que promovem o treinamento de pais encontram melhoras na linguagem receptiva e expressiva das crianças com TEA e com deficiência intelectual. Kaiser e Roberts (7) afirmam que os pais conseguem aprender, generalizar e manter essas estratégias de ensino naturalístico com seus filhos. Os próprios pais de crianças com TEA revelam que precisam de mais informações e treinamento dos profissionais em como utilizar os aplicativos nesses dispositivos com objetivo de comunicação (9).

PRINCÍPIOS DE INTERVENÇÕES NATURALÍSTICAS

Intervenções naturalísticas podem ser feitas por pais, profissionais ou professores e ocorrem durante contextos, atividades e rotinas típicas da família e da criança. Em uma intervenção naturalística, o profissional ou pai organiza o ambiente, atividade ou rotina, dá suporte para que a criança engaje no comportamento alvo, expande ou modula o comportamento quando necessário e organiza consequências naturais para reforço do comportamento alvo ou habilidade a ser aprendida (22). Essas intervenções naturalísticas compreendem sessões sem uma estrutura pré-determinada, utilizando o

interesse e o tempo da criança, em diferentes locais e com diferentes atividades ou estímulos.

Diversas intervenções naturalísticas, como o *Pivotal Response Training* (PRT) (8) e *Project ImPact* (6), descrevem ganhos na comunicação quando habilidades são treinadas utilizando alguns princípios gerais, incluindo: seguir as escolhas da criança, criar uma oportunidade para a pessoa engajar e comunicar, dar tempo e esperar a resposta, responder ao comportamento da criança como intencional e com sentido, seguir a criança e modelar uma resposta ainda mais complexa, reforçar e expandir as respostas (Modelo *Project ImPact*) e/ou utilizar o interesse da criança, reforçar as tentativas - não só o comportamento final correto, variar as atividades e promover reforçamento natural (Modelo PRT). Tais modelos são somente exemplos de diversas estratégias empregadas em intervenções naturalísticas que se mostram efetivas em crianças com TEA. Em geral, uma intervenção naturalística efetiva abrange um ensino controlado, que ocorre em diversos contextos naturais, derivados do interesse da criança, e tal ensino/aprendizado é *prompted* ou *scripted* por um mediador, o *coach*.

COMUNICAÇÃO AUMENTATIVA E ALTERNATIVA (CAA) NO AUTISMO

As formas de tratamento e intervenções de ensino utilizadas para pessoas autistas são necessárias para obter resultados importantes na vida e principalmente com seus familiares (5). É necessário buscar meios de comunicação que sejam funcionais e que sejam generalizadas no contexto em que a pessoa está inserida e que também sejam compreendidas, e úteis, por todos os indivíduos do seu contato. A comunicação alternativa é toda prática comunicativa que difere da fala e que é usada em contextos de comunicação frente a frente, substituindo-a (19). A *American Speech-Language-Hearing Association* (1) define a comunicação alternativa como o uso de recursos, podendo ser símbolos, estratégias e técnicas que venham a favorecer a comunicação entre os sujeitos. A comunicação alternativa responde às necessidades de comunicação dos indivíduos que não podem consistentemente utilizar sua fala para uma comunicação funcional.

Para uma efetiva incorporação de CAA no cotidiano da criança ou jovem, os pais devem ser treinados como parceiros de comunicação dessa criança. Os pais são os parceiros de comunicação mais frequentes das crianças e deveriam ser incluídos como componentes chaves em qualquer intervenção de aquisição de linguagem e comunicação para seus filhos (4). A incorporação de CAA nas vidas das famílias pode ser um processo complexo e desafiador, o que pode ser complicado, pois até mesmo os profissionais carecem de treinamentos em sua utilização ou em como dar suporte aos pais para o uso de sistemas de CAA (3). Frente a isso, há a necessidade de profissionais de-

envolverem treinamentos efetivos e bem estruturados para disseminação dos métodos de CAA para pessoas com autismo.

Walter e Almeida (20) utilizaram o ProCAFF (Programa de Comunicação Alternativa para Familiares) para treinamento de três pais de adolescentes com autismo para comunicar desejos, necessidades e emoções no contexto familiar. A intervenção junto aos pais se deu na forma de falar com seus filhos e a maneira de redirecionamento ao painel de comunicação (PECS-Adaptado), sempre que as mães não compreendiam os jovens. Todos os três participantes atingiram o nível de 75% do uso de CAA para expressar a sua necessidade, apesar de, ainda, a maioria dos atos comunicativos serem iniciados ou redirecionados pela mãe. As pesquisadoras identificaram as seguintes estratégias como as mais eficazes na intervenção: resposta mediante a entrega de uma figura, constância na solicitação das figuras; solução de problemas e dificuldades encontradas por familiares no processo; reforço positivo aos pais quando os mesmos expressavam compreender melhor a comunicação de seus filhos; a proibição das mães direcionarem ou assumirem o que os filhos querem; redirecionamento ao painel de comunicação quando a atitude ou a fala era não inteligível; e oferecimento do modelo verbal (20). A determinação de tais características a serem ensinadas em um treinamento é essencial para replicação de tal modelo de treinamento de pais e apoio no desenvolvimento de estratégias de promoção de uso da CAA para adolescentes com autismo. Oferecer aos pais treinamento adequado para promoção de comunicação das crianças com TEA é uma ferramenta importante para uma intervenção eficaz e com efeitos em longo prazo na comunicação dessas crianças e jovens.

A CAA tem o objetivo de tornar o indivíduo autossuficiente em suas situações de comunicação, promove oportunidades de interação, evita a exclusão social e o possível isolamento. A CAA pode auxiliar no processo de inclusão, pois viabiliza a efetiva integração dos sujeitos com seu meio social (16). Os sistemas de comunicação podem ser desenvolvidos com recursos de alta ou baixa tecnologia. Baixa tecnologia pode ser trabalhada com o uso de figuras em cartões, cartolina, velcro, pastas com divisórias plásticas, entre outros. Já na comunicação de alta tecnologia há *softwares* desenvolvidos para computadores, tablets, iPad e construção de pranchas dinâmicas de comunicação. Dentre os aplicativos existentes, podemos citar o “Inclusive”, que foi utilizado neste estudo, sendo uma ferramenta importante para uma intervenção eficaz e com efeitos a longo prazo na comunicação dessas crianças, jovens e adultos com TEA. O aplicativo pode ser utilizado em contextos familiares, escolares e ambientes clínicos promovendo a generalização da função comunicativa do sistema, além da motivação pelo equipamento eletrônico. Pais e profissionais podem treinar a criança ou adolescente e aumentar seu repertório comunicativo, o que possibilita ao indivíduo interagir, participar de jogos, de atividades acadêmicas e se engajar em conteúdos escolares com apoio do aplicativo. O aplicativo possui a opção de adicionar figuras do banco de dados ou imagens capturadas da câmera do dispositivo; consegue fazer feedback automático da

resposta da tela sensível ao toque, que auxilia a experiência de causa e efeito e promove rapidez na compreensão da função comunicativa do aplicativo; além disso, auxilia o processamento multimodal (figura, palavra escrita e palavra falada). Os vocabulários vão do básico com o uso das figuras até o complexo com a formação de frases no teclado. O sistema se baseia na utilização de vocabulários diversificados incluindo artigos, descritores como adjetivos e advérbios, pronomes e substantivos, modelando, assim, a comunicação falada. Podem-se programar as caixas dos símbolos por cores diferentes fazendo a divisão de verbos, pronomes e substantivos; essa codificação por cores dos símbolos é um recurso visual e cognitivo que auxilia o aprendizado por equivalência e a formação de frases.

RELATO DE EXPERIÊNCIA: USO DO APLICATIVO COMO RECURSO DE CAA EM GRUPOS SOCIOCOMUNICATIVOS

A implementação de sistemas de comunicação é de extrema importância, assim como o treinamento de pais para ampliar o uso desse recurso em todos os contextos do indivíduo. Como já falamos anteriormente, os pais precisam de orientação e treinamento para lidar com os comportamentos disfuncionais e com a implementação da comunicação alternativa, para substituir o repertório disfuncional por uma comunicação efetiva, dando a garantia de que todo o contexto social do indivíduo possa entender todos seus desejos e necessidades. Por isso, neste trabalho, desenvolvemos grupos de pais e crianças / jovens com TEA e são não falantes para ampliação de repertório comunicativo utilizando tecnologia remota em aplicativos de tablets e, em seguida, ampliação de repertório social na utilização de jogos sociais de maneira cooperativa entre as crianças / jovens.

Foram inicialmente organizados cinco grupos sociocomunicativos, com 1 hora e 30 minutos de duração, com cinco pares pais-crianças com TEA orientados por uma psicóloga e uma estagiária de psicologia. A idade das crianças variou entre 7 e 13 anos. Os pais eram os parceiros de comunicação das crianças e jovens, e o grupo teve por objetivo treiná-los para tal função, ensinando-os a estruturar a utilização do tablet como recurso de CAA para seus filhos em situações sociointerativas.

Ao iniciar o treinamento, a psicóloga e estagiária explicaram para os pais sobre a utilização do aplicativo e suas funções, assim como uso de dicas e como esvanecer as dicas, desde manual, verbal e gestual até chegar ao uso independente de um símbolo. A criança clicava no símbolo na tela, como na Figura 1, e o aplicativo vocalizava o item escolhido, facilitando a compreensão de todos a sua volta, inclusive daqueles que não conseguem ler. Além disso, o aplicativo disponibiliza a possibilidade de adicionar fotos dos itens de acordo com o interesse do indivíduo, possibilitando o uso em todos os

ambientes, por exemplo, quando a criança / jovem está em um restaurante e são apresentadas diversas possibilidades de escolha de comida, o jovem pode comunicar o que deseja comer.



Figura 1. Tela inicial com imagens e pastas do aplicativo utilizado como recurso de CAA, Inclusive.

No decorrer do treinamento, os pais aprenderam de forma naturalística enquanto interagiam com seus filhos, sendo parceiros de comunicação efetiva. No treinamento, os pais utilizavam brinquedos para a interação, como: bolas, massinhas, pula-pula, livros, bonecos, bola pula-pula, lápis de cor, cartas e vídeos. Os pais foram orientados a seguir os seguintes passos: (a) seguir o interesse da criança; (b) fazer uma pergunta estruturada sobre o item ou restringir o acesso ao item escolhido; (c) dar uma dica (desde manual até verbal ou gestual) para acionamento do aplicativo no tablet; (d) reforçar naturalmente com o item requisitado, deixando a criança brincar e se divertir. A estrutura da sessão se baseia na utilização de interesses e engajamento da criança para atingir o comportamento que está sendo ensinado. Por exemplo, uma das crianças gostava de jogar os lápis de cor da altura do olho e espalhá-los pelo chão. Nesse caso, a mãe foi orientada a perguntar qual cor de lápis a criança queria jogar, e somen-

te dar o lápis depois que ela escolhesse utilizando o recurso comunicativo. Então a mãe falava: “Que legal, você quer jogar qual cor? O AZUL ou o VERDE?” Depois que a criança escolhia no tablet, a mãe entregava o lápis daquela cor. Portanto, o mediador aprendeu a organizar o ambiente e fazer o suporte necessário para que a criança engajasse no comportamento que estava sendo ensinado (escolha de objeto preferido nesse caso), expandindo ou modelando, organizando consequências naturais dessa comunicação para reforçar o comportamento alvo ou habilidade a ser aprendida (dando a cor escolhida para a atividade de interesse que era jogar e ver os lápis cair).

Já durante as primeiras duas sessões todos os participantes passaram a utilizar CAA no tablet com a função comunicativa para acesso aos itens desejados, utilizando o vocabulário “MAIS” e com dica gestual para os itens de maior interesse. Por exemplo, um dos adolescentes gostou muito do pula-pula, e queria subir no brinquedo a toda hora. Nesse caso, a mãe foi orientada a ficar na frente do pula-pula e perguntar: “Você quer pular MAIS? Então me mostra, aciona o MAIS.” O adolescente, no início, precisava de suporte e acionado o MAIS, tinha acesso ao pula-pula e começava a pular. Com outros grupos foram utilizados vocabulários como SIM, NÃO e AJUDA, diferentes cores, assim como diferentes atividades. Além disso, treinamos não somente pedidos, mas também descrições e comentários, ampliando as funções comunicativas como modelo para os pais fazerem o mesmo em outros ambientes. Por exemplo, ao utilizar livro de histórias que continha o personagem “Carros”, descrevíamos sua cor VERMELHO e que ele era RÁPIDO. Ao longo das sessões, os pais foram engajando seus filhos nas suas atividades de interesse dando dicas conforme necessárias e esvanecendo-as, responderam prontamente com os itens, e, ainda, aprenderam a expandir o vocabulário utilizado.

Após o domínio do aplicativo e utilização de palavras essenciais como MAIS e CORES, as crianças aprenderam a utilizá-lo de forma mais independente ao fazer pedidos e, em seguida, foram então incentivadas a escolher jogos e atividades do seu interesse para interagir com pares. Exemplos de atividades e jogos incluem: pula batata, jogar bola, pula pirata, lança bolinhas, patrulha canina, jogo das varetas, bola pula-pula, pula macaco, pescaria, jogo da memória, mordida do jacaré, e Cara a cara. Nessa parte do treinamento, no passo (b), as perguntas foram estruturadas e dirigidas para a atividade e para o colega, por exemplo, minha vez, sua vez, escolha de cores, falar sobre características (jogo cara a cara), escolher os jogos de interesse. Nas últimas duas sessões, as crianças com TEA engajaram em atividades que não só a sua atividade de alto interesse, conseguiram esperar e jogar na sua vez com seus colegas. Por exemplo, durante o jogo cara a cara, as crianças fizeram perguntas estruturadas sobre características físicas, como cor de cabelo, olhos, barba, chapéu e óculos. Além disso, usaram o vocabulário “minha vez” e “sua vez” expandindo o repertório de comunicação e possibilitando a socialização.

A promoção de CAA em ambientes naturais, como a escola ou casa, vem mostrando resultados positivos na comunicação de crianças e adolescentes com autismo (11, 12). Durante as sessões de interação em grupo, os pais tiveram a possibilidade de levar os irmãos de seus filhos não falantes. Pais e irmãos puderam aprender a utilizar CAA, o que facilita a interação e socialização no seu cotidiano, utilizando a intervenção naturalística tanto para rotinas diárias quanto para brincadeiras. Por exemplo, a criança que brincava de jogar lápis com a mãe, dessa vez participou do jogo pula pirata com o seu irmão. Nesse caso, as crianças foram orientadas a dizer as cores antes de inserir a espada do pirata. Na sessão anterior (treinamento de pais), a mãe fazia a pergunta estruturada e dava apoio físico total (pegava na mão do filho para clicar na tela da imagem correspondente); agora, a mãe ficava ao lado dos irmãos para dar apoio e a orientação era fazer a pergunta estruturada e dar apoio gestual (apenas apontava para as figuras e o filho clicava, sozinho, na tela): “Agora é a sua vez! Qual cor? VERMELHO ou AMARELO?” O filho clicava na cor, pegava a espada correspondente e a inseria no brinquedo. Nesse jogo, conseguimos trabalhar as cores e identificação das mesmas, também foi possível trabalhar a espera enquanto o irmão jogava, coordenação motora ao inserir as espadas, esvanecer a dica (diminuir o apoio) e generalizar as cores que foram trabalhadas anteriormente na brincadeira de jogar os lápis. Essa intervenção com o irmão possibilita novas formas de brincadeiras em casa e pode ajudar na socialização quando estiver com outros amigos, por exemplo: em uma festa de aniversário, a criança não falante pode participar de jogos utilizando CAA e, também, utilizar na escola durante as aulas e nos intervalos.

Nunes e Hanline (11) descrevem uma intervenção naturalística implementada por uma mãe que promove o uso de sistema pictográfico de comunicação junto ao seu filho com autismo, tanto para rotinas diárias quanto para brincadeiras. Estratégias, como mando, modelagem, comentário e organização do ambiente, foram ensinadas para a mãe, a fim de estimular e promover a utilização de CAA pelo seu filho. As pesquisadoras observaram aumento no uso de iniciativas e respostas, no uso do sistema CAA e no uso de gestos nas brincadeiras. Por exemplo, durante as sessões, uma criança treinou CAA com seus pais utilizando uma bola pula-pula e treinou o vocabulário “MAIS”; ao final do treinamento, a criança levava o tablet até o pai e pedia por “MAIS” bola, ou seja, aprendeu a função comunicativa do dispositivo e agora consegue fazer o pedido da bola sozinho, sem apoio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da experiência descrita, percebe-se que é possível o treinamento de diferentes pares pais-crianças para inicialização de uso de tecnologia de aplicativos tablets para CAA e estimulação de ampliação de repertório sociocomunicativo dessas crianças

em grupo. Na experiência descrita, a interação entre as crianças com a utilização de jogos foi incipiente, mas os pais aprenderam efetivamente os princípios de como iniciar o uso de CAA com seus filhos. Objetiva-se dar continuidade a esta pesquisa para ampliar as oportunidades, assim como a sistematização de coletas de dados dos grupos sociocomunicativos para crianças não falantes utilizando CAA. Os grupos são de extrema relevância social, oferecem suporte e treinamento para a ampliação do repertório interativo e comunicativo de crianças / jovens não falantes, assim como ampliação para outros ambientes do dia a dia da criança / jovem, onde os pais poderão dar continuidade ao treino de comunicação, dando voz aos seus filhos e filhas.

REFERÊNCIAS

1. American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) [homepage]. Disponível em: <<http://www.asha.org>>.
2. Brunoni D, Mercadante M, Schwartzman JS. Transtornos do Espectro do Autismo. In: Lopes AC, organizador. Clínica médica: diagnóstico e tratamento. São Paulo: Atheneu; 2014. p. 5731-46.
3. Costigan FA, Light J. A review of preservice training in augmentative and alternative communication for speech-language pathologists, special education teachers, and occupational therapists. *Assist Technol*. 2010; 22(4):200-12.
4. Cress CJ. Augmentative and alternative communication and language: Understanding and responding to parents' perspectives. *Top Lang Disord*. 2004; 24(1):51-61.
5. Gargiulo RM. Special education in contemporary society: an introduction to exceptionality. 2nd ed. Belmont, CA: Thomson Learning; 2006.
6. Ingersoll B, Wainer A. Initial efficacy of project IMPACT: a parent-mediated social communication intervention for young children with ASD. *J Autism Dev Disord*[internet]. 2013; 43(12):2943-52. doi: 10.1007/s10803-013-1840-9.
7. Kaiser AP, Roberts MY. Parents as communication partners: an evidence-based strategy for improving parent support for language and communication in everyday settings. *Perspect Lang Learn Educ*. 2012; 20(3):96-111.
8. Koegel RL, Koegel LK (eds.). Pivotal response treatments for autism: communication, social, and academic development. Baltimore: Paul H. Brookes; 2006.
9. Meder AM, Wegner JR. iPads, mobile technologies, and communication applications: a survey of family wants, needs, and preferences. *Augment Altern Comm*. 2015; 31(1):27-36.
10. Mello AMSR. Autismo: guia prático. 6. ed. Brasília: CORDE; 2007.
11. Nunes D, Hanline MF. Enhancing the alternative and augmentative communication use of a child with autism through a parent-implemented naturalistic intervention. *Int J Disabil Dev Educ* [internet]. 2007; 54(2):177-97. doi: 10.1080/10349120701330495.
12. Nunes D, Nunes Sobrinho FP. Comunicação alternativa e ampliada para educandos com autismo: considerações metodológicas. *Rev Bras Ed Esp*. 2010; 16(2):297-312.

13. Perissinoto J. Linguagem da criança com autismo. In: Perissinoto J, Marchesan IQ, Zorzi JL, organizadores. Conhecimentos essenciais para atender bem a criança com autismo. São José dos Campos: Pulso Editorial; 2003. p. 23-7.
14. Prizant BM, Wetherby AM, Rydell PJ. Communication intervention issues for young children with autism spectrum disorders. In: Wetherby AM, Prizant BM (eds.). Children with autism spectrum disorders: a developmental, transactional perspective. Baltimore: Paul Brookes; 2000. P. 193-224.
15. Schwartzman JS, Araújo CA (eds.). Transtornos do espectro do autismo. São Paulo: Memnon; 2011.
16. Smith MA, Ryndak DL. Estratégias práticas para a comunicação com todos os alunos. In: Stainback S, Stainback W, organizadores. Inclusão: um guia para educadores. França M, tradutor. Porto Alegre: Artes Médicas; 1999. p. 110-128.
17. Tager-Flusberg H, Kasari C. Minimally verbal school-aged children with autism spectrum disorder: the neglected end of the spectrum. *Autism Res.* 2013; 6(6):468-78.
18. Vismara LA, Rogers SJ. Behavioral treatments in autism spectrum disorder: what do we know? *Annu Rev Clin Psychol.* 2010; 6:447-68.
19. Vontetzchner S, Martinsen H. Introdução à comunicação aumentativa e alternativa. Portugal: Porto; 2000.
20. Walter C, Almeida MA. Validação de um programa de comunicação alternativa e ampliada para mães de adolescentes com autismo. *Rev Bras Ed Esp.* 2010; 16(3):429-46.
21. Watkins L, Kuhn M, Ledbetter-Cho K, Gevarter C, O'Reilly M. Evidence-based social communication interventions for children with autism spectrum disorder. *Indian J Pediatr.* 2017; 84(1):68-75.
22. Wong C, Odom SL, Hume K, Cox AW, Fettig A, Kucharczyk S et al. Evidence-based practices for children, youth, and young adults with Autism Spectrum Disorder. Chapel Hill: University of North Carolina, Frank Porter Graham Child Development Institute, Autism Evidence-Based Practice Review Group; 2014. Available at: <http://autismpdc.fpg.unc.edu/sites/autismpdc.fpg.unc.edu/files/2014-EBP-Report.pdf>.

6

A elaboração de uma ferramenta tecnológica a serviço da avaliação e da estimulação em linguagem

Gerson Obede Estevão Muitana

Daniela Regina Molini-Avejonas

Ana Cláudia Rossi

Valéria Farinazzo Martins

Cibelle Albuquerque de la Higuera Amato

INTRODUÇÃO

O rápido surgimento e aceitação das tecnologias digitais, aliado ao desenvolvimento e explosão de aplicativos para tablets *Android* e *iOS* nos últimos 5 anos (11), fez com que muitas medidas alternativas de saúde mental e de diversas habilidades cognitivas e de fossem desenvolvidas para triagem, diagnóstico, intervenção e monitoramento de alterações do desenvolvimento infantil, por exemplo. (16). Com milhões de aplicativos disponíveis gratuitamente ou para compra com baixo custo na *App Store* e com acesso rápido, essas ferramentas se tornaram boas soluções práticas para muitos profissionais de educação e saúde (11). Dentre as vantagens das tecnologias digitais (aplicativos) para a área da saúde, destacam-se: a facilidade de uso; a economia e a acessibilidade (23); ser uma alternativa barata para fornecer informações objetivas e mais detalhadas sobre os sintomas que os pacientes frequentemente não relatam com precisão; e o acompanhamento da progressão dos sintomas que mudam gradualmente, como aqueles associados à cognição e à linguagem (4, 38).

De forma geral, os celulares, por exemplo, possuem diversas funcionalidades em comparação com outros dispositivos tecnológicos. São considerados seguros por possuírem recursos de segurança e monitoramento tecnológico e são utilizados por um número maior de pessoas quando comparado a outros dispositivos móveis como tablets e notebooks, por exemplo. Os smartphones são portáteis, fáceis de usar e de manipular; também podem ser usados para fornecer intervenções, psicoeducação, suplementar o tratamento e aumentar o alcance terapêutico (23), para além de ser uma ferramenta de aprendizagem em ambientes formais e informais (18). Segundo Reily (26), essas tecnologias podem ser utilizadas no contexto escolar, de forma pedagógica como prováveis recursos para auxiliar no atendimento do aluno com necessidades específicas. Quando consideramos crianças em início de desenvolvimento e no período pré-escolar, muitos estudos têm apontado a existência de aplicativos eficientes usados em programas de alfabetização para habilidades emergentes (22) e no processo de letramento em pacientes com gagueira, por exemplo (5).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em relação às habilidades de comunicação e linguagem, existem inúmeros estudos e aplicativos desenvolvidos, principalmente para crianças com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA), para promover comunicação aumentativa e alternativa. Grynszpan et al. (17) analisaram a eficácia pré e pós-uso de tecnologias por pessoas com TEA; a partir de uma meta-análise os autores indicam evidências sobre a eficiência das intervenções e recomendam que os recursos tecnológicos sejam desenvolvidos continua-

mente para avaliação e uso clínico para intervenções no transtorno. Algumas pesquisas brasileiras apontaram a existência de aplicativos gratuitos que podem ser utilizados em crianças com TEA, Paralisia cerebral, Síndrome de Down e outras deficiências ou doenças que impeçam a comunicação oral. Alguns desses aplicativos ajudam a estimular o aluno com TEA nos aspectos visual, motor e linguagem (AutApp); estimulam a comunicação, socialização e o comportamento das crianças (TEO - Tratar, Estimular e Orientar); e avaliam a capacidade subjetiva e simbólica de utilizar as expressões faciais e verbais para se comunicar (As descobertas de Albert) (07). Outros aplicativos como o ABC Autismo, o Aiello e o SCAI Autismo têm o objetivo de auxiliar no processo educativo de crianças com TEA (19).

Especificamente para a habilidade de linguagem, Edwards (11) refere que o uso de *iPads* e outros tablets se tornou comum, com centenas de aplicativos disponíveis em áreas de distúrbios comunicativos. O mesmo autor acrescenta que muitas ferramentas estão disponíveis para apoiar uma ampla variedade de objetivos, desde avaliação e intervenção para articulação, linguagem receptiva e expressiva, fluência, voz, deglutição e treinamento de comunicação funcional para crianças e adultos. Há muitas vantagens em usar tecnologias móveis em avaliação e intervenção em linguagem; dentre elas está a possibilidade de oferecer recursos como pontuação automática e rastreamento do progresso do paciente (15). Outros benefícios incluem a coleta de dados simplificada, economia potencial de custos em comparação com materiais impressos e vantagens de intervenção particular com apresentação visual, dinâmica e interativa (11).

Há um conjunto de pesquisas que examinou o uso de aplicativos para intervenção em distúrbios de fala e linguagem (12, 30, 40), bem como pesquisas emergentes sobre desenvolvimento de aplicativos para triagens de fala e audição (29, 39). Recursos de aplicativos individuais foram avaliados também em algumas áreas de distúrbios comunicativos, incluindo intervenção na afasia (34). Esses trabalhos têm chegado à conclusão de que o uso da tecnologia auxilia na superação de dificuldades em relação à aquisição da linguagem, bem como na melhoria das relações sociais (32).

Em relação a aplicativos de avaliação, alguns estudos da área de saúde mental têm evidenciado a existência dessas ferramentas para avaliar diversos transtornos. Uma revisão de literatura, que examinou pesquisas publicadas que empregam ferramentas móveis nos sintomas depressivos em crianças e adolescentes, verificou que a maioria dos estudos usou smartphones para rastrear ou monitorar sintomas depressivos (31), demonstrando a importância de aplicativos para essa condição específica. Outras revisões têm mostrado que aplicativos estão disponíveis para triagem e monitoramento de sintomas do transtorno bipolar, avaliados por meio de questionários validados (23).

Um estudo de Connaghan et al. (10), que investigou a utilidade de um aplicativo denominado *Beiwe* para identificar e rastrear o início dos sintomas e declínio da fala em esclerose lateral amiotrófica, verificou que o aplicativo tem potencial para triagem

diagnóstica e monitoramento do progresso da doença, bem como identifica diferenças de grupo nas medidas de fala no início e ao longo do tempo. Para os autores, o fato de o aplicativo coletar dados a qualquer hora do dia e local pode ser bastante útil para a prestação de cuidados de saúde e para a pesquisa.

Outro dado muito importante a respeito do uso de aplicativos, no componente da linguagem, é serem úteis para reabilitação por fonoaudiólogos, especificamente para tratar a linguagem, articulação / produção motora e fonotática, percepção da fala, representações fonológicas e habilidades de comunicação social (3, 5, 13, 15). À medida que a disponibilidade de tecnologia móvel aumenta, os aplicativos desenvolvidos para telefones celulares e tablets são cada vez mais interessantes para essa terapia. Hoje existem aplicativos para identificar a presença de afasia (comprometimento da linguagem) e melhorar os resultados da linguagem (8, 9). E outra facilidade que existe é que algumas intervenções, principalmente em crianças pequenas, podem ser realizadas pelos pais ou cuidadores das crianças e não necessariamente por um especialista (36), fornecendo, assim, um acompanhamento domiciliar em uma base regular e, possivelmente, reduzindo a necessidade de visitas frequentes à instituição (37).

Por outro lado, o fato de alguns aplicativos avaliarem e no fim gerarem mensagens de alerta sobre o que o usuário ou avaliado pode fazer (por exemplo, suporte clínico, recomendação para uma visita a um profissional (23)) é de extrema importância, tendo em conta a necessidade de intervir precocemente nas questões de linguagem ou outras demandas.

FERRAMENTA TAGARELA

Considera-se a primeira infância o período que vai de zero aos 5 anos de idade, e sendo de fundamental importância para o desenvolvimento global da criança. É nesse período que se estruturam importantes funções psíquicas, habilidades sociais e de comunicação. A estimulação do desenvolvimento da fala e linguagem é de extrema importância para o adequado desenvolvimento comunicativo (27, 35). Os pais, assim como todos os profissionais que lidam com as crianças, devem estar atentos para a promoção do desenvolvimento da linguagem (27, 28). Sendo assim, é de grande importância o acompanhamento do desenvolvimento da fala e linguagem nas crianças pequenas, o que pode ser promovido a partir da elaboração de instrumentos capazes de rastrear precocemente indícios de alterações durante o desenvolvimento da criança em atividades diárias (27). A identificação precoce de alterações fonoaudiológicas aliadas à orientação aos familiares e cuidadores aumentam significativamente as chances de um bom prognóstico. As crianças que permanecem sem diagnóstico e sem recursos para lidar com o déficit de linguagem poderão vir a apresentar alteração em outros marcos importantes do desenvolvimento, tais como dificuldades de aprendizagem (2).

A fim de rastrear indícios de alterações durante o desenvolvimento da criança, de maneira precoce, foi desenvolvido um instrumento informatizado denominado Tagarela (1). Esse instrumento é composto de duas partes: uma aplicação web que corresponde a funcionalidades de administração do instrumento (gerenciar toda a parte de cadastro e controle de creches, gerentes, cuidadores, responsáveis e crianças); e um aplicativo *mobile*, destinado aos cuidadores das creches e pais, que é composto por questionários configurados a partir do marco de idade de cada criança, questionários sobre habilidades de leitura e escrita e, também, estímulos caso a criança necessite, a partir de uma nota de corte. A elaboração desse instrumento se deu com uma equipe multidisciplinar que se reunia frequentemente em todas as fases do ciclo de desenvolvimento do instrumento. O desenvolvimento do instrumento se deu utilizando uma abordagem iterativa de sistemas de software, combinando características de desenvolvimento *top-down* e *bottom-up* (33). Nessa abordagem, foram gerados protótipos que eram continuamente avaliados por essa equipe multidisciplinar, até se chegar a uma versão que atendesse aos requisitos previamente definidos. Assim, pôde-se descrever as fases que compuseram esse desenvolvimento, como apresentado a seguir.

Análise de Requisitos

Conforme supracitado, o desenvolvimento do Tagarela envolvia uma equipe multidisciplinar, composta por profissionais de Fonoaudiologia e Tecnologia da Informação e Comunicação (desenvolvedores da Fábrica de Software da universidade em que aconteceu o projeto, uma especialista em Interação Humano-computador e uma profissional em Gestão de Projetos). A partir de reuniões recorrentes, determinaram-se os requisitos funcionais e não funcionais do Tagarela, para suas duas partes (*web* e *mobile*), conforme definidos a seguir.

Para os requisitos funcionais da versão web (administração), foi definido que o instrumento deveria ser capaz de:

- Criar uma creche; criar um gerente para essa creche;
- Cadastrar crianças, cuidadores, responsável pela criança, pelo gerente;
- Atualizar dados de uma criança ou seus próprios dados, no papel de responsável pela criança;
- Atualizar seus próprios dados, no papel de cuidador;
- Acessar alerta de todas as creches, no papel de administrador do sistema; acessar alerta de sua creche, no papel de gerente;
- Alterar senha, em todos os papéis.

Já para os requisitos não funcionais, foi definido que o instrumento deveria: ser multiusuários, estar disponível 24x7, escalabilidade, e desempenho adequado.

Para os requisitos funcionais da versão *mobile*, foi definido que o instrumento deveria ser capaz de:

- Dar acesso aos cuidadores ao questionário e à lista de estimulações, que contém perguntas contidas em “Como sua criança fala e ouve” (21);
- Dar acesso aos cuidadores a uma lista de estimulações;
- Separar a lista de estimulações e perguntas por faixa etária (baseada em meses);
- Permitir a pesquisa de uma criança pelo cuidador cadastrado;
- Detectar uma criança com alerta e informar gerente da creche e administrador do sistema;
- Dar acesso ao responsável pela criança ao aplicativo e para responder as perguntas relacionadas à criança.

Seleção das tecnologias utilizadas

Essa fase do projeto teve por meta especificar as tecnologias de entrada, de saída e computacionais empregadas no desenvolvimento do Tagarela, em duas partes:

- Para a aplicação web, foram utilizadas as seguintes tecnologias: Node JS (para desenvolvimento *back-end*); CSS (para uso de páginas HTML); e *Handlebars* (que usa um modelo e um objeto que geram formatos texto ou HTML);
- Para o aplicativo *mobile*, foram utilizadas as seguintes tecnologias: Apache Cordova (criação de tecnologias web digitais utilizando HTML5, CSS3 e Javascript que exporta o mesmo código para diversas plataformas); e o *Framework-7* (desenvolvimento de aplicações *mobile* utilizando Javascript, HTML e CSS);
- Já, para o armazenamento dos dados de todo o Tagarela, foi utilizado o banco de dados MongoDB 3.6.3.

A fim de um melhor entendimento do escopo do projeto, a Figura 1 apresenta o diagrama de classes utilizado, com todos os *stakeholders*.

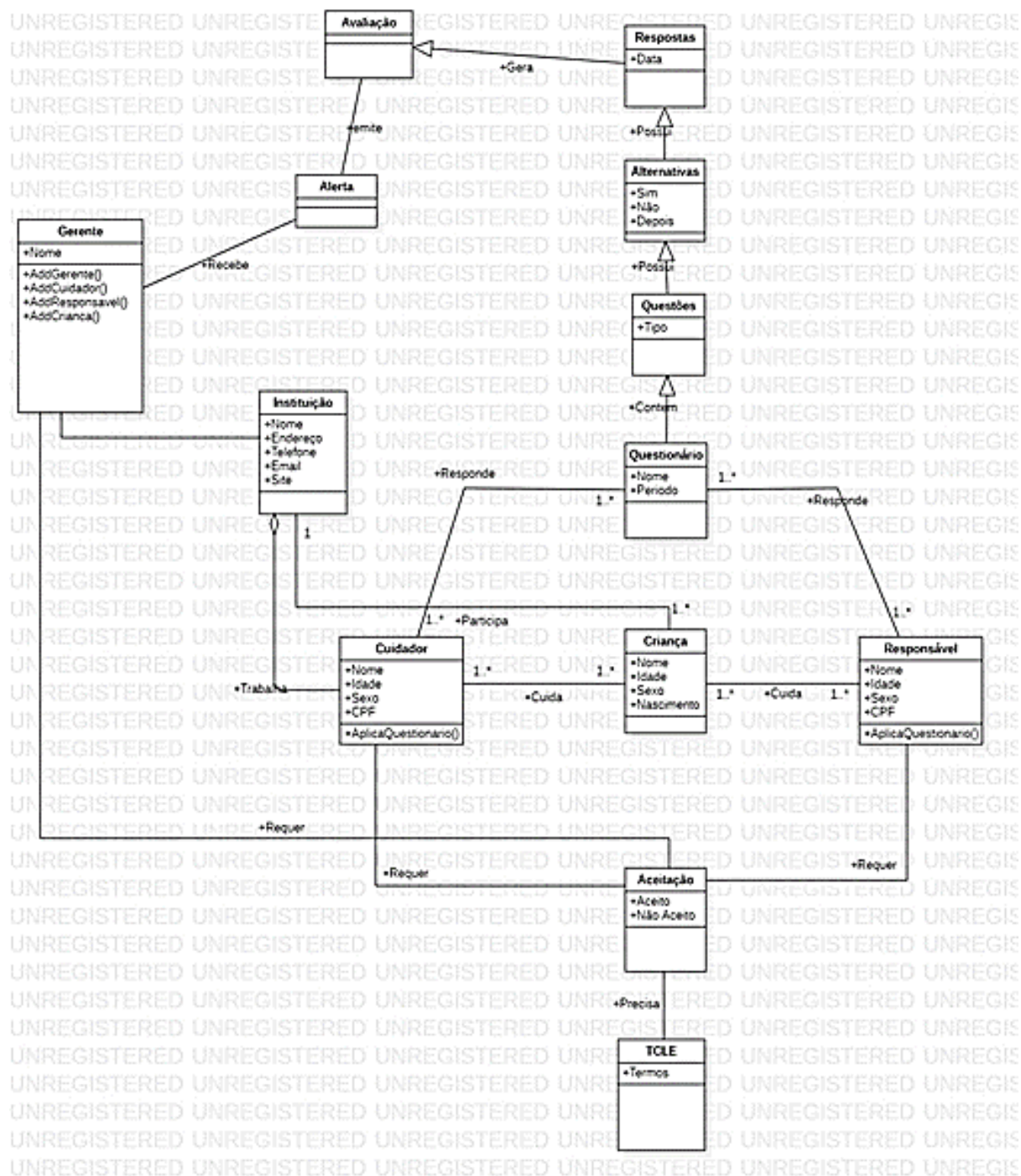


Figura 1. Diagrama de Classes do Tagarela.

Implementação

A implementação do Tagarela, conforme supracitado, é composta pela aplicação web e aplicativo *móBILE*, que serão descritos a seguir.

Aplicação web possui três perfis diferentes: administrador de creches, gerente da creche e cuidador, com funcionalidades bem definidas:

- Administrador de creches: perfil que pode visualizar cada creche criada no sistema, além de poder incluir ou remover uma creche, visualizar a lista de logins que foram gerados e os alertas gerados (com as informações da criança em questão);
- Gerente da creche: perfil que pode visualizar e atualizar dados referentes a uma creche, visualizar e cadastrar profissionais, visualizar e cadastrar outros perfis de gerentes, visualizar e cadastrar crianças, ter acesso à lista de responsáveis, além de visualizar a lista de logins criados;
- Cuidador: usuário que deve fornecer informações mais detalhadas sobre seu perfil pessoal e profissional.

Já no aplicativo *mobile*, somente existe o perfil de cuidador. O papel do cuidador é, então, verificar como a criança está em relação aos aspectos fonológicos esperados, de acordo com o marco de idade, que estão discriminados no Tagarela a partir do material “Como sua criança fala e ouve” (20). Assim, o sistema verifica as respostas negativas dadas pelo cuidador em relação à criança e a nota de corte do que é esperado de acordo com a idade. Caso a nota de corte for atingida, são enviados alertas para o gerente da creche e o administrador de creches. A Figura 2 apresenta a tela de menu do aplicativo que o cuidador tem acesso; acessando uma criança, suas informações estarão disponíveis.

O cuidador terá também acesso às estimulações que devem ser realizadas, dependendo da faixa etária (Figura 3).

Na aba “Sobre a Pesquisa”, são apresentados informações e conselhos divididos em “Ouvindo e Compreendendo” e “Falando” (Figura 4).

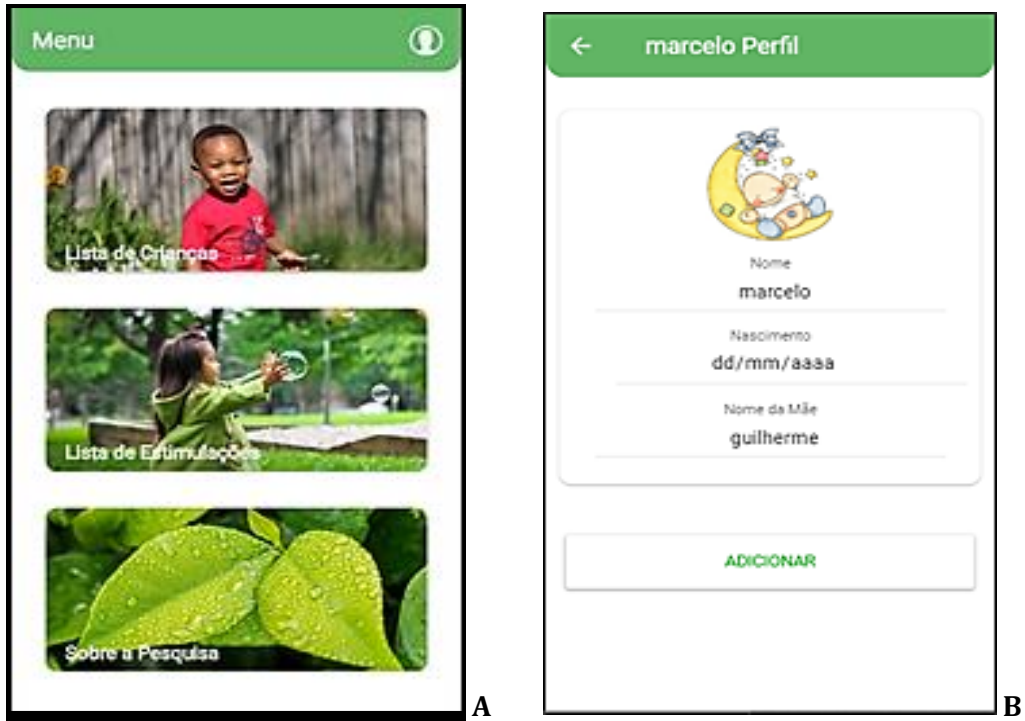


Figura 2. (A) Menu de opções; (B) informações sobre a criança escolhida (1).



Figura 3. Lista de estimulações.

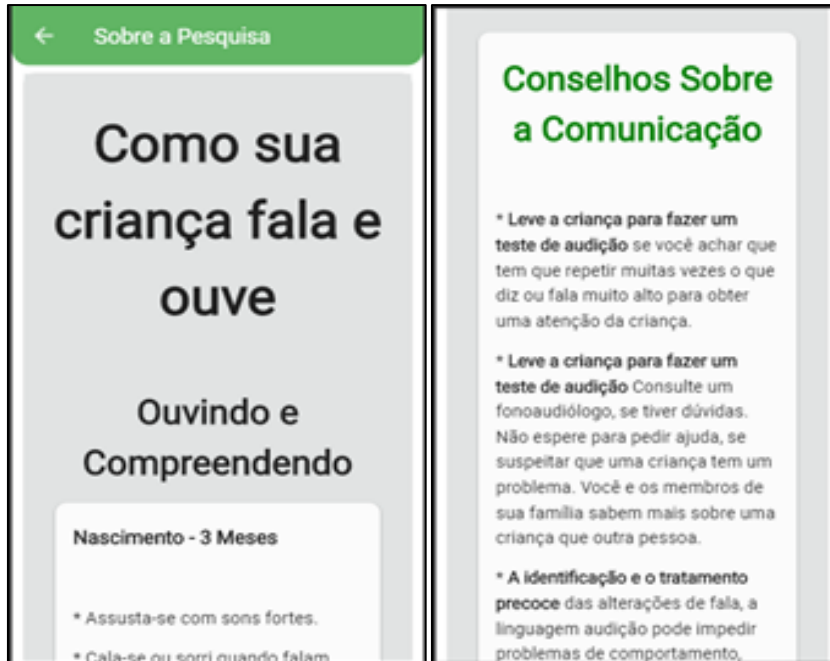


Figura 4. Comportamento padrão e conselhos sobre a comunicação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Tagarela é resultado de um projeto de pesquisa financiado pelo Fundo Mackenzie de Pesquisa e Inovação – Mackpesquisa (Processo nº 18028) e contou com a participação de professores e alunos do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde e da Faculdade de Computação e Informática da Universidade Presbiteriana Mackenzie. O Tagarela teve todas suas funcionalidades implementadas em relação ao contexto da creche e centros de educação infantil e testadas pela equipe multidisciplinar. Os testes aconteceram em vários níveis. Em primeiro lugar, foram realizados testes internos pelos integrantes da Fábrica de Software que aconteciam a cada versão nova gerada. Quando a versão era liberada, então os testes eram realizados pela especialista em Fonoaudiologia e a especialista em Interação Humano-computador. A partir desses testes, eram realizadas reuniões com toda a equipe para discutir as melhorias a serem geradas. Essa abordagem ocorreu durante toda a fase de desenvolvimento da ferramenta.

A partir do momento que a versão do Tagarela foi considerada aceitável, ela foi disponibilizada para outras fonoaudiólogas testarem, e, assim, gerando mais melhorias a serem realizadas. Finalmente, uma equipe formada por estudantes de mestrado e doutorado foi treinada para utilizar a ferramenta nas creches, a fim de transmitirem o conhecimento para os outros *stakeholders* (gerentes e cuidadores). A fase atual do pro-

jeto está congelada na implantação do Tagarela numa creche-piloto devido à pandemia do COVID-19.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias, de forma geral, atuam como um importante instrumento que auxilia na identificação, avaliação, promoção e ampliação de habilidades funcionais, deficitárias nos sujeitos em várias idades. Portanto, para alinhar com o movimento em direção à intervenção baseada em evidências em ciências comunicativas e transtornos (14, 25), é necessário considerar abordagens sistemáticas para a seleção e uso dessa tecnologia (11). Por outro lado, os fonoaudiólogos devem avaliar com eficácia os aplicativos que adquirem, especificamente aqueles aplicativos que avaliam habilidades específicas de fala e linguagem, que devem ser avaliados tão rigorosamente quanto qualquer outro procedimento de avaliação e tratamento (24).

AGRADECIMENTOS

Agardecemos ao Programa de Excelência Acadêmica – Proex (Processo 1133/2019) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Fundo Mackenzie de Pesquisa (MackPesquisa) da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM).

REFERÊNCIAS

1. Amato CAH, Rossi AC, Silva ARS, Silva MGL, Martins VF. Identificação precoce de déficits de linguagem: a construção de uma ferramenta digital. *Rev Iber Sist Tecnol Inf.* 2021; (E39):627-42.
2. American Speech-Language-Hearing Association (ASHA). *Talking on the go: everyday activities to enhance speech and language development.* Rockville: ASHA; 2007.
3. Ballard KJ, Wambaugh JL, Duffy JR, Layfield C, Maas E, Mauszycki S et al. Treatment for : acquired apraxia of speech. *Am J Speech-Language Pathol.* 2015; 24:316-37.
4. Braddock D, Thompson M. Emerging technologies and cognitive disability. *J Spec Educ Technol.* 2004; 19(4):1-9.
5. Brady MC, Kelly H, Godwin J, Enderby P, Campbell P. Speech and language therapy for aphasia following stroke. *Cochrane database Syst Rev.* 2016; 2016(6):CD000425. doi: 10.1002/14651858.CD000425.pub4.

6. Buzzeti PBMM, Fiorin M, Martinelli NL, Cardoso ACV, Oliveira CMC. Comparação da leitura de escolares com gagueira em duas condições de escuta: habitual e atrasada. *CEFAC*. 2016; 18(1):67-73.
7. Carla M, Aragão M. The use of applications to auxiliate the development of children with autistic spectrum transtorn. *Olhares Trilhas*. 2019; 21(1):43-57.
8. Choi Y, Park HK, Ahn K, Son Y. A telescreening tool to detect aphasia in patients with stroke. *Telemed e-Health*. 2015; 21(9):729-34.
9. Choi Y, Park HK, Paik N. A telerehabilitation approach for chronic aphasia following stroke. *Telemed e-Health*. 2016; 22(5):1-7.
10. Connaghan KP, Green JR, Paganoni S, Chan J, Weber H. Use of beiwe smartphone app to identify and track speech decline in amyotrophic lateral sclerosis. *Interspeech*. 2019; 15(19):4504-8.
11. Edwards J, Dukhovny E. Technology training in speech-language pathology: a focus on tablets and apps. *Perspectives*. 2017; 2(1):33-48.
12. Fernández-López Á, Rodríguez-Fórtiz MJ, Rodríguez-Almendros ML. Computers & Education Mobile learning technology based on iOS devices to support students with special education needs. *Comput Educ*. 2013; 61:77-90.
13. Finch E, Copley A, Cornwell P, Kelly C, Hons B. A systematic review of behavioural interventions targeting social communication difficulties following traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016; 97(8):1352-65.
14. Finn P. Critical thinking: knowledge and skills for evidence-based practice. *Lang Speech Hear Serv Sch*. 2011; 42:69-72.
15. Furlong L, Morris M, Serry T, Erickson S. Mobile apps for treatment of speech disorders in children: an evidence-based analysis of quality and efficacy. *PLoS One internet*. 2018; 13(8):e0201513. doi: 10.1371/journal.pone.0201513.
16. Glenn T, Monteith S. New measures of mental state and behavior based on data collected from sensors , smartphones, and the internet. *Curr Psychiatry Rep*. 2014; 16(12):523. doi: 10.1007/s11920-014-0523-3.
17. Grynszpan O, Weiss PLT, Perez-Diaz F, Gal E. Innovative technology-based interventions for autism spectrum disorders : a meta-analysis. *Autism*. 2014; 18(4):346-61.
18. Kalogiannakis M, Nirgianaki G-M, Papadakis SJ. Teaching magnetism to preschool children: the effectiveness of picture story reading. *Early Child Educ J [internet]*. 2018; 46(2). doi:10.1007/s10643-017-0884-4.
19. Mentone ECP, Fortunato I. A tecnologia digital no auxílio à educação de autistas: os aplicativos ABC Autismo, Aiello e SCAI Autismo. *Temas Educ Saúde [intenet]*. 2019; 15(1):113-30. doi: 10.26673/tes.v15i1.12733.
20. Molini-Avejonas DR. Fatores de risco e de proteção associados à alteração de fala e linguagem em uma amostra nacionalmente representativa de crianças de 4 a 5 anos de idade. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 2011; 16(2):242. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-80342011000200022>.
21. Molini-Avejonas DR, Ferreira LV, Amato CAH. Risk factors for speech-language pathologies in children. In: Fernandes FDM, editora. *Advances in speech-language pathology*. London: InTech Open, 2017. p. 257-74.

22. Neumann MM. Using tablets and apps to enhance emergent literacy skills in young children. *Early Child Res Q.* 2018; 42:239-46.
23. Nicholas J, Ba H, Larsen ME, Proudfoot J, Christensen H, Nicholas J et al. Mobile apps for bipolar disorder: a systematic review of features and content quality. *J Med Internet Res [internet]*. 2015; 17(8):e198. doi: 10.2196/jmir.4581.
24. Papadakis S, Vaiopoulou J, Kalogiannakis M, Stamovlasis D. Developing and exploring an Evaluation Tool for Educational Apps (E.T.E.A.) Targeting Kindergarten Children. *Sustainabil.* 2020; 12(10):4201. doi: 10.3390/su12104201.
25. Ratner NB. Some pragmatic tips for dealing with clinical uncertainty. *Lang Speech Hear Serv Sch.* 2015; 42:77-80.
26. Reily L. *Escola inclusiva: linguagem e mediação.* Campinas: Papirus; 2004.
27. Ringwalt S. *Developmental screening and assessment instruments: with an emphasis on social and emotional development for young children ages birth through five.* Chapel Hill: National Early Childhood Technical Assistance Center; 2008.
28. Ronski M, Sevcik RA, Adamson LB, Cheslock M, Smith A, Barker RM et al. Randomized comparison of augmented and nonaugmented language interventions for toddlers with developmental delays and their parents. *J Speech Lang Hear Res.* 2010; 53(2):350-64.
29. Schaefer B, Bowyer-Crane C, Herrmann F, Fricke S. Development of a tablet application for the screening of receptive vocabulary skills in multilingual children: a pilot study. *Child Lang Teach Ther.* 2015; 32(2):179-91.
30. Schoen E, Rhea S, Frederick P. Brief report: a mobile application to treat prosodic deficits in autism spectrum disorder and other communication impairments: a pilot study. *J Autism Dev Disord.* 2015; 46(1):320-7.
31. Sequeira L, Perrotta S, Lagrassa J, Merikangas K, Kreindler D. Mobile and wearable technology for monitoring depressive symptoms in children and adolescents: a scoping review. *J Affect Disord.* 2020; 265:314-24.
32. Silva JA, Carvalho ME, Caiado RVR, Barros IBR. As tecnologias digitais da informação e comunicação como mediadoras na alfabetização de pessoas com transtorno do espectro do autismo: uma revisão sistemática da literatura. *Texto Livre Ling Tecnol.* 2020; 13(1):45-64.
33. Sommerville I. *Software engineering.* 9th ed. Boston: Pearson; 2011.
34. Stark BC, Warburton EA. Improved language in chronic aphasia after self-delivered iPad speech therapy. *Neuropsychol Rehabil.* 2016; 28(5):818-31.
35. Sun, IYI, Fernandes, FDM Communication difficulties perceived by parents of children with developmental disorders. *CoDAS [internet]*. 2014; 26(4):270-5. doi: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/201420130024>.
36. Templeton JM, Poellabauer C, Schneider S, Templeton JM, Hall F, Dame N. Enhancement of neurocognitive assessments using smartphone capabilities: systematic review. *JMIR Mhealth Uhealth [internet]*. 2020; 8(6): e15517. doi: 10.2196/15517.
37. Vaezipour A, Campbell J, Theodoros D, Russell T. Mobile apps for speech-language therapy in adults with communication disorders: review of content and quality. *JMIR Mhealth Uhealth [internet]*. 2020; 8(10): e18858. doi: 10.2196/18858.
38. Wood AD, Stankovic JA, Virone G, Selavo L, He Z, Cao Q et al. Context-aware wireless sensor networks for assisted-living and residential monitoring. *IEEE Netw.* 2008; 22(4):26-33.

39. Yimtae K, Israsena P, Thanawirattananit P, Seesutas S. A tablet-based mobile hearing screening system for preschoolers: design and validation study. *JMIR Mhealth Uhealth* [internet]. 2018; 6(10):e186. doi: 10.2196/mhealth.9560.
40. Zajc M, Starčič AI, Lebeničnik M, Gačnik M. Tablet game-supported speech therapy embedded in children's popular practices. *Behav Inf Technol*. 2018; 37(7):693-702.

7

A tecnologia como ferramenta de intervenção na linguagem

Valeria F Martins

Maria Amelia Eliseo

Daniela Regina Molini-Avejonas

Vitoria L Sarlanis

Cibelle A de la Higuera Amato

INTRODUÇÃO

A linguagem tem papel importante durante o percurso do desenvolvimento infantil. O desenvolvimento inicia no nascimento do bebê e o acompanha durante toda a vida. As alterações de linguagem, muitas vezes, são sinais e sintomas de outras alterações do desenvolvimento. O desenvolvimento adequado da linguagem se torna também um bom recurso para potencializar o desenvolvimento global da criança. O desenvolvimento da linguagem oral, da fala, está relacionado a habilidades cognitivas, perceptuais e linguísticas que aparecem no período pré-verbal (11). As alterações de linguagem, após serem identificadas, precisam ser acompanhadas por profissionais capacitados que tenham a sua prática instrumentalizada por ferramentas especializadas. O objetivo deste capítulo é apresentar o processo de elaboração de duas ferramentas tecnológicas para a intervenção na área da linguagem

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A primeira infância é uma fase em que se iniciam as bases para aquisição de muitas habilidades que serão importantes para o desenvolvimento da criança. É um período crítico e importante para o desenvolvimento humano (6), em que o cérebro passa por um processo de maturação, permitindo observar o desenvolvimento de habilidades cognitivas, sociais, motoras e emocionais que são depois consolidadas em fases posteriores de desenvolvimento.

A evolução da linguagem e da fala é considerada como um grande marcador para o desenvolvimento global e cognitivo da criança (1). O desenvolvimento adequado da linguagem oral nessa fase é reconhecido como sendo fundamental para que a criança desenvolva outras habilidades e se socialize (14). A linguagem é composta por diferentes sistemas que se inter-relacionam, sendo a fonologia responsável pela organização e funcionamento do sistema dos sons e a pragmática responsável pela linguagem no contexto de seu uso na comunicação (15).

Considerando esses dois sistemas da linguagem, fonologia e pragmática, o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais, 5ª edição – DSM-5 (2), trouxe alterações importantes para a prática profissional na área da avaliação e intervenção em linguagem. Houve a inclusão do Transtorno de fala, nova nomenclatura para o Transtorno Fonológico. De acordo com o DSM-5, o Transtorno de fala é caracterizado por dificuldade persistente na produção da fala que interfere na inteligibilidade ou impede a comunicação verbal. É um transtorno heterogêneo; inclui tanto o transtorno fonológico como o transtorno da articulação. A criança com dificuldade em produzir a fala

pode apresentar dificuldade na capacidade de coordenar os movimentos para falar ou no reconhecimento fonológico dos sons da fala.

Outra modificação a ser destacada no DSM -5 é a nomenclatura proposta de Transtorno do Espectro do Autismo caracterizado por dificuldades de interação social, comunicação e comportamentos repetitivos e restritos (2). Essa nova caracterização não reduz a importância da linguagem, apenas fortalece os aspectos funcionais e comunicativos envolvidos na interação social.

Estudos têm apontado que o desenvolvimento da linguagem é condição para a aquisição das habilidades de leitura e escrita, requisitos para um bom desempenho escolar (5), como para a vida acadêmica e relações sociais (12). Pesquisas indicam que os déficits na fala, por exemplo, são os mais comuns das deficiências na infância e afetam cerca de uma em cada 12 crianças ou 5% a 8% das crianças em idade pré-escolar (8, 13). Por outro lado, pesquisas têm apontado que, com programas de intervenções precoces, essas crianças afetadas podem se tornar mais bem-sucedidas na comunicação, alfabetização, desempenho acadêmico e relacionamentos interpessoais (10), e quanto mais cedo o distúrbio for identificado e tratado, melhores serão os resultados, independentemente da causa (3). Mas segundo Panes et al. (9), um dos grandes problemas enfrentados é o encaminhamento tardio da criança, ou seja, quando a alteração já está instalada dificultando, assim, a reabilitação.

RELATOS DE EXPERIÊNCIAS

Será trazida a descrição de dois relatos de experiência do uso da tecnologia para a intervenção da linguagem. O primeiro enfoca a fonologia com o uso de pares mínimos (4); o segundo trará o uso de tecnologia para a intervenção da linguagem com crianças com TEA.

Fonologia e Pares Mínimos

Quando se considera a fonologia, alguns princípios são importantes de serem considerados. Primeiramente, considerar que há regularidade na linguagem falada e que existem regras e previsibilidade, o que implica em organização. A criança, de forma gradual, adquire sons. Nessa etapa é bastante comum que as crianças cometam trocas de sons na fala, que aos poucos são eliminadas durante o processo de desenvolvimento. Quando isso não ocorre, caracteriza-se um distúrbio fonológico; nesse caso, sessões de fonoaudiologia são utilizadas para minimizar tal distúrbio (17). Uma das possibilidades de intervenção pode se basear no modelo de pares mínimos, considerando-se os

traços distintivos (contraste de fonemas). Os fonemas contrastantes de um par mínimo podem se diferenciar por um só traço distintivo ou por vários (7).

Este trabalho consistiu no desenvolvimento de um jogo digital educacional, denominado Kera Puzzle, para trabalhar a fonologia de crianças na faixa etária de 4 a 6 anos incompletos. Nesse jogo, as crianças deveriam trabalhar a fonologia por meio de pares mínimos.

Este projeto teve duração de cerca de um ano e meio e envolveu dois alunos de graduação na área de Ciência da Computação e Sistemas de Informação, uma pesquisadora na área de Fonoaudiologia e uma pesquisadora na área de Computação, ambas pesquisadoras do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento. A pesquisa ocorreu entre os meses de fevereiro de 2019 e junho de 2020.

O projeto utilizou abordagem de desenvolvimento iterativo de sistemas de software, que fossem capazes de agregar características de desenvolvimento *top-down* e *bottom-up*, gerando versões que eram refinadas até se atingir uma versão de implementação aceitável em cumprir com os requisitos inicialmente identificados (16). Na fase de Análise de Requisitos, foram realizadas muitas reuniões com a equipe a fim de entender o problema a ser atacado. Alguns requisitos funcionais dessa fase foram: (a) ser possível montar um quebra-cabeça com pessoas que eram disponibilizadas às crianças; (b) emitir som das figuras selecionadas; (c) que a criança pudesse escolher uma entre duas figuras que correspondem ao som emitido; (d) validar a resposta da criança. Entre os requisitos não funcionais estavam: intuitivo, lúdico, fácil de instalar, e utilizar e ser monousuário.

Já no projeto do jogo, ficou determinado que seria para ser executado em dispositivos desktop / notebooks com sistema operacional Windows e MacOS. Foi escolhida a linguagem de programação *C# for Unity* em conjunto com os pacotes de elementos da interface dos usuários, disponibilizado pelo *Unity Engine*.

O jogo possui três atividades executadas pela criança na sequência:

- Montar um quebra-cabeça que contém a representação visual de ambas as palavras de cada par mínimo (Figura 1).

- Escutar o áudio que corresponde a cada uma das palavras que foram apresentadas de maneira visual na etapa anterior (Figura 2). Cada palavra é apresentada de três maneiras diferentes: como a palavra é soletrada, sua separação silábica, e a palavra completa.

- Escolher a opção correta: a criança deve escutar um áudio, que é escolhido aleatoriamente entre as duas palavras do par mínimo (Figura 3). Então, ela deve escolher a opção correta; caso ela acerte, serão apresentados mensagem de texto e um áudio de parabenização, além de um botão para a criança avançar para a próxima fase (Figura

4-A); caso contrário, será apresentada a mensagem de opção incorreta e ela poderá refazer a atividade (Figura 4-B).

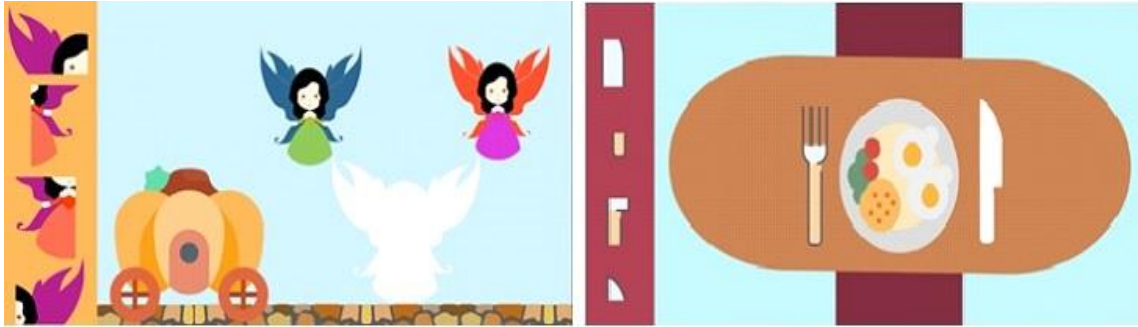


Figura 1. Montagem do quebra-cabeça Fada à esquerda e Montagem do quebra-cabeça Faca à direita (14).

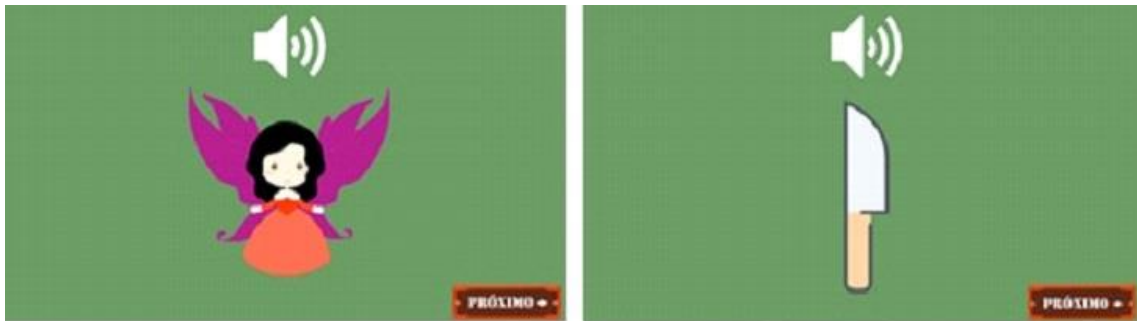


Figura 2. Escutando os fonemas Fada à esquerda e escutando os fonemas Faca à direita (14).

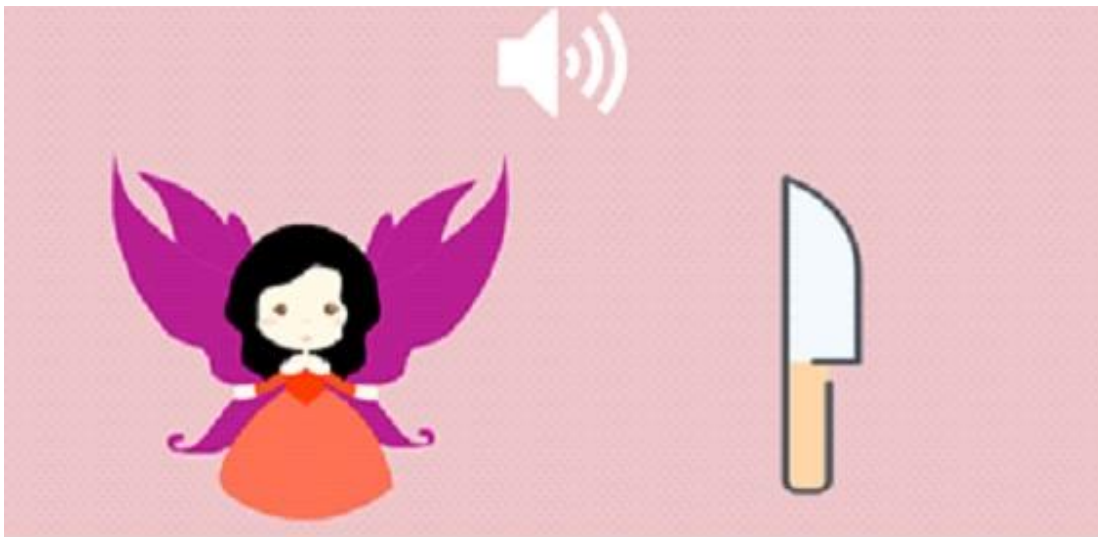


Figura 3. Escolha o fonema correto. Exemplo para Fada e Faca (14).

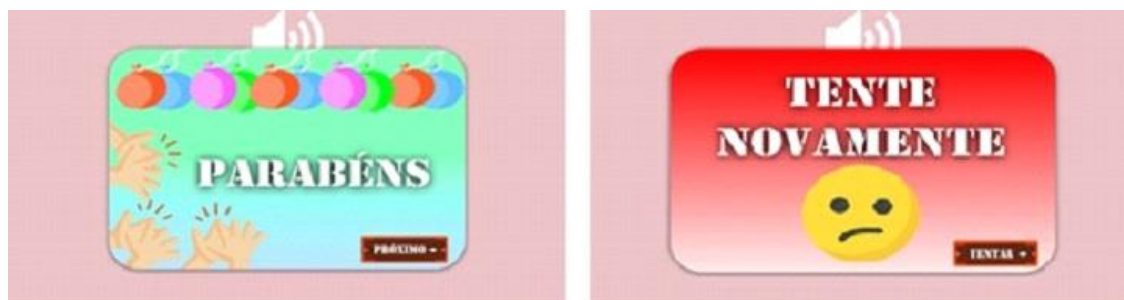


Figura 4. Tela da escolha correta à esquerda e tela da escolha incorreta à direita (14).

Foram aplicados dois instrumentos de coleta de dados: um para verificar a usabilidade e utilidade com fonoaudiólogos; e outro para medir a satisfação com as crianças. Os principais resultados da coleta de dados mostraram que o jogo foi bem avaliado pelas 15 fonoaudiólogas que participaram da pesquisa, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1. Questionário de usabilidade e utilidade - público profissional (14).

Questão	Discordo totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
O jogo é motivador para crianças na faixa etária de 4 anos a 6 anos incompletos?	-	6,7%	6,7%	66,7%	20%
O design está adequado? (Cores, Figuras, Textos, Botões e Mensagens)	-		6,7%	60%	33,3%
O áudio de identificação das figuras está adequado para o tratamento?	-	6,7%	13,3%	26,7%	53,3%
O áudio de escolha das figuras está adequado para o tratamento?	-	6,7%		53,3%	40%
Os áudios de parabenização, de tente novamente e de finalização do jogo estão adequados?	-		13,3%	40%	46,7%

Tabela 1. Questionário de usabilidade e utilidade - público profissional (14).

Questão	Discordo totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
É possível compreender como funciona a jogabilidade seguindo a demonstração dos vídeos na tela de tutorial?	-			40%	60%
O jogo é fácil para uma criança entre 4 anos e 6 anos incompletos?	-	20%	20%	53,3%	6,7%
O jogo é intuitivo?	-			46,7%	53,3%
O jogo é lúdico?	-		20%	46,7%	33,3%
Você acredita que o jogo poderia ser utilizado para auxiliar no tratamento ou diagnóstico de crianças (4 a 6 anos incompletos) com transtorno?	-		6,7%	60%	33,3%

Em relação às respostas das crianças, percebe-se que o jogo foi bem aceito pelas 10 crianças que participaram da pesquisa, conforme dados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Questionário de satisfação – público infantil (14).

Questão	Concorda	Neutro	Discorda
Você gostou do joguinho?	100%	-	-
Você achou o joguinho divertido?	90%	10%	-
Você achou o joguinho fácil de entender?	80%	20%	-
Gostou das figuras do joguinho?	100%	-	-
Você conhece os cenários e as figuras?	60%	30%	10%
Você gostou da voz? (Exemplo de cenário)	90%	10%	-
Você gostou do som de parabéns?	90%	-	10%

Tabela 2. Questionário de satisfação – público infantil (14).

Questão	Concorda	Neutro	Discorda
Você gostou do som do tente novamente?	80%	-	20%
Você gostou do som do fim?	80%	10%	10%
Você gostaria de jogar de novo este joguinho?	100%	-	-

Linguagem e autismo

Este projeto teve duração de aproximadamente um ano e envolveu um aluno de graduação em Sistemas de informação, além de uma pesquisadora na área de Fonoaudiologia e outra pesquisadora na área de Computação, ambas do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento. A pesquisa ocorreu entre os meses de novembro de 2019 e novembro de 2020. O jogo desenvolvido tem por intuito ser utilizado como uma ferramenta auxiliar por profissionais da área de Fonoaudiologia na intervenção de crianças com TEA, no treino de sua capacidade de compreensão das palavras agora ditas por pessoas com o uso de uma máscara de proteção facial, sem a possibilidade do recurso visual da face, tais como a mímica facial. O projeto foi desenvolvido seguindo uma metodologia de prototipação (16). A elicitação dos requisitos funcionais e não funcionais se deu por meio de diversas reuniões com a especialista em Fonoaudiologia, o desenvolvedor e a especialista em Computação. Assim, considerando o público-alvo como crianças entre 8 a 11 anos, com TEA, foram considerados os seguintes requisitos funcionais: os áudios disponibilizados para os jogadores devem ser gravados por uma pessoa com o uso de máscara; o jogo tenha níveis de dificuldade diferentes; os cenários (padaria, supermercado e escola) correspondam ao contexto das palavras (pares mínimos) apresentados ao jogador; o jogador deve perder vida ao colidir com o inimigo ou caso colete alguma palavra fora da ordem pedida; a cada fase passada devem estar disponíveis mais vidas devido ao aumento da dificuldade; o jogo deve fornecer uma instrução antes de cada fase; o usuário pode coletar uma dica (corresponde a lembrar o objetivo daquele momento) em cada fase. Em relação aos requisitos não funcionais, tem-se: o jogo não deve ter dependência de conexão com a internet; o jogo deve ser executado em um sistema operacional Windows; o jogo deve ser intuitivo; o jogo é monousuário. Já em relação aos requisitos de usabilidade, foi determinado que o jogo deve: ter um design adequado ao público-alvo (cores, figuras, textos, botões e mensagens); ter um áudio de identificação das figuras adequado para o tratamento; ser fácil para uma criança com TEA; ser motivador para crianças e adolescentes com TEA; ter o cuidado de não possuir objetos que tirem o foco do usuário.

Na fase de projeto, determinou-se que o jogo deveria ser projetado para ser executado em dispositivo desktop / notebook com sistema operacional Windows. A linguagem de programação utilizada foi o GDscript, uma linguagem própria do *Godot Engine*. A seguir são destacadas algumas partes fundamentais do projeto:

- **Criação dos cenários e figuras.** Para ser motivador para o público-alvo, optou-se por utilizar cenários de ambientes mais comuns que uma criança frequente. Como resultado, obteve-se padaria, mercado e escola. Assim, as imagens utilizadas e também as de *background* faziam referência a esses cenários. Contudo era necessário não sobrecarregar as cenas com muitas informações. Todas as imagens utilizadas eram de licença *Creative Commons* e foram validadas pela especialista em TEA.

- **Criação dos áudios.** Os áudios responsáveis por orientar a criança a jogar (caçar os pares mínimos em uma determinada ordem) foram gravados com o uso da máscara para dar mais realismo ao jogo.

- **Criação da jogabilidade.** Sobre a jogabilidade em si, foi necessário pensar em uma forma de integrar os pares mínimos de um modo divertido, chegando à ideia de um jogo de plataforma que iria ter várias fases e níveis de dificuldades diferentes. Cada cenário do cotidiano contém, em cada fase, pares mínimos pertencentes a esse contexto. Antes de iniciar cada fase, há uma instrução pedindo os pares mínimos e uma determinada ordem respectiva ao cenário.

- **Pares mínimos.** Cada fase tem uma instrução com o respectivo par mínimo, aumentando a dificuldade em cada fase passada. Um exemplo seria: “Pegue para mim um pão, mão, mão, pão, nessa ordem”.

Na fase de implementação, a sequência do jogo desenvolvida se dá da seguinte forma. O jogo se inicia em uma tela demonstrando os controles básicos (Figura 5); em seguida aparece uma nova tela com uma voz orientando o usuário a pegar objetos em uma determinada ordem (Figura 6). Em seguida, a criança deve coletá-los na ordem que foi solicitado, num cenário em que precisa subir / descer e pular obstáculos. A criança é representada pelo avatar do menino com máscara. Caso ela colete a palavra errada, ou colida com um inimigo, perderá pontos (corações), conforme é apresentado na Figura 7. Da mesma forma, a criança ganhará estrelas, caso acerte as palavras. Existem níveis de dificuldade para cada cenário apresentado no jogo. Cada cenário possui quatro fases, e quando a criança ganhar todas as fases aparecerá uma tela parabenizando-a (Figura 8).

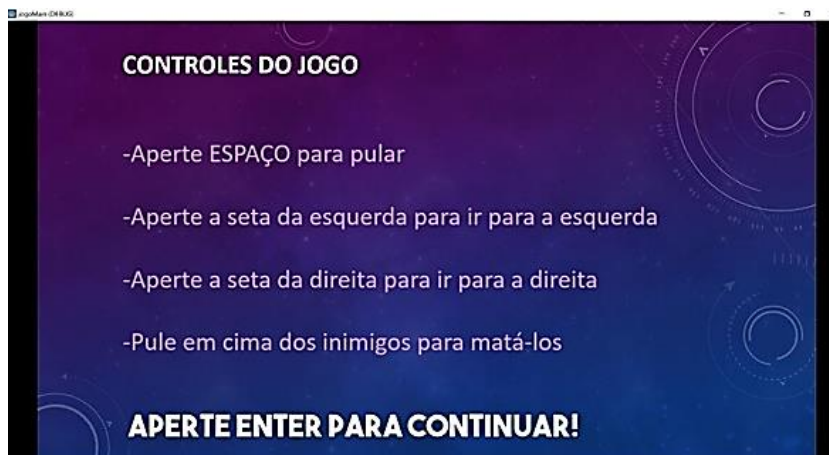


Figura 5. Menu do jogo.



Figura 6. Tela de instruções.



Figura 7. Tela de interação do jogo, na primeira fase - padaria.



Figura 8. Tela final da fase do mercado.

Foram aplicados dois instrumentos de coleta de dados: um para verificar a usabilidade e utilidade com fonoaudiólogas, e outro para medir a satisfação com as crianças. Os principais resultados da coleta de dados mostraram que o jogo foi bem avaliado pelas 13 fonoaudiólogas que participaram da pesquisa, entre os dias 9 e 13 de novembro de 2020, como pode ser visto na Tabela 3.

Em relação às respostas das crianças, percebe-se que o jogo foi bem aceito pelas 14 crianças com faixa etária entre 8 e 11 anos incompletos, que participaram da pesquisa, conforme dados já apresentados na Tabela 4.

Tabela 3. Questionário de usabilidade e utilidade - público profissional.

Questão	Discordo totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
O jogo é motivador para crianças e adolescentes com autismo?		11,1%	11,1%	44,4%	33,3%
O design está adequado? (Cores, Figuras, Textos, Botões e Mensagens)		11,1%	33,3%	44,4%	11,1%
O áudio de identificação das figuras está adequado para o tratamento?		11,1%	22,2%	55,6%	11,1%

Tabela 3. Questionário de usabilidade e utilidade - público profissional.

Questão	Discordo totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
O jogo é fácil para uma criança com autismo?		33,3%	33,3%	33,3%	
O jogo é intuitivo?		22,2%	11,1%	55,6%	11,1%
O jogo é lúdico?		11,1%	11,1%	66,7%	11,1%
Você acredita que o jogo poderia ser utilizado para intervenção nas sessões de fonoaudiologia?		11,1%	33,3%	55,6%	

Tabela 4. Questionário de satisfação - público infantil.

Questão	Concorda	Neutro	Discorda
O joguinho é legal?	85,7%		14,3%
O joguinho é divertido?	64,3%	28,6%	7,1%
O joguinho é fácil de entender?	64,3%	28,6%	7,1%
Você jogaria de novo?	100%		
Você entendeu a voz mesmo com máscara?	92,9%		7,1%
O bonequinho do jogo é legal?	100%		

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou o uso de tecnologia para intervenção na linguagem. Foram trazidos dois relatos de experiência de jogos digitais utilizados para esse fim. No primeiro, foi apresentado um jogo digital para trabalhar a fonologia, por meio de pares mínimos, com crianças em período de pré-alfabetização. No segundo relato, foi abordado um jogo digital destinado a crianças com TEA, para que tenham contato com o

cotidiano estabelecido pela pandemia do COVID-19, em que as pessoas utilizam máscaras, o que impede que a criança com autismo tenha pistas, como as mímicas faciais.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Programa de Excelência - Proex 1133/2019.

REFERÊNCIAS

1. Amorim R. Avaliação da criança com alteração da linguagem. *Rev Hosp Crianças Maria Pia* 2011; 10(3): 174-6.
2. Associação Americana de Psiquiatria. Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais - DSM-5. 5. ed. Porto Alegre: Artmed; 2014.
3. Coelho JPM, Pandolfi MM, Carabetta Jr V, Novo NF. Fatores associados a alteração da linguagem em crianças pré-escolares. *Rev Soc Bras Fonoaudiol* [internet]. 2012; 17(2). <https://doi.org/10.1590/S1516-80342012000200013>.
4. Figueiredo KO, Cardenuto RR, Amato CA, Martins VF. KeRa Puzzle: jogo digital educacional para apoio à intervenção fonoaudiológica. *Rev Ibér Sist Tecnol Inform*. 2021; E41:503-15..
5. França MP, Wolff CL, Moojen S, Rotta NT. Oral language acquisition: relation and risk for written language. *Arq. Neuro-Psiquiatr*. 2004; 62(2B):469-72.
6. Mecca TP, Antonio DAM, Macedo EC. Desenvolvimento da inteligência em pré-escolares: implicações para a aprendizagem. *Rev Psicopedag*. 2012; 29(88):66-73.
7. Mota HB, Wiethan FM. Fonologia: intervenção. In: Marchesan IQ, Silva HJ, Tomé MC. *Tratado das especialidades em fonoaudiologia*. São Paulo: Guanabara Koogan; 2014. p. 600-8.
8. Nelson HD, Nygren P, Walker M, Panoscha R. Screening for speech and language delay in preschool children: systematic evidence review for the US preventive services task force. *Pediatrics*. 2006; 117(2):e298-e319.
9. Panes ACS, Corrêa CDC, Maximino LP. Checklist para identificação de crianças de risco para alterações de linguagem oral: nova proposta. *Dist Comun* [internet]. 2018; 30(2):278-87.
10. Paul BD, Pierotti A, Deussing L. ASHA connections: speech and language development and disorders : when to refer the earlier, the better ! 2013; p. 21-3.
11. Regis MS, Lima IL, Almeida LN, Alves GADS, Delgado IC. Estimulação fonoaudiológica da linguagem em crianças com síndrome de Down. *Rev CEFAC*. 2018; 20(3):271-80.
12. Reilly S, Wake M, Ukoumunne OC, Bavin E, Prior M, Cini E et al. Predicting language outcomes at 4 years of age: findings from early language in Victoria study. *Pediatrics*. 2010; 126(6):e1530-7.

13. Rossi-Barbosa LAR, Caldeira AP, Honorato-Marques R, Silva RF. Prevalência de transtornos fonológicos em crianças do primeiro ano do ensino fundamental. *Rev Soc Bras Fonoaudiol* [internet]. 2011; 16(3). doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-80342011000300015>.
14. Sheridan S, Gjems L. Preschool as an arena for developing teacher knowledge concerning children's language learning. *Early Childhood Educ J*. 2017; 45(3):347-57.
15. Singleton NC. Language assessment and intervention: a developmental approach. In: Singleton NC, Shulman BB. *Language development: foundations, processes, and clinical applications*. Burlington: Jones & Bartlett Learning; 2010. p. 1-20.
16. Sommerville I. *Software engineering*. 9th ed. Boston: Pearson; 2011.
17. Wertzner HF, Pagan-Neves LO. Avaliação e diagnóstico do distúrbio fonológico. In: Marchesan IQ, Silva HJ, Tomé MC. *Tratado das especialidades em fonoaudiologia*. São Paulo: Guanabara Koogan; 2014. p. 593-99.

8

**Desempenho no Teste Informatizado de
Avaliação das Funções Executivas (TAFE)
por crianças com
transtorno do espectro do autismo**

Glauce Karine Conti de Freitas Elage

Ivone Félix de Sousa

Piera Sampaio Antunes Lima

Alessandra Gotuzo Seabra

INTRODUÇÃO

Novos protocolos, utilizando a tecnologia, estão sendo utilizados na avaliação neuropsicológica, em diferentes etapas, desde a aplicação e coleta dos dados, até a correção e análise dos resultados. São utilizadas, para isso, diferentes tecnologias como os computadores, smartphones, tablets, sensores e videogames (13). Contudo, essa integração entre testes neuropsicológicos e tecnologia ainda acontece de forma discreta. Pesquisadores destacam que os custos dos recursos tecnológicos, a falta de dados normativos adequados, a insegurança sobre a utilidade e a validade do teste e, ainda, a idade dos profissionais são fatores que podem dificultar essa integração (26).

Mesmo ocorrendo de forma incipiente entre os profissionais, há, recentemente, avanços no desenvolvimento de instrumentos informatizados para avaliação de habilidades cognitivas. Esses instrumentos estão sendo desenvolvidos de diferentes formas: na digitalização de testes já existentes; na condução de avaliações remotas; e no uso de ferramentas, tais como os lápis inteligentes para rastreamento da velocidade e da consistência da saída do traçado, as almofadas de pressão sensíveis ao toque e coordenação do dedo, os programas de reconhecimento de fala para registrar os erros gramaticais e padrões de fala e, ainda, o reconhecimento facial para avaliar as expressões durante a avaliação, dentre outras possibilidades (21).

Para alguns grupos clínicos, como o Transtorno do Espectro do Autismo (TEA), tema que será abordado neste estudo, o uso de instrumentos informatizados na avaliação neuropsicológica infantil apresenta algumas vantagens. Assim, além das características lúdicas e do uso de recursos de mídia como imagens, sons e animação presentes nos instrumentos desenvolvidos para esse público, o que os tornam mais atrativos, os instrumentos informatizados possibilitam maior acessibilidade por parte das pessoas com dificuldades sensoriais e motoras e ainda reduz a necessidade de interação social durante a testagem, o que pode contribuir para o envolvimento na tarefa.

O TEA é um transtorno do neurodesenvolvimento, caracterizado pelo desenvolvimento atípico na comunicação social, bem como pela presença de comportamentos restritos, repetitivos e estereotipados (1). O domínio da comunicação social inclui dificuldades na interação social (34) e déficits na comunicação não verbal (5). Já os sintomas associados ao comportamento restrito e repetitivo incluem as estereotipias motoras, ecolalias, comportamentos ritualizados, interesses restritos e hipo ou hiperreatividade a estímulos sensoriais (1). Embora caracterizado por alteração nas dimensões de comunicação social e comportamentos restritos e repetitivos, o TEA apresenta uma grande variabilidade comportamental e cognitiva, fato que lhe atribuiu a condição de espectro (16).

Na perspectiva cognitiva, vários modelos teóricos foram propostos para explicar as manifestações comportamentais presentes nesse transtorno (30). Um desses modelos é o da Teoria de Disfunção Executiva, que busca explicar parte das dificuldades comportamentais presentes no TEA, como os comportamentos repetitivos e as respostas inadequadas às situações sociais, atribuindo-as a prováveis comprometimentos das funções executivas (FE) (15, 25). As FE se referem a processos cognitivos dinâmicos, associados ao controle deliberado do comportamento, pensamento e ações. São habilidades que permitem ao indivíduo pensar antes de agir, resistir a tentações ou reações impulsivas, manter o foco, raciocinar, resolver problemas, ajustar-se com flexibilidade às demandas ou a novas prioridades, ver as coisas de perspectivas novas e diferentes. São consideradas habilidades básicas das FE: o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva, conforme o modelo teórico proposto por Diamond (9), a partir do estudo empírico de Miyake et al. (22).

Com a hipótese de que os déficits nas FE poderiam explicar, em parte, algumas características comportamentais do TEA, vários estudos foram realizados a fim de investigar as FE em crianças e adultos com o transtorno. Por exemplo, a metanálise realizada por Demetriou et al. (8), que incluiu 235 estudos e 14.081 participantes, revelou que os indivíduos com TEA tinham desempenho, em média, significativamente pior nas FE quando comparados ao grupo-controle. Mais recentemente, outra metanálise realizada por Xie et al. (37) estudou as características das FE em adultos com TEA. Observou-se ampla disfunção executiva nos participantes e, dentre as habilidades investigadas, a que se mostrou predominantemente prejudicada foi a flexibilidade cognitiva, manifestada pela dificuldade para mudar as perspectivas e ser flexível para aderir a novas demandas. Contudo, comprometimento na capacidade de controlar e inibir comportamentos e pensamentos, ou seja, déficit no controle inibitório, também é descrito na literatura (14), bem como as alterações na memória de trabalho (35), que consiste na habilidade de manter e manipular informações mentalmente, por um curto período, atualizando-a quando necessário (2). Entretanto, os resultados parecem ser evidentes em alguns estudos, mas menos consistentes em outros.

De fato, em relação ao controle inibitório, por exemplo, embora já esteja bem estabelecida a presença de déficits em grupos de indivíduos com TEA (14), ainda não estão claros quais são os aspectos específicos do controle inibitório que estariam mais comprometidos (6). A memória de trabalho é apontada, em diversos estudos com crianças e adultos com TEA, como uma habilidade comprometida (17, 20, 33, 35), embora resultados diferentes tenham sido encontrados em estudos anteriores (24, 28). Quanto à flexibilidade cognitiva, Leung (19) apontou comprometimento tanto durante a adolescência quanto na idade adulta. No entanto, outros estudos (27, 32) não relataram diferenças significativas entre crianças com TEA e controles.

Dada a diversidade de relatos na literatura acerca do desempenho em tarefas de FE por indivíduos com TEA, o objetivo desse estudo foi analisar, de forma descritiva, o

padrão de desempenho em tarefas de controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva de crianças diagnosticadas com TEA, sem deficiência intelectual, utilizando, para isso, o instrumento informatizado de avaliação das funções executivas (TAFE) (10). Tal objetivo é relevante visto que conhecer esse perfil pode facilitar a compreensão do desenvolvimento das FE em crianças com TEA e possibilitar um delineamento de intervenções mais direcionadas e eficazes. Optou-se por realizar esse estudo em crianças sem deficiência intelectual associada, de modo a isolar possíveis déficits de FE em relação ao rebaixamento intelectual, ou seja, verificar se, mesmo em crianças com nível intelectual preservado, pode haver déficit de FE.

MÉTODO

Participantes

Participaram cinco crianças do sexo masculino, com idade entre 4 e 9 anos ($M = 6,8$, $DP = 1,92$), estudantes de escolas particulares da cidade de Goiânia, todas com diagnóstico de TEA, confirmado por um médico especialista, após avaliação multidisciplinar (neuropsicóloga, fonoaudióloga e psicopedagoga). Os participantes foram selecionados na clínica médica onde são realizados os atendimentos multidisciplinares às crianças com TEA (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição dos participantes com TEA (idade e ano escolar).

Participante	Idade	Ano escolar
A	4	Educação Infantil 2
B	6	1º ano – Ensino Fundamental
C	7	1º ano – Ensino Fundamental
D	8	2º ano – Ensino Fundamental
E	9	3º ano – Ensino Fundamental

Foram incluídas crianças que apresentaram linguagem oral compreensível, que demonstraram compreender as instruções verbais, e com QI superior a 70 na Escala Wechsler de Inteligência para crianças (WISC-IV) (36) e no teste SON-R 2 a 71/2 (18).

Foram excluídos os participantes com comorbidades genética, neurológica ou com outros transtornos do neurodesenvolvimento comórbidos ao TEA, conforme avaliação multidisciplinar (Tabela 1).

Instrumento

O Teste de Avaliação das Funções Executivas (TAFE) (10) é um aplicativo desenvolvido para o sistema IOS. Apresenta cinco diferentes tarefas. As tarefas contemplam a tríade proposta por Diamond (9), memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva, e são realizadas separadamente. Todas as tarefas apresentam fases de instruções, fornecidas pelo próprio aplicativo, fases de treino, com orientações sobre a tarefa, além da tarefa avaliativa. Todas as etapas das tarefas, após realizadas, são contabilizadas automaticamente e os dados ficam armazenados para posterior conferência. Além das tarefas, o teste também contém telas para serem efetuados os registros dos dados pessoais da criança, além dos resultados obtidos, sendo que esses podem permanecer armazenados no instrumento ou ainda podem ser enviados por e-mail para uma futura inclusão em um relatório.

A Figura 1 apresenta as imagens principais das telas das tarefas do instrumento TAFE, seguindo a ordem da direita para esquerda e de cima para baixo. A figura mostra a tela com a divisão do teste em três tarefas; a tela de início da tarefa de memória de trabalho visuoespacial; a tela da tarefa de memória de trabalho visual ordem inversa; a tela da tarefa de memória de trabalho verbal; a tela inicial das tarefas de flexibilidade cognitiva; a tela da tarefa de flexibilidade cognitiva para crianças em idade pré-escolar; a tela da tarefa de flexibilidade cognitiva para crianças em idade escolar; e, por fim, a tela com a representação da tarefa de controle inibitório.

O TAFE proporciona condições para avaliar a memória de trabalho a partir de dois estímulos, visuoespacial e verbal (10). A tarefa de memória de trabalho visuoespacial do TAFE é a primeira tarefa do instrumento. No início da tarefa a criança ouve as instruções que são fornecidas por um personagem (coruja), que irá instruir todas as etapas do teste. A instrução, de modo geral, é para que a criança observe os movimentos realizados pela coruja e que, após a finalização do movimento, aponte, com um toque na tela, as casas pelas quais a coruja passou enquanto se movia. Na primeira etapa, os movimentos deverão ser repetidos na ordem direta. Após a finalização dessa primeira etapa, a criança é direcionada para a segunda etapa para dar continuidade à tarefa. Nessa segunda etapa, novamente a coruja irá instruir a criança para que observe seu movimento e depois indique a ordem, mas, dessa vez, a indicação da criança deve ser na ordem inversa. Toda a tarefa é apresentada em um grau crescente de dificuldade. Os registros dos acertos e dos erros das duas partes são computados separadamente. O teste é interrompido quando a criança erra três telas consecutivas ou quando realiza corretamente as 12 telas que compõem o teste. O desempenho da criança é registrado

de forma automática; o intervalo de pontuação possível na tarefa é de zero (pontuação mínima) a 12 pontos (pontuação máxima da tarefa).

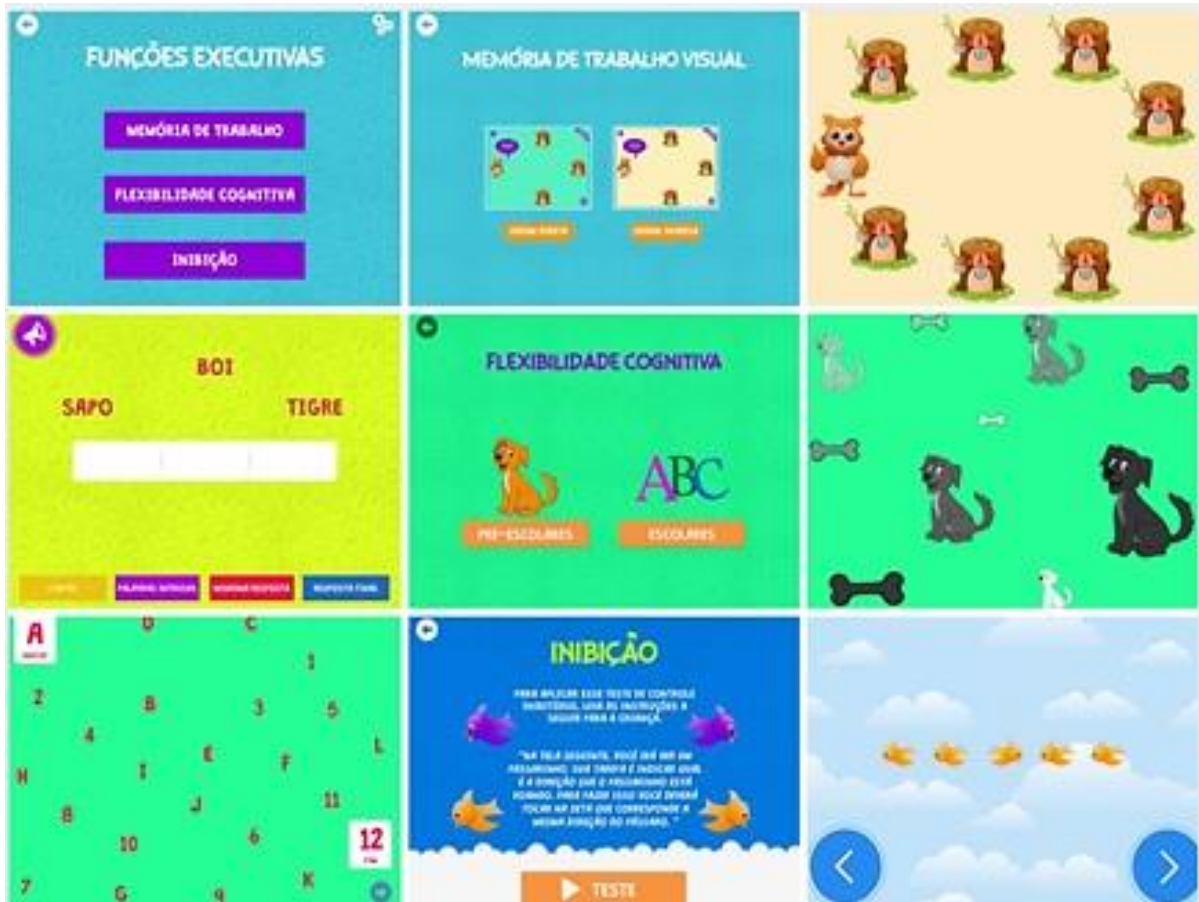


Figura 1. Imagens principais das telas do TAFE.

A tarefa de memória de trabalho verbal do TAFE, assim como a anterior, é dividida em duas etapas, direta e inversa. Para realizar essa tarefa a criança não pode visualizar a tela, uma vez que a intenção é investigar a memória de trabalho a partir de estímulos auditivos. Dessa forma, o examinador lê a instrução que, de modo geral, solicita à criança que ouça uma lista com nomes de animais e depois a repita. A lista é fornecida pelo próprio tablet e iniciada pelo examinador a partir do toque no botão áudio. Na primeira etapa, a criança deve repetir a lista na ordem direta, ou seja, na ordem apresentada. Após a finalização da primeira etapa, a criança é instruída para que repita os nomes dos animais, mas, dessa vez, na ordem inversa à apresentada, e, assim, novamente, são administradas as listas compostas por nomes de animais comuns à criança. O escore bruto da criança corresponde ao número de sequências corretas realizadas. O

teste é interrompido se a criança errar três sequências consecutivas, ou finalizado se ela concluir as 16 fases (sequências) de cada etapa do teste. Após a resposta da criança, o examinador seleciona as palavras ditas e as leva até o espaço reservado (quadro branco) para obter o feedback do aplicativo. O teste ainda permite a opção de marcar palavras intrusas (que são as palavras que não fazem parte daquela sequência), bem como a opção de registrar a ausência de qualquer resposta, que ocorre quando a criança não recorda nenhuma das palavras. Esses últimos dados podem ser utilizados para a análise qualitativa. O registro final das respostas ocorre conforme a tarefa anterior.

A tarefa de flexibilidade cognitiva do TAFE foi subdividida em duas diferentes atividades: uma tarefa para as crianças em idade pré-escolar, que independe de conhecimentos numérico e alfabético, e uma atividade indicada para as crianças em idade escolar, que já tenham conhecimentos numérico e alfabético. A atividade elaborada para avaliar a flexibilidade cognitiva em crianças em idade pré-escolar consiste em uma adaptação, para uso em tablet, do Teste de Trilhas para Pré-escolares, desenvolvido por Trevisan e Seabra (31). Na primeira etapa, a criança deve ligar os estímulos (cachorrinhos) em ordem crescente de tamanho. Na etapa seguinte, há dois estímulos diferentes (cachorros e ossos) e a criança deve ligá-los alternadamente, seguindo a ordem de tamanho. Antes de iniciar o teste, a criança recebe as instruções por áudio e é submetida ao treino e, em seguida, à tarefa. A tarefa é interrompida quando a criança ligar todos os itens da tela (de forma correta ou incorreta) ou pode ser interrompida pelo examinador por meio do botão avançar se a criança não finalizar, por exemplo, ou se não tocar em todos os itens da tela. Os acertos são extraídos do traçado da criança, considerando o número de conexões corretas (ligações corretas entre dois itens), que podem, na primeira etapa, variar de zero (pontuação mínima) a quatro (pontuação máxima) e, na segunda etapa, de zero (pontuação mínima) a nove (pontuação máxima), e o número de sequência (número de itens ligados corretamente em uma sequência ininterrupta), medida que pode variar de zero a cinco na primeira etapa, e de zero a 10 na segunda etapa.

Igualmente ao teste elaborado para as crianças de 4 a 6 anos, a tarefa de flexibilidade cognitiva para crianças em idade escolar é uma atividade adaptada, para uso em tablet, do Teste de Trilhas: Parte A e B (23). O teste é destinado a crianças em idade escolar (7 a 10 anos) com conhecimento das ordens numérica e alfabética, e também possui duas partes: A e B. Para a execução de ambas as partes, a criança recebe as orientações de forma auditiva, após o toque no botão áudio. Na parte A, há duas tarefas: na primeira, a criança é orientada a unir, por meio do toque na tela, as letras em ordem alfabética e, na segunda tela, os números em ordem crescente. Na parte B, há uma tarefa na qual a criança é orientada para que alterne entre os números e as letras apresentadas, em uma mesma tela, em sequência crescente e alfabética. Assim como nas tarefas de pré-escolares, há as telas de treino e o desempenho é medido em termos de número de conexão e sequências realizadas no primeiro minuto de execução. A finalização da tarefa

também ocorre conforme a tarefa de pré-escolares. São registrados os escores do teste de flexibilidade cognitiva, considerando as etapas: somente letras, somente números, e letras e números, considerando os critérios: sequência, conexão e tempo para executar cada etapa. As pontuações possíveis nas duas tarefas da parte A são: zero a 12 para sequência; zero a 11 para conexão. Na parte B, a pontuação possível é de zero a 24 para sequência; e zero a 23 para conexão.

Na tarefa que investiga o controle inibitório, há inicialmente uma tela em que há as instruções da tarefa. A criança ouve as instruções após o examinador tocar no botão áudio. Em seguida inicia a fase de treino. Nessa fase, é apresentada uma tela com a imagem de um pássaro e é solicitado à criança que indique a direção em que o pássaro está voando, utilizando as indicações na parte de baixo da tela. Em seguida são apresentadas telas nas quais cinco pássaros são dispostos em uma linha horizontal, e é dada a orientação para a criança observar o pássaro do meio e indicar a direção correspondente. Todos os pássaros são apresentados com o mesmo tamanho e a mesma cor, até que uma resposta seja emitida ou até três segundos decorridos após a apresentação do estímulo. São administradas 30 telas com imagens congruentes (todos os pássaros para a mesma direção) e 30 telas com imagens incongruentes (o pássaro do meio está na direção contrária aos demais), intercaladas de forma aleatória. As respostas da criança são registradas e computadas, considerando: erros por omissão (de zero a 60 pontos); erros e acertos congruentes (zero a 30 pontos cada).

Procedimentos

Este estudo é parte de uma pesquisa mais ampla de desenvolvimento e estudos de validação de instrumentos, submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Presbiteriana Mackenzie, obtendo aprovação necessária (CAEE 19717919.9.0000.0084). Após o consentimento da instituição, os pais e/ou responsáveis legais da criança foram contatados por telefone e convidados a participar. A aplicação do teste ocorreu na instituição, em sessão única com duração de aproximadamente 40 minutos. Todos os responsáveis assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e as crianças consentiram, de forma verbal, a participar da pesquisa após explicação fornecida por meio de histórias em quadrinhos.

Análise dos dados

Para cada idade foi conduzida uma análise descritiva do desempenho individual em cada tarefa do teste. As medidas de Memória de Trabalho, Flexibilidade Cognitiva e Controle Inibitório foram comparadas aos resultados descritos por Elage (10), obtidos em cada uma das tarefas por crianças com desenvolvimento típico. Neste estudo as medidas analisadas de memória de trabalho foram os escores (número de acertos) da ordem direta e da ordem inversa, a partir da demanda visuoespacial e verbal; na tarefa de flexibilidades foram analisados os escores de conexão e sequência corretas obtidos no primeiro minuto da tarefa; na tarefa de controle inibitório foram analisados os números de acertos congruentes e incongruentes. Os resultados dos participantes com TEA foram analisados de forma descritiva e classificados como: muito superior (desempenho maior do que 2 desvios-padrão acima da média do grupo típico); superior (desempenho entre 1 e 2 desvios-padrão acima da média); médio (desempenho entre 1 desvio-padrão abaixo da média e 1 desvio-padrão acima da média); inferior (desempenho entre 1 e 2 desvios-padrão abaixo da média); muito inferior (desempenho inferior a 2 desvios-padrão abaixo da média).

RESULTADOS

A Tabela 2 sumariza os resultados dos participantes nas tarefas de memória de trabalho do TAFE, nos domínios visuoespacial e verbal. Foram consideradas as medidas: escores de sequência corretas em cada um dos domínios, comparados por idade com os resultados obtidos pelas crianças com desenvolvimento típico.

Conforme exposto na Tabela 2, das 20 medidas investigadas: nove estão classificadas como muito inferior; sete, como inferior; e quatro, como média. Em relação à memória de trabalho visuoespacial, as mesmas classificações foram encontradas para cada participante na ordem direta e inversa, em que três participantes tiveram escores classificados como muito inferior (participantes B, C, D); um participante obteve escore inferior (participante A); e um participante apresentou escore de memória de trabalho visuoespacial classificado como média (participante E). Para medidas de memória de trabalho verbal, foram encontradas diferenças entre a ordem direta da tarefa e a ordem inversa, assim, em relação à ordem direta, três participantes tiveram escores classificados como inferior (participantes B, C, D) e dois participantes (A e E) obtiveram escores dentro da média, quando comparados às crianças com desenvolvimento típico. Em relação às medidas de memória de trabalho verbal na ordem inversa, três participantes (B, C e D) tiveram resultados classificados como muito inferior e dois (A e E), como inferior.

Tabela 2. Desempenho dos participantes com TEA nas tarefas de memória de trabalho visuo-espacial e verbal do TAFE em comparação com os participantes com desenvolvimento típico.

Participante	Tipo de tarefa	Ordem	Escore obtido	M (DP) ref. por idade	Classificação
A	Visuoespacial	OD	2	3,87 (1,77)	Inferior
		OI	0	1,67 (1,35)	Inferior
	Verbal	OD	3	3,41 (0,97)	Média
		OI	0	1,96 (1,16)	Inferior
B	Visuoespacial	OD	2	5,13 (1,20)	Muito inferior
		OI	1	4,40 (1,95)	Muito inferior
	Verbal	OD	2	4,16 (1,22)	Inferior
		OI	0	2,87 (1,14)	Muito inferior
C	Visuoespacial	OD	1	5,53 (1,68)	Muito inferior
		OI	0	5,11 (2,11)	Muito inferior
	Verbal	OD	3	4,44 (1,16)	Inferior
		OI	0	3,14 (1,02)	Muito inferior
D	Visuoespacial	OD	1	6,44 (1,31)	Muito inferior
		OI	0	5,44 (2,20)	Muito inferior
	Verbal	OD	3	4,56 (1,25)	Inferior
		OI	1	3,22 (0,93)	Muito inferior
E	Visuoespacial	OD	8	7,54 (1,69)	Média
		OI	8	7,50 (1,60)	Média
	Verbal	OD	4	5,36 (1,42)	Média
		OI	2	3,71 (1,15)	Inferior

*OD = ordem direta; OI = ordem inversa.

A Tabela 3 exibe os resultados dos participantes nas tarefas de flexibilidade cognitiva do TAFE. Foram consideradas como medidas o número de conexões e sequências corretas. Os resultados foram comparados com os resultados obtidos por crianças com desenvolvimento típico, quanto à idade.

A classificação dos resultados obtidos pelos participantes nas tarefas de flexibilidade foi diferente, para alguns participantes, em relação à medida de conexão. Dessa forma, em relação ao número de conexões corretas, os resultados obtidos pelos participantes foram: um participante apresentou resultado muito inferior (participante D); três foram classificados como inferior (participantes A, B e E); e um participante obteve resultado dentro da média (participantes C). As medidas de sequência, os resultados na comparação por idade foram: um participante classificado muito inferior (participante B) e quatro tiveram as medidas classificadas como inferior (participantes A, C, D e E).

Tabela 3. Desempenho dos participantes com TEA nas tarefas de flexibilidade cognitiva no TAFE em comparação com os participantes com desenvolvimento típico.

Participantes	Tipo de medida	Escore obtido	M (DP) ref. por idade	Classificação
A	Conexão	0	3,85 (2,40)	Inferior
	Sequência	0	3,85 (2,94)	Inferior
B	Conexão	2	6,88 (2,62)	Inferior
	Sequência	1	7,12 (3,47)	Muito inferior
C	Conexão	5	10,11 (7,01)	Média
	Sequência	2	7,93 (4,99)	Inferior
D	Conexão	2	13,93 (6,30)	Muito inferior
	Sequência	1	10,77 (7,01)	Inferior
E	Conexão	3	15,43 (6,28)	Inferior
	Sequência	4	13,93 (6,03)	Inferior

A Tabela 4 sumariza os resultados dos participantes nas tarefas de controle inibitório do TAFE, nas medidas de acertos congruentes e incongruentes.

Tabela 4. Desempenho dos participantes com TEA nas tarefas de controle inibitório no TAFE em comparação com os participantes com desenvolvimento típico.

Participante	Tipo de medida	Escore obtido	M (DP) ref. por idade	Classificação
A	Congruente	15	23,78 (4,71)	Inferior
	Incongruente	12	16,78 (8,18)	Média
B	Congruente	25	26,60 (4,79)	Média
	Incongruente	20	26,44 (4,52)	Inferior
C	Congruente	26	27,42 (3,40)	Média
	Incongruente	10	27,44 (3,99)	Muito inferior
D	Congruente	20	29,19 (1,07)	Muito inferior
	Incongruente	22	29,56 (0,89)	Muito inferior
E	Congruente	28	29,39 (1,03)	Inferior
	Incongruente	29	29,64 (0,73)	Média

Assim, a classificação apresentada pelos participantes para essa tarefa foi: nas medidas de acertos congruentes: um participante (D) obteve resultado muito inferior, dois participantes obtiveram classificação inferior (A e E), e dois participantes obtiveram resultados medianos (B, C). Em relação à média de acertos incongruentes, para a comparação por idade, há dois participantes classificados como muito inferior (C e D); um, como inferior (B); e dois classificados como média (A e E).

DISCUSSÃO

Considerando que alterações nas FE podem estar relacionadas às dificuldades comportamentais apresentadas pelas crianças com TEA (4), neste estudo, descreve-se o desempenho de cinco crianças com TEA nas tarefas informatizadas que avaliam as habilidades básicas das FE em relação à memória de trabalho, à flexibilidade cognitiva e ao controle inibitório.

Os dados obtidos em relação à habilidade de memória de trabalho revelam que as crianças com TEA apresentam grande parte das medidas com padrão de desempenho inferior às crianças com desenvolvimento típico. Considerando todas as medidas de memória de trabalho investigadas, incluindo tarefas com demandas verbais e visuoespaciais nas ordens direta e inversa, somam-se 20 medidas, das quais nove estão classificadas como “muito inferior”, sete estão como “inferior”, e apenas quatro medidas classificadas como “média”, sem qualquer classificação “acima” ou “muito acima da média”. Resultados semelhantes foram encontrados em estudos da área (17, 20, 35). No estudo de revisão de Wang et al. (35), os pesquisadores, após avaliarem 819 indivíduos com TEA e compará-los a 875 controles, concluíram que prejuízos em memória de trabalho estão presentes em grupos de indivíduos com TEA.

Ao avaliar a variabilidade do desempenho da criança com TEA nas tarefas de memória de trabalho visuoespacial e verbal, é possível observar um padrão de desempenho mais baixo nas tarefas visuoespaciais. De fato, nas tarefas visuoespaciais, houve seis classificações “muito inferior”, duas classificações “inferior”, e duas como “média”. Enquanto, nas tarefas verbais, houve três classificações “muito inferior”, cinco como “inferior”, e duas classificações “média”. A constatação do desempenho mais baixo nas tarefas de memória de trabalho visuoespacial em relação a tarefas de memória verbal é relativa a poucas crianças e não foi submetida à estatística inferencial, porém corrobora achados de outros estudos (7, 35).

Diferenças entre as tarefas de ordem direta e ordem inversa também foram observadas descritivamente, com maior número de desempenhos bastante comprometidos na ordem inversa, proporcionalmente à ordem direta. Na ordem direta, houve três classificações como “muito inferior”, quatro como “inferior”, e três como “média”; en-

quanto na ordem inversa, houve seis classificações como “muito inferior”, três como “inferior”, e uma como “média”. Destaca-se que os itens das tarefas em ordem inversa apresentam maior demanda de memória de trabalho, uma vez que envolvem, além do armazenamento, a manipulação da informação em mente. Ou seja, as crianças aqui avaliadas parecem ter relativamente maior dificuldade em memória de trabalho, em relação à memória de curto-prazo, corroborando a ideia de déficit de FE. Os déficits de memória de trabalho parecem resultar em vários problemas associados com a regulação do comportamento, pensamento abstrato, foco e sustentação da atenção. Contudo, as implicações desse déficit em relação às pessoas com TEA ainda não são tão claras, o que pode ser explicado devido à grande variação das características comportamentais e cognitivas dos indivíduos com TEA e aos procedimentos da avaliação (15).

A habilidade de flexibilidade cognitiva também foi investigada neste estudo. Dificuldades ligadas a essa habilidade em pessoas com TEA podem estar relacionadas à inflexibilidade com as regras sociais, às dificuldades com as mudanças de comportamento ou pensamento e aos comportamentos repetitivos, manifestações comportamentais que comprometem a qualidade da interação social (14). Os resultados obtidos pelos participantes do estudo nas tarefas de flexibilidade cognitiva apontaram desempenhos inferiores ou muito inferiores na maioria das medidas quando comparados, por idade, às crianças com desenvolvimento típico. Das 10 medidas investigadas, que incluem escores de conexão e de sequência, somente uma apresentou nível semelhante aos obtidos por crianças típicas, sendo duas medidas classificadas como muito inferior e sete como inferior. Comprometimentos em flexibilidade cognitiva em indivíduos com TEA são descritos em três relevantes revisões que abordaram esse tema (15, 28, 29). Cabe destacar, ainda, que as três revisões também apontam as dificuldades do uso de instrumentos como fator que limita os estudos na área, o que reforça a importância do presente estudo e do desenvolvimento de instrumentos informatizados para avaliação das FE.

Em relação ao controle inibitório, a maioria das medidas obtidas no TAFE pelas crianças com TEA está abaixo das obtidas pelas crianças sem esse diagnóstico. Foram 10 medidas investigadas e seis delas apresentaram resultados classificados como inferior ou muito inferior. Resultados semelhantes foram encontrados em duas metanálises (14), que revelaram dificuldades tanto no controle de resposta preponderante, quanto no controle de interferência. O controle de interferência é o tipo de controle avaliado pelo TAFE e se refere à eficiência com a qual uma pessoa é capaz de ignorar informações irrelevantes enquanto processa o alvo (9). Assim, o paradigma de Flanker, usado no presente estudo, é uma tarefa comumente utilizada como medida de resistência à interferência (12). Apesar de não ter sido avaliado, no presente estudo, o controle de resposta preponderante, os resultados aqui obtidos corroboram a literatura, por exemplo, os achados na revisão de Christ et al. (6), que apontam que as crianças com TEA apresentam déficit de controle de interferência, mas não têm problemas com

a inibição de respostas prepotentes. São necessárias mais pesquisas que permitam analisar separadamente qual mecanismo do controle inibitório pode estar comprometido no TEA, porém os resultados obtidos sugerem comprometimento do controle inibitório avaliado pelo TAFE, com desempenho inferior das crianças com TEA em comparação às crianças com desenvolvimento típico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do presente estudo permitiram analisar e descrever o padrão de desempenho de crianças com TEA nas tarefas de controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva. No geral, encontraram-se padrões de desempenhos abaixo da média nas três habilidades básicas em comparação ao desempenho médio de crianças com desenvolvimento típico. Esses achados corroboram com os encontrados em estudos anteriores, relativos ao comprometimento das FE em crianças com TEA, o que reforça a necessidade de conhecer o padrão de desempenho a partir de análises separadas, pois esse conhecimento permite o melhor planejamento de intervenções focadas nos aspectos prejudicados.

Apesar de o estudo ter contado com um número pequeno de participantes e ter realizado uma análise descritiva dos resultados, os dados ilustram que o uso de um instrumento informatizado pode contribuir para melhor compreensão do funcionamento executivo de crianças com TEA. Destaca-se que o TAFE, enquanto instrumento informatizado, permite agilizar a aplicação das tarefas, bem como padronizar instruções e correção, aspectos fundamentais para um instrumento de avaliação neuropsicológica com boas características psicométricas.

REFERÊNCIAS

1. American Psychiatric Association (APA). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5). Washington: APA; 2013.
2. Baddeley A. Working memory: theories, models, and controversies. *Annu Rev Psychol.* 2012; 63:1-29. doi: 10.1146/annurev-psych-120710-100422.
3. Baio J, Wiggins L, Christensen DL, Maenner MJ, Daniels J, Warren Z et al. Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years. *MMWR Surveill Summ.* 2018; 67(6):1-23. doi: 10.15585/mmwr.ss6706a1.
4. Carreiro LRR, Reppold CT, Cordova ME, Vieira NSA. Funções executivas e transtornos do desenvolvimento. In: Seabra AG, Laros JA, Macedo EC, Abreu N (eds.). *Inteligência e funções executivas: avanços e desafios para a avaliação neuropsicológica.* São Paulo: Memnon; 2014. p. 113-40.

5. Caruana N, Ham HS, Brock J, Woolgar A, Kloth N, Palermo R et al. Joint attention difficulties in autistic adults: an interactive eye-tracking study. *Autism* [internet]. 2018; 22(4): 502-12. doi: 10.1177/1362361316676204.
6. Christ SE, Holt DD, White DA, Green L. Inhibitory control in children with autism spectrum disorder. *J Autism Dev Disord* [internet]. 2007; 37(6):1155-65. doi: 10.1007/s10803-006-0259-y.
7. Czermainski FR, Bosa CA, Salles JF. Funções executivas em crianças e adolescentes com transtorno do espectro do autismo: uma revisão. *Psico*. 2013; 44(4):518-25.
8. Demetriou EA, Lampit A, Quintana DS, Naismith SL, Song YJC, Pye JE et al. Autism spectrum disorders: a meta-analysis of executive function. *Mol Psychiatry* [internet]. 2018; 5(23):1198-204. doi: 10.1038/mp.2017.75.
9. Diamond A. Executive functions. *Annu Rev Psychol* [internet]. 2013; (64):135-68. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750.
10. Elage GKCF, Seabra AG. Desenvolvimento e propriedades psicométricas do Teste Informatizado de Avaliação das Funções Executivas. *Aval Psicol* [internet]. 2021; 20(1):100-10. doi: 10.15689/ap.2021.2001.17491.11.
11. Elage GKCF. Evidências de validade e estudos preliminares de normatização para avaliação da função executiva - TAFE [Tese]. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie; 2021.
12. Eriksen BA, Eriksen CW. Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a no search task. *Percept Psychophys*. 1974; 16(1):43-149.
13. Figueroa-Quñones J, Oliva RM, Zapata CAAC, Bazo-Alvarez JC. Test adaptativos informatizados, pruebas computarizadas y pruebas en aplicaciones móviles: comparación de su disponibilidad actual en Latinoamérica, Estados Unidos y Canadá. *Aloma*. 2020; 38(2):121-36.
14. Geurts HM, van den Bergh SF, Ruzzano L. Prepotent response inhibition and interference control in autism spectrum disorders: two meta-analyses. *Autism Res* [internet]. 2014; 7(4):407-20. doi: 10.1002/aur.1369.
15. Hill EL. Evaluating the theory of executive dysfunction in autism. *Dev Rev* [internet]. 2001; 24(2):189-233. doi: 10.1016/j.dr.2004.01.001.
16. Kent GR, Carrington RJS, Le Couteur A, Gould J, Wing L, Maljaars J et al. Diagnosing autism spectrum disorder: who will get a DSM-5 diagnostic? *J Child Psychol Psychiatr*. 2013; (54):1242-50. doi: <https://doi.org/10.1111/jcpp.12085>.
17. Kercood S, Grskovic JA, Banda D, Begeske J. Memória de trabalho e autismo: uma revisão da literatura. *Res Autism Spectr Disord*. 2014; 8(10):1316-32. doi: 10.1016 / j.rasd.2014.06.011.
18. Laros JA, Tellegen PJ, Jesus GR, Karino CA. SON-R 2½-7 (a): Teste não verbal de inteligência, manual com normatização e validação brasileira. Brasília: Hogrefe; 2011.
19. Leung RC, Zakzanis KK. Brief report: cognitive flexibility in autism spectrum disorders: a quantitative review. *J Autism Dev Disord*. 2014; 44(10):2628-45. doi: 10.1007/s10803-014-2136-4.
20. Lopes FM, Passos H, Czermainski FR. Transtorno do espectro do autismo e memória de trabalho: série de casos com pré-escolares. In: Dias NM, Mecca TP, organizadores. *Avaliação neuropsicológica cognitiva: memória de trabalho*. São Paulo: Memnon; 2019.
21. Miller JB, Barr WB. The technology crisis in neuropsychology. *Arch Clin Neuropsychol*. 2017; 32(5):541-54. doi: 10.1093/arclin/acx050.

22. Miyake A, Friedman N, Emerson M, Witzki A, Howerter A, Wager T. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cogn Psychol*. 2000; (41):49-100. doi: 10.1006/cogp.1999.0734.
23. Montiel JM, Seabra AG. Teste de Trilhas. In: Seabra AG, Dias NM. *Avaliação neuropsicológica cognitiva: atenção e funções executivas*, São Paulo: Memnon; 2012. p. 79-85.
24. Ozonoff S, Strayer DL. Further evidence of intact working memory in autism. *J Autism Dev Disord*. 2001; 31(3):257-63. doi: 10.1023/a:1010794902139.
25. Pennington BF, Ozonoff S. Executive functions and developmental psychopathology. *J Child Psychol Psychiatry*. 1996; 37(1):51-87. doi: 10.1111/j.1469-7610.1996.tb01380.x.
26. Rabin LA, Spadaccini AT, Brodale DL, Grant KS, Elbulok-Charcape MM, Barr WB. Taxas de utilização de testes computadorizados e baterias de teste entre neuropsicólogos clínicos nos Estados Unidos e Canadá. *Prof Psychol Res Pr*. 2014; 45(5):368-77. doi: 1037/a0037987.
27. Robinson S, Goddard L, Dritschel B, Wisley M, Howlin P. Executive functions in children with autism spectrum disorders. *Brain Cogn*. 2009; 71(3):362-8. doi: 10.1016/j.bandc.2009.06.007.
28. Russo N, Flanagan T, Iarocci G, Berringer D, Zelazo PD, Burack JA. Deconstructing executive deficits among persons with autism: implications for cognitive neuroscience. *Brain Cogn*. 2007; 65(1):77-86. doi: 10.1016/j.bandc.2006.04.007.
29. Sergeant J, Geurts HM, Oosterlaan J. How specific is a deficit of executive functioning for Attention- Deficit / Hyperactivity Disorder? *Behav Brain Res*. 2002; 130(1-4):3-28.
30. Syriopoulou-Delli C, Varveris A, Geronta A. Application of the theory of mind, theory of executive functions and weak central coherence theory to individuals with ASD. *J Educ Dev Psychol [internet]*. 2016; (7):102. doi: 10.5539/jedp.v7n1p102.
31. Trevisan B, Hipólito R, Parise LF, Reppold CT, Seabra, AG. Dados normativos do Teste de Trilhas para pré-escolares. In: Seabra AG, Dias NM, organizadores. *Avaliação neuropsicológica cognitiva: atenção e funções executivas*. São Paulo: Memnon; 2012. p. 90-1.
32. Van Eylen L, Boets B, Steyaert J, Evers K, Wagemans J, Noens I. Flexibilidade cognitiva no transtorno do espectro do autismo: explicando as inconsistências? *Res Autism Spectr Disord*. 2011; 5(4):1390-401.
33. Velikonja T, Fett A, Velthorst E. Patterns of nonsocial and social cognitive functioning in adultos with autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Psychiatry [internet]*. 2019; 76(2):135-51. doi: 10.1001 / jamapsychiatry.2018.3645.
34. Wagner RE, Zhang Y, Gray T, Abbacchi A, Cormier D, Todorov A et al. Autism-related variation in reciprocal social behavior: a longitudinal study. *Child Dev*. 2019; 90(2):441-51. doi: 10.1111/cdev.13170.
35. Wang Y, Zhang YB, Liu LL, Cui JF, Wang J, Shum DH et al. A meta-analysis of working memory impairments in autism spectrum disorders. *Neuropsychol Rev*. 2017; 27(1):46-61. doi: 10.1007/s11065-016-9336-y.
36. Wechsler D. *Escala Wechsler de inteligência para crianças: WISC-IV. Manual Técnico*. Maria de Lourdes Duprat, tradutora. 4. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo; 2013.
37. Xie R, Sun X, Yang L, Guo Y. Characteristic executive dysfunction for high-functioning autism sustained to adulthood. *Autism Res*. 2020; 13(12):2102-21. doi: 10.1002/aur.2304.

9

**Árvore de decisão como modelo de
análise em processos diagnósticos:
discussão da sua aplicação em um estudo
sobre desatenção e hiperatividade**

Mayara Miyahara Moraes Silva

Luiz Renato Rodrigues Carreiro

Maria Cristina Triguero Veloz Teixeira

Leandro Augusto da Silva

Anderson Martins Silva

ÁRVORE DE DECISÃO E *MACHINE LEARNING* E ESTUDOS SOBRE TDAH

Algoritmos de Aprendizagem de Máquina (em inglês, *Machine Learning*) podem ser usados para otimizar a tomada de decisão em diferentes contextos, como manutenção preditiva de sistemas, aplicações em negócios ou mesmo em situações clínicas específicas para tomada de decisão diagnóstica (20). Aprendizagem de Máquina é um método de análise de dados baseado no pressuposto de que sistemas podem aprender com dados, identificar padrões e tomar decisões com o mínimo de intervenção humana, automatizando, dessa forma, a construção de modelos analíticos (11). Há constatações de melhorias progressivas em termos de precisão nas previsões de falhas usando essas técnicas, podendo assim ser aplicada em sistemas que requerem tomadas de decisões, como onde alocar. No caso, na discussão trazida por este capítulo, Aprendizagem de Máquina pode ser usada para embasar decisões diagnósticas mais precisas nas avaliações para o Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), evitando procedimentos diagnósticos excessivamente longos com alto custo financeiro, que dificultam sua aplicação no sistema público de saúde, por exemplo. Dentre os algoritmos que envolvem aprendizado de máquina supervisionado, destaca-se a árvore de decisão, que tem como resultado a fácil interpretação, podendo, assim, ajudar profissionais da área de saúde e pesquisadores a desenvolver ferramentas, baterias de avaliação e a orientar diagnósticos, baseando as tomadas de decisão passo a passo em um modelo preditivo em que se pode analisar cada variável de modo direto (20).

Segundo a 5ª edição do Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais – DSM-5, o TDAH é um transtorno do neurodesenvolvimento em que o surgimento dos sintomas ocorre na infância, caracterizando-se por prejuízos associados à desatenção, desorganização e/ou hiperatividade e impulsividade que exercem impacto no funcionamento pessoal, social e acadêmico do indivíduo (2).

A desatenção pode ser observada no comportamento da criança ou adolescente, como, por exemplo, na divagação em tarefas, falta de persistência, dificuldade em manter o foco e desorganização. Já a hiperatividade se nota a partir da atividade motora excessiva quando não apropriada ou remexer, batucar ou conversar em excesso. E a impulsividade pode ser verificada na expressão de ações precipitadas e pode ser reflexo de busca por recompensas imediatas ou de dificuldade de postergar obtenção de recompensas. Comportamentos impulsivos podem se manifestar como intromissão social (por ex., interromper os outros em excesso) e/ou tomada de decisões importantes sem considerações acerca das consequências no longo prazo (2).

Para uma criança ou adolescente entre 6 e 16 anos e 11 meses ser considerado desatento e/ou hiperativo-impulsivo pelo DSM-5 (2), é necessário que apresente seis ou mais dos sintomas listados no manual diagnóstico para cada critério (A1 = desatenção ou A2 = hiperatividade / impulsividade). Os sintomas devem manifestar-se antes dos

doze anos de idade, por pelo menos seis meses, em dois ou mais ambientes, como, por exemplo, na escola e no ambiente doméstico. Além disso, deve-se ter clareza de que tais sintomas não podem ser mais bem explicados por outro transtorno mental (2).

A prevalência do TDAH, na maioria das culturas, é de cerca de 5% em crianças e 2,5% em adultos (2, 15). Sua frequência é maior no sexo masculino na população geral, com proporção de cerca de 2:1 nas crianças. No que se refere à apresentação do transtorno, geralmente as meninas manifestam primariamente sintomas de desatenção e os sintomas de hiperatividade / impulsividade, quando presentes, tendem a declinar mais rapidamente, quando comparado com os meninos.

Os algoritmos de aprendizagem de máquina estão divididos em métodos supervisionados ou não supervisionados. O método supervisionado busca construir um modelo para prever ou estimar um resultado, baseando-se em um conjunto de dados, com o objetivo de prever uma condição de “Classificação”. Um algoritmo de classificação, como a árvore de decisão, pode atribuir itens a duas ou mais categorias. Por sua vez, a medida mais utilizada nessa área, para avaliar a qualidade ou desempenho da classificação, é a acurácia, que indica a precisão da classificação, a qual também pode ser avaliada por uma matriz de desempenho ou confusão (11). Neste capítulo serão apresentados alguns resultados utilizando um método supervisionado, ou seja, aquele que pretende construir um conjunto de regras para prever ou estimar um resultado, baseado num conjunto de dados com o objetivo de classificação na aprendizagem supervisionada. Assim, ao se empregar uma categorização de produtos, têm-se um exemplo de classificação multiclass. A maioria dos classificadores são binários (por exemplo, “sim vs. não”) (24).

A escolha dessa forma de análise, ao invés de outros modelos preditivos (como, por exemplo, a regressão logística), permite analisar variável por variável e o caminho percorrido ao longo do processo de classificação. Ao longo deste capítulo serão descritas vantagens do uso de uma árvore de decisão para estabelecer os prejuízos cognitivos de maior comprometimento no TDAH. Com isso, modelos como esses podem ser aplicados para identificar as principais habilidades e funções cognitivas que devem ser prioritárias em uma avaliação diagnóstica do transtorno. A decisão otimizará a avaliação principalmente no TDAH, um transtorno cujos sinais de desatenção e hiperatividade demandam uma avaliação criteriosa do funcionamento cognitivo, à medida que podem estar presentes em diferentes graus na população em geral (18).

A árvore de decisão é um algoritmo que se ajusta aos dados permitindo o uso de dados numéricos ou categóricos. Esse algoritmo é mais adequado para conjuntos de dados de tamanho médio, com uma abordagem de cima para baixo e construção da árvore a partir do “nó raiz” (12). O conjunto de dados é particionado em ramificações com base no atributo com maior taxa de ganho. O procedimento acima é repetido para cada partição até que o “nó folha” tenha o mesmo rótulo de classe (12). O modelo usa

árvores de decisão para mapear o conteúdo, desde a raiz até a folha. Cada nó de cada árvore de decisão está associado a um conjunto de parâmetros, que são usados para definir as funções potenciais no modelo gráfico (7). Sendo assim, pode-se dizer que esse processo tem uma estrutura de árvore invertida semelhante a um fluxograma, no qual as “folhas” são a representação da decisão final do algoritmo, e são posicionadas nas extremidades mais baixas da árvore (8). São formados “ramos” representados por linhas que se conectam até as “folhas”. Nesses “ramos” estão os valores possíveis da variável e as condições das variáveis podem ser observadas na Figura 1 mais adiante (8).

A partir disso, os ramos podem representar a capacidade de identificar e separar os pacientes com ou sem TDAH reunidos em um nó, em dois (ou mais), outros grupos que também terão uma variável dependente. Após a construção do modelo, uma árvore de decisão lista várias condições a partir das quais os dados podem ser divididos em variáveis dependentes apropriadas, mostrando essas condições esquematicamente (10).

Uma árvore de decisão pode ser construída com comparações de valores de um determinado objetivo que pode ser comparado com outros valores constantes (17). Após essas comparações, a árvore é finalizada com os “nós folhas”, onde ficarão os nomes dos itens dos instrumentos psicológicos inseridos e discutidos neste capítulo. A árvore é um algoritmo que pode ser interpretado por regras preditivas de SE e ENTÃO, e para a construção da árvore podem ser usadas informações nominais qualitativas e de classificação e, também, valores numéricos quantitativos. A quantidade de itens selecionados para a análise é o que define o número de ramos do nó (17).

Envolvido no processo de construção de uma árvore de decisão está o conjunto de treinamento rotulado colocado como parâmetro de entrada que seria executado da seguinte maneira: (a) definir a função “árvore de decisão” (exemplares); (b) fazer isso para cada variável regular; (c) adicionar a variável como nó de decisão; (d) transformar cada valor da variável em ramos do nó de decisão; (e) passar as variáveis especiais (classificação) como nó folha; (f) respeitar o valor da variável definida como ramo para cada nó e folha; (g) se todos os exemplares têm o mesmo valor da variável especial classe, associar esse valor como folha; (h) caso contrário, repetir recursivamente a função “árvore de decisão” com os exemplares desse ramo. Após isso, o “parâmetro de saída” é o funcionamento computacional da árvore de decisão, que se trata do fluxograma (árvore de decisão) em si (17).

Um modelo com valores categóricos permite que se façam interpretações com a semântica dos valores, o que normalmente não é viável com valores numéricos quantitativos. A árvore com as condições atribuídas e valores numéricos facilitaria a implementação em um aplicativo de apoio à decisão (17). Outro contraponto importante a se discutir sobre o algoritmo de árvore de decisão é a escolha do item raiz, que é a primeira variável da base de dados, e essas escolhas que serão itens raiz estrutural também podem ser usadas para quantificar o grau de impureza na folha da árvore, ou

seja, o quanto o dado se repete para aquela condição, o quanto aquela informação é fidedigna, de forma que quanto maior a diferença menor é a impureza dos itens, então, o ganho, ou seja, o item que se torna mais preditivo da condição com TDAH ou sem TDAH se torna um critério para a escolha do item que será nó raiz e que terá maior hierarquia na estrutura da árvore, e o grau de impureza na folha da árvore pode selecionar os itens com melhor distribuição de classes (17).

Um processo de tomada de decisão necessitaria de uma análise completa da árvore, em que a quantidade de folhas significa o número de comparações que é preciso fazer em um processo de tomada de decisão (17). Se esse número de comparações for muito elevado pode ocorrer o que chamam de sobre ajuste (*overfitting*), que significa que o modelo obtido é muito específico e complexo, não permitindo que o modelo possa ser generalizado. Nesse caso, é preciso aumentar o número de amostras ou diminuir a complexidade do modelo para o algoritmo aprender melhor com os dados (21).

A matriz de desempenho ou matriz de confusão é uma tabela de contingência que mostra o cruzamento da variável observada com variável estimada conjuntamente com as classes positiva e negativa neste caso. Algumas métricas podem ser extraídas da matriz, tais como: a) Acurácia: indica a precisão dos dados; b) *Recall*: percentual de valores observados positivos estimados como positivos; c) Precisão: percentual de valores observados positivos que são realmente estimados como positivos; d) Sensibilidade: número de casos identificados como positivos e confirmados positivos; e) Especificidade: percentual de valores negativos estimados como negativos (24). Nesse sentido, seria desejável alcançar maior assertividade quanto ao diagnóstico, evitando falsos positivos ou falsos negativos, possivelmente possibilitando que sejam construídas novas baterias a serem utilizadas em avaliações neuropsicológicas para identificação do TDAH e seus prejuízos cognitivos. Assim, tais baterias propostas obteriam identificação do TDAH de forma mais rápida, prática e acessível com o uso do conhecimento gerado pelo modelo de árvore de decisão no direcionamento do rastreamento de queixas, constituindo um processo com mais acurácia para detectar dificuldades e prejuízos em diferentes funções cognitivas que venham a ser parte dos critérios estabelecidos no DSM-5 para o quadro clínico de TDAH em crianças e adolescentes (7, 14).

PERFIL COGNITIVO E COMPORTAMENTAL E

TOMADA DE DECISÕES NO PROCESSO DIAGNÓSTICO NO TDAH

A avaliação psicológica no TDAH, assim como em qualquer transtorno neuropsicológico, é um amplo processo de investigação, no qual se define o tipo de queixa conduzindo uma avaliação cognitiva, emocional, comportamental e de funcionamento adaptativo que fundamente a tomada de decisão mais apropriada. Como procedimento, a

avaliação psicológica se refere à coleta e interpretação de dados, obtidos por meio de um conjunto de procedimentos confiáveis, entendidos como aqueles reconhecidos pela ciência psicológica. Tal processo permite a escolha dos instrumentos / estratégias mais adequados para a realização da avaliação, considerando: contexto no qual a avaliação psicológica acontece; seus propósitos; construtos psicológicos a serem investigados; adequação das características dos instrumentos / técnicas aos indivíduos avaliados; condições técnicas, metodológicas e operacionais do instrumento de avaliação, além da integração das informações para reafirmar, contestar ou reelaborar as hipóteses iniciais (4, 5).

É importante que haja uma integração da avaliação comportamental, neuropsicológica e clínica. Essa integração permite realizar tomadas de decisão mais eficientes e menos custosas ao longo do processo diagnóstico, mas, principalmente, quando há necessidade de diagnósticos diferenciais em relação às hipóteses relacionadas às expressões de sinais de desatenção, hiperatividade e impulsividade. A avaliação clínica e a observação comportamental do paciente em situações controladas de aplicação de testes perpassam todo o processo de avaliação, sendo possíveis comparações desses registros com os resultados dos relatos comportamentais de pais, professores ou do próprio adolescente, assim como observação da criança (4, 5). Por isso, a avaliação neuropsicológica tem um papel fundamental no processo diagnóstico que deve ser detalhado para os quadros de queixas cognitivas envolvendo a atenção, o que também pode permitir estabelecer forças e fraquezas no funcionamento cognitivo, auxiliando, também, em diagnósticos diferenciais e de possíveis comorbidades (22).

ÁRVORE DE DECISÃO COMO MÉTODO EFICAZ NA ÁREA DA SAÚDE

O modelo apresentado neste capítulo é produto de pesquisa colaborativa conduzido em parceria entre o Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento e a Faculdade de Ciências da Informática (FCI) da Universidade Presbiteriana Mackenzie. A pesquisa na área de Linguagens de Programação R foi uma ferramenta usada na pesquisa. Esse estudo utilizou o modelo de árvore de decisão para identificar elementos dentro do protocolo de avaliação neuropsicológica e comportamental para queixas de desatenção e hiperatividade em crianças e adolescentes. Esse protocolo (4) avalia, por meio de testes de atenção, inteligência, funções executivas e inventários comportamentais, indicadores para avaliação das queixas de TDAH.

A Matriz de desempenho testou a árvore de decisão e pôde classificar: os dados como “Verdadeiro Positivo” para quando se previu positivo e o resultado é verdadeiro, no caso previsão do diagnóstico positivo de TDAH; e “Verdadeiro Negativo” para quando se previu negativo e o resultado realmente é negativo, como, por exemplo, quando se prevê que uma criança não tem o diagnóstico de TDAH e ele realmente não

tem. “Falso Positivo” (Erro Tipo 1) ocorre quando se previu positivo, mas o resultado é falso, por exemplo, se foi previsto que a criança tem diagnóstico de TDAH, quando ela na verdade não tem TDAH; e “Falso Negativo” (Erro Tipo 2) para quando se prevê negativo e é falso, por exemplo, se foi previsto que a criança não possui diagnóstico de TDAH, quando na verdade a criança apresenta um quadro compatível com o transtorno, como é possível observar no Quadro 1 (14).

Quadro 1. Classificações da matriz de desempenho aplicada ao diagnóstico de TDAH (14).

	Diagnóstico pelo Algoritmo	
	Sim (com TDAH)	Não (sem TDAH)
Sim (com TDAH)	Verdadeiro Positivo	Falso Negativo
Não (sem TDAH)	Falso Positivo	Verdadeiro Negativo

Essa análise foi realizada comparando alguns índices de testes neuropsicológicos dos bancos de dados do Protocolo de avaliação de TDAH do Programa de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento da Universidade Presbiteriana Mackenzie (4, 14). Esses foram divididos em: grupo clínico das “crianças com diagnóstico de TDAH” e grupo “com queixas de TDAH, mas sem diagnóstico, ou seja, a criança tem os sintomas, mas o diagnóstico não foi fechado” (Figura 1).

Pode-se observar alguns resultados ilustrados na imagem da árvore de decisão, considerando que esse ensaio foi composto pelos testes e inventários neuropsicológicos, como informação entrada na descrição de cada criança perante o algoritmo, (a) Escala de Inteligência Wechsler para Crianças (23); (b) Teste Wisconsin de Classificação de Cartas (9); (c) Teste de Atenção por Cancelamento (16); (d) Teste de Trilhas (16); e questionários comportamentais: (e) *Child Behavior Checklist* (CBCL/6-18) (1, 3), e (f) *Teacher Report Form* (TRF/6-18) (1, 3), ao comparar o grupo de crianças sem diagnóstico de TDAH, mas que apresentam queixas com o grupo de crianças típicas. Com essa análise, podemos observar que entre os itens que mais se destacaram está o item “Aprendendo a Aprender” do Teste Wisconsin de cartas, responsável por medir a curva de aprendizado da criança com a própria tarefa durante o teste. O algoritmo de árvore de decisão discriminou os grupos com esse item em 53% para crianças com o diagnóstico de TDAH e 47% para crianças com queixas, mas sem o diagnóstico (14).

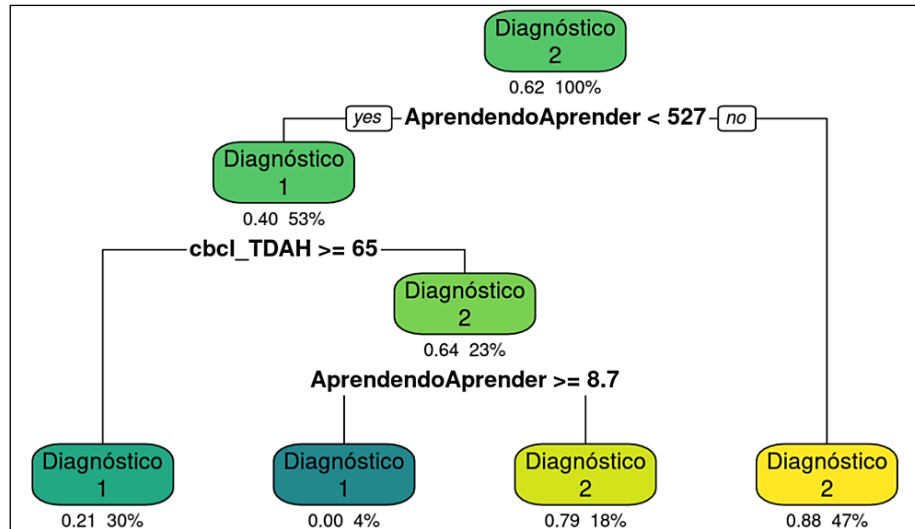


Figura 1. Árvore de decisão (14).

Legenda: números 1 e 2: “1” referente a crianças com diagnóstico de TDAH; “2” referente a crianças sem o diagnóstico de TDAH; números na parte inferior se referem à quantidade de participantes em porcentagem (%); paletas de cores meramente ilustrativas.

Em seguida, o fator “CBCL TDAH”, que se refere à escala de Problemas de Déficit de Atenção e Hiperatividade, das escalas orientadas pelo DSM do CBCL, indica comportamentos associados ao TDAH com 53% dos participantes, que foram discriminados novamente em dois grupos, 30% referentes a crianças com o diagnóstico de TDAH e 23% para crianças sem o diagnóstico de TDAH, mas com queixas (14).

Tabela 1. Matriz de Desempenho da árvore de decisão (14).

Medidas	Matriz de Desempenho	
	<i>n</i>	%
Acurácia	0.847	84,7
Kappa	0.656	65,6
Sensibilidade	0.714	71,4
Especificidade	0.921	92,1
Precisão	0.785	78,5
Recall	0.611	61,1
P-Value	≤0.001***	
Média	83.3	
Desvio-padrão	3.63	

Legenda: *n*= número de participantes; [^]*p-value*= nível de significância. As referências de significância são * se $p < 0.10$, ** se $p < 0.05$, *** se $p \leq 0.001$.

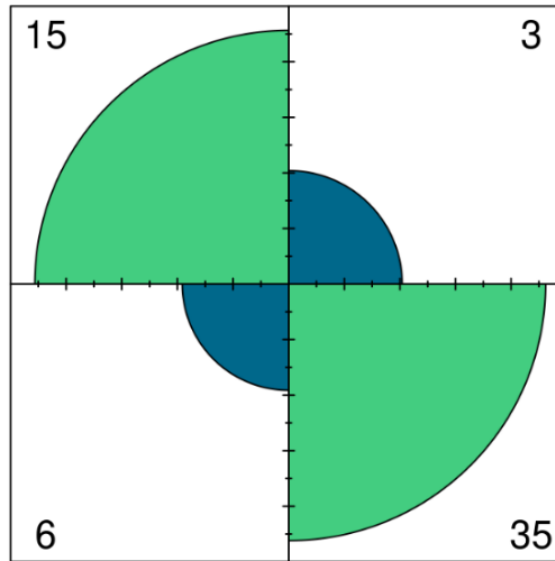


Figura 2. Representação gráfica da Matriz de Desempenho da árvore de decisão (14).

A análise dessa matriz de confusão, como pode ser visto na Figura 2, foi capaz de demonstrar que os resultados da árvore de decisão, nos ensaios estudados, foram eficientes em prever a separação de grupos, que foram corretamente diagnosticados. Na totalidade, 50 casos foram previstos como diagnosticados corretamente, em comparação com somente nove casos que viriam a compor os erros tipo 1 e tipo 2 (14).

Os itens cognitivos e comportamentais que mais contribuíram para acurácia do diagnóstico de forma mais relevantes por meio dessa análise foram referentes ao inventário comportamental CBCL, com os fatores: “CBCL TDAH”, que se refere à escala de Problemas de Déficit de Atenção e Hiperatividade, das escalas orientadas pelo DSM; e “CBCL Problemas de Atenção”, que se refere à escala de problemas de atenção, da escala das síndromes, presentes em três dos cinco ensaios. O que se pode observar é que o CBCL é um dos instrumentos utilizados na triagem do protocolo TDAH (14). Sabe-se que ele tem precisão e sensibilidade consideradas padrão-ouro em rastreamento de problemas de comportamento, considerando que, muitas vezes, a maioria dos sintomas podem ser detectáveis em ambiente familiar, observados e relatados pelos responsáveis do paciente por meio do inventário comportamental CBCL/6-18 (18).

O item “Aprendendo a Aprender”, do teste Wisconsin, também se destacou como elemento que diferencia os grupos. Ele é um instrumento neuropsicológico que envolve o recrutamento de diferentes habilidades constituintes das funções executivas. Cabe a discussão, considerando que os itens mais aparentes foram: a curva de aprendizado do item aprendendo a aprender, erros perseverativos e respostas perseverativas; esses itens são ligados às funções de flexibilidade cognitiva, atenção sustentada e memó-

ria operacional, funções presentes e comumente associadas ao perfil neuropsicológico do TDAH (5, 14). As análises deste estudo consideram que a manifestação do TDAH está relacionada a processos autorregulatórios, que controlam a atenção, a inibição ou a organização, ligados, especificamente, às funções de flexibilidade cognitiva, atenção sustentada e memória operacional (5, 18). Processos esses avaliados pelos testes deste estudo, que demonstraram que os parâmetros de testes neuropsicológicos e comportamentais, capazes de discriminar com mais eficácia o diagnóstico foram: Wisconsin “Aprendendo a Aprender”; “Erros Perseverativos” e “Respostas Perseverativas”; “CBCL TDAH” e “CBCL Problemas de Atenção”; CPT “CPT omissões” (14).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A árvore de decisão é um algoritmo de Aprendizagem de Máquina que pode ser eficaz no direcionamento do rastreio de queixas típicas do TDAH, auxiliando na seleção dos instrumentos para esse processo e no reconhecimento das principais dificuldades cognitivas associadas ou não a essas queixas. Ao se usar o algoritmo árvore de decisão como procedimento útil no direcionamento do rastreio de queixas de desatenção e hiperatividade em crianças e adolescentes, utilizando como contramedida as análises das árvores de decisão, é possível ver a cada nível da árvore, variável a variável, quais itens melhor discriminam o diagnóstico de TDAH. E a prova disso foi realizada por meio da matriz de desempenho, ao apontar, com mais acurácia, especificidade e sensibilidade, os resultados dispostos na árvore de decisão (7, 14).

É importante, também, enfatizar que as tomadas de decisão durante a avaliação neuropsicológica e comportamental são essenciais, levando em consideração a quantidade de instrumentos e a colaboração entre profissionais de diferentes áreas de atuação, na chamada interdisciplinaridade, necessários para realizar um diagnóstico mais assertivo do quadro clínico de TDAH.

AGRADECIMENTOS

Agardecemos ao Programa de Excelência Acadêmica – Proex (Processo 1133/2019) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Processos 307730/2017-4 e 307443/2019-1), ao Fundo Mackenzie de Pesquisa (Mack-Pesquisa) da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Fapesp (Processos 2018/01063-0 e 2019/20757-

1), pelo suporte necessário para o desenvolvimento das pesquisas que compõem os capítulos deste livro.

REFERÊNCIAS

1. Achenbach TM, Rescorla LA. Manual for the Aseba school-age forms & profiles: an integrated system of multi-informant assessment. Burlington: Aseba; 2001.
2. American Psychiatric Association (APA). Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5). 5. ed. Porto Alegre: Artes Médicas; 2014.
3. Bordin IA, Rocha MM, Paula CS, Teixeira MC, Achenbach TM, Rescorla LA et al. Child Behavior Checklist (CBCL), Youth Self-Report (YSR) and Teacher's Report Form (TRF): an overview of the development of original and brazilian versions. *Cad Saúde Pública*. 2013; 29(1):13-28.
4. Carreiro LRR, Teixeira MCTV, Silva MMM, Paes IT, Novaes RACB, Micieli APR. Avaliação neuropsicológica no TDAH: contribuições para identificação de dificuldades cognitivas e orientação escolar. In: Amato CAH, Brunoni C, Boggio PS. *Distúrbios do Desenvolvimento: Estudos Interdisciplinares*. São Paulo: Memnon, 2018. p. 142-53.
5. Carreiro LRR, Schwartzman JS, Cantiere CN, Ribeiro AF, Silva NA, Martin MAF et al. Protocolo interdisciplinar de avaliação neuropsicológica, comportamental e clínica para crianças e adolescentes com queixas de desatenção e hiperatividade. *Psicol Teor Prát*. 2014; 16(3):155-71.
6. Conners CK, Epstein JN, Angold A, Klaric J. Continuous performance test performance in a normative epidemiological sample. *J Abnorm Child Psychol*. 2003; 31(5):555-62.
7. Borsboom D, Robinaugh DJ, Rhemtulla M, Cramer AOJ. Robustness and replicability of psychopathology networks. *World Psychiatry*. 2018; 17(2):143-4.
8. Han J, Kamber M. *Data mining: concepts and techniques*. 2nd ed. Academic Press: Morgan Kaufmarm Publishers; 2001. p. 284-91.
9. Heaton RK, Chelune GJ, Talley JL, Kay GG, Curtiss G. *Manual do Teste Wisconsin de Classificação de Cartas*. São Paulo: Casa do Psicólogo; 2005
10. Kam HJ, Shin Y-M, Cho S-M, Kim S-Y, Kim KW, Park RW. Development of a decision support model for screening attention-deficit hyperactivity disorder screening with actigraph-based measurements of classroom activity. *Appl Clin Inf*. 2010; 1:377-93.
11. Kaparathi S, Bumblauskas D. Designing predictive maintenance systems using decision tree-based machine learning techniques. *Int J Qual Reliabil Manag* [internet]. 2020; 37(4):659-86. doi: <https://doi.org/10.1108/IJQRM-04-2019-0131>
12. Lu H, Hu X, Yang B. A knowledge roughness based approach to hybrid decision tree construction. *Procedia Eng*. 2012; 29:1544-8. doi: 10.1016/j.proeng.2012.01.170.
13. Miranda MC, Barbosa T, Muszkat M, Rodrigues CC, Sinnes EG, Coelho LFS et al. Performance patterns in Conners' CPT among children with attention deficit hyperactivity disorder and dyslexia. *Arq Neuropsiquiatr*. 2012; 70(2):91-6.
14. Miyahara MMS. *Aplicação do modelo de árvore de decisão no rastreamento de queixas de desatenção e hiperatividade em crianças e adolescentes*. [Dissertação]. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie; 2020.

15. Polanczyk GV, Willcutt EG, Salum GA, Kieling C, Rohde LA. ADHD prevalence estimates across three decades: an updated systematic review and meta-regression analysis. *Int J Epidemiol* [internet]. 2014; 43(2):434-42. doi: 10.1093/ije/dyt261.
16. Seabra AG, Reppold CT, Dias NM, Pedron AC. Modelos de funções executivas. In: Seabra AG, Laros JA, Macedo EC, Abreu N, organizadores. *Inteligência e funções executivas*. São Paulo: Mennon; 2014.
17. Silva LA, Peres SM, Boscaroli C. *Introdução à mineração de dados: com aplicações em R*. São Paulo: GEN LTC; 2016.
18. Siqueira ARC, Silva MMM, Paula ET, Araújo MV, Teixeira MCTV, Carreiro LRR. Efeitos de intervenção comportamental em contexto escolar sobre desatenção e hiperatividade. *Psicol Teor Prát*. 2019; 21(1):85-101.
19. Stefanatos GA, Baron IS. Attention-deficit/hyperactivity disorder: a neuropsychological perspective towards DSM-V. *Neuropsychol Rev*. 2007; 17(1): 5-38.
20. Tafla TL, Brunoni D, Carreiro LRR, Seabra AG, Silva LA, Bastos DCS et al. Diagnosys: an analytical framework for the identification of elementary school students with intellectual disability. *Front Educ* [internet]. 2021; 6:609523. doi: 10.3389/educ.2021.609523.
21. Tan P-N, Steinbach M, Kumar V. *Introdução ao datamining: mineração de dados*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna; 2009.
22. Wagner F, Rohde LA, Trentini CM. Neuropsicologia do transtorno de déficit de atenção/hiperatividade: modelos neuropsicológicos e resultados de estudos empíricos. *Psico-USF*. 2016; 21(3):573-82.
23. Wechsler D. *Escala Weschsler de Inteligência para Crianças: WISC-IV*. Manual Técnico. 4. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo; 2013.
24. Zumel N, Mount J. *Practical Data Science with R*. Shelter Island: Manning; 2014.

10

**Tecnologia assistiva em teleatendimento
colaborativo: reflexões sobre desafios e
possibilidades do trabalho em equipe
a favor da autonomia**

Karina Rizzardo Sella

Marisa Hirata Fabri

Tarsila Pandeló de Oliveira

INTRODUÇÃO

A interdisciplinaridade tem representado cada vez mais um espaço de interação e troca entre saberes e práticas terapêuticas distintas, favorecendo a reflexão e a transformação da realidade no trabalho com pessoas e suas necessidades complexas para se comunicar, aprender, estabelecer relações sociais, realizar atividades cotidianas, desenvolver competências e habilidades.

Compreender sobre a realidade dos pacientes, melhorar nossa escuta frente às suas necessidades e nosso olhar frente às suas possibilidades de participação e autonomia, implica, muitas vezes, uma prática interprofissional de atendimento. Diferentemente da atuação multidisciplinar, marcada pela fragmentação do cuidado e pela operacionalização de saberes especializados, a interdisciplinaridade pode promover um melhor reconhecimento sobre a efetividade de cada terapêutica no cotidiano dessas pessoas (21).

Na literatura, referências sobre a prática do trabalho colaborativo aparecem principalmente relacionadas aos serviços gerenciados em escolas, com objetivo de efetivar parcerias entre docentes, alunos e demais profissionais que atuem diretamente no cotidiano dos processos educacionais e na resolução dos problemas dos estudantes. Nesse cenário, os termos parceria e consultoria colaborativa são frequentemente utilizados para definir conceitos que permeiam a implementação de serviços de apoio à inclusão, ou refletem as parcerias estabelecidas entre o professor da sala de aula comum e outros professores ou profissionais especializados no atendimento a pessoas com deficiências (9, 10, 25).

Ao falarmos sobre colaboração em um grupo de trabalho, pressupomos a reunião de pessoas que se apoiam e são responsáveis em conjunto pela qualidade do que é realizado, que visam a atingir objetivos em comum e estabelecem entre si relações não hierárquicas ou relações de liderança compartilhada na condução das ações em equipe (8, 9).

Ao refletir sobre uma prática colaborativa entre profissionais da saúde, como terapeutas ocupacionais, fonoaudiólogos, fisioterapeutas e psicólogos, é preciso, antes de qualquer coisa, compreender como essas relações podem se estabelecer efetivamente, quais seriam os reais objetivos dessa parceria, que recursos e estratégias poderão ser utilizados em senso comum no cuidado ao paciente, e, ainda, se será possível estender essa cultura colaborativa a familiares e cuidadores.

Nesse sentido, a comunicação entre profissionais é fundamental e precisa ocupar uma posição de destaque frente ao papel claro de cada especialista no caso. Quando o canal de comunicação é aberto e a prática do diálogo entre os profissionais é autêntica, surgem, então, oportunidades de fomentar transformações no agir terapêutico, de fa-

vorecer melhores resultados em saúde, assim como a construção de novos saberes dada a complexidade de cada caso, respeitando não somente as singularidades dos profissionais, mas também a tomada de decisão compartilhada (1).

Na prática, o trabalho colaborativo na escola pressupõe estratégias de intervenção a partir de problemas vivenciados pelos professores e de como outros profissionais e membros da própria equipe educacional podem ser seus parceiros no trabalho pedagógico (23). Ao estendermos esse conceito para a clínica, podemos compreender, que uma proposta de trabalho colaborativo envolveria, então, a oferta de possibilidades e a utilização de estratégias que atendam às necessidades dos pacientes em seu cotidiano, de forma que a elaboração do plano de intervenção esteja apoiada em todas as pessoas envolvidas no processo.

Essa relação de trabalho configura um estilo de interação entre profissionais e deve acontecer no mínimo entre dois parceiros equivalentes, engajados por um objetivo em comum. Para isso, um conjunto de outras condições é necessário, como: compartilhamento de responsabilidades, de recursos, participação de todos e voluntarismo (9).

O trabalho colaborativo não será abordado aqui como um modelo de prestação de serviço, assim como o ensino ou a consultoria colaborativa são amplamente utilizados no contexto escolar. A ideia deste capítulo é promover reflexões sobre como esse tipo de intervenção e a relação de colaboração entre especialistas podem sistematizar e fornecer instruções substanciais aos pacientes, suas famílias e aos próprios profissionais que decidem planejar e realizar uma intervenção compartilhada.

É fato que equipes colaborativas podem promover um sentimento de positividade e de apoio mútuo entre seus membros, além de desenvolver opções criativas para a solução de problemas (10, 23). Os resultados desse trabalho não só contribuem para a construção de novos saberes sobre o caso, mas também para levar inovações aos atendimentos, entender melhor a realidade do paciente e, sobretudo, para sensibilizar a família e ele mesmo sobre perspectivas reais de intervenção.

É fundamental conhecer o paciente e também se torna indispensável uma boa relação interpessoal entre os envolvidos, uma vez que o trabalho colaborativo pode ser marcado pela imprevisibilidade, pelas diferentes interpretações acerca das responsabilidades de cada um e por níveis distintos de compreensão da real demanda do paciente.

O trabalho colaborativo possui, portanto, um construto polissêmico e complexo, diante do qual a decisão compartilhada se constitui de modo dialógico entre os profissionais e com respeito às singularidades das diferentes práticas (3, 9, 11). Alguns estudos propõem que, ao reconhecer o trabalho colaborativo como uma fonte válida de assistência ao paciente, sua realização deve, então, acontecer em etapas, incluindo desde a definição prévia de horários para estabelecer a rotina de atendimento até a observação das condições e do contexto de trabalho dos profissionais, realização de

encaminhamentos e avaliações específicas, elaboração de um plano de intervenção e de monitoramento da sua eficiência (3, 9, 11, 23).

Consideramos aqui a transposição dessas etapas para a clínica terapêutica, ressaltando como relevantes os seguintes aspectos: importância de se explorar informações e dados sobre os contextos de vida diária do paciente; discussão inicial entre os profissionais, na qual é possível identificar e refletir sobre a metodologia a ser adotada; coleta de dados relevantes de cada especialista e avaliação em conjunto, se necessário; desenvolvimento e execução do plano de intervenção em colaboração com a família e/ou com os cuidadores formais; e, por fim, o monitoramento da intervenção, baseado nos objetivos e nas metas que foram determinadas no momento inicial.

Envolver diferentes profissionais traz, com certeza, perspectivas diferentes à intervenção, mas para que a comunicação seja efetiva pode ser necessário que um especialista atue como elo entre a equipe, o paciente e a família. Esse profissional pode facilitar a comunicação entre os colaboradores, estabelecer vínculos de confiança no trabalho e recrutar informações importantes para a atuação da equipe.

Diante dessa realidade, buscamos vivenciar a apropriação desses conceitos na prática por meio de sessões de teleatendimento terapêutico em respeito ao contexto da pandemia do COVID-19. As sessões foram realizadas no período de março a dezembro de 2020.

O referencial teórico apresentado a seguir se baseia prioritariamente nos conceitos de tecnologia assistiva e autonomia com foco nas características da pessoa com paralisia cerebral. Os temas abarcados consideram os quadros de referência da Fonoaudiologia e da Terapia Ocupacional, guardadas as especificidades de cada uma das áreas, o que torna as considerações sobre o tema um campo fértil às reflexões sobre a interdisciplinaridade e o trabalho colaborativo, como espaço de ampliação das perspectivas de transformação da realidade desses pacientes.

A TECNOLOGIA ASSISTIVA AMPLIANDO AS POSSIBILIDADES DE AUTONOMIA

O Comitê de Ajudas Técnicas da Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (SEDH/PR), ligado à Coordenadoria Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência (CORDE), aprovou, em dezembro de 2007, o seguinte conceito para definir Tecnologia Assistiva (TA): “Tecnologia Assistiva como uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação de pessoas com deficiências, incapacidades, mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência e qualidade de vida e inclusão social.” (12).

O termo Tecnologia Assistiva foi traduzido do inglês *Assistive Technology*, criado oficialmente em 1988, e compõe com outras leis o *American with Disabilities Act* (ADA), que se trata de um suporte legal para a população americana ter garantido, pelo governo, o benefício de serviços especializados e do acesso a recursos que possam favorecer o desenvolvimento de uma vida mais independente e produtiva. *Assistive Technology* engloba uma série de dispositivos, estratégias e práticas que são constituídas e devem ser oferecidas a qualquer pessoa com deficiência, sejam crianças, adultos ou idosos (13).

No Brasil, a TA é também conhecida como Ajudas Técnicas ou Tecnologias de Apoio, expressões previstas na Legislação Brasileira e que correspondem às bases conceituais das diretrizes definidas pelo Comitê de Ajudas Técnicas. No entanto, foi o termo Tecnologia Assistiva que acabou por se tornar uma tendência nacional na escrita de trabalhos acadêmicos, entre as organizações de pessoas com deficiência, nas referências feitas por setores governamentais (MEC, CNPq), em institutos de pesquisa e no mercado de produtos (13, 20).

A TA deve ser entendida como uma área de caráter interdisciplinar, multiprofissional e que possibilita o envolvimento de qualquer especialista que busca promover e auxiliar pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, promovendo maiores possibilidades de atividade e participação, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (6, 12, 15, 20). Em síntese, o seu objetivo é eliminar ou minimizar as barreiras e dificuldades provenientes de limitações funcionais, permanentes ou temporárias, ampliando as habilidades e o desempenho funcional frente a uma tarefa ou na execução de uma atividade (1, 12).

É a partir da especificidade e dos objetivos funcionais da ajuda técnica escolhida que podemos englobar a TA em diferentes modalidades, a saber: auxílios para a vida diária, para mobilidade; adequação postural; comunicação aumentativa (suplementar) e alternativa; auxílio para cegos ou com visão subnormal, para surdos ou com déficits auditivos; sistema de controle dos ambientes; recursos para acessibilidade ao computador; órteses e próteses; adaptações de atividades escolares, de equipamentos de lazer e recreação; adaptações arquitetônicas (estruturais) para acessibilidade e em veículos (transporte adaptado) (6, 20).

Para que possamos entender ainda mais o uso da TA como meio de favorecer a autonomia, é importante destacar que, quaisquer que sejam os recursos, procedimentos, estratégias ou serviços oferecidos, suprir ou apoiar uma função comprometida do usuário não significa modificar seu funcionamento intrínseco. Dessa forma, a TA deve favorecer que o indivíduo tenha um melhor desempenho funcional a partir de habilidades já pré-adquiridas, além da possibilidade de aquisição de autonomia e independência em seu maior nível, mesmo que não sejam conquistadas em todos os diferentes contextos de sua vida.

Ao identificar as necessidades do assistido, a indicação, elaboração, avaliação, experimentação e o treino dos recursos selecionados são efetivos quando atendem às demandas dos usuários frente ao seu desempenho em diferentes tarefas, de forma que a equipe se organize e atenda em consenso sobre os melhores recursos indicados ao caso.

No ambiente terapêutico, o terapeuta ocupacional é o profissional capacitado para avaliar a correta indicação e utilização dos recursos de TA, principalmente no que se refere à consideração sobre os aspectos motores e cognitivos implicados nos contextos diversos. A partir de uma avaliação funcional específica, o profissional deve conseguir obter informações substanciais sobre as habilidades do paciente e realizar uma prescrição pontual e eficaz dos recursos voltada para suas reais necessidades.

A promoção e a facilitação da autonomia necessitam da indicação bem pensada da TA, sempre direcionada a características individuais, interesses, habilidades físicas e cognitivas, demanda socioemocional do usuário e também de seus familiares. Ao buscar potencializar as capacidades funcionais dessas pessoas, ou seja, ao propor recursos e estratégias que possam favorecer o desenvolvimento de suas habilidades e sua participação em atividades do cotidiano de maneira a mais independente possível, as compensações frente às limitações passam a ser mais significativas, trazem benefícios psicossociais e bem-estar ao paciente.

A Comunicação Alternativa e Ampliada (CAA) é uma área da TA, igualmente designada por nomenclaturas diferentes, como Comunicação Suplementar e Alternativa, Comunicação Aumentativa e Alternativa e Sistemas Alternativos e Facilitadores de Comunicação. Como o objetivo deste capítulo não é pensar sobre os critérios utilizados para definir cada termo ou, ainda, para se aprofundar nessa abordagem de trabalho, nos ocupamos em apresentar apenas o que abrange a CAA enquanto subárea da TA.

Os recursos de CAA têm o objetivo de promover a comunicação e oferecer suporte para pessoas com dificuldades ou limitações importantes na expressão de suas ideias, sentimentos, pensamentos e intenções. O fonoaudiólogo é o profissional que, em conjunto com o terapeuta ocupacional, valoriza as possibilidades expressivas do paciente, ao mesmo tempo em que promove a sua comunicação. À medida que os recursos podem substituir, apoiar ou ampliar a fala, as habilidades comunicativas se desenvolvem e oportunizam às pessoas com esse tipo de dificuldade que se tornem cada vez mais competentes e independentes em situações comunicativas.

Podemos dizer que, baseada nas características individuais, a CAA valoriza e estimula a comunicação daquele indivíduo que tem um distúrbio de linguagem e/ou cognição que o impede de ser eficiente e funcional no diálogo, dificultando sua interação com os outros em diferentes ambientes do seu cotidiano, seja na escola, na família ou na comunidade em geral. A CAA se constitui por meio de recursos que necessitam de auxílio externo, como símbolos, letras e palavras, e de recursos que não necessitam de

auxílio externo, como uso de gestos, piscar dos olhos, sorriso, vocalizações, ambos envolvendo baixa e alta tecnologia.

Os aspectos mais relevantes para adequar a indicação da TA juntamente com a implementação de recursos alternativos de comunicação (oral ou escrita) devem se constituir em permitir que o indivíduo consiga participar ativamente de situações comunicativas, fazer escolhas e utilizar suas habilidades de expressão da linguagem com a mesma eficiência que outras pessoas com ou sem deficiência o fazem.

Os terapeutas ocupacionais, assim como outros profissionais da reabilitação, em suas intervenções utilizam os recursos alternativos de comunicação levando em consideração as demandas das pessoas que deles necessitam, bem como as condições dos contextos de comunicação e as circunstâncias de desenvolvimento em que se inserem (15, 16).

Indicação, uso e gerenciamento da tecnologia assistiva no adulto com paralisia cerebral

A Paralisia Cerebral (PC) é identificada como um distúrbio da postura e do movimento, atribuído a uma encefalopatia não progressiva existente por lesão única ou múltiplas lesões ocorridas no período pré, peri ou pós-natal, momento no qual o cérebro ainda se encontra imaturo e em desenvolvimento. O comprometimento neurológico na PC causa desordens motoras frequentemente acompanhadas por alterações cognitivas, sensoriais, de comunicação, de comportamento e por crises convulsivas, ou seja, diversas limitações funcionais geralmente associadas à gravidade da sequela e à idade na qual ocorreu a lesão (23).

Ao longo dos anos, as pesquisas mundiais têm demonstrado que a expectativa de vida de uma pessoa com PC aumenta quando suas comorbidades recebem cuidados médicos adequados. Apesar de a condição ser permanente e a lesão neurológica não apresentar evolução, a constituição osteomuscular se modifica com o crescimento e ao longo da vida, o que favorece, muitas vezes, o aparecimento progressivo de outras deficiências, como deformidades ortopédicas importantes, degeneração articular, osteoporose, além de limitações progressivas em atividades funcionais, como o uso dos membros superiores e da marcha (7, 23).

As classificações usadas na PC refletem o comprometimento neurológico quanto a distribuição topográfica, constituição do tônus muscular e comprometimento funcional. Atualmente é consenso que a funcionalidade e o estado de saúde geral desses indivíduos, bem como as condições associadas, são os fatores mais relevantes para se planejar ações e determinar qual a melhor terapêutica indicada a eles.

O objetivo deste capítulo não é aprofundar nesse contexto, mas é importante pontuar que algumas escalas de classificação foram desenvolvidas com o passar dos anos e

são mais utilizadas atualmente para oferecer medidas qualitativas e quantitativas a respeito da funcionalidade na PC. As escalas GMFM (*Gross Motor Function Measure*) e GMFCS (*Gross Motor Function Classification System*) são bastante utilizadas para classificar, de forma simples a função motora e as mudanças na motricidade grossa. A MACS (*Manual Ability Classification System*) busca descrever como essas crianças usam seus membros superiores para manipular objetos e participar de atividades de vida diária (8).

Cabe dizer, ainda, que a CIF (Classificação Internacional de Funcionalidade e Incapacidade e Saúde) também tem sido muito utilizada por diferentes profissionais como base para descrever, organizar e principalmente para compreender qual é o impacto negativo da PC na vida do indivíduo e na sua participação em diferentes contextos, auxiliando também na determinação dos objetivos terapêuticos sob as perspectivas biológica, individual e social (22, 24).

Este capítulo se limita, portanto, às dificuldades que muitos indivíduos apresentam para usar os membros superiores em atividades funcionais, como o apontar, o alcance, a apreensão, manipulação e transferência de objetos. No geral, os movimentos são em velocidade diminuída, com fraqueza muscular, rigidez e ou incoordenação; aparecem, persistem e se intensificam de forma negativa em função da interação de diversos fatores, como idade, experiências vividas, nível de controle postural, tônus muscular, orientação espacial, propriedades físicas dos objetos, carga adicional ao membro superior, fadiga, área e extensão da lesão, aspectos sensoriais e deformidades presentes (7).

O acesso à TA tem proporcionado a participação mais efetiva de pessoas com PC em diferentes cenários, seja nas atividades de lazer, no trabalho, no ambiente escolar ou familiar. Essa tecnologia deve ser entendida apenas como ferramenta de facilitação, visto que, ao indicar ou realizar um treino com qualquer recurso de acessibilidade, as habilidades assim como as características físicas, motoras, cognitivas, socioemocionais, e os interesses pessoais do indivíduo precisam ser levados em consideração.

Especificamente sobre o atendimento ao adulto com PC, diversos questionamentos e reflexões impactam no planejamento das ações. No geral, esses pacientes já tiveram diversas intervenções e vivências de reabilitação ao longo da vida, deparando-se com dificuldades, limitações, sucessos e fracassos, porém muitas vezes sem oportunidades de conhecer seu potencial e suas reais capacidades. Propor, então, uma reformulação de papéis, tarefas, responsabilidades, visar mais autonomia e independência a esse paciente exigem que ele e sua própria família realizem mudanças que podem causar um grande impacto na sua rotina e que nem sempre são compreendidas e aceitas por todos.

A indicação de equipamentos e recursos de TA deve facilitar o desempenho na execução das tarefas, de forma que o grau de comprometimento não se torne uma barreira para

que o indivíduo demonstre suas habilidades com eficiência. A prática de uso da TA com adultos com PC deve ser flexível e passível de avaliação sobre o quanto esse recurso pode efetivamente aumentar sua capacidade funcional e melhorar sua qualidade de vida (1).

Gerenciar fatores que interferem e contribuem para a melhora do desempenho funcional, compensando limitações e até prevenindo deformidades, engloba atividades e tarefas que provoquem impacto sobre a função e também sobre a postura do indivíduo. A presença de deformidades instaladas, alteração da flexibilidade, movimentos involuntários ou estabilidade postural comprometida geralmente representa prejuízos nas atividades funcionais e desconforto na execução das tarefas, caso as tecnologias não sejam adaptadas a essa demanda, assim como o próprio mobiliário.

A busca por alternativas e soluções que favoreçam o indivíduo adulto e sejam capazes de interferir positivamente em diferentes áreas de sua vida, seja de convívio social, ocupacional, emocional e ou psicológico, esbarra necessariamente em uma diversidade de condições e fatores. Os membros da família, então, são pontos importantes desse processo, já que são eles os parceiros sociais mais próximos dos usuários, conhecem sua história e experiências. É a partir da aceitação ou não da família que observamos, na maioria dos casos, uma influência direta no uso sistemático do produto.

As limitações motoras na PC quase sempre implicam em comprometimentos na comunicação. Ao longo dos anos a tecnologia tem favorecido mudanças no trabalho com CAA, desde o momento da avaliação até a intervenção. O perfil de necessidades, especialmente do indivíduo adulto, tem refletido cada vez mais o uso de instrumentos, ferramentas e estratégias mais especializadas e atrativas a esse público.

Pensar no trabalho de comunicação com o indivíduo adulto com PC é articular diferentes concepções e ressignificar sua história sem deixar de considerar o que é fundamental para que ele permaneça motivado e coloque em movimento sua linguagem interna, interagindo efetivamente no seu círculo social.

Atualmente, várias modalidades de comunicação são importantes no trabalho com a CAA, como o uso da internet, das redes sociais e do celular, especialmente com o indivíduo adulto. Dessa forma, no contexto da TA a intervenção terapêutica não pode se desviar das necessidades individuais assim como das circunstâncias que determinam o espaço social e cultural no qual o indivíduo está inserido e que está subjacente às suas habilidades motoras, perceptuais, cognitivas e linguísticas. Devem-se considerar, prioritariamente, atividades significativas ao paciente, a participação de membros da família e, também, o envolvimento dos outros diversos agentes do seu contexto social e cotidiano (4).

RELATO DAS SESSÕES DE TELEATENDIMENTO

Considerando o contexto da pandemia do Coronavírus (COVID-19), achados científicos recentes apontam que pacientes com PC fazem parte do grupo de pessoas que estão em condição de vulnerabilidade e sofrem com os efeitos indiretos do distanciamento social (5, 19).

Ainda que faltem estudos e pesquisas sobre esses efeitos, é fato que a interrupção repentina e prolongada de intervenções terapêuticas de reabilitação pode conduzir pacientes com deficiências a uma pseudo-regressão em suas capacidades, entendida aqui neste caso como o agravamento do quadro motor e cognitivo. Mesmo diante da característica não progressiva da PC, essa pseudoregressão pode também estar relacionada à diminuição da funcionalidade, à perda de flexibilidade muscular, à alteração postural e até aos danos secundários, como mudança da rotina habitual e seus reflexos psicoemocionais (3).

A. é uma paciente jovem adulta com diagnóstico de Paralisia Cerebral por anoxia neonatal. Estudou em ensino regular até o 8º ano do Ensino Fundamental. Para sua comunicação utiliza, como recurso alternativo, um álbum com a disposição do alfabeto, números, meses do ano, dias da semana e páginas temáticas com nomes de familiares, amigos, programas de televisão e suas comidas favoritas. O álbum de comunicação é utilizado por A. por meio de acesso indireto, com o olhar, necessitando que o interlocutor execute a técnica de seleção por varredura em linhas / colunas para chegar ao conteúdo selecionado. A. possui cognitivo parcialmente preservado, aspectos emocionais e afetivos positivos.

Considerando a PC uma disfunção sensório-motora relacionada à anormalidade do tônus muscular, postura e movimentação voluntária, A. apresenta um comprometimento motor global caracterizado pelo pobre controle cervical e de tronco, sendo dependente de cadeira de rodas para locomoção. Quanto ao padrão de membros superiores, apresenta características espásticas, com tendência à extensão de cotovelos, flexão do punho e extensão dos dedos, com limitação importante para movimentações ativas. Embora seja perceptível a intenção de A. em realizar movimentos ativos com os membros, a amplitude e fluidez são limitadas pelas questões neuromotoras.

No momento anterior à pandemia, A. frequentava sessões de fonoaudiologia, terapia ocupacional e fisioterapia em uma ONG para reabilitação de pessoas com deficiência, além de realizar sessões particulares domiciliares de terapia ocupacional. Com o início da pandemia e a suspensão presencial das sessões na instituição, a família optou por realizar sessões de teleatendimento conforme previsto legalmente pelos órgãos federais de cada conselho de classe profissional.

Decidiu-se, então, que as sessões de teleatendimento teriam o apoio presencial da terapeuta ocupacional que já realizava acompanhamento domiciliar semanal. Dessa forma, cada sessão de teleatendimento contava com os profissionais reunidos em pares, ou seja, um terapeuta presencial e outro em ligação de vídeo, além da cuidadora. A terapeuta ocupacional atuava de forma a oferecer suporte para o uso dos equipamentos de TA, realizava orientações à cuidadora sobre o uso dos recursos, além de mediar e articular as tarefas que eram propostas pelas terapeutas que não estavam presentes.

Com o agravamento da pandemia, três meses depois, todas as sessões de atendimento passaram a ser realizadas exclusivamente de forma remota, e a paciente passou a estar somente acompanhada pela sua cuidadora. Nessa fase dos atendimentos, as sessões priorizavam a participação e engajamento da cuidadora como ponto essencial para a efetividade da intervenção, uma vez que não havia profissionais atuando presencialmente junto à paciente.

Considerando a complexidade do quadro A. já fazia uso de recursos de TA, como cadeira de rodas, cadeira de banho, órteses bilaterais para posicionamento de punho e dedos, órtese abduutora do polegar direito, órteses suropodálicas bilaterais e álbum de comunicação, já citado anteriormente.

Achamos importante, neste momento, a citação específica sobre a constituição e o uso das órteses de membros superiores, pois as intervenções realizadas em casa partem sobretudo do treino e do uso de equipamentos de TA em membro superior.

A ação da gravidade e a fixação em posturas patológicas não contribuem para o desempenho de atividades funcionais com os membros superiores, levando à necessidade de adaptações no mobiliário e indicação de recursos de TA que possam promover função ao mesmo tempo em que favorecem alinhamento postural e uma melhor biomecânica corporal, sem resultar em compensações (7).

Pensando na possibilidade de proporcionar a A. maior funcionalidade e autonomia no desempenho em tarefas de seu interesse, como atividades artísticas (pintura), uso do celular e tablet e acesso direto ao seu álbum de comunicação, foi realizada a prescrição de um equipamento de TA para membro superior esquerdo. A. mantém um padrão extensor de cotovelos com flexão de punho e extensão dos dedos, especialmente na intenção do movimento voluntário, sendo frequentemente necessária a contenção de reação associada de movimentação pelo braço oposto por meio de uma faixa elástica (Figura 1).



Figura 1. Contenção de reação associada com faixa elástica.

Um arquiteto especialista em design inclusivo foi então inserido nesse contexto para desenvolver um novo recurso de TA sob a orientação de uma das terapeutas ocupacionais. Para viabilizar o uso desse equipamento, uma base de metal foi fixada lateralmente na cadeira de rodas de A., enquanto outra base de metal por meio de uma articulação com a estrutura fixa tinha a função de acomodar o braço, permitir o movimento de flexão e extensão do cotovelo, além da adução e abdução do ombro, ainda que em pequena amplitude (Figura 2).



Figura 2. Dispositivo com acomodação para membro superior.

Além desse equipamento, também foi necessária a indicação de uma órtese *cock up* que pudesse conter o posicionamento de punho, o que permitiu a utilização de um novo recurso de TA, uma ponteira ou caneta *touch*, que foi posicionada entre o polegar e o dedo indicador de A (Figura 3).

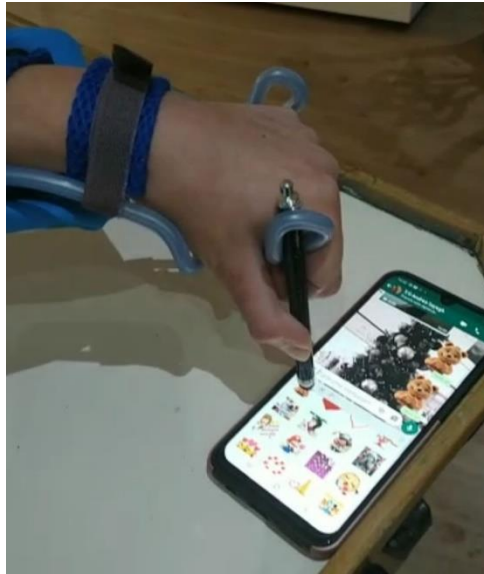


Figura 3. Órtese *cock up* e caneta *touch*.

O treino do novo dispositivo foi capaz de interferir na ação da gravidade, permitindo que A. realizasse movimentos com membro superior esquerdo em nível de ombro e cotovelo, além de movimentos leves e simultâneos de extensão e flexão do punho para conseguir usar o celular. A. apresentou evolução gradativa em amplitude e precisão desses movimentos, o que lhe possibilitou executar suas atividades de interesse. Manteve-se interessada e dedicada a todos os treinos propostos nas sessões de teleatendimento, o que refletia também em maior motivação e engajamento das terapeutas e de sua cuidadora, sempre parte essencial nessa mediação.

A partir dos treinos e do uso desses recursos em casa, foi possível observar um discreto ganho em amplitude de movimentos ativos do membro superior esquerdo, o que refletiu em maior facilidade e agilidade no acesso aos dispositivos móveis (celular, tablet), no apontamento direto dos itens em seu álbum de comunicação, ainda que com restrições e lentidão, além de possibilidades de maior independência na execução das pinturas com o uso de tinta, papel e instrumentos de apoio (pincéis, esponjas, rolinho ou com a extensão dos próprios dedos, sem o uso da órtese).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do risco de perdas funcionais e de habilidades previamente adquiridas com a interrupção da rotina de terapias presenciais, sendo viável e justificável a modalidade de teleatendimento por conta da pandemia COVID-19, se fez necessária uma nova abordagem de intervenção terapêutica.

Os objetivos das sessões de teleatendimento no relato deste caso, que incluiu as especialidades de terapia ocupacional e fonoaudiologia, foram pensados não apenas visando minimizar perdas, mas também como forma de manutenção dos vínculos terapêuticos já estabelecidos previamente com a paciente, além de proporcionar a aproximação dos terapeutas com a rotina familiar de A., o que foi permitido pela realização da videochamada.

As orientações à cuidadora formal quanto à continuidade e sistematização dos treinos, além das sessões de teleatendimento, valorizaram tarefas e atividades que poderiam ser realizadas em casa, o que proporcionou oportunidades de experimentação diária dos recursos assistivos. Esse fato contribuiu não apenas para a manutenção de habilidades já adquiridas por A., mas também promoveu ganho em controle motor e maior funcionalidade na realização de atividades de seu interesse, implicando em maior motivação e protagonismo cotidiano, restrito devido ao contexto de isolamento social.

O uso do tablet foi proposto a partir da seleção de aplicativos e jogos adequados à amplitude de movimentos de membro superior, considerando interesses e motivação da paciente. Essa seleção criteriosa favoreceu melhores oportunidades e condições para que a funcionalidade de A. se tornasse cada vez mais presente.

Em relação ao uso do computador em casa, optou-se em dar continuidade no trabalho que já havia sido iniciado nos atendimentos presenciais realizados na ONG, que contava apenas com recursos de acessibilidade do sistema operacional *Windows* como: o uso de teclas de aderência, que reduzem a velocidade de digitação; teclas de filtragem, que permitem o uso de teclas simultaneamente; substituição do mouse pelo teclado numérico do computador; e redução na velocidade do cursor. O desempenho de A. com o uso dessa configuração se mostrou satisfatório, não sendo necessária a busca por outros sistemas ou configurações nesse primeiro momento.

As estratégias apresentadas aqui são apenas um pequeno relato sobre contextos que foram propostos durante as sessões de teleatendimento como meio facilitador do uso de recursos de TA. Além de priorizar atividades que pudessem favorecer funcionalidade mesmo diante de limitada amplitude de movimento, as tarefas desenvolvidas com o apoio da internet, das mídias sociais, dos aplicativos e o uso do álbum de comunicação foram também sugeridas, de forma a possibilitar um trabalho direcionado à

leitura e à escrita, ao uso da matemática, ao incentivo para formulação de ideias, expressão de pensamentos e aquisição de conhecimentos.

A possibilidade de priorizar preferências, interesses e desejos do paciente, à medida que o treino de uso com tecnologia assistiva visa a exercitar componentes físicos e cognitivos, atribui grande valor ao grau de funcionalidade e à autonomia, o que reflete em uma prática de uso mais amplo desses recursos, a de proporcionar prazer e bem-estar psicoemocional.

Construir caminhos para desenvolver capacidades é natural durante a infância, de forma que na fase adulta o indivíduo possa chegar ao uso pleno de suas habilidades ou ao abandono total de recursos, caso não tenha tido uma prática suficientemente significativa de uso.

Nesse contexto, ainda que indivíduos adultos já apresentem comprometimentos instalados e limitações na sua evolução, é essencial viabilizar capacidades, evitar frustrações, desuso de recursos ou gastos energéticos desnecessários em treino com ferramentas e estratégias que não poderão servir de suporte real às suas necessidades e demandas diárias.

É considerando a clínica do paciente, o atendimento conjunto de profissionais especializados, a tomada de decisões compartilhadas e, sobretudo, a orientação e o engajamento de familiares e cuidadores no processo de intervenção, que podemos garantir, ao paciente, proposições reais de construção de novas formas de autonomia e funcionalidade em sua vida.

Quando falamos mais especificamente no uso de TA, em qualquer de suas modalidades, o próprio avanço da tecnologia já tem nos possibilitado levar o paciente a ter acessibilidade a diferentes recursos e seus benefícios. O envolvimento da equipe e as constantes atualizações sobre novas tecnologias influenciam diretamente na capacidade efetiva de proporcionar meios para que esses indivíduos possam manter, reconstruir e ressignificar suas habilidades.

REFERÊNCIAS

1. Agreli HF, Peduzzi M, Silva MC. Atenção centrada no paciente na prática interprofissional colaborativa. *Interface*. 2016; 20(59):905-16.
2. Araújo RL, Oliveira PG. Potenciais danos silenciosos da pandemia COVID-19 em crianças com transtorno do neurodesenvolvimento e paralisia cerebral. *Resid Pediatr*. 2020; 10(3). doi: 10.25060/residpediatr-2020.v10n3-418.
3. Araújo TAM, Vasconcelos ACCP, Pessoa TRRF, Forte FDS. Multiprofessional it and interprofessionalism in a hospital residence: preceptors and residents' view. *Interface*. 2017; 21(62):601-13.

4. Batorowicz B. Social participation of school-aged children who use communication aids: the views of children and parents. *Augment Altern Commun.* 2014; 30(3):237-251.
5. Ben-Pazi H, Beni-Adani L, Lamdan R. Accelerating telemedicine for cerebral palsy during the COVID-19 pandemic and beyond. *Front Neurol.* 2020; 11:746. doi: 10.3389/fneur.2020.00746.
6. Bersch R, Martins D. Serviço de tecnologia assistiva em escolas públicas e processos de avaliação para acessibilidade ao computador e à CAA. In: Passerino LM, Bez MR, Pereira ACC, Perez A, organizadoras. *Comunicar para incluir.* Porto Alegre: APBEE; 2013. p. 439-63.
7. Braccialli LMP. Fatores que interferem no acesso motor da criança com paralisia cerebral aos recursos de comunicação alternativa. In: Passerino LM, Bez MR, Pereira ACC, Perez A, organizadoras. *Comunicar para incluir.* Porto Alegre: APBEE; 2013. p. 329-42.
8. Castro NM, Blascovi-Assis SM. Escalas de avaliação motora para indivíduos com paralisia cerebral: artigo de revisão. *Cad Pós-grad Distúrb Desenvolv.* 2017; 17(2):18-31.
9. Costa RC, Fiorini MLS, Manzini EJ. Trabalho colaborativo entre o professor de educação física e do atendimento educacional especializado. In: *Anais do 7º Congresso Brasileiro de Educação Especial*; 2016 nov. 1-4; São Carlos, São Paulo, Brasil. Disponível em: <https://proceedings.science/cbee/cbee7/papers/trabalho-colaborativo-segundo-professores-de-educacao-fisica-com-o-professor-do-atendimento-educacional-especializado?lang=en>.
10. Damiani MF. Entendendo o ensino colaborativo em educação e revelando seus benefícios. *Educar.* 2008; 31:213-30.
11. D'amour D, Goulet L, Labadie JF, Rodriguez SM, Pineault R. A model and tipology of collaboration between professionals in health care organizations. *BMC Health Serv Res.* 2008; 8(188):1-14.
12. Fabri MH, Sella KR. A comunicação suplementar e alternativa na clínica com adultos e idosos: desafios e saberes na busca da funcionalidade da comunicação. In: Deliberato D, Nunes DRP, Gonçalves MJ, organizadoras. *Trilhando juntos a comunicação alternativa.* Marília: AB-PEE; 2017. p. 319-35.
13. Galvão Filho TA. A tecnologia assistiva: de que se trata? In: Machado GJC, Sobral MN, organizadores. *Conexões: educação, comunicação, inclusão e interculturalidade.* Porto Alegre: Redes; 2009. p. 207-35.
14. Kampwirth, TJ. *Collaborative consultation in the schools: effective practices for students with learning and behavior problems.* New Jersey: Pearson Education; 2003 apud Machado AC, Bello SF, Almeida, MA. O papel consultivo do fonoaudiólogo: algumas reflexões sobre a consultoria colaborativa na escola regular. *Rev Educ Espec.* 2012; 25(43):233-48.
15. Manzini MG, Pelosi MB, Martinez CMS. Reflexões sobre a terapia ocupacional e o uso da comunicação alternativa em contextos de vida diária. In: Manzini MG, Martinez CMS. *Terapia ocupacional e comunicação alternativa em contextos de desenvolvimento humano.* São Carlos: EdUFSCar; 2019. p. 17-36.
16. Manzini MG, Assis CP, Martinez CMS. Contribuições da terapia ocupacional na área da comunicação suplementar e/ou alternativa: análise de periódicos da terapia ocupacional. *Cad Ter Ocup UFSCar.* 2013; 21(1):59-73.
17. Manzini MG, Figueiredo MO, Manzini ACG, Martinez CMS. Occupational therapy and alternative communication: collaborative intervention with communication partners of a child with cerebral palsy. *Cad Bras Ter Ocup.* 2021; 29:e2057. doi: <https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoAO2057>.

18. Margre LM, Reis MGL, Morais RLS. Caracterização de adultos com paralisia cerebral. *Rev Bras Fisioter.* 2010; 14 (5):417-25.
19. Marpole R, Blackmore AM, Gibson N, Cooper MS, Langdon K, Wilson AC. Evaluation and management of respiratory illness in children with cerebral palsy. *Front Pediatr.* 2020; 8:333. <https://doi.org/10.3389/fped.2020.00333>.
20. Pelosi MB. Tecnologia assistiva. In: Nunes LROP, Quiterio PL, Walter CCF, Schirmer CR, Braun P, organizadores. *Comunicar é preciso. Em busca das melhores práticas na educação do aluno com deficiência.* Marília: ABPEE; 2011. p. 37-46.
21. Previato GF, Baldissera VDA. A comunicação na perspectiva dialógica da prática interprofissional colaborativa em saúde na atenção primária à saúde. *Interface.* 2018; 22(2): 1535-47.
22. Queiroz DTS, Fernandes ACN, Carvalho MS, Silva GG, Muller AB. Comparação entre GMFCS e CIF na avaliação da funcionalidade na paralisia cerebral. *Rev Neurocienc.* 2020; 28:1-27.
23. Rocha ANDC. Recursos e estratégias da tecnologia assistiva a partir do ensino colaborativo entre os profissionais da saúde e da educação. [Tese]. Marília: Universidade Estadual Paulista; 2013.
24. Verdiani MBV, Gomes JLG, Nishida MH, Marinho MP, Braga DM. Aplicabilidade da CIF baseada nos objetivos funcionais na paralisia cerebral. *Rev Científ CIF Brasil.* 2016; 5(5):2-14.
25. Vilaronga EGM, Rios CA. Ensino colaborativo para o apoio à inclusão escolar: práticas colaborativas entre os professores. *Rev Bras Estud Pedag.* 2014; 5(239):139-51.



SEÇÃO 2

**Jogos eletrônicos e jogos
sérios como recurso
tecnológico para auxiliar na
educação e na saúde**

11

Jogos sérios em saúde: conceitos e aplicações

Tiago França Melo de Lima

Gilda Aparecida de Assis

Ana Grasielle Dionísio Correa

Alexandre Fonseca Brandão

INTRODUÇÃO

A criação e o uso de jogos visando à interação social e ao entretenimento remontam à Antiguidade (15). Os primeiros jogos digitais, por sua vez, surgiram com os primeiros sistemas de computação, também em busca de oferecer entretenimento e diversão (16, 36). Os jogos digitais acompanharam a evolução tecnológica e incorporaram em seus projetos inovações de hardware, software e também de metodologias, técnicas e ferramentas de design e desenvolvimento, com o objetivo de oferecer uma boa experiência aos jogadores (18, 19, 36). É intuitivo dizer que todo jogo deve proporcionar entretenimento aos seus jogadores, e que isso é um requisito essencial para a criação e manutenção do círculo mágico e da atitude lúdica exercida pelos jogadores (28).

Esse desafio é ainda maior para uma classe especial de jogos, geralmente denominados “jogos sérios” (do inglês, *serious games*), os quais buscam atingir algo além do entretenimento (26, 33). Jogos sérios são definidos como aqueles que não têm o entretenimento, prazer ou diversão como seu objetivo primário (26) e utilizam recursos da indústria de jogos em áreas como educação, saúde, políticas públicas, ciência e treinamento corporativo (31, 32).

O “movimento” em torno dos jogos sérios teve início em 2002, quando o jogo *America's Army*, disponibilizado gratuitamente pelo exército dos Estados Unidos, atingiu amplo conhecimento público, com mais de cinco milhões de usuários registrados (14). Mas a aplicação de jogos para fins diferentes do entretenimento possui precedência histórica muito mais ampla, especialmente no contexto educacional (35). Segundo Sawyer e Smith (32), jogos sérios são jogos computacionais, cuja missão principal não é o entretenimento e também aqueles jogos de entretenimento que podem ser reaplicados em uma missão diferente do entretenimento. Definição semelhante foi proposta por Zyda (37): “[...] um desafio mental, jogado com um computador, de acordo com regras específicas, que usam o entretenimento para promover treinamento governamental ou corporativo, educação, saúde, políticas públicas e objetivos de comunicação estratégica”. Uma discussão mais aprofundada sobre as origens e conceituação dos jogos sérios pode ser encontrada na literatura (1, 11, 33, 35, 36).

Inúmeros jogos sérios têm sido desenvolvidos no ambiente acadêmico, de pesquisa, pela indústria de jogos e aplicados em várias áreas do conhecimento e contextos, voltados para diferentes públicos e finalidades. Neste capítulo serão introduzidos alguns conceitos sobre jogos sérios, com foco nos jogos eletrônicos, e exemplos de sua aplicação na área de saúde.

JOGOS SÉRIOS

A partir das seis características do “jogar”, que foram descritas no livro *Homo Ludens* (15), Michael e Chen (26) resumizam que “[...] jogos são uma atividade voluntária, obviamente separada da vida real, que cria um mundo imaginário que pode ou não ter qualquer relação com a vida real e que absorve toda a atenção do jogador; que ocorre em um tempo e local específicos, de acordo com regras estabelecidas, e que cria grupos sociais a partir dos seus jogadores”. E definem jogos sérios como aqueles que não têm o entretenimento, prazer ou diversão como seu objetivo primário.

Essa definição é simples e ampla o suficiente para englobar ou criar uma intersecção com outros termos que também são usados quando jogos são aplicados em diferentes áreas e contextos, como, por exemplo, *edutainment* (educação por meio do entretenimento, sem se limitar a jogos), *game-based learning* (aprendizagem baseada em jogos), *games with purpose* (jogos com propósito sério), *persuasive games* (jogos persuasivos), *exergames* (jogos eletrônicos cuja interação é baseada no movimento dos usuários).

E a definição de limites nem sempre é óbvia. Por exemplo, todos os jogos educativos de entretenimento (*edutainment games*) poderiam ser classificados como jogos sérios, mas a amplitude dos jogos sérios vai além do entretenimento educacional, e, de forma semelhante, há atividades de entretenimento educacional que não são necessariamente jogos. É importante mencionar que o conceito “ludificação” ou “gamificação” (do inglês *gamification*), embora relacionado ao “mundo dos jogos sérios”, se caracteriza pelo uso de elementos de design característicos de jogos em contextos não jogo, para finalidades além do entretenimento (10). Segundo Deterding et al. (10), o que distingue sistemas gamificados de jogos sérios é que os primeiros são construídos com a intenção de ser um sistema que inclui elementos de jogos, e não um jogo completo.

Os jogos podem ser classificados usando diferentes métodos. Uma possibilidade inicial é classificar com base em suas características. Por exemplo, o surgimento dos sistemas de computação permitiu criar uma distinção óbvia entre usar ou não recursos computacionais como meio para a atividade de jogar, e, assim, classificar os jogos em eletrônicos (geralmente denominados jogos digitais) ou não eletrônicos (analógicos). Dentro do universo dos jogos analógicos, é possível definir subcategorias, tais como jogos de tabuleiro, de cartas e atléticos. Várias outras características permitem criar distinções para classificar os jogos, como, por exemplo, número de jogadores (*single player* ou *multiplayer*), local de interação (presencial ou remoto), plataforma (video-game, computador, smartphone), interfaces de controle (teclado, mouse, joystick, microfone, *touchscreen*, *wearables*) e de feedback (tela, alto-falante, visor em óculos de realidade virtual), gênero (ação, aventura, estratégia, luta, esporte). Diversos trabalhos

de pesquisa foram desenvolvidos sobre classificação de jogos. A seguir, vamos apresentar alguns voltados para jogos sérios.

Uma pesquisa foi conduzida por Ratan e Ritterfeld (29) para criar uma base de dados de jogos sérios, e, a partir de sua análise, propuseram um sistema de classificação de jogos sérios que considera quatro dimensões: conteúdo educacional primário, princípio de aprendizagem primário (prática de habilidades, ganho de conhecimento por meio da exploração, resolução de problemas cognitivos, resolução de problemas sociais), faixa etária do público-alvo e plataforma.

Segundo Djaouti et al. (11), alguns modelos de classificação propostos eram limitados por serem baseados em um único critério, como mercado (por exemplo, saúde, defesa, educação, arte, religião) ou propósito (ativismo, política, saúde, publicidade, negócios, entre outros), ou por considerarem somente esses dois critérios. De acordo com os autores, esses modelos permitem apresentar uma visão geral do campo “Jogos Sérios” por serem focado no aspecto “sério”, mas apresentam uma limitação em seu escopo ao não considerar a dimensão “jogo”. Eles então propuseram o modelo *Gameplay/Purpose/Scope* (G/P/S) para classificar jogos sérios: *Gameplay* fornece informações sobre a estrutura do jogo, como ele é jogado; *Purpose* se refere à finalidade pretendida, além do entretenimento que foi projetado pelo designer; *Scope* se refere à aplicação destinada do jogo, tipo de mercado, audiência, quem irá jogá-lo (11).

Laamarti et al. (21) propuseram uma classificação baseada em cinco critérios: área de aplicação (educação, bem-estar, treinamento, publicidade), atividade (esforço físico, fisiológico, mental), modalidade (visual, auditivo, tátil, olfativo, outro), estilo de interação (teclado ou mouse, rastreamento de movimento, interfaces tangíveis, interfaces cerebrais, *eye gaze*, joystick, outro), e ambiente (presença social, realidade mista, ambiente virtual, 2D ou 3D, conscientização de localização, mobilidade, online).

No trabalho realizado por De Lope e Medina-Medina (9), foi proposta uma taxonomia compreensiva mais ampla para jogos sérios, envolvendo características particulares do design e desenvolvimento dos jogos, plataformas para executar os jogos, e aspectos operacionais, tais como uso, usuários e distribuição. Os critérios foram divididos em seis blocos, que agrupam aspectos conceitualmente relacionados: desenvolvimento (processos e metodologias usados para criar o jogo), plataforma (aspectos da plataforma em que o jogo é executado), design (aspectos relativos à definição e design do jogo), uso (atributos da dinâmica do jogo), usuários (tipos de jogadores), e modelo de negócios (formas de distribuição).

Propostas de taxonomia e classificação com escopo mais específico também foram criadas. Mueller et al. (27) propuseram uma taxonomia para categorizar e comparar jogos de esforço (*exertion games*) com foco nos aspectos sociais (por exemplo, se é competitivo ou cooperativo). Essa categoria de jogos sérios é também conhecida como jogos de movimento e se caracteriza por combinar atividades físicas com tecnologias

computacionais. Tais jogos possuem um mecanismo de entrada no qual o usuário investe intencionalmente esforço físico, e o objetivo do jogo é impossível de ser alcançado pelo jogador exceto por meio de vários graus de competência motora grossa (capacidade motora usada para movimentar nosso corpo, braços e pernas para andar, correr, saltar, manter o equilíbrio) (27). De acordo com os autores, nesses jogos, o jogador depende de suas próprias habilidades físicas, enquanto que, naqueles que não são de esforço, os objetivos podem ser atingidos de outras formas, como, por exemplo, movimentando um mouse (27). Um questionamento que fazemos sobre esse ponto de vista em particular é em relação às pessoas que possuem alguma limitação física, motora, para quem movimentos geralmente vistos como “simples” (mover um mouse) podem exigir um grande esforço físico. Para que sejam de fato abrangentes, tais propostas de taxonomia deveriam considerar a variabilidade de características, tanto dos jogos, tecnologias e áreas de aplicação, quanto dos jogadores.

Uma taxonomia de jogos sérios para demência, baseada nas funções de saúde, que define as categorias (cognitiva, física, socioemocional) e os tipos (prevenção, reabilitação, avaliação, educação) aos quais se aplicam, foi proposta por Mccallum e Boletsis (25). A taxonomia também inclui a categorização dos tipos de jogador: pacientes em potencial - pessoas não diagnosticadas com demência, mas com estado de saúde em ponto crítico; pacientes - pessoas diagnosticadas com algum tipo de demência; público - população que não possui relação direta com demência; profissionais - pessoas que não são pacientes, mas cujas vidas são afetadas diretamente pela demência, como profissionais de saúde, cuidadores, pesquisadores (25).

No campo da reabilitação, Rego et al. (30) conduziram uma revisão sobre a aplicação de jogos sérios e propuseram um sistema de classificação para permitir distingui-los e compará-los em relação às suas características fundamentais, visando facilitar a comunicação entre a equipe de desenvolvimento e os clientes ou profissionais. Eles estabeleceram os seguintes critérios: área de aplicação (reabilitação cognitiva / física), tecnologia usada pelo paciente para interagir com o sistema (desde dispositivos tradicionais como mouse e teclados a dispositivos de realidade virtual e interfaces hápticas), interface do jogo (2D ou 3D), número de jogadores (*single* ou *multiplayer*), gênero do jogo (jogos para avaliar movimento, simulação, estratégia), adaptabilidade (capacidade ou não do jogo se adaptar dinamicamente conforme o desempenho do paciente), feedback de desempenho (habilidade do sistema em transmitir ao paciente os resultados da interação), monitoramento de progresso (habilidade do sistema de armazenar os resultados do paciente), portabilidade (capacidade do sistema de ser usado em casa, clínica ou hospital) (30).

Uma taxonomia para categorizar jogos em saúde também foi proposta pelo *Games for Health Project*, conforme ilustrado no Quadro 1.

Quadro 1. Taxonomia de jogos para a saúde.

Área da Saúde	Pessoal	Prática Profissional	Pesquisa/Academia	Saúde Pública
Preventiva	- <i>Exergaming</i> - Estresse	- Comunicação do paciente	- Coleta de dados	- Mensagens de saúde pública
Terapêutica	- Entretenimento para reabilitação - Gerenciamento de doenças	- Distração de dor - Ciberpsicologia - Gerenciamento de doenças	- Seres humanos virtuais	- Socorristas
Avaliação	- Autoavaliação	- Mensuração	- Incentivo	- Interface / Visualização
Educacional	- Primeiros socorros - Informação médica	- Habilidades / Treinamento	- Recrutamento	- Simuladores de gerenciamento
Informacional	- Registros de saúde pessoal	- Prontuário eletrônico	- Visualização	- Epidemiologia

Adaptado de Sawyer e Smith (32).

A área de jogos sérios evoluiu tanto em termos de indústria quanto como campo científico, mas ainda são muitos os desafios. A intersecção entre diversas áreas de conhecimento, como Ciência da Computação, Medicina, Psicologia, Pedagogia, para a criação e aplicação de jogos em problemas reais para atingir objetivos além do entretenimento, é algo tanto promissor quanto complexo. A seguir, apresentaremos exemplos da aplicação de jogos sérios na área de saúde.

APLICAÇÕES DE JOGOS SÉRIOS EM SAÚDE

A área de saúde possui diversos desafios que se apresentam como oportunidades para a utilização dos jogos sérios e de tecnologias, tais como realidade virtual, realidade aumentada, dispositivos vestíveis (*wearable devices*). Assim, é possível encontrar aplicações de jogos sérios voltados para diversas finalidades, tais como treinamento profissional, educação em saúde pública, promoção da saúde, e em atividades clínicas e terapêuticas voltadas para prevenção, diagnóstico e reabilitação. Nossa proposta, nesta seção, não é apresentar uma lista das possíveis aplicações e sim trazer alguns exemplos práticos, desenvolvidos pelos autores e seus respectivos grupos de pesquisa, que sejam ilustrativos e que possam despertar no leitor o interesse pela área.

Educação em Saúde Pública

Quando se comparam com outras áreas, as iniciativas de jogos voltados para a saúde pública parecem ser mais escassas, talvez pela falta de interesse da indústria, pela complexidade inerente à área ou pela dificuldade em mensurar os resultados. Por exemplo, em um mapeamento sistemático, conduzido por Lima e Davis Jr. (23), sobre jogos sérios relacionados ao mosquito *Aedes aegypti* e vírus por ele transmitidos (dengue, chikungunya, febre amarela e zika), que colocam em risco cerca de quatro bilhões de pessoas, foram encontrados somente sete jogos, e apenas dois estavam acessíveis publicamente para *download*. Um deles, X-Dengue, propõe a conscientização e mudança comportamental da população por meio de uma plataforma baseada em jogos, a ser usada como ferramenta complementar e de apoio à vigilância epidemiológica (22, 24). A conscientização da população é uma das estratégias de prevenção utilizada na saúde pública. Os jogos são uma ferramenta poderosa para promover a conscientização e mudanças comportamentais, e o fomento ao desenvolvimento e aplicação de jogos deveria fazer parte das estratégias e políticas públicas de saúde.

Reabilitação

Os jogos sérios para reabilitação são exemplos de jogos adotados na área terapêutica, que podem tanto proporcionar entretenimento no processo de reabilitação quanto mecanismos para o gerenciamento da doença. Em geral, há duas abordagens: 1) adoção de jogos disponíveis no mercado com adaptação das intervenções para adequar o jogo ao uso terapêutico; 2) adoção de jogos específicos desenvolvidos conforme os requisitos da intervenção, definidos por profissionais de saúde. Na primeira abordagem, profissionais de saúde selecionam jogos disponíveis no mercado e adaptam suas práticas, espaços e instrumentos para a inclusão desses jogos como parte do processo terapêutico. Na segunda, em geral, não são necessárias mudanças significativas na prática profissional, pois os jogos são projetados para atender às necessidades específicas de intervenção, mas é preciso considerar fatores como custo e tempo de desenvolvimento, e possíveis limitações de jogabilidade.

A adoção de jogos específicos para uso terapêutico é dificultada pela carência de jogos, devido ao menor investimento e apelo mercadológico dos jogos sérios em comparação aos de entretenimento. Assim, muitas vezes, esses jogos são desenvolvidos como produtos de pesquisa e não dispõem dos mesmos recursos econômicos, humanos e tecnológicos da indústria de jogos para entretenimento.

Na classificação de jogos para reabilitação proposta por Rego et al. (30), um dos critérios é a tecnologia usada pelo paciente para interagir com o sistema, que compreende desde mouse e teclados a dispositivos de realidade virtual, eletromiografia, eletroencefalografia e interfaces hápticas. Particularmente, os jogos de realidade virtual podem fornecer estímulos motores e/ou cognitivos e, portanto, ser úteis quando associados aos processos de treinamento ou reabilitação (37).

Atualmente, no campo da recuperação motora e neurofuncional, as tecnologias que utilizam ambientes de realidade virtual têm buscado ampliar alguns dos sistemas sensoriais a partir de simulações que possam permitir determinadas ações do paciente que, em situações reais, podem estar limitadas pela condição de incapacidade momentânea. Nesse contexto, têm-se buscado estratégias inovadoras para melhorar a função motora, como, por exemplo, para a reabilitação do membro superior de um paciente que sofreu um acidente vascular cerebral (AVC). Os movimentos articulares dos braços e extremidade distal são necessários para as tarefas no cotidiano e estão em constante processo de atrofia muscular durante o decorrer da vida do indivíduo com AVC, o que torna a busca de novas técnicas de fortalecimento e reabilitação de membros superiores um grande interesse social.

Um estudo de aplicabilidade com dois jogos sérios de realidade virtual foi conduzido por Brandão et al. (3). Os jogos *GesturePuzzle* e o *GestureChair* possuem potencial para uso na reabilitação de pessoas com sequelas motoras pós-AVC. O *GesturePuzzle* (2) é um quebra-cabeça que permite ao usuário arrastar peças virtuais de um lado para o outro da tela, executando movimentos nos três planos de movimento (coronal, sagital e transversal). Para montar o quebra-cabeça, o jogador deve posicionar a mão sobre uma das peças e mover a peça para a grade (matriz de encaixe), no lado esquerdo da tela (Figura 1, à esquerda). O jogador pode se aproximar do sensor (Kinect) caso tenha uma limitação severa na amplitude de movimento e, de forma semelhante, na medida em que ocorre um ganho funcional de movimento, ele pode adequar o estímulo motor às suas necessidades em cada momento do processo de reabilitação (34). O segundo jogo, *GestureChair*, é inspirado no jogo *Pacman* (Figura 1, à direita). O usuário controla o personagem do jogo com movimentos manuais e dos membros superiores ao invés de usar o teclado, e o software reconhece os gestos. Por exemplo, a flexão de cotovelo determina que o personagem seja movido para cima e a extensão de cotovelo que ele seja movimentado para baixo. O jogo foi inicialmente proposto para ser controlado a partir da posição sentada, o que reforça a sua indicação para pessoas com lesões medulares (20).

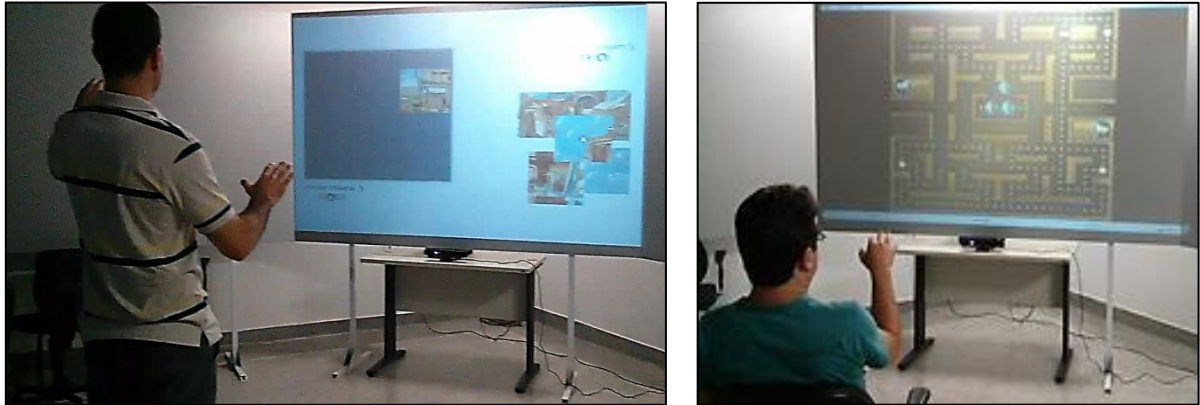


Figura 1. *GesturePuzzle* e *GestureChair*. (2).

Um estudo realizado por Corrêa et al. (7) abordou os efeitos de um programa terapêutico com uso de jogos de realidade virtual controlados pelo sensor *Leap Motion Controller* para reabilitação da função manual em adultos com paralisia cerebral (Figura 2). O objetivo do usuário é agarrar objetos e soltá-los em suas respectivas posições, exercitando o movimento de abrir e fechar as mãos. O jogo permite que o terapeuta configure o tempo de jogo e a sequência de execução das mãos (por exemplo, primeiro, com a mão dominante; segundo, com a mão não dominante; e terceiro, com ambas as mãos). A intervenção durou 15 semanas, com frequência de duas vezes por semana durante 30 minutos, e a função manual dos participantes foi avaliada pelo Teste de Caixa e Blocos e pelo Teste de Função Manual Jebsen-Taylor. Por meio de depoimentos, os participantes demonstraram satisfação e sugeriram mudanças para melhorar a usabilidade dos jogos.

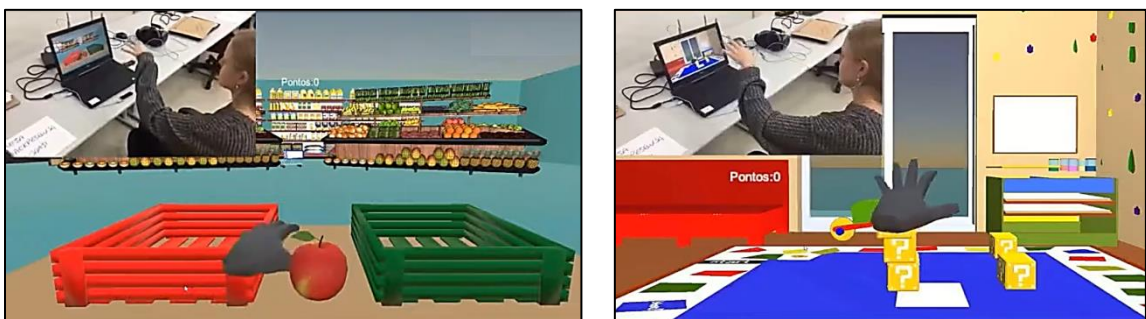


Figura 2. Jogos controlados pelo sensor *Leap Motion* (7).

O jogo musical de realidade aumentada GenVirtual foi projetado para reabilitação motora e cognitiva de crianças com deficiência (6). Ele apresenta cubos sonoros coloridos sobrepostos aos marcadores de papel e uma câmera captura a interação do usuário (Figura 3, acima). O fisioterapeuta pode posicionar os marcadores de papel sobre uma mesa para estimulação de membros superiores (Figura 3, no centro) ou no chão para membros inferiores (Figura 3, abaixo). Estudos exploratórios com o jogo foram conduzidos com crianças com paralisia cerebral e com crianças com distrofia muscular de Duchenne.



Figura 3. Genvirtual acima, membros superiores no centro, e membros inferiores abaixo (6).

Dois jogos sérios para uso na reabilitação de crianças com pé torto congênito foram propostos por Ferreira et al. (12). Eles são controlados por um calçado do tipo *papete* equipado com acelerômetros embarcados, responsáveis por detectar a movimentação do pé (Figura 4, à esquerda): dorsiflexão, flexão plantar, inversão e eversão. Os jogos fazem uso da metáfora de corrida de carros. Por exemplo, no jogo *Acelera* (Figura 4, no centro), ao mover o pé para cima (dorsiflexão), o carro se movimenta para cima na pista; enquanto no jogo *Papa Bolinhas* (Figura 4, à direita), ao rotacionar e levantar o pé para fora / dentro (eversão / inversão), o carro se movimenta para direita / esquerda na pista. Trata-se de um jogo controlado por tecnologia vestível, em que a criança, intuitivamente, controla o veículo com os movimentos dos pés.

Os autores desenvolveram algumas estratégias que podem ser utilizadas para configurar o nível de engajamento do jogador no jogo, são elas: definição do ângulo de elevação dos movimentos de dorsiflexão e flexão plantar; definição da quantidade de obstáculos no jogo que afeta o tempo de jogo (níveis de dificuldade); definição da velocidade de animação do jogo que implica em aumentar ou diminuir a dificuldade de execução dos movimentos. Essas estratégias vão de encontro à Teoria do Fluxo (8), que ressalta que se o desafio do jogo for muito grande para a habilidade do jogador, a ansiedade gerada pode fazer com que o indivíduo desista de jogar; e se o desafio for muito baixo para a habilidade do jogador, a atividade poderá causar o tédio.



Figura 4. Papete para controle do jogo, à esquerda; *Acelera*, no centro; e *Papa bolinhas*, à direita (12).

DESAFIOS PARA O USO DE JOGOS SÉRIOS NA SAÚDE

A integração de jogos na saúde envolve diversas questões que devem ser endereçadas antes de incorporar os jogos à prática profissional. A seleção dos jogos mais apropriados, o uso do jogo com ou sem a presença do profissional de saúde, o acompanhamento das atividades realizadas com os jogos, a adequação dos espaços de inter-

venção para o uso dos jogos, o planejamento de exercícios e atividades apropriados ao programa de reabilitação do paciente, e factíveis de serem realizados com o jogo, e as adequações para o uso dos jogos em teleconsulta e telemonitoramento são algumas dessas questões. Esses desafios são discutidos nas próximas seções.

Seleção de jogos para reabilitação

Os resultados do uso de quatro jogos sérios por crianças com PC foram descritos por Bonnechère et al. (4). Os jogos eram controlados pelo Nintendo Wii e foram projetados e adaptados para essa patologia, tendo como objetivo terapêutico o equilíbrio e controle de postura. Os autores encontraram dificuldades para comparar os resultados com outros trabalhos na literatura, uma vez que o número e duração das sessões e os jogos eram diferentes. Apesar do número reduzido de quatro sessões de 30 minutos, os autores relataram um aumento significativo nos valores de controle de tronco das crianças e que elas apreciaram o jogo e não experimentaram dificuldades para jogar.

Um estudo com um jogo disponível comercialmente com o mesmo objetivo terapêutico de controle de tronco em crianças com PC foi apresentado por Jelsma et al. (17). O estudo mostrou resultados positivos no controle postural e na motivação das crianças. Entretanto, como esses jogos comerciais foram projetados principalmente para diversão e não para reabilitação, os autores observaram que, para pacientes com limitações severas, não é simples integrá-los na reabilitação por motivos como a velocidade exigida do paciente para jogar, a amplitude dos movimentos necessária ou até mesmo a complexidade visual do jogo, que pode ser um fator perturbador para pacientes com PC. Portanto, a escolha de qual jogo utilizar na reabilitação, quando existem jogos desenvolvidos para a reabilitação e jogos comerciais para o mesmo objetivo terapêutico, envolve uma análise prévia das limitações do paciente, de forma a selecionar um jogo adequado e motivador e que não provoque frustração.

Uma revisão sistemática sobre jogos na reabilitação física foi conduzida por Bonnechère (5). Os estudos foram divididos em jogos comerciais e jogos específicos e agrupados quanto ao público-alvo: idosos, obesos, pessoas com sobrepeso, pacientes que sofreram acidente vascular cerebral, pessoas com déficit de equilíbrio, pessoas com paralisia cerebral e pessoas com doença de Parkinson. Ainda que estudos de reabilitação com pacientes com câncer, esclerose múltipla, com malformações congênitas, ou pacientes que sofreram acidentes de trânsito, dentre outras patologias, não tenham sido incluídos na pesquisa de Bonnechère (5), muitos dos estudos analisados utilizaram jogos que podem se adequar a essas outras patologias, desde que tenham objetivos terapêuticos em comum.

Acompanhamento das atividades realizadas com jogos

Um mapeamento sistemático de estudos sobre jogos aplicados na reabilitação domiciliar foi realizado por Gmez-Portes et al. (13). O estudo teve como foco crianças e adolescentes que já são familiarizados com jogos e que têm maior risco de abandono da terapia, dado que a repetição de exercícios físicos pode diminuir a motivação dos jovens. Os autores concluíram que a reabilitação domiciliar de jovens pode se beneficiar de jogos que sejam baseados em mecanismos naturais de interação, com dispositivos não intrusivos (*Microsoft Kinect, Nintendo Wii, ou Leap Motion*) e que possibilitem personalizar o processo de reabilitação para cada indivíduo. A análise dos trabalhos publicados mostrou que a maioria dos artigos descreve sistemas que permitem ao paciente realizar as atividades no jogo de forma autônoma em casa, mantendo uma comunicação assíncrona com o profissional de saúde. Por outro lado, os autores propuseram um sistema que utiliza uma abordagem híbrida de monitoramento e supervisão da reabilitação domiciliar baseada em feedback síncrono (em tempo real) e assíncrono (assim que os pacientes tenham finalizado a rotina de exercícios). Tanto os jogos comerciais de entretenimento quanto os jogos sérios fornecem possibilidades de continuidade da reabilitação domiciliar. Entretanto, é necessário que o planejamento terapêutico defina claramente como será feita a supervisão dessas atividades, quer seja com recursos disponíveis no próprio jogo ou pelo uso de outros instrumentos de monitoramento como questionários e registros em vídeo, imagem e áudio.

A maioria das sessões de reabilitação com uso de jogos sérios relatados na literatura aconteceram de forma presencial, nas clínicas e/ou hospitais, e com o apoio do terapeuta. No entanto, devido ao período de distanciamento social provocado pela pandemia de COVID-19, muitos atendimentos presenciais tiveram de ser cancelados. O Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (COFFITO) permitiu modalidades de teleconsulta e telemonitoramento. Dessa forma, há necessidade de disponibilizar e/ou adequar os jogos sérios para apoiar essa modalidade de tratamento. Existem diversos desafios nessa atividade, tais como: necessidade de armazenamento de dados em nuvem para acompanhar a evolução do paciente; pacientes que não possuem acesso à internet, de forma a permitir o monitoramento em tempo real; impossibilidade de realizar testes de usabilidade (atividade presencial) com público-alvo para adequação de falhas de software e/ou problemas na interface; falta de incentivos do governo para novos projetos de desenvolvimento na área, entre outros.

Adequação dos espaços para intervenção com jogos

Com a adoção de jogos para reabilitação como parte da terapia, muitas clínicas e espaços dedicados devem ser reconfigurados para receber os dispositivos de interação não intrusivos como *Microsoft Kinect, Nintendo Wii, Leap Motion*, câmera ou dispositi-

vos que são acoplados ao paciente (eletromiografia, eletroencefalografia, vestíveis) ou ainda ambientes imersivos de realidade virtual ou realidade aumentada. Particularmente, no caso de dispositivos não intrusivos, como o *Kinect*, existem distâncias mínimas e máximas entre o sensor e o paciente que devem ser observadas. Os jogos de realidade aumentada, por sua vez, necessitam de iluminação controlada e, muitas vezes, têm seu desempenho afetado pela presença de objetos no ambiente que dificultam o reconhecimento dos marcadores fiduciais. A eletroencefalografia como mecanismo de interação é bastante suscetível a ruídos ou artefatos que podem tanto ter origem “interna” (como movimentos ou piscar de olhos do voluntário) ou “externa” (como ruído da rede elétrica).

Uma possível infraestrutura para ambientes de intervenção com realidade virtual imersiva poderia incluir um ambiente com 12 metros quadrados de espaço livre, com uma ou mais telas de projeção e projetores dispostos perpendicularmente (90°) às telas; aglomerado gráfico com alto poder de desempenho computacional e interface gráfica responsiva ao uso de sensores externos de reconhecimento de gestos ou dispositivos vestíveis para interação humano-computador. Nesse caso, o uso de ambiente tridimensional pode ser obtido com óculos polarizados e projetores Full HD com lentes polarizadoras ou por meio de óculos de realidade virtual imersivos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo introduziu alguns conceitos e taxonomias sobre jogos sérios e apresentou alguns exemplos de sua aplicação na área de saúde. Jogos sérios são aqueles que não têm o entretenimento, prazer ou diversão como seu objetivo primário, mas servem para aprender, estimular e/ou desenvolver conhecimentos e habilidades motoras, sensoriais, cognitivas, emocionais e sociais. Portanto, jogos sérios têm potencial para aplicação em diferentes áreas e contextos. Em especial, na área da saúde, os jogos sérios têm sido explorados em contextos de prevenção, avaliação, terapia e educação.

Como discutido neste capítulo, a área de saúde possui diversos desafios que se apresentam como oportunidades para a utilização dos jogos sérios e de tecnologias, tais como realidade virtual, realidade aumentada, dispositivos vestíveis (*wearable devices*). Jogos de realidade virtual e/ou aumentada podem fornecer estímulos motores e/ou cognitivos adequados às necessidades do indivíduo e, portanto, ser úteis quando associados aos processos de treinamento ou reabilitação. Por sua vez, jogos integrados a dispositivos vestíveis podem prover treinamento de exercícios físicos e, ao mesmo tempo, fornecer dados cinemáticos, em tempo real, dos movimentos do corpo humano, tais como velocidade, frequência e amplitude dos movimentos, ângulos articulares e estabilidade dos membros. No contexto de saúde pública, os jogos sérios podem auxiliar no aprendizado e reforçar ações e comportamentos, como, por exemplo, ações pre-

ventivas de combate a vetores que transmitem doenças, que podem inclusive impactar na saúde de toda a comunidade a qual o jogador pertence.

Os exemplos apresentados pelos autores mostram que os jogos sérios têm potencial para auxiliar na reabilitação de pacientes com sequelas motoras ou, ainda, que esses jogos podem se tornar ferramentas de apoio à saúde pública. Entretanto, ainda existem desafios a serem superados, como a necessidade de uma equipe multidisciplinar que esteja engajada no planejamento e desenvolvimento de jogos sérios, o que, muitas vezes, demanda alto custo financeiro, tempo e recursos humanos, profissionais qualificados para desenvolvimento de design e conteúdo no domínio de aplicação, espaços de intervenção adaptados para as necessidades do jogo e mecanismos de acompanhamento e monitoramento dos pacientes durante o uso do jogo sério.

REFERÊNCIAS

1. Alvarez J, Djaouti D. An introduction to Serious game: definitions and concepts. In: Proceedings of the Serious Games & Simulation Workshop; 2011. p. 11-15.
2. Brandão AF, Dias DRC, Guimarães MP, Trevelin LC, Parizotto NA, Castellano G. Gesturecollection for motor and cognitive stimuli: virtual reality and e-health prospects. *J Health Inform.* 2018; 10(1):9-16.
3. Brandao AF, Casseb RF, Almeida SEM, Assis GA, Camargo AFB, Li LM et al. Investigation of fMRI protocol for evaluation of gestural interaction applied to upper-limb motor improvement. *J Interact Syst.* 2019; 10(1):30-4.
4. Bonnechère B, Omelina L, Jansen B, Jan SVS. Balance improvement after physical therapy training using specially developed serious games for cerebral palsy children: preliminary results. *Disabil Rehabil.* 2017; 39(4):403-6.
5. Bonnechère B. Serious games in rehabilitation. *Serious Games in Physical Rehabilitation.* 2018; 41-109. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-66122-3_4.
6. Correa AGD, Assis GA, Ficheman IK, Nascimento M, Lopes RD. Perception of health professional about clinical utility of an augmented reality musical system to motor and cognitive rehabilitation. In: XVI Symposium on Virtual and Augmented Reality; 2014 may 12-15; p. 71-9. doi: 10.1109/SVR.2014.20.
7. Corrêa AGD, Kintschner NR, Campos VZ, Assis SMB. Gear VR and leap motion sensor applied in virtual rehabilitation for manual function training: an opportunity for home rehabilitation. In: Proceedings of the 5th Workshop on ICTs for Improving Patients Rehabilitation Research Techniques; 2019 sept. 11-13; Popayán, Colômbia. p. 148-51.
8. Csikszentmihalyi M. Flow: the psychology of optimal experience. New York: Harper and Roll; 1990.
9. De Lope RP, Medina-Medina N. A comprehensive taxonomy for serious games. *J Educ Comput Res.* 2017; 55(5):629-72.

10. Deterding S, Dixon D, Khaled R, Nacke L. From game design elements to gamefulness: defining gamification. In: Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: envisioning future media environments. New York: Association for Computing Machinery; 2011. p. 9-15.
11. Djaouti D, Alvarez J, Jessel JP, Rampnoux O. Origins of serious games. In: Ma M, Oikonomou A, Jain LC. Serious Games and Edutainment Applications. London: Springer; 2011. p. 25-43.
12. Ferreira DRMJ, Baptista CKD, Rodrigues BS, Assis SMB, Correa AGD. Desenvolvimento de um jogo sério controlado por dispositivo wearable para exercícios de dorsiflexão e flexão plantar. In: Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital; 2020 nov. 7-10; Recife, PE.
13. Gmez-Portes C, Lacave C, Molina AI, Vallejo D. Home rehabilitation based on gamification and serious games for young people: a systematic mapping study. *Appl Sci*. 2020; 10(24):8849.
14. Gudmundsen J. Movement aims to get serious about games. *USA Today*. 2006. http://www.Usatoday.Com/Tech/Gaming/2006-05-19-serious-games_x.Htm.
15. Huizinga J. *Homo ludens: o jogo como element da cultura*. São Paulo: Perspectiva; 2020.
16. Ivory JD. A brief history of video games. In: Kowert R, Quandt T. *The video game debate: unravelling the physical, social, and psychological effects of digital games*. New York: Routledge; 2015. p. 1-21.
17. Jelsma J, Pronk M, Ferguson G, Jelsma-Smit D. The effect of the Nintendo Wii Fit on balance control and gross motor function of children with spastic hemiplegic cerebral palsy. *Dev Neurorehabil*. 2013; 16:27-37.
18. Jörnmark J, Ann-Sofie A, Ernkvist M. Wherever hardware, there'll be games: The evolution of hardware and shifting industrial leadership in the gaming industry. In: Proceedings of the Digital Games Research Association International Conference (DiGRA); 2005; Vancouver, Canada.
19. Kirriemuir J. A history of digital games. In: Rutter J, Bryce J. *Understanding digital games*. London: Sage, 2006. p. 21-35.
20. Krutli RS, Calixto GS, Sime MM, Mendes PVB, Brandão AF, Carrijo DCM et al. Applicability and evaluation of the gesturechair virtual game: comparison between people with and without spinal cord injury. *J Interact Syst*. 2018;9:64-71.
21. Laamarti F, Eid M, Saddik AE. An overview of serious games. *Int J Comput Games Technol*. 2014; 11:11. doi: <https://doi.org/10.1155/2014/358152>.
22. Lima TFM. A game-based platform to tackle a public health problem. In: Proceedings of the 2018 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts. 2018. p. 17-25. doi: <https://doi.org/10.1145/3270316.3270605>.
23. Lima TFM, Davis CA. A systematic mapping of game-based methods to tackle a public health problem. In: Proceedings of the International Conference on Entertainment Computing. London: Springer; 2018. p. 317-23.
24. Lima T, Barbosa B, Niquini C, Araújo C, Lana R. Playing against dengue design and development of a serious game to help tackling dengue. In: 2017 IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH); 2017. p. 1-8. doi: 10.1109/SeGAH.2017.7939294.
25. McCallum S, Boletsis C. A taxonomy of serious games for dementia. *Games for Health*. 2013; 219-32. doi:10.1007/978-3-658-02897-8_17.
26. Michael DR, Chen SL. *Serious games: games that educate, train, and inform*. Cengage Learning; 2006.

27. Mueller FF, Gibbs M, Vetere F. Taxonomy of exertion games. In: Proceedings of the 20th Australasian Conference on Computer-Human Interaction: Designing for Habitus and Habitat; 2008 dec. 8-12; Cairns, Austrália. p. 263-66.
28. Prensky M. Digital game-based learning. New York: McGraw Hill; 2001. (Chapter 5, Fun, play and games: what makes games engaging, 5-31).
29. Ratan RA, Ritterfeld U. Classifying Serious Games. In: Ritterfeld U, Cody M, Vorderer P, editors. Serious Games. London: Routledge; 2009. p. 32-46.
30. Rego P, Moreira PM, Reis LP. Serious games for rehabilitation: a survey and a classification towards a taxonomy. In: Proceedings of the 5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI); 2010. p. 1-6.
31. Sawyer B. The “Serious Games” landscape. Presented at the Instructional & Research Technology Symposium for Arts, Humanities and Social Sciences; 2007; Camden, USA.
32. Sawyer B, Smith P. Serious games taxonomy. Slides from the Serious Games Summit at the Game Developers Conference; 2008.
33. Susi T, Johannesson M, Backlund P. Serious Games: an overview. Technical report HIS-IKI-TR-07- 001: University of Skvde; 2007.
34. Tossini N, Silva G, Petrella M, Soares V, Brandão A, Serrão PRMS. Influência da realidade virtual sobre a dor, fadiga, capacidade funcional e qualidade de vida na fibromialgia: estudo de caso. *Acta Fisiátr.* 2017; 24(4):212-5.
35. Wilkinson P. A brief history of serious games. In: Dörner R, Göbel S, Kickmeier-Rust M, Masuch M, Zweig K, editors. Entertainment computing and serious games. London: Springer; 2016. p. 17-41.
36. Williams A. History of digital games: developments in art, design and interaction. London: CRC Press; 2017.
37. Zyda M. From visual simulation to virtual reality to games. *Computer.* 2005; 38(9):25-32.

12

**Intervenção neuropsicológica com
o uso de jogos sérios em disfunção
executiva em crianças com
transtornos do desenvolvimento**

Fabiana Coimbra Noronha

Janaína Aparecida de Oliveira Augusto

Cibelle Albuquerque de la Higuera Amato

INTRODUÇÃO

O avanço de novas tecnologias atingiu todo o desenvolvimento humano. Especificamente para a neuropsicologia clínica, o progresso significou novas possibilidades na detecção, avaliação e intervenção de diferentes alterações e distúrbios, em contextos variados.

Atualmente, muitos pesquisadores das funções executivas e do desenvolvimento infantil têm investigado os Transtornos do Neurodesenvolvimento, que estão relacionados a transtornos com início no período de desenvolvimento, culminando em prejuízos na esfera pessoal, social, acadêmica e, posteriormente, profissional (15). O presente capítulo irá focar no Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e no Transtorno do Espectro do Autismo (TEA), devido à alta incidência na população infantojuvenil e os prejuízos significativos no funcionamento executivo.

As funções executivas (FEs) compreendem um conjunto de habilidades cognitivas diferentes e interdependentes entre si, como planejamento, atenção, controle de interferências, alternância de conceitos, autorregulação, tomada de decisão e memória operacional. De forma resumida, as FEs podem ser definidas como a capacidade de manter a estratégia adequada para atingir objetivos futuros (1).

Pessoas com alteração nas funções executivas, ou com disfunção executiva, podem mostrar um estilo de pensamento rígido e concreto e podem experimentar dificuldade na geração de pensamentos fluentes e novos (21). Outras características da disfunção executiva são: dificuldade no planejamento, organização, esquecimento e impulsividade. A literatura especializada apresenta autores que descrevem um modelo de funções executivas que incorpora neuroanatomicamente e cognitivamente teorias baseadas no funcionamento do lobo frontal (1).

Atualmente há estudos que mostram intervenções em reabilitação neuropsicológica utilizando jogos eletrônicos para controlar ou amenizar sintomas inadequados providos de disfunção executiva em crianças, condições nas quais as distintas habilidades envolvidas nas funções executivas se encontram comprometidas (2).

O século 21 é definido por alguns autores como: “[...] era da aprendizagem baseada em jogos digitais”. Também é indicado como um momento quando o conteúdo do jogo e a jogabilidade aumentam o conhecimento e a aquisição de habilidades, no qual as atividades do jogo envolvem espaços de resolução de problemas e desafios que fornecem aos jogadores uma sensação de realização (3). O avanço contínuo em novas tecnologias apresenta grandes desafios e oportunidades para a sociedade contemporânea. As novas tecnologias possibilitam o acesso imediato, fácil e atualizado às informações e ao entretenimento. A crescente geração de recursos digitais levou ao surgimento de novas maneiras de pensar, aprender e interagir uns com os outros, no ambi-

ente social e físico. Por outro lado, a customização de recursos e serviços ligados à era digital está tornando as características pessoais, como as habilidades ou talentos de um indivíduo, cada vez mais importantes em nossa sociedade. Uma das questões que surge é: as novas tecnologias têm potencial para melhorar os processos cognitivos por meio de recursos cada vez mais adaptados? Atualmente, ferramentas digitais como smartphones e tablets se tornaram quase onipresentes; eles são frequentemente utilizados para obter informações e para entretenimento, muitas vezes, por meio de jogos eletrônicos (12).

Jogos eletrônicos, como os videogames, são uma das principais opções de entretenimento para crianças, adolescentes e adultos, e tornaram-se um mecanismo cultural de grande importância social. Diante disso, intervenções que utilizam essas ferramentas como estratégias podem ser interessantes, além de garantir um engajamento maior no tratamento, principalmente na população infanto-juvenil (12).

Vislumbrando a necessidade de jogos específicos para intervenção e melhoria de habilidades cognitivas, os jogos sérios vêm sendo cada vez mais presentes na área de educação e saúde. Os jogos sérios são baseados no conceito de conectar os propósitos de aprendizagem e a tecnologia da indústria de videogames, mas não apresentam o entretenimento como objetivo principal. A ideia é estimular e desenvolver habilidades cognitivas e aprendizagem necessárias (4).

Em vista disso, este capítulo tem como objetivo a análise do que a literatura consultada tem descrito nos últimos anos sobre os benefícios dos jogos sérios para a melhora das dificuldades cognitivas, especificamente das funções executivas de crianças com transtornos do desenvolvimento. Dessa forma, teremos uma pequena amostra do que tem sido produzido e a relevância do desenvolvimento dos jogos sérios para a intervenção neuropsicológica em crianças com desenvolvimento atípico e/ou dificuldades cognitivas.

Além desta seção introdutória, este capítulo está organizado em mais seis seções: “Intervenção nos Transtornos do Neurodesenvolvimento utilizando jogos eletrônicos”, que apresenta a importância da intervenção com jogos para a melhora cognitiva das crianças; “Revisão de Literatura sobre Intervenção Neuropsicológica com o uso de jogos sérios”, na qual será apresentada como foi feita a busca e levantamento de dados de publicações sobre o tema deste capítulo; “Intervenção com jogos sérios para crianças com TDAH”, que descreve alguns procedimentos e resultados de estudos com crianças com TDAH e intervenções com jogos; “Intervenção com jogos para crianças com TEA”, seção em que é relatada a intervenção com jogos nos principais sintomas de crianças com TEA, seus benefícios e resultados; “Discussão”, na qual as autoras irão apreciar e delinear sobre o tema do capítulo, quais foram suas contribuições e quais caminhos são necessários percorrer; e, por fim, a seção: Considerações finais, na qual as autoras trazem o fechamento e considerações finais sobre o resultado da pesquisa feita sobre o tema na literatura.

INTERVENÇÃO NOS TRANSTORNOS DO NEURODESENVOLVIMENTO UTILIZANDO JOGOS ELETRÔNICOS

Tratamentos envolvendo o uso de jogos eletrônicos têm sido cada vez mais frequentes para auxiliar o processo de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades, como funções executivas, atenção, controle inibitório, entre outras. Os desenvolvedores de jogos usam o interesse das pessoas, adultos ou crianças para a construção de jogos chamados “jogos sérios”, com o objetivo de melhorar habilidades, porém com característica lúdica e cativante para que o jogador mantenha a atenção (4). Em casos de desenvolvimento das Funções Executivas, um design divertido e atraente é muito importante para que a criança possa se engajar na realização da tarefa; caso contrário, há o risco de a criança desistir do tratamento sem concluí-lo completamente (4). A literatura ainda destaca que terapias baseadas no uso de videogames para crianças podem melhorar a neuroplasticidade, auxiliando na criação e reestruturação de vias neurológicas, quando comparadas a adultos (5).

Autores afirmam (6) que o jogo sério deve ter um objetivo, além do entretenimento. Esse recurso pode abarcar uma ampla gama de domínios a serem desenvolvidos, por exemplo, aprendizagem complexa, treinamento colaborativo, mudança de comportamento e melhoria da saúde. Atualmente é observado o uso de jogos sérios na área da saúde focados em melhora cognitiva, promoção da saúde e educação, além do desenvolvimento e aprimoramento de habilidades motoras (3).

A necessidade de abordagens de tratamento acessíveis e motivadoras dentro da área da saúde mental levou ao desenvolvimento de uma intervenção de jogo sério, baseada na Internet (chamada *Plan-It Commander*), como um complemento ao tratamento usual para crianças com TDAH. A proposta teve por objetivo determinar os efeitos do jogo nas habilidades de vida diária de crianças com TDAH. Os resultados mostraram que os participantes alcançaram melhorias significativas nas habilidades de gerenciamento de tempo, habilidade social e memória de trabalho, segundo relato dos pais. Para os professores, os participantes apresentaram avanços nas habilidades sociais dentro dos grupos, enquanto os efeitos nas habilidades de planejamento e organização não foram significativos. A constatação neste estudo é que o jogo eletrônico citado oferece uma abordagem terapêutica eficaz como intervenção adjunta às abordagens terapêuticas tradicionais de TDAH que melhoram os resultados funcionais na vida diária (7).

Um estudo realizado no Reino Unido, cujo objetivo foi verificar a eficácia de um programa de intervenção de atenção (Treinamento Atencional Progressivo Computadorizado - CPAT) na melhoria do desempenho acadêmico de crianças com TEA, mostrou resultados positivos. Utilizaram-se medidas pré e pós-intervenção para avaliar sintomas comportamentais, habilidades cognitivas e desempenho acadêmico. Após

oito semanas de intervenções os resultados indicaram melhoras cognitivas, acadêmicas e comportamentais nos participantes. Ao mesmo tempo, o programa foi envolvente e motivador para as crianças, trazendo melhorias em um nível pessoal devido à rotina estruturada para o uso, sugerindo, assim, que um treinamento atencional progressivo (CPAT) nas escolas é promissor (8).

Os benefícios dos jogos sérios podem ser explicados por vários mecanismos. Um desses mecanismos é a “gamificação”, uma técnica de tendências em intervenções de saúde que promove mudança comportamental e envolvimento dos usuários (9). Em crianças, os efeitos recompensadores dos videogames podem ser de suma importância para aumentar a adesão. Os videogames podem não ser percebidos como tratamento ou como imposição por cuidadores, o que pode ser menos aversivo para as crianças. Jogos de videogame também podem aumentar a participação e motivação. No entanto, a busca de novidades é uma característica forte de TDAH; assim, o envolvimento em longo prazo pode ser mais problemático, possivelmente resultando em uma redução progressiva em engajamento no decorrer do tempo (14).

Estudos mostram que os videogames podem melhorar a cognição e ter um impacto positivo na neurobiologia (4). O treinamento cognitivo baseado em videogame pode ajudar na formação e reestruturação das vias neurobiológicas, especialmente em crianças, o que pode favorecer a neuroplasticidade em comparação com adultos, conforme relata estudo (10).

Ainda há estudos que evidenciam os efeitos positivos dos videogames educacionais na melhoria da motivação, atenção e outros componentes cognitivos em alunos com dificuldades de aprendizagem (8).

Esses resultados convidam à consideração da aplicabilidade para impulsionar a cognição, talentos ou habilidades únicas por meio de videogames educacionais como uma ponte importante para melhorar as áreas de déficits (10).

REVISÃO DE LITERATURA SOBRE INTERVENÇÃO NEUROPSICOLÓGICA COM O USO DE JOGOS SÉRIOS

O percurso para o levantamento de jogos sérios para a melhora de sintomas de disfunção executiva envolveu a pesquisa nas bases de dados PubMed e Scielo, considerando as publicações entre os anos de 2007 e 2021. O levantamento foi realizado utilizando os termos “Serious Games” AND “Children” AND “ASD”/“ADHD”/“Attention training”/“Executive Functioning”/“Cognitive”. As palavras-chave foram buscadas nos resumos dos artigos, nos filtros de busca avançada. Os artigos foram elencados e selecionados a partir dos seguintes critérios de inclusão: a) conter exatamente as palavras

“Serious Games”, “ASD”, “ADHD”, “Attention training”, “Executive Functioning”, ou “Cognitive”, no título ou resumo do artigo; b) estar disponível na Língua inglesa ou portuguesa; c) ser direcionado para crianças; d) caracterizado como resumo expandido ou “full text”. Os critérios de exclusão foram: a) não ter potencial de uso em intervenção cognitiva; b) não abordar o conteúdo diretamente.

INTERVENÇÃO COM JOGOS SÉRIOS PARA CRIANÇAS COM TDAH

O TDAH é o transtorno do neurodesenvolvimento infantil com significativo comprometimento funcional em diferentes áreas da vida diária. Em comparação com crianças sem o transtorno, as crianças com TDAH têm mais dificuldades na escola, para cumprir horários, terminar as tarefas no prazo, executar tarefas de planejamento complexas, organizar o material necessário para as tarefas, lembrar as instruções das tarefas e definir prioridades (9).

Assim, não é surpreendente que crianças com TDAH tenham maior probabilidade de apresentar baixo desempenho acadêmico e problemas educacionais em comparação com crianças sem esse diagnóstico. Indivíduos com TDAH também apresentam prejuízos no funcionamento social. Eles são rejeitados com mais frequência por seus pares e têm mais conflitos com outras crianças e adultos em comparação com seus colegas. Embora pouco estudado, o funcionamento social prejudicado em crianças com TDAH tem consequências graves em longo prazo para o desenvolvimento de Transtorno de Conduta e/ou Transtornos por Uso de Substâncias. Sem intervenções adequadas, deficiências funcionais em áreas de gerenciamento de tempo, de planejamento e organização e as habilidades de comportamento pró-social, muitas vezes, perduram até a idade adulta (7).

Embora o uso de medicações psicoestimulantes tenha demonstrado reduzir os sintomas como a desatenção em crianças com TDAH, os efeitos são limitados no que diz respeito ao funcionamento comportamental, social e cognitivo na vida diária do indivíduo (11). Por outro lado, as intervenções comportamentais desenvolvidas para melhorar os resultados funcionais dessas crianças, embora eficazes, costumam ser demoradas, caras e não são facilmente acessíveis a todas as crianças para que possam se beneficiar. Além disso, estudos apontam que cerca de 50% dos pacientes com TDAH tendem a não dar continuidade ao tratamento, independentemente de sua eficácia ou gravidade dos sintomas. Por causa de suas dificuldades em manter a atenção e motivação, os pacientes com TDAH experimentam baixo envolvimento durante as terapias (7). Consequentemente, há necessidade de explorar experiências interativas mais ricas com efeitos visuais em abordagens terapêuticas baseadas em jogos de computador, além de abordagens farmacológicas tradicionais baseadas em saúde mental (11).

Pesquisas apontam que o tipo mais frequente de intervenções envolvendo jogos sérios é o treinamento cognitivo. O treinamento cognitivo consiste em uma série de tarefas (como resolver quebra-cabeças ou realizar exercícios de memória) destinadas a melhorar uma ou mais facetas do funcionamento executivo, como atenção, memória de trabalho, tempo de reação, flexibilidade cognitiva ou habilidade motora (12). A teoria por trás da eficácia do treinamento cognitivo é baseada na neuroplasticidade e na possibilidade de reorganização das funções neurológicas. Estudos indicam que o treinamento cognitivo por meio de videogame geralmente pode ser eficaz, com diferenças significativas entre os grupos de intervenção e controle. Estudo realizado na Espanha recrutou alunos de um serviço de psicologia educacional com diagnósticos de comprometimento nas áreas afetiva, atencional, leitura, escrita e matemática. Antes de iniciar a intervenção, ambos os grupos, experimental e controle, completaram a Escala Wechsler de Inteligência para Crianças (WISC-IV) e o Teste de Atenção - D2, enquanto a Escala para a Avaliação do Déficit de Atenção com Hiperatividade (EDAH) foi administrada às famílias (pré-teste). O teste D2 e a EDAH também foram administrados ao final da intervenção (pós-teste). A intervenção consistiu em um programa de 28 sessões (duas sessões de 10 minutos por semana). As ferramentas usadas foram *Boogies Academy* e *Cuibrain*, dependendo da idade do participante. Para alunos com idade entre 6 e 10 anos, *Boogies Academy* foi usado, enquanto participantes com idades entre 11 e 16 jogaram *Cuibrain*. A concepção e desenvolvimento dos jogos utilizou uma metodologia aplicada ao déficit de atenção, com base na concepção de que as inteligências múltiplas funcionam de forma coordenada e podem ser acionadas por informações apresentadas tanto interna quanto externamente. Essas inteligências, predisposições ou talentos podem ajudar a melhorar as áreas com prejuízos dos alunos. Nesse caso, a amostra foi composta por alunos com problemas de atenção. Como a atenção é um processo básico e os jogos usados no estudo abordam o componente atencional em sua mecânica, seria de se esperar que os alunos melhorassem sua atenção usando suas habilidades fortes (inteligências múltiplas) como via de acesso (8).

Dentro desse contexto, é essencial descobrir as forças e capacidades intelectuais do indivíduo para que possam ser desenvolvidas o mais precocemente possível. Uma vez identificadas essas áreas, elas podem ser utilizadas como excelentes alicerces sobre os quais novos conhecimentos são construídos, impulsionando o desenvolvimento daquelas áreas em que o aluno pode ter dificuldades. Após a intervenção, constatou-se melhora em todas as inteligências; melhora significativa nas inteligências lógico-matemática, visuoespacial e corporal-cinestésica, avaliadas por meio de questionários (8).

Atualmente, além dos tratamentos medicamentosos e psicoterapias, há sistemas de biofeedback baseados em Eletroencefalografia (EEG) que têm sido desenvolvidos como uma modalidade alternativa para o tratamento de TDAH. A terapia de neurofeedback foi desenvolvida com base no conhecimento de que as crianças com TDAH exibiram padrões específicos de EEG e que treinamento de feedback de EEG direciona-

do a normalizar esses ritmos pode render benefícios clínicos sustentáveis. Embora esses sistemas foram implantados em ambientes de atendimento ao paciente, evidências que apoiem a eficácia deles atualmente não é forte. Os sistemas baseados em EEG tentam treinar o indivíduo para um perfil particular do EEG. Esse perfil não é individualizado, mas com base na dinâmica de grupo (13).

Um estudo realizado na China apresenta outra abordagem desenvolvida por pesquisadores em que o perfil de EEG para atenção em um determinado indivíduo é usado para executar um jogo; assim o indivíduo aprende a desenvolver aumentando a atenção durante o jogo. O sistema foi calibrado para cada indivíduo usando uma tarefa de atenção, nesse caso o teste *Color Stroop*, que foi amplamente utilizado em pesquisas para avaliar a atenção e a resposta de inibição. No estudo foi descoberto que a intervenção com um programa de treinamento que envolve o sistema de jogo baseado no treinamento de atenção melhorou os sintomas de desatenção relatados pelos pais. Os pesquisadores também notaram que a melhora comportamental foi sustentada três meses após a intervenção intensiva de 20 sessões. O estudo inicial durou 10 semanas, com duas sessões semanais (14).

INTERVENÇÃO COM JOGOS SÉRIOS PARA CRIANÇAS COM TEA

Os Transtornos do Espectro do Autismo (TEA) são transtornos do neurodesenvolvimento caracterizados por dificuldades sociais, de interação e comunicação, interesses e comportamentos repetitivos e estereotipados (15). É um distúrbio heterogêneo com etiologia complexa e, embora deficiências em atenção não são encontrados entre seus principais sintomas atípicos, a atenção é muitas vezes ligada ao autismo em pesquisas, e, até mesmo, associada ao desenvolvimento de sintomas de TEA (16).

Processos atencionais atípicos foram observados em indivíduos com autismo desde a primeira infância. Um exemplo é a atenção sustentada (ou seja, a capacidade de permanecer focado na tarefa ao longo do tempo), que foi considerada mais pobre em crianças e adolescentes com autismo em comparação com crianças com desenvolvimento típico (DT). Em um estudo comportamental medindo atenção sustentada, os participantes tiveram que relatar sempre que uma sequência específica de números apareceu dentro de um fluxo de séries utilizando o processamento visual (18). As diferenças na atenção sustentada foram aparentes em participantes com TEA, pois mostraram menos acertos e rejeições corretas e mais erros em comparação com crianças com DT, dentro da mesma faixa de Quociente Intelectual (QI <115). Descobertas semelhantes também foram relatadas em um estudo anterior usando uma tarefa de desempenho contínuo, *Continuous Performance Test* (CPT), em que crianças com TEA apresentaram pior desempenho em atenção sustentada e aumento de sintomas semelhantes ao TDAH (17). Baixo desempenho em atenção sustentada também foi acompanha-

do por ativação cerebral reduzida em regiões cerebrais relevantes no autismo em comparação com controles, incluindo ativação inferior, pré-frontal medial, estriado-talâmico e regiões cerebelares. Mesmo quando diferenças comportamentais não estão presentes na atenção sustentada, a ativação do cérebro ainda difere em indivíduos com TEA. Resultados contraditórios também foram relatados, indicando atenção sustentada intacta em indivíduos com TEA, o que pode ser atribuído a cenários em que a demanda por atenção sustentada é menor (como no contexto de atenção sustentada para objetos preferidos). Evidência de atenção seletiva-espacial prejudicada (ou seja, a capacidade de selecionar informações relevantes e suprimir irrelevantes estímulos) também foi relatada, com diferenças de ativação cerebral precoce em participantes com TEA (18).

A literatura (16) tem extensivamente documentado que a dificuldade de atenção relacionada ao TEA está em funções executivas. Como já vimos anteriormente neste capítulo, funções executivas (FEs) compreendem um grande conjunto de funções, como memória de trabalho, inibição, flexibilidade cognitiva, raciocínio e planejamento, os quais são necessários para comportamentos direcionados a objetivos.

Os estudos mostram que o aumento da complexidade e, conseqüentemente, o aumento da demanda por FEs traz a tona uma diferença no desempenho de indivíduos com TEA em comparação com indivíduos com DT. Também o sucesso acadêmico pode variar consideravelmente entre as crianças TEA, com porcentagem substancial, mostrando dificuldades de aprendizagem (23).

Uma revisão de 10 estudos empíricos sobre a prevalência de dificuldades de aprendizagem entre crianças com autismo mostrou a ampla taxa de 15% a 84%. No entanto, oito dos 10 estudos revisados mostram a prevalência de comorbidade de autismo e dificuldades de aprendizagem acima de 40% (19).

Embora a atenção represente um processo cognitivo essencial para o desenvolvimento de uma série de habilidades, sua importância no contexto das configurações da sala de aula e acadêmica é de particular interesse. Pesquisa recente destaca a importância da seletividade e atenção sustentada no apoio à aprendizagem em sala de aula desde a primeira infância. Em particular, descobriu-se que a atenção seletiva desempenha um papel importante no desenvolvimento da alfabetização. Além disso, o fraco desempenho em leitura e compreensão de leitura foi relacionado a dificuldades na atenção sustentada, e, ainda, a atenção estava ligada à habilidade das crianças em matemática (20).

Um número crescente de estudos utilizando treinamento baseado em programas de computadores foi realizado com crianças com TEA. Esses programas normalmente visam funções cognitivas específicas apoiando interações sociais, como emoção e reconhecimento facial, linguagem e alfabetização, e habilidades sociais. No entanto, as tentativas de direcionar mais processos de outros domínios cognitivos foram realizadas. No

estudo de memória de trabalho e flexibilidade cognitiva, foram treinados separadamente usando um programa computadorizado em crianças com TEA (21). Nesse caso, os efeitos de treinamento e generalização ocorreram com melhorias na memória de atenção e flexibilidade cognitiva. Também testou o treinamento cognitivo para função executiva e habilidades motoras em crianças com TEA usando um videogame que usa movimento corporal, e encontrou melhorias na memória de trabalho, metacognição, força e agilidade. Embora certamente nem todos os estudos anteriores de intervenção baseados em computador provaram ser bem-sucedidos, já que alguns não conseguiram generalizar para configurações naturalísticas, os resultados tendem a ser positivos de maneira geral, apresentando melhorias de habilidades treinadas e efeitos de transferência, mesmo quando mais processos de domínios gerais, como memória de trabalho e atenção, são direcionados (24).

Um programa de treinamento de atenção progressiva computadorizado, o *Computerized Progressive Attentional Training* (CPAT), foi desenvolvido e apresentado para treino de atenção em diferentes populações (22). A pesquisa avaliou a eficácia do CPAT para crianças de 6 a 13 anos com déficits de atenção e resultou em diminuição do nível de sintomas de desatenção, bem como em melhora acadêmica.

Há evidências em estudo (8) que avaliou a eficácia do CPAT na melhoria do desempenho acadêmico de crianças com TEA. Quinze crianças de 6 a 10 anos com TEA, frequentando uma escola regular e uma escola especial, foram designadas para um grupo experimental e um grupo-controle. As crianças foram avaliadas antes e após a intervenção em medidas de sintomas comportamentais, habilidades cognitivas e desempenho acadêmico. A intervenção foi conduzida na escola duas vezes por semana, durante oito semanas. Crianças do grupo CPAT mostraram melhoras cognitivas e acadêmicas; melhorias no comportamento foram observadas em ambos os grupos. Os resultados sugerem que o treinamento de atenção é uma abordagem viável para melhorar o desempenho acadêmico dessa população.

Entretanto, os benefícios dos jogos parecem não se restringir exclusivamente a uma melhoria nos componentes da inteligência. Estudos analisaram o efeito de uma intervenção escolar de três anos com uma amostra de alunos da pré-escola com perfis diferentes (alunos superdotados, crianças com TEA ou distúrbios sensoriais). No final da intervenção, os alunos participantes demonstraram grandes níveis de imaginação, uma melhoria nas habilidades de resolução de problemas e foram capazes de buscar várias abordagens para a resolução de problemas. Alunos no grupo de crianças com TEA mostraram ganhos significativos em habilidades sociais, e sua adaptabilidade de grupo havia melhorado (5).

Os programas de treinamento atencional são promissores, não apenas em termos de seu uso efetivo para transtornos e deficiências, mas também para auxiliar no campo pessoal, nas dificuldades apresentadas na rotina diária e acadêmica, devido à rotina

estruturada, uso de recompensas e feedback positivo. Ao mesmo tempo, é importante destacar que o programa deve ser desenvolvido de forma envolvente e motivadora para as crianças, a fim de proporcionar o engajamento e conclusão do treino (6).

DISCUSSÃO

Os artigos mencionados neste capítulo mostram que o desenvolvimento de jogos sérios para reabilitação neuropsicológica é uma vertente próspera e que gera benefícios motivacionais e cognitivos. O domínio digital na saúde tem atraído muita atenção nos últimos anos, mas ainda há escassez de evidências empíricas válidas nesse campo. Além disso, algumas pesquisas mostraram que os jogos sérios investigados provaram que rendem engajamento apenas de curto prazo. Para que os jogos sérios atinjam seu potencial máximo, é necessário construir soluções em teorias bem fundamentadas que explorem a experiência central e os efeitos cognitivos da mecânica do jogo.

Com o aumento das pesquisas na área de jogos sérios vem se construindo novas conexões entre essa interatividade e outras áreas de conhecimento. A área da saúde já vem discutindo e mostrando não apenas novos conhecimentos sobre essa relação, mas produzindo ambientes que podem contribuir para potencializar aspectos motores, sociais, culturais, afetivos e cognitivos. É dentro dessa perspectiva que os jogos sérios se inserem, intencionando se configurar em um espaço de aprendizagem inclusivo para crianças com diagnóstico de Transtornos do Neurodesenvolvimento na prática clínica ou escolar.

O Uso de jogos sérios como intervenção para reduzir problemas cognitivos e de aprendizagem parece viável. Devido ao número limitado de pesquisas que fomos capazes de incluir neste capítulo, esta revisão contribui com a apresentação do potencial dos jogos sérios para o tratamento de transtornos do neurodesenvolvimento no futuro. Mais estudos são necessários para determinar a eficácia dos jogos sérios. Novos estudos não devem perder de vista o desenvolvimento tecnológico, considerando novas perspectivas investigativas como o uso e efeito de jogos sérios para saúde mental, levando em conta a interação, ou seja, a conexão com outros jogadores via conexão de rede – internet.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de tecnologias voltadas para intervenções de funções executivas no TDAH e TEA ao longo dos últimos anos têm sido apontado pelas pesquisas como uma ferramenta promissora para essa população, acarretando melhoras no funcionamento executivo,

atenção, comportamento e desenvolvimento social. O treinamento cognitivo computadorizado, de acordo com a literatura atual, é uma das estratégias mais utilizadas e eficazes para desenvolver as funções cognitivas, especificamente as FEs. Vale ressaltar que essas ferramentas podem promover melhor engajamento e motivação para o tratamento, visto que os jogos utilizados durante o processo terapêutico visam a desenvolver designers e layouts atrativos que favorecem maior interesse pela atividade proposta.

AGRADECIMENTOS

Agardecemos ao Programa de Excelência Acadêmica – Proex (Processo 1133/2019) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

REFERÊNCIAS

1. Diamond A, Lee K. Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*. 2011; 334(6054):311.
2. Shuai L, Daley D, Wang YF, Zhang JS, Kong YT, Tan X et al. Executive function training for children with attention deficit hyperactivity disorder. *Chin Med J (Engl)*. 2017; 130(5):549-58.
3. Qian M, Clark KR. Game-based Learning and 21st century skills: a review of recent research. *Comput Human Behav [internet]*. 2016; 63:50-8. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.023>.
4. Granic I, Lobel A, Engels RCME. The benefits of playing video games. *Am Psychol*. 2014; 69:66-78.
5. Silveira-Moriyama L. Neuroplasticity and neuromodulation in children. *Eur J Paediatr Neurol [internet]*. 2017; 21(1):3. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejpn.2016.11.011>.
6. Kokol P, Vošner HB, Završnik J, Vermeulen J, Shohieb S, Peinemann F. Serious game-based intervention for children with developmental disabilities. *Curr Pediatr Rev*. 2019; 16(1):26-32.
7. Bul KCM, Kato PM, Van Der Oord S, Danckaerts M, Vreeke LJ, Willems A et al. Behavioral outcome effects of serious gaming as an adjunct to treatment for children with attention-deficit/hyperactivity disorder: a randomized controlled trial. *J Med Internet Res*. 2016; 18(2):1-18.
8. Spaniol MM, Shalev L, Kosyvakı L, Mevorach C. Attention training in autism as a potential approach to improving academic performance: a school-based pilot study. *J Autism Dev Disord [internet]*. 2018; 48(2):592-610. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-017-3371-2>.
9. Peñuelas-Calvo I, Jiang-Lin LK, Girela-Serrano B, Delgado-Gomez D, Navarro-Jimenez R, Baca-Garcia E et al. Video games for the assessment and treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder: a systematic review. *Eur Child Adolesc Psychiatry [internet]*. 2020. doi: <https://doi.org/10.1007/s00787-020-01557-w>
10. Silveira-Moriyama L. Neuroplasticity and neuromodulation in children. *Europ J Paediatric*

Neurol. New York: W. B. Saunders; 2017. (v. 21, p. 3).

11. Graziano PA, Geffken GR, Lall AS. Heterogeneity in the pharmacological treatment of children with ADHD: cognitive, behavioral, and social functioning differences. *J Atten Disord*. 2011; 15(5):382-91.
12. Kollins SH, DeLoss DJ, Cañadas E, Lutz J, Findling RL, Keefe RSE et al. Serious video games in pediatrics. *BMC Neurol*. 2017; 16(1):48-54.
13. Janssen TWP, Bink M, Weeda WD, Geladé K, Van Mourik R et al. Learning curves of theta / beta neurofeedback in children with ADHD. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2017; 26:573-82.
14. Lim CG, Lee TS, Guan C, Fung DSS, Zhao Y, Teng SSW et al. A brain-computer interface based attention training program for treating attention deficit hyperactivity disorder. *PLoS One*. 2012; 7(10):e46692. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0046692>.
15. American Psychiatric Association. Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais - DSM-5. 5. ed. Porto Alegre: Artmed; 2014.
16. Keehn B, Müller RA, Townsend J. Atypical attentional networks and the emergence of autism. *Neurosci Biobehav Rev* [internet]. 2013; 37(2):164-83. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.11.014>.
17. Erickson LC, Thiessen ED, Godwin KE, Dickerson JP, Fisher AV, Emerson E et al. Atypical attentional networks and the emergence of autism. *Am J Psychiatry* [internet]. 2015; 138(1):2263-73. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.11.014>.
18. Chien YL, Gau SSF, Shang CY, Chiu YN, Tsai WC, Wu YY. Visual memory and sustained attention impairment in youths with autism spectrum disorders. *Psychol Med*. 2015; 45(11):2263-73.
19. Emerson E, Baines S. Health inequalities and people with learning disabilities in the UK. *Tizard Learn Disabil Rev*. 2011; 16(1):42-8.
20. Erickson LC, Thiessen ED, Godwin KE, Dickerson JP, Fisher AV. Endogenously and exogenously driven selective sustained attention: contributions to learning in kindergarten children. *J Exp Child Psychol* [internet]. 2015; 138:126-34. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jecp.2015.04.011>.
21. De Vries M, Prins PJM, Schmand BA, Geurts HM. Working memory and cognitive flexibility-training for children with an autism spectrum disorder: A randomized controlled trial. *J Child Psychol Psychiatry Allied Discip*. 2015; 56(5):566-76.
22. Shalev L, Tsal Y, Mevorach C. Computerized progressive attentional training (CPAT) program: effective direct intervention for children with ADHD. *Child Neuropsychol*. 2007; 13(4):382-8.
23. Yohanna J, Lima F, Thai R, Pedrozo T, Antunes C. Use of Augmented Reality with a Motion-Controlled Game Utilizing Alphabet Letters and Numbers to Improve Performance and Reaction Time Skills for People with Autism Spectrum Disorder. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2020; 23(1):16-22.
24. Simões M, Bernardes M, Barros F, Castelo-Branco M. Virtual travel training for autism spectrum disorder: proof-of-concept interventional study. *JMIR Serious Games*. 2018; 20(3):1-13.

13

Terapia domiciliar com uso de videogames para desenvolvimento e aprimoramento da funcionalidade em pacientes neurológicos

Natalia Regina Kintschner

Ana Grasielle Dionísio Corrêa

Silvana Maria Blascovi-Assis

INTRODUÇÃO

O uso das tecnologias em ambiente domiciliar se apresenta, de modo crescente, como uma proposta para ajudar pacientes com diferentes quadros clínicos a conduzir sua reabilitação e/ou recuperação funcional em casa. Atualmente, as terapias realizadas em domicílio vêm ganhando espaço com maior aceitação dos teleatendimentos, principalmente em decorrência da pandemia de COVID-19 ocorrida em 2020. Essa prática foi autorizada pelo Conselho Federal de Fisioterapia, em 2020, em atenção às recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS), por meio da Resolução nº 516, publicada no Diário Oficial da União no dia 23 de março, que autorizou os serviços de Teleconsulta, Teleconsultoria e Telemonitoramento (10).

A telerreabilitação é um ramo da telemedicina que permite que os pacientes se comuniquem com um profissional da saúde remotamente durante a sessão de reabilitação, existindo uma interação direta e contínua entre eles (7). Os benefícios da telerreabilitação ou telemedicina são evidentes nos casos associados às restrições de locomoção e redução de custos ou, por exemplo, em situações de isolamento ou confinamento como o experimentado em todo o mundo devido à pandemia de COVID-19 (1).

A pandemia de COVID-19 destacou a necessidade de acelerar o desenvolvimento e implementação de abordagens inovadoras para a reabilitação domiciliar (32). O isolamento social, sensação de solidão e discriminação, frequentemente experimentados por pessoas com deficiência, foram amplificados (8). Indivíduos com deficiência física e suas famílias enfrentam desafios e situações únicas, incluindo a interrupção das rotinas diárias e acesso limitado a programas de reabilitação (12).

O atendimento virtual contorna esses problemas e permite consulta e tratamento personalizado via telefone ou conexões de internet ao vivo, ou por meio de sessões pré-gravadas para materiais genéricos (19). Em alguns países bem desenvolvidos e seguros já existem plataformas virtuais de atendimento, como mídias via Zoom, Skype, Facetime, entre outros (32). A telerreabilitação está surgindo como alternativa para fornecer terapia para pacientes, mas para que esse tipo de tratamento se torne uma alternativa realista são necessárias mais evidências (16).

Na área da fisioterapia, o uso de tecnologias de telemonitoramento tem sido proposto como alternativa para a prestação de serviços de reabilitação funcional acessíveis (18). Dessa forma, sistemas e programas de telerreabilitação são desenvolvidos para atender a alta demanda de pessoas com deficiência. Durante as sessões de reabilitação presencial, os terapeutas usam o toque para confortar e encorajar os pacientes. Desenvolvimentos em dispositivos táteis vestíveis (do inglês, *wearable technologies*) demonstram resultados muito promissores na transmissão de sensações como conforto e afeto ou presença social para esses pacientes. As percepções táteis podem aconte-

cer usando interfaces que aplicam diferentes tipos de estímulos ao corpo humano e são facilmente associadas a sensações realistas (4, 24).

Exemplos comerciais notáveis de dispositivos vestíveis são o *Samsung Gear Live* e o *Apple Watch*. Eles são fáceis e confortáveis de usar, geralmente apresentam uma tela sensível ao toque e têm funções semelhantes aos smartphones. No entanto, os estímulos hápticos fornecidos por esses *wearables* ainda são limitados a vibrações, reduzindo a possibilidade de simular interações de contato ricas. Em direção a uma sensação realista de tocar ambientes virtuais e remotos, pesquisadores têm historicamente focado em interfaces, como os dispositivos com luvas (*dataglove*), como o *CyberGrasp* (25, 26).

Maximizar a participação também é o objetivo das intervenções terapêuticas. Programas de treinamento de longo prazo são frequentemente repletos de baixa conformidade e adesão. Manter a motivação e o envolvimento é, portanto, essencial para o sucesso em longo prazo (2). A telerreabilitação também é, muitas vezes, baseada em sistemas de Realidade Virtual (RV) e videogames interativos que visam facilitar a repetição de movimentos e tornar os exercícios repetitivos mais envolventes, agradáveis e motivadores (18).

A terapia em domicílio envolvendo tais tecnologias oferece uma solução promissora para minimizar o impacto das interrupções de longo prazo nos serviços de reabilitação (12). Dentro desse contexto, o objetivo deste capítulo é discutir sobre os estudos atuais que trazem a abordagem do uso de videogames na reabilitação motora no ambiente domiciliar. A próxima seção aborda conceitos importantes como Gameterapia, Realidade Virtual e Reabilitação Domiciliar. Na sequência serão discutidos os estudos encontrados nos últimos seis anos nesse contexto.

Realidade virtual e gameterapia

Os videogames surgiram no final da década de 1970 e, até os dias atuais, são considerados tecnologias de alto consumo na área de entretenimento. Com as medidas de isolamento social, causadas pela pandemia, o consumo de videogames aumentou em 10% (27). Muitos jogos de videogame se configuram como uma modalidade de Realidade Virtual (RV) (27), visto que possibilitam ao indivíduo visualizar ambientes virtuais, manipular os elementos existentes no cenário e movimentar-se dentro do espaço (11). A gameterapia é uma modalidade de terapia que faz uso de videogames, geralmente de RV, como forma de incentivar a atividade cerebral na reabilitação de indivíduos, podendo promover a recuperação cognitiva e motora (31).

Com o intuito de aumentar a motivação, a gameterapia tem sido introduzida como uma estratégia adjunta à terapia convencional. Jogos interativos digitais vêm se mostrando um recurso significativo e motivador otimizando propostas terapêuticas (20). O alcance de tecnologia de RV, usada para fins de reabilitação, é amplo e abrange video-

games disponíveis comercialmente, tais como *Nintendo Wii*, *Playstation* e *Kinect* (12). Dessa forma, os videogames têm sido usados em protocolos de reabilitação para pacientes com deficiências neurológicas, com o objetivo de melhorar a aderência aos programas e fornecer ganhos motores e cognitivos (17).

A utilização de games faz com que seus participantes desenvolvam capacidades como coordenação motora, agilidade, deslocamento e descarga de peso, ajustes posturais, equilíbrio, rotação de tronco e força muscular de membros inferiores de forma lúdica e interativa (31). O uso dessa tecnologia também pode atuar na percepção da dor de várias maneiras, alterando as vias de sinalização envolvendo atenção, emoção, concentração, memória, toque e os sentidos auditivos e visuais (15).

Pesquisas exploram o potencial dos atuais jogos comerciais para reabilitação, sendo o caso de jogos de console comerciais com dispositivos de entrada baseados em movimento, como *Playstation*, *Wii* e *Xbox* (2, 9). Contudo, poucos estudos são dedicados ao desenvolvimento de dispositivos de *exergaming*, termo utilizado para videogames que capturam movimentos do corpo durante a interação e, portanto, com potencial de aplicação em reabilitação (23). A fim de permitir que pacientes desfrutem dessa tecnologia para atingir a recuperação funcional, há a necessidade de jogos personalizados se adaptarem automaticamente à função prejudicada de cada paciente, ao gerar as repetições necessárias para induzir a mudança neural (9).

Reabilitação domiciliar

Nos últimos anos, programas domiciliares receberam atenção crescente na reabilitação por serem um complemento útil e uma alternativa viável para pacientes, principalmente da fisioterapia (14, 22). Os programas domiciliares oferecem uma oportunidade única para continuar ou estabelecer aspectos da terapia, além de aumentarem o envolvimento dos pais ou cuidadores e seu empoderamento (13, 14).

A fisioterapia para pacientes neurológicos é um abrangente processo que possui como objetivo ensinar, orientar e promover a plasticidade cerebral, preservando assim o cérebro, músculos e funções neuromusculares (14). Esses pacientes geralmente apresentam dificuldades com as tarefas do dia a dia, como vestir-se e alimentar-se, perdendo os estímulos para a realização dessas atividades.

Dos diversos tipos de deficiência, a deficiência motora é considerada uma das principais limitações ao ser humano no desempenho de suas atividades básicas, afetando sua qualidade de vida e daqueles ao seu redor. Um programa de reabilitação projetado para ser feito em casa está sendo desenvolvido com objetivo que, além de reabilitar, alcança a melhora da qualidade de vida e das atividades da vida diária (13, 23).

Um dos aspectos fundamentais para atingir os objetivos de um processo de reabilitação é que ele seja adequadamente monitorado e controlado, que seja ajustável em tempo hábil independentemente do paciente, e que o profissional de saúde esteja na mesma localização geográfica (1). Nesse contexto, existem características de jogos por vídeo que fornecem objetivos e novos desafios, podendo ser ajustados à habilidade de cada indivíduo. Esses jogos são projetados para serem adaptáveis, aumentando a dificuldade à medida que o jogador avança (6).

Por esse motivo, um sistema ideal para apoiar a reabilitação, no ambiente domiciliar, deve integrar várias funcionalidades e tecnologias, incluindo um sistema de captura de movimento portátil e preciso, bem como um módulo de videogame ativo personalizado para estimular a motivação do paciente e orientá-lo adequadamente na execução da terapia. Também é importante que o sistema tenha uma gestão e monitoramento do plano de reabilitação atribuído a cada paciente em tempo real, permitindo gerir o prontuário eletrônico desses processos (1).

LITERATURA ATUAL SOBRE TERAPIA DOMICILIAR APOIADA POR VIDEOGAMES

Foi realizada uma revisão de literatura, dos últimos seis anos, nas bases de dados Pubmed, Scielo e PEdro, nas línguas inglesa e portuguesa, com as seguintes palavras-chaves: “Videogame”, “Home therapy” e “Rehabilitation”. Foram encontrados oito artigos sobre o tema nas bases pesquisadas, todos na língua inglesa.

Por ser um tema atual, ainda são poucos os artigos publicados. Desses oito artigos, um foi excluído por não abranger reabilitação motora e outro por não envolver o ambiente domiciliar. Foram selecionados, portanto, seis estudos mostrados na Tabela 1 (página seguinte): duas revisões sistemáticas, um estudo sobre engajamento, e três estudos abrangendo o uso de videogames em disfunções neurológicas no ambiente domiciliar. A seguir, cada um deles é detalhado.

Revisões Sistemáticas

Pereira et al. (28) realizaram uma revisão sistemática, em que as vantagens e desvantagens do uso de videogames e novas tecnologias na reabilitação domiciliar das mãos foram avaliadas. Os estudos coletados trouxeram informações a respeito de três tópicos principais de interesse: os pacientes incluídos, a tecnologia, equipamento em si e os resultados do estudo.

A revisão detalhou oito estudos clínicos nos quais sistemas de realidade aumentada e de realidade virtual foram desenvolvidos e testados. No total, 297 participantes

Tabela 1. Características dos estudos selecionados.

Autores / ano	Título artigo	Categoria
Pereira et al., 2020 (28)	Aplicação de RA e RV na reabilitação das mãos: uma revisão sistemática	Revisão sistemática
Lopes et al., 2018 (21)	Jogos usados para fins sérios: uma revisão sistemática das intervenções em pacientes com paralisia cerebral	Revisão sistemática
Belchior et al., 2016 (6)	Envolvimento de adultos mais velhos durante uma intervenção envolvendo Videogame <i>Off-the-Shelf</i>	Engajamento
Allen et al., 2017 (3)	Um videogame interativo para exercícios de braço e mão em pessoas com doença de Parkinson: um ensaio clínico randomizado	Ensaio clínico randomizado
Song et al., 2017 (33)	Treinamento de etapas em casa usando tecnologia de videogame em pessoas com doenças de Parkinson: ensaio clínico randomizado controlado duplo cego	Ensaio Clínico Randomizado
Schatton et al., 2017 (29)	O treinamento <i>exergame</i> individualizado melhora o controle postural em ataxia espinocerebelar degenerativa avançada: um avaliador cego, ensaio controlado intraindividualmente	Ensaio clínico randomizado

foram inscritos e, desses, 164 eram homens e 133 mulheres. A idade média dos participantes variou de 8,22 a 68 anos. Nove lesões / doenças foram identificadas relacionadas ao comprometimento da função da mão, ou seja, queimaduras, acidente vascular cerebral, fratura, lesão por esmagamento, lesão no tendão, artrite idiopática juvenil (AIJ), paralisia cerebral (PC), lesão de parto do plexo braquial (BPBI) e esclerose múltipla.

Dos oito estudos selecionados, seis deles eram ensaios clínicos randomizados, um estudo de corte e um estudo de intervenção. O hardware usado para realizar o rastreamento de mão variou entre quatro tecnologias: LMC, luvas inteligentes, um joystick modificado e uma webcam. Os jogos desenvolvidos para cada tecnologia variaram de interações simples, como agarrar cubos, até interações mais complexas, como pegar borboletas. A duração das sessões variou de 15 a 60 minutos, e a frequência variou de três a seis sessões por semana.

Seis desses estudos mostraram melhorias no grupo de intervenção, em comparação ao grupo de terapia convencional, e dois não mostraram diferença estatística entre ambos

os grupos. Os autores afirmam que os sistemas de realidade virtual para reabilitação das mãos ainda carecem de pesquisas e práticas dentro e fora do laboratório de intervenção.

Lopes et al. (21) também realizaram uma revisão sistemática, porém para examinar a pesquisa existente sobre o papel dos jogos usados em intervenções com indivíduos portadores de PC. Os autores reuniram 16 estudos em que a maioria relatou altos níveis de conformidade, motivação e envolvimento com intervenções baseadas em jogos, tanto em casa quanto na intervenção em ambiente clínico. A maioria dos estudos foi realizada com crianças e adolescentes, e somente três foram realizados com adultos.

Das 16 intervenções incluídas no estudo, sete foram domiciliares, exigindo que os pacientes fossem autônomos, com pouca ou sem assistência e orientação de um terapeuta. Quatro dos sete estudos domiciliares objetivaram promover função dos membros superiores e extremidades.

Um deles apresentou como objetivo examinar o potencial do *Nintendo Wii Sports Resort* em comparação à intervenção dos jogos com treinamento de resistência tradicional. Para ambos os grupos, o treinamento durou seis semanas. Outro estudo teve como objetivo examinar a viabilidade do uso de jogos gratuitos disponíveis na internet para promover a função motora de membro superior e para avaliar o grau de motivação dos participantes durante a intervenção. Essa intervenção usou o sensor de movimento *Kinect* e durou 12 semanas.

Também foram encontrados estudos em que os autores mediram indicadores fisiológicos e autorrelatos de experiência de jogo para avaliar se os mesmos poderiam ser usados com um propósito terapêutico. Outro estudo testou a possibilidade de usar jogos comerciais, com um sistema interativo baseado na técnica de captura de vídeo, como promotores da atividade física e desempenho motor. Os participantes jogaram esses jogos no *PlayStation 2*, durante quatro semanas.

Em relação à eficácia do uso de jogos, os resultados dos estudos mostraram resultados positivos e negativos. Foi relatada melhora em relação à função motora; contudo, os resultados dessa revisão sugerem que os jogos são usados como complemento às terapias convencionais e não como substituto. Os dados da revisão indicam que os jogos devem ser utilizados como ferramentas adequadas para promover o envolvimento dos pacientes na terapia e potencializar ganhos terapêuticos.

Engajamento

Belchior et al. (6), em seu estudo, apresentaram como objetivo examinar a experiência de adultos mais velhos durante o curso de um programa de treinamento cognitivo em ambiente domiciliar, por meio do *Flow* (termo usado para avaliar engajamento nos jogos). Nesse estudo, os participantes foram randomizados para um dos dois gru-

pos de treinamento. Um grupo jogou um videogame comercial (*Crazy Taxi*) e o outro grupo jogou um jogo de treinamento cerebral.

O jogo *Crazy Taxi* foi desenvolvido para lazer e diversão, enquanto o programa de treinamento cerebral apresenta jogos mais sérios e rigorosos e, portanto, menos agradáveis. O treinamento consistiu em 60 sessões de treinamento de uma hora cada, que foram concluídas em três meses. O jogo *Crazy Taxi* foi realizado pelo *Sony Playstation 2* e foi reproduzido em uma TV. O programa de treinamento cerebral foi reproduzido em um computador com monitor de vídeo. Trinta e cinco pessoas participaram desse estudo, com idade entre 65 e 86 anos.

A Escala de Estado de Fluxo (FSS) foi usada para avaliação. Essa escala conceitua o Fluxo em nove dimensões: desafio, ação, objetivos claros, feedback inequívoco, concentração na tarefa em mãos, senso de controle, perda de autoconsciência e transformação do tempo e experiência autotélica. O questionário foi concluído ao final de cada uma das 60 sessões e demorou cerca de cinco minutos para ser concluído.

A análise dos resultados foi realizada com um modelo de curva de crescimento linear e indicou que os participantes do grupo *Crazy Taxi* aumentaram suas pontuações a cada semana a uma taxa maior do que no grupo de treinamento cerebral. Dessa forma, os autores concluem que as análises revelaram que ambos os grupos experimentaram aumento no Fluxo ao longo do período, mas apenas os participantes do grupo comercial melhoraram significativamente no *Flow*.

Videogames e Disfunções Neurológicas

Doença de Parkinson

No estudo de Allen et al. (3), os autores desenvolveram um programa de jogos em ambiente domiciliar, projetado especificamente para pessoas com doença de Parkinson (DP), porém com foco em exercícios de membros superiores. O objetivo principal foi determinar se o uso desses jogos melhoraria o desempenho da atividade de membros superiores e deficiências nesse público. O objetivo secundário dos autores foi estabelecer a viabilidade e aceitabilidade da intervenção.

Dois jogos com foco em movimentos coordenados do braço e da mão foram projetados e desenvolvidos pela equipe de pesquisa usando o software de desenvolvimento de jogos *Unity*. A medida de avaliação principal usada foi o teste de nove pinos. Os resultados secundários incluíram medidas de atividades e deficiências dos membros superiores, incluindo o teste de toques.

Os participantes randomizados para o grupo dos jogos, jogaram três vezes por semana, durante 12 semanas, gravando quais os jogos jogados, bem como quaisquer efeitos indesejados do jogo em um diário de bordo. Em ambos os jogos, os participan-

tes receberam recursos auditivos e visuais e cada jogo tinha quatro níveis de dificuldade para escolher. O fisioterapeuta prescreveu o nível inicial e os participantes foram encorajados a progredir para níveis mais difíceis quando eram bem-sucedidos no jogo na maior parte do tempo. O grupo-controle recebeu os cuidados habituais e continuou com suas atividades diárias.

Os resultados mostraram que não houve diferenças entre os grupos no teste nove pinos, porém houve para o teste de toque. Os participantes que jogaram melhoraram sua velocidade, mas aumentaram seus erros em comparação ao grupo-controle. Os autores afirmam que os participantes gostaram dos jogos e melhoraram em sua capacidade de jogar, concluindo que jogos projetados para membros superiores em público com DP foram aceitáveis e seguros.

Song et al. (33) realizaram um estudo com o objetivo de determinar se um treinamento domiciliar de 12 semanas com jogos de videogame poderia melhorar o desempenho de marcha e medidas complementares físicas e neuropsicológicas associadas a quedas, também em pacientes com DP.

Realizaram um ensaio clínico randomizado cego simples em uma comunidade (intervenção experimental) e em um laboratório universitário (medidas de resultados), com sessenta pessoas residentes dessa comunidade com DP. As intervenções ocorreram por meio de treinamento da etapa em casa, usando a tecnologia de videogame. As principais medidas usadas foram os resultados do teste de escolha do tempo de reação do *step* e a marcha funcional. Os desfechos secundários incluíram medidas físicas e neuropsicológicas associadas a quedas na DP.

Os participantes do grupo de intervenção (n=28) foram ensinados por um fisioterapeuta a realizar o jogo em casa, por no mínimo 15 minutos, três vezes por semana, durante 12 semanas. O jogo foi uma versão modificada do *Dance Dance Revolution "Stepmania"*. Esses participantes receberam um pequeno computador para conectar sua televisão ou monitor. O grupo-controle (n=25) não recebeu nenhuma intervenção. Ambos os grupos continuaram com seus cuidados de saúde habituais.

Os resultados mostraram não haver diferenças entre o grupo de intervenção e o controle nos resultados primários ou secundários, exceto para o teste *Timed Up and Go*, em que foi encontrada uma diferença a favor do grupo-controle. Os participantes da intervenção relataram melhoria da mobilidade, enquanto os participantes do grupo-controle relataram deterioração da mobilidade.

Os autores concluem que, de modo geral, o treinamento com jogos em domicílio não foi eficaz na melhoria dos resultados avaliados; contudo, foi positivo na função física melhorada nos participantes da intervenção de menor gravidade da doença, bem como a melhora autorrelatada da mobilidade no grupo de intervenção. Sugerem, portanto, que o treinamento domiciliar com uso de jogos pode ter benefícios para pessoas com DP.

Ataxia

Schatton et al. (29) examinaram a eficácia de um treinamento domiciliar de 12 semanas com videogames que fazem a leitura corporal, aplicados em 10 jovens com ataxia degenerativa avançada, incapazes ou quase incapazes de ficar em pé. O treinamento foi estruturado em duas fases de seis semanas, permitindo adaptar o treinamento de acordo com o progresso do treinamento individual. A avaliação clínica (*Scale for the Assessment of Rating Ataxia - SARA*), (*Goal Attainment Scaling - GAS*) e análise quantitativa do movimento foram realizadas por um avaliador cego, duas semanas antes do treinamento, imediatamente antes do treinamento e após o treinamento nas fases 1 e 2. Os resultados mostraram que, após a intervenção, os sintomas de ataxia foram reduzidos, com benefícios correlacionados à quantidade de treinamento. A análise de movimento revelou redução da oscilação corporal ao sentar, que se correlacionou com melhorias na postura e marcha, indicando melhorias nos mecanismos de controle postural. Os autores concluem que esse estudo fornece as primeiras evidências de que, mesmo em estágios avançados, indivíduos com ataxia degenerativa podem se beneficiar de treinamento individualizado, com efeitos que se traduzem na vida diária. A estratégia de treinamento proposta pode ser realizada em casa, é motivadora e facilita a autocapacitação do paciente.

Os programas domiciliares oferecem uma oportunidade única de dar continuidade aos aspectos da terapia, beneficiando a retenção dos efeitos de intervenção estabelecidos, como na população com PC [5]. O indivíduo com PC que realiza algum tratamento, independentemente do profissional e da técnica utilizada, necessita que seu responsável possua esclarecimento, tanto da patologia como da terapia realizada, para que ele desempenhe um papel importante, não apenas nos cuidados de vida diária, mas, também, durante o processo de reabilitação desses pacientes [30].

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do uso de videogames para reabilitação neurológica vem se mostrando uma forma de tratamento capaz de aumentar a motivação de pacientes, além de ser uma opção viável para uso em ambiente domiciliar. Os jogos também são uma forma de aumentar o envolvimento de pais e cuidadores, criando parcerias entre esses e os profissionais da saúde. Além disso, os jogos domiciliares são uma opção mais viável de reabilitação, principalmente em tempos de pandemia como a do COVID-19. Contudo, é preciso levar em consideração a necessidade de muitos pacientes em obter ajuda durante a execução dos jogos. Mais estudos na área são necessários para comprovações de sua eficácia.

REFERÊNCIAS

1. Alarcón-Aldana AC, Callejas-Cuervo M, Bo APL. Upper limb physical rehabilitation using serious videogames and motion capture systems: a systematic review. *Sensors*. 2020; (21):59-89.
2. Alhasani R, Akshata N, Tony S, Mayur N, Sue B, Geri B. The feasibility of a novel dual-task exercise program which integrates balance, gaze, mobility and cognition in community dwelling older adults: protocol for a randomized clinical pilot trial. *Adv Aging Res*. 2015; (4):96-111.
3. Allen NE, Son J, Paul SS, Smith S, O'Duffy J, Schmidt M et al. An interactive videogame for arm and hand exercise in people with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Parkinsonism Relat Disord*. 2017; (41):66-72.
4. Baldi TL, Paolucci G, Barcelli D, Prattichizzo D. Wearable haptics for remote social walking. *IEEE Transactions on Haptics*. 2020; 13(4):761-76.
5. Beckers LWME, Schnackers M.LAP, Janssen-Potten YJ, Kleijnen J Steenberg B. Feasibility and effect of home-based therapy programmes for children with cerebral palsy: a protocol for a systematic review. *BMJ Open*. 2017; 7(2):1-6.
6. Belchior P, Marsiske M, Leite WL, Yam A, Thomas K, Mann W. Older adults' engagement during an intervention involving off-the-shelf videogame. *Games Health J*. 2016; 5(3):151-6.
7. Berton A, et al. Virtual reality, augmented reality, gamification, and telerehabilitation: psychological impact on orthopedic patients' rehabilitation. *J Clin Med*. 2020; 9(8):25-67.
8. Boldrini P, Garcea M, Brichetto G, Reale N, Tonolo S, Falabella V et al. Living with a disability during the pandemic. Instant paper from the field on rehabilitation answers to the COVID-19 emergency. *Eurn J Phys Rehabil Med*. 2020; 56(3):331-4.
9. Burdea GC, Jain A, Rabin B, Pellosie R, Golomb M. Long-term hand tele-rehabilitation on the PlayStation 3: benefits and challenges. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2011; (18):35-8.
10. Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (Coffito) [homepage]. Disponível em: <<http://www.coffito.org.br>>. Acesso em: 15 jun. 2021.
11. Dias TS, Conceição KF, Oliveira AIA, Silva RLM. As contribuições da gameterapia no desempenho motor de indivíduo com paralisia cerebral. *Cad Bras Ter Ocup São Carlos*. 2017; 25(3):575-84.
12. Demers M, Martinie O, Winstein C, Robert MT. Active video games and low-cost virtual reality: an ideal therapeutic modality for children with physical disabilities during a global pandemic. *Front Neurol*. 2020; 14(11):601898.
13. Ferreira L, Ferretti F, Teo CR, Pivetta H. Professional training in physiotherapy: primary care practices. *Fisioter Mov*. 2020. doi: <https://doi.org/10.1590/1980-5918.033.A046>.
14. Fonseca Junior PR, Souza PP, Reis KKM, Filoni E. Home-based physiotherapy programmes for individuals with neurological diseases: systematic review. *Fisioter Mov*. 2019. doi: <https://doi.org/10.1590/1980-5918.032.A028>.
15. Garrett B, Taverner T, McDade P. Virtual reality as an adjunct home therapy in chronic pain management: an exploratory study. *JMIR Med Inform*. 2017; 5(2):11.

16. Godlove J, Anantha V, Advani M, Des Roches C, Kiran S. Comparison of therapy practice at home and in the clinic: a retrospective analysis of the constant therapy platform data set. *Front Neurol.* 2019; 10:140. doi: 10.3389/fneur.2019.00140.
17. Gouveia E, Silva EC, Lange B, Bacha JMR, Pompeu JE. Effects of the interactive videogame nintendo wii sports on upper limb motor function of individuals with post-polio syndrome: a randomized clinical trial. *Games Health J.* 2020; 9(6):461-71.
18. Handelzalts S, Ballardini G, Avraham C, Pagano M, Casadio M, Nisky I. Integrating tactile feedback technologies into home-based telerehabilitation: opportunities and challenges in light of COVID-19 pandemic. *Front Neurobot.* 2021; 15:617-636. doi: 10.3389/fnbot.2021.617636.
19. Hollander JE, Carr BG. Virtually perfect? telemedicine for COVID-19. *N Engl J Med.* 2020; 382(18):1679-81.
20. Lai HPH, Ho EN, Warburton D. Interactive video games are an effective supplementary to pediatric clinical exercise rehabilitation for cerebral palsy: knowledge translation of video game-based therapy. *Health Fitness J Canada.* 2017; 10(1):17-22.
21. Lopes S, Magalhães P, Pereira A, Martins J, Magalhães C, Chaleta E et al. Games used with serious purposes: a systematic review of interventions in patients with cerebral palsy. *Front Psychol.* 2018; 9:1712. doi: 10.3389/fpsyg.2018.01712.
22. Modesto PC, Pinto FCG. Home physical exercise program: analysis of the impact on the clinical evolution of patients with normal pressure hydrocephalus. *Arq Neuropsiquiatr.* 2019; 77(12):860-70.
23. Narvaez F, Marín-Castrillón DM, Cuenca M, Latta MA. Development and implementation of technologies for physical telerehabilitation in Latin America: a systematic review of literature, programs and projects. *Tecnol.* 2017; 20(40):155-76.
24. Nunez CM, Huerta BN, Okamura OH, Culbertson H. Investigating Social Haptic Illusions for Tactile Stroking (SHIFTS). *IEEE Haptics Symposium;* 2020. p. 629-36.
25. Nunez CM, Williams SR, Okamura AM, Culbertson H. Understanding continuous and pleasant linear sensations on the forearm from a sequential discrete lateral skin-slip haptic device. *IEEE Trans Haptics.* 2019; 12(4):414-27.
26. Pacchierotti C, Sinclair S, Solazzi M, Frisoli A, Hayward V, Prattichizzo D. Wearable haptic systems for the fingertip and the hand: taxonomy, review, and perspectives. *IEEE Trans Haptics.* 2017; 10(4):580-600.
27. Pesquisa Game Brasil (PGB) [homepage]. A democratização dos games e o impacto da pandemia. Disponível em <<https://www.pesquisagamebrasil.com.br/pt/>>. Acesso 15 jun. 2021.
28. Pereira MF, Prahm C, Kolbenschlag J, Oliveira E, Rodrigues NF. Application of AR and VR in hand rehabilitation: a systematic review. *J Biomed Inform.* 2020; 111. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2020.103584>.
29. Schatton C, Synofzik M, Fleszar Z, Giese MA, Schöls L, Ilg W. Individualized exergame training improves postural control in advanced degenerative spinocerebellar ataxia: a rater-blinded, intra-individually controlled trial. *Parkinsonism Relat Disord.* 2017; 39:80-4.
30. Silva ARV, Friedrich LF. Nível de conhecimento dos familiares de crianças com paralisia cerebral e sua interferência no processo de tratamento. [Monografia]. Maringá: Universidade Cesumar; 2020.

31. Silva de Jesus E, Jesus JP, Rocha JLS, Wagnacker DS, Gardenghi G. Gameterapia na reabilitação de pacientes com paralisia cerebral. *Rev Bras Saúde Funcional*. 2018; 1(1):9.
32. Simpson R, Robinson L. Rehabilitation after critical illness in people with COVID-19 infection. *Am J Phys Med Rehabil*. 2020; 99(6):470-4.
33. Song J, Paul SS, Caetano MJD, Smith S, Dibble LE, Love R et al. Home-based step training using videogame technology in people with Parkinson's disease: a single-blinded randomised controlled trial. *Clin Rehabil*. 2018; 32(3):299-311.

14

O uso de jogos eletrônicos na educação para crianças com transtorno do espectro do autismo: uma revisão narrativa

Leni Porto Costa Siqueira

Nadia Giaretta-Ranalli

Sebastião Gonçalves de Barros Neto

INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) está classificado na categoria diagnóstica dos transtornos do neurodesenvolvimento e, em razão disso, é um transtorno cujos sinais e sintomas iniciam precocemente no período do desenvolvimento, podendo ser identificados entre 12 a 24 meses de idade. Porém, se os atrasos no desenvolvimento e os sinais do transtorno forem graves, poderão ser percebidos antes dos 12 meses e, após os 24 meses, se os sintomas forem mais leves (3, 5).

O TEA é caracterizado por uma heterogeneidade de sintomas que afetam consideravelmente a adaptação psicossocial da pessoa acometida em diferentes graus de variabilidade e gravidade (27, 34, 40). Consistente com essa heterogeneidade, o TEA apresenta graus variáveis de déficits na interação e comunicação social, que se manifestam a partir de comprometimentos na reciprocidade socioemocional, comportamentos comunicativos não verbais durante as interações sociais e relacionamentos sociais em geral, além de prejuízos de ordem comportamental como padrões restritos e repetitivos de comportamentos, interesses ou atividades (5). Esses são distúrbios complexos que afetam a qualidade das interações sociais recíprocas e estão entre as principais fontes de desvantagem para os indivíduos com TEA (8, 10, 20).

A gravidade do quadro autista dependerá de especificadores relativos à presença de deficiência intelectual (DI), alguma condição médica ou genética conhecida, fator ambiental ou a outro transtorno do neurodesenvolvimento, mental ou comportamental associado (5, 7, 12).

A partir do DSM-5 uma nova terminologia foi adotada para os antes denominados Transtornos Globais do Desenvolvimento (4), sendo classificados agora como Transtornos do Espectro do Autismo. Essa nova denominação corresponde a uma mudança na conceituação do transtorno, que reduz os três domínios anteriormente considerados como critério para o TEA (prejuízo qualitativo na interação social, na comunicação e padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses e atividades) para dois: déficits sociais e de comunicação e interesses fixados e comportamentos repetitivos (5).

No âmbito educacional, a inclusão de alunos com necessidades educacionais especiais (NEE), como é o caso daqueles com TEA, ainda é um grande desafio para a política educacional brasileira (11, 17) e, segundo Camargo e Bosa (11), embora exista um arcabouço considerado de legislações brasileiras a determinar que todas as crianças devem ter acesso à escola regular, incluindo alunos com TEA, as escolas ainda têm dificuldade em oferecer acomodações curriculares e educacionais adequadas às necessidades desses alunos (11).

Vale ressaltar que, na medida em que as necessidades educacionais de crianças com TEA forem atendidas, levando em conta suas especificidades, as ações educacio-

nais poderão garantir o acesso ao ensino superior, inclusive qualidade de vida individual e familiar e inserção social no mercado de trabalho (25).

Nesse sentido, com o crescente número de crianças com TEA atendidas nas escolas, é importante investigar a eficácia de métodos para envolvê-los em atividades educacionais e sociais que venham a promover a aprendizagem (15).

Observa-se que o uso de jogos eletrônicos nas intervenções com essas crianças está começando a ganhar um foco maior, visto que a pessoa com TEA tem uma forte preferência por atividades que envolvam habilidades visuoespaciais, como atividades baseadas em telas, sendo esse um recurso importante que pode influenciar positivamente o desempenho acadêmico (13, 23).

Embora a pesquisa nessa área seja bastante limitada, as evidências sugerem que os jogos eletrônicos estão presentes na vida das crianças com TEA, indicando que eles podem ser uma ferramenta de ensino e aprendizagem vantajosa, tanto do ponto de vista cognitivo quanto social, pois são motivadores para aprender novas habilidades ou desenvolver habilidades fundamentais para o sucesso na escola (15).

Além disso, estudos mostram que intervenções baseadas em tecnologias de informação e comunicação, como os jogos eletrônicos, apresentam diversas vantagens para indivíduos com TEA. Uma delas é o fato de eles mostrarem um forte interesse por meios e dispositivos eletrônicos (30, 37); outra vantagem é que os jogos apresentam regras previsíveis e as informações fornecidas são estruturadas e claras (27); e, por último, não envolvem expectativas socioemocionais complexas, pois permitem aos indivíduos com TEA experimentar várias situações sociais em ambientes virtuais, evitando a rejeição, que, por vezes, experimentam em interações face a face reais (29).

Importante destacar que foi na década de 1970, quando os primeiros jogos eletrônicos de sucesso comercial foram desenvolvidos para recreação e divertimento, que os profissionais de saúde mental se apropriaram dessa ferramenta como parte da terapia com seus pacientes (32).

Na atualidade, as novas tecnologias oferecem uma gama de opções de jogos que podem ser usados nas intervenções terapêuticas na área da saúde mental como, também, ser aplicados como estimulação para uma ampla gama de problemas de aprendizagem na área educacional (19).

A *Game Based Learning* (GBL), por exemplo, é uma ferramenta importante e contundente que tem como foco a aprendizagem utilizando dispositivos eletrônicos, em sala de aula, como recursos didáticos. O uso dessas ferramentas promove infinitas possibilidades, pois favorece sua utilização fora do ambiente escolar e o aluno pode utilizá-la na quantidade necessária para o entendimento. Outro fator relevante dessa tecnologia é a facilitação da interação do professor com o aluno que pode ocorrer em ambientes diversos (33).

Estudos mostram que a participação e o uso de jogos eletrônicos exigem foco e atenção e motivam o usuário a praticar o que está sendo vivenciado no jogo (18, 22), sendo uma estratégia de intervenção que pode ensinar uma gama de habilidades para indivíduos com TEA (22).

De uma forma geral, estudos anteriores apoiam o uso de videogames / jogos eletrônicos na educação especial como uma das estratégias pedagógicas que contribui para ajudar alunos com TEA a se tornarem mais independentes, desenvolvendo a área cognitiva e aprendendo habilidades de vida diária que irão prepará-los melhor para a fase adulta (42).

Nesse contexto, encontramos na literatura estudos mostrando o uso de jogos eletrônicos na qualidade de tecnologia assistiva, com foco na pessoa com TEA, como uma opção para o desenvolvimento da aprendizagem. Nesse ponto, define-se como tecnologia assistiva todo recurso, equipamentos ou serviços que proporcionem melhoria nas habilidades físicas e/ou mentais das pessoas com deficiência (29).

Assim, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão narrativa sobre os tipos de jogos eletrônicos que estão sendo utilizados como recurso no tratamento de crianças com TEA e que são usados pela educação como forma de desenvolver a aprendizagem e a inclusão social dessas crianças. O estudo investigou artigos científicos correlatos ao estado da arte sobre o uso de jogos eletrônicos na intervenção da pessoa com TEA, contemplando publicações nacionais e estrangeiras, nos sites online de busca, como PubMed, SciELO, Lilacs e Portal de Periódicos da CAPES. Os descritores utilizados foram em inglês e português: “Eletronic games”, “Education”, “Autism”, “Children”, “Jogos eletrônicos”, “Educação”, “Autismo” e “Crianças”.

MÉTODO

Procedimento de pesquisa

Durante os meses de maio e junho de 2021 foi realizada uma pesquisa computacional nas bases de dados PubMed, Medline, SciELO, Lilacs e Portal de Periódicos da CAPES, tendo como objetivo obter estudos sobre o uso de jogos eletrônicos pela educação como ferramentas assistivas para indivíduos com TEA. Assim sendo, os critérios de busca incluíram sempre o termo “Eletronic games”, em inglês, e “Jogos eletrônicos”, em português, com pelo menos um dos termos referentes ao transtorno do espectro do autismo: *autism*, *autistic* e autismo.

Ao todo, foram obtidos 265 retornos, sendo que, ao longo do período informado, todos foram analisados e organizados em uma planilha e, considerando o processo de inclusão / exclusão adotado, um total de 186 artigos foram excluídos. Na sequência, após realizada leitura criteriosa e tendo em vista o objetivo do estudo, 79 artigos fo-

ram selecionados e lidos na íntegra, mas apenas 15 atenderam aos critérios de inclusão, conforme descritos a seguir.

Critérios de inclusão / exclusão

Os critérios de inclusão nesta análise foram os seguintes:

- a. Artigos que tratam de jogos eletrônicos com foco em indivíduos com TEA em idade escolar.
- b. Artigos publicados entre 2011 e 2021, escritos nos idiomas inglês e português, com desenho *clinical trial* e *review*.

Os critérios de exclusão neste estudo foram os seguintes:

- a. Artigos que tratam de jogos fazendo uso de hardware específicos como, por exemplo, robôs ou similares;
- b. Artigos que tratam do assunto referente à área de jogos digitais, entretanto não possuem função de tecnologia assistiva para indivíduos com TEA;
- c. Artigos que, embora possuam os termos de busca, mostram-se como falso-positivos, não estão engajados no contexto de jogos eletrônicos.

Após a seleção de relevância, os artigos selecionados foram analisados para a extração de informações a fim de se proceder a organização e resumo deles. Buscou-se identificar as informações sobre os objetivos, quais resultados o estudo pretendia alcançar e quais áreas e habilidades da pessoa com TEA o jogo pretendia desenvolver (cognitiva, comunicação e interação social, detecção e trato de emoções, coordenação motora e concentração).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta revisão de narrativa, a seleção foi realizada a partir de leitura criteriosa dos artigos, sendo selecionados 15 que atendiam aos critérios de inclusão definidos no estudo.

Pelo processo de seleção de artigos, constatou-se que muitos jogos constituem ferramentas que permitem ensinar ações úteis aos indivíduos com TEA, desenvolvendo a aprendizagem em várias áreas, seja aprender a pegar um ônibus (38), desenvolver a interação social e atenção (2) ou aprender a identificar e associar expressões faciais e sentimentos (35). Nesse sentido, são ferramentas importantes para os indivíduos com TEA, pois eles apresentam desenvolvimento atípico no âmbito cognitivo, comunicativo, emocional, concentração, coordenação motora, interação social e

aprendizagem. Assim, o desenvolvimento de tecnologias assistivas pode contribuir sobremaneira para avanços nas áreas acometidas e na qualidade de vida dessas pessoas (14).

Indivíduos com distúrbios do desenvolvimento requerem suporte em diferentes contextos e habilidades, tais como motoras (e.g., equilíbrio), cognitivas (e.g., reconhecimento de emoções) e de aprendizagem (e.g., aquisição de linguagem). Os jogos eletrônicos contribuem como suporte no processo de aprendizagem, reduzindo ansiedade, estresse e permitindo a obtenção de habilidades sociais e de aprendizagem, como reconhecimento de emoções e ganhos na linguagem (26).

O uso de jogos eletrônicos para pessoas com TEA, enquanto ferramenta educacional, possibilita que de forma lúdica o educando assimile conceitos, adquira ou aperfeiçoe habilidades e competências indispensáveis para a sua formação, tanto em um contexto formal quanto informal. Portanto, as habilidades cognitivas, tais como a criatividade, o pensamento crítico, compreensão e reconhecimento de padrões podem ser trabalhadas por meio dessa ferramenta no processo de aprendizagem, visto que ela pode promover, melhorar e apoiar esse processo (16, 30).

A capacidade de promover a aprendizagem e habilidades específicas bem como a de incentivar e aumentar a participação ativa e a motivação dos usuários ocorrem em razão dos elementos aplicados na criação desses jogos, que incluem: objetivos direcionados às habilidades específicas de aprendizagem, enredos e ambientes envolventes, feedback e recompensas, personalização, treinamento e níveis crescentes de dificuldades (18).

Dessa forma, de modo discursivo, os achados desta revisão são apresentados nas seções seguintes, descrevendo os principais jogos eletrônicos utilizados no âmbito da educação de crianças com diagnóstico de TEA.

Jogos eletrônicos

Aventuras no Reino Altriras

O Altriras é um jogo desenvolvido para crianças com diagnóstico de TEA, alfabetizadas ou não, com idades entre 6 e 12 anos, com o intuito de exercitar e auxiliar o reconhecimento das expressões faciais associadas às emoções básicas, e o nome escolhido para o jogo faz referência a essas emoções: AL (alegria), TRI (tristeza), RA (raiva) e S (surpresa). Em razão de suas características é classificado como *Role Playing Game* (RPG), logo, é considerado mais apropriado para os anos iniciais por ser mais social do que competitivo, potencializando as habilidades comunicativas e sociais. Os seus ambientes recreativos foram construídos com interface gráfica 2D, com gráficos de alta qualidade e personagens em estilo *cartoon*, para um maior apelo à atenção. Durante o jogo, o jogador tem em mãos ferramentas interativas e um ambiente divertido, com

interfaces coloridas, objetos e personagens agradáveis, como dinossauros, florestas, trens etc., que detêm a atenção para a execução das tarefas em que deve associar cada emoção básica à respectiva expressão facial correspondente. O Altriras contribui para aprimorar determinadas habilidades de aprendizagem nesses indivíduos, tais como reconhecimento e associação de expressões faciais e sentimentos, interações sociais, habilidades motoras e raciocínio (1).

Aventura espacial

O jogo Aventura espacial foi desenvolvido para crianças e jovens com diagnóstico de TEA, com idades entre 6 e 14 anos, com o objetivo de promover a interação social e atenção. É classificado como sendo um jogo sério de interface adaptativa, pois permite a modificação da interface e dos desafios conforme as necessidades dos usuários. O nome do jogo faz referência ao local onde é ambientado, o espaço sideral. Em um ambiente lúdico, em naves espaciais os jogadores devem explorar o universo eliminando destroços que põem em risco planetas e seus habitantes. No estudo de validação, Aventura espacial demonstrou ser um jogo que apoia e auxilia a interação e os processos cognitivos, podendo ser aplicado como intervenção no TEA (2).

Smile 1

Smile 1 é um jogo desenvolvido com o objetivo de auxiliar no reconhecimento das emoções e expressões faciais e, conseqüentemente, reduzir os problemas comportamentais. Quatro emoções básicas são trabalhadas: felicidade, raiva, tristeza e medo. É definido como jogo educativo, elaborado em *HyperText Markup Language* (HTML), e bidimensional. O objetivo é que o jogador seja capaz de reconhecer a emoção narrada, dando a resposta correta. No ambiente do jogo, o jogador é apresentado a dois personagens que representarão as emoções ao longo do jogo, sendo uma menina e um menino. A menina apresenta um lenço na cabeça, pois no Irã crianças com TEA identificam o gênero feminino por meio dessa característica. Os resultados do estudo realizado indicam que *Smile 1* é capaz de ensinar expressões faciais mesmo àqueles com TEA moderado; e aqueles com nível de gravidade leve foram capazes de reconhecer as quatro emoções básicas (28).

Take a Shower!

Take a Shower! é um jogo baseado no *Kinect* (sensor de movimentos) voltado para o público escolar infantil com diagnóstico de TEA e tem o objetivo de ensinar de modo lúdico como tomar banho de modo independente. Crianças com TEA podem ter dificuldades em realizar tarefas diárias, dentre elas tomar banho de forma independente. O desempenho inadequado na habilidade para tomar banho pode impactar negativa-

mente na higiene pessoal da criança e resultar na dependência de cuidadores para assistência por toda vida.

A aplicação do jogo consistiu em três etapas: (a) linha de base – nessa etapa foram realizadas algumas sessões para o levantamento de dados sobre os participantes; (b) a segunda etapa foi de intervenção, em que o jogo foi utilizado para o treino do banho; e (c) a terceira etapa foi de manutenção, que avaliou o desempenho contínuo dos participantes.

O jogo inicia com a seleção do personagem favorito, e os movimentos que devem ser reproduzidos incluem despir-se, pegar o chuveiro de mão e ligar / desligar a água. Um “germe do mal” aponta as partes do corpo que precisam de limpeza e o jogador deve molhar o corpo, aplicar o xampu etc. O uso do jogo mostrou ser benéfico no ensino de higiene pessoal infantil no grupo investigado, pois os participantes adquiriram e mantiveram as habilidades necessárias para a tarefa de tomar banho de forma independente (22).

JeStiMule

É um jogo de computador baseado em habilidades lógicas para ensinar o reconhecimento de emoções, expressões faciais e situações sociais. Para tanto, situações e emoções básicas são apresentadas: felicidade, raiva, nojo, medo, tristeza, surpresa, dor e neutra. Combina a diversão de brincar com o aprendizado e contém vários exercícios com o objetivo de treinar o reconhecimento de emoções em avatares como, por exemplo, rostos, gestos e cenas sociais. Além disso, o jogo inclui aspectos instrucionais motivadores com sequências curtas e com feedback imediato e recompensas visuais.

Outro aspecto importante é que o ambiente desenvolvido no *JeStiMule* é multisensorial. Estímulos visuais, sonoros e táteis são fornecidos para facilitar a imersão no mundo virtual e aumentar a atratividade do jogo. Também apresenta adaptações que são apropriadas às características dos indivíduos com TEA, como a possibilidade de identificar as emoções por meio de códigos, permitindo que crianças e adolescentes não verbais interajam com o jogo e possam aprender diferentes emoções.

O objetivo principal do *JeStiMule* é compensar as dificuldades de compreensão intuitiva do mundo social que a pessoa com TEA possui, por meio de estratégias de aprendizagem adaptadas às características que o transtorno apresenta.

No estudo realizado, o jogo *JeStiMule* revelou ser uma ferramenta promissora para ensinar a criança na identificação de emoções e sua relevância nas relações sociais (35).

GuessWhat?

GuessWhat? é um jogo móvel para treinamento de reconhecimento de emoções, para crianças com TEA, por charadas. O jogo consiste em uma experiência compartilhada entre a criança, que deve executar o *prompt* mostrado na tela por meio de gestos e expressões faciais, e o cuidador, que tem a tarefa de adivinhar a palavra ou expressão proposta. Essa interação de forma estruturada tem o potencial de fornecer uma experiência social e educacional envolvente para a criança.

O jogo mostra vários exemplos de *prompt*, e os mais relevantes para o reconhecimento e a expressão de emoções são os *emojis*, mostrando representações exageradas de caricaturas de rostos emotivos e rostos que exibem fotos reais de crianças.

O objetivo do jogo é fornecer o feedback em tempo real e adaptar as dificuldades em resposta ao desempenho da criança, a partir da integração de classificadores de emoção que foram desenvolvidos para o jogo.

Os resultados mostraram que a plataforma desse jogo pode ser usada para prever emoções com uma precisão maior do que as existentes no mercado de reconhecimento de emoções. Os pesquisadores pretendem aperfeiçoar o jogo para que, futuramente, possam fornecer reforços para a superação dos déficits sociais nas crianças com TEA (21).

Mindlight

Mindlight é um jogo para redução da ansiedade voltado para crianças e adolescentes de 8 a 16 anos, baseado nos princípios da terapia cognitivo-comportamental (TCC) e neurofeedback. No ambiente do jogo, o personagem principal é deixado em uma casa assustadora por seus pais e deve superar seus medos, aprendendo a usar sua própria força interior de forma que as sombras da casa não tenham poder sobre ele. O jogo fornece como recurso para enfrentar essas sombras o *Mindlight*, que corresponde a uma bolha de luz que pode brilhar nos arredores e é controlada pelo participante do jogo.

Segundo Wijnhoven et al. (41), a ansiedade em crianças com TEA é uma das principais causas de prejuízo na vida diária, podendo estar associada a um maior risco de outros problemas comórbidos, como sintomas depressivos e comportamentos agressivos, sendo importante o desenvolvimento de estratégias de intervenção, como o *Mindlight*, com foco na redução da ansiedade, que pode estar associada ao TEA em alguns casos (24).

Emotiplay

Esse jogo foi desenvolvido para ensinar o reconhecimento de emoções de expressões faciais, prosódia vocal, linguagem corporal e sua integração no contexto de forma

divertida e motivadora. Treinar e redirecionar a atenção das crianças para o reconhecimento de emoções pode facilitar o funcionamento social dos indivíduos com TEA.

Nesse jogo, o reconhecimento das emoções é ensinado por meio de expressões faciais, entonação vocal – prosódia, linguagem corporal, e os jogadores podem criar os seus próprios avatares de modo personalizado. O ambiente do jogo combina material educacional, jogos motivadores e recompensas que criam uma experiência de educação e entretenimento educativo.

O objetivo do estudo foi examinar, transculturalmente, a eficácia do *serious game* da *Emotiplay* em melhorar as habilidades de reconhecimento de emoções de crianças com TEA em três locais: Reino Unido, Suécia e Israel. O jogo inclui diferentes personagens com várias idades de ambos os sexos, várias raças e etnias (16).

Virtual travel

Esse é um jogo desenvolvido para ensinar aos indivíduos com TEA o uso independente de ônibus, enquanto transporte público. O ambiente do jogo consiste em uma cidade tridimensional onde os jogadores devem realizar um conjunto de tarefas que envolvem o uso de ônibus como transporte para diferentes destinos. Nesse jogo existem vários ônibus diferentes que circulam em quatro rotas dentro da cidade. O jogador pode entrar em qualquer um desses ônibus, validar sua passagem, escolher um local para sentar e pressionar o botão PARE, solicitando a parada do ônibus, e sair do ônibus. As tarefas são classificadas em simples (o jogador precisa pegar um ônibus para chegar ao destino) e complexas (o jogador precisa pegar dois ônibus para chegar ao destino). Cada tarefa tem dois níveis de dificuldade e, ao final de cada tarefa, é apresentada a avaliação do participante, por meio de um sistema de pontuação que avalia o seu desempenho.

O objetivo do jogo é apresentar um ambiente seguro onde os jogadores se familiarizem com o processo de pegar um ônibus e validar se ele pode ser usado para o ensino de rotinas de pegar ônibus e procedimentos adaptativos para indivíduos com TEA. Os resultados mostraram que o uso do jogo como ferramenta de intervenção terapêutica melhorou a eficiência geral dos participantes, treinando suas habilidades de planejamento e ensinando as normas de uso de ônibus necessárias para o uso autônomo desse para transporte (38).

MoviLetrando

É um jogo baseado em realidade virtual de projeção, desenvolvido, originalmente, para estimular a função motora e o letramento de crianças com síndrome de Down. Ao ser testado no TEA, seu uso se mostrou positivo, em razão dos ganhos e habilidades alcançadas. O jogo consiste na interação e identificação correta de números e letras do

alfabeto (vogais e/ou consoantes) e seus respectivos sons. Portanto, estimula as funções motoras (por requerer o movimento dos membros superiores) e as cognitivas (pela identificação e associação dos padrões que constituem os elementos do alfabeto, números e sons), além da propriocepção, que, ao ser estimulada e desenvolvida, dá ao indivíduo a capacidade de conhecer o próprio corpo e estabelecer estratégias motoras para execução do movimento requerido (6).

Sema-Tic

É um jogo baseado em habilidades cognitivas não verbais que, de forma lúdica, contribui para a obtenção de habilidades de alfabetização, ensinando os pré-requisitos para a leitura, identificação e decodificação de palavras, sintaxe básica, sem focar a consciência fonêmica. No ambiente do jogo, o jogador deve estar acompanhado de um supervisor (responsável pela orientação e/ou demonstração) e deve reconhecer palavras, palavras associadas a imagens, compreender frases simples, sendo que tudo é exibido em animações 3D ou por voz.

Para tanto, o jogo reúne mais de 5.000 palavras em suas atividades, que são divididas em séries, sendo que cada série inclui 10 séries com 10 jogos cada (totalizando 100 jogos), para ensinar habilidades de alfabetização com níveis gradativos de dificuldade (35).

Caribbe Quest

É definido como um jogo de intervenção cognitiva para melhorar a atenção e as habilidades de funções executivas em ambiente escolar. O ambiente do jogo traz uma abordagem híbrida com atividades específicas, compensatórias, repetitivas, ordenadas de modo hierárquico, com progressão e em formato adaptativo, sendo que os gráficos e a jogabilidade são envolventes. Todas essas características contribuem para exercitar as habilidades de atenção e funções executivas, desde as fundamentais como focalizar a atenção e as ditas complexas como visuais e habilidades auditivas. O jogo requer o acompanhamento de um treinador que fornecerá as instruções metacognitivas (26).

Minecraft

Minecraft é um jogo de videogame que tem como cenário um ambiente tridimensional. O objetivo central do jogo é a exploração, reorganização, busca, combinação e manipulação de blocos de pedras, minerais ou madeiras. Com isso, é possível moldar a paisagem, construindo desde casas até fortalezas, ou seja, ambientes simples ou complexos. Originalmente foi desenvolvido para o público geral, mas têm demonstrado resultados animadores quando aplicado em determinados distúrbios do desenvolvimento, em especial no TEA. De acordo com o estudo realizado, o jogo em questão teve

como destaque a conexão social e a colaboração, e foi considerado como ferramenta, no ambiente escolar, que favorece o engajamento e a resiliência (31).

AScapeD

É definido como sendo um jogo baseado em sala de fuga, cujo objetivo é facilitar a comunicação e a interação social entre crianças com alto desempenho e TEA, por meio de atividades que desenvolvem as habilidades sociais. Os jogadores assumem papel de detetives e devem solucionar, de modo interativo e colaborativo, um caso de desaparecimento, encontrando as peças de um quebra-cabeça que, ao ser completado, solucionará o caso. Segundo os autores, *AScapeD* foi capaz de promover, de forma lúdica em sala de aula, a igualdade de cooperação e comunicação entre as crianças com TEA e seus pares, graças ao conceito adotado (39).

GOLIAH

Gaming Open Library Intervention for Autism at Home (GOLIAH) consiste em um conjunto de jogos desenvolvidos com o objetivo de melhorar as habilidades cognitivas de indivíduos com TEA. Na plataforma são disponibilizados 11 jogos aos jogadores, sendo que sete jogos estimulam a imitação e quatro, a atenção compartilhada. Os jogos consistem em reproduzir receitas, reproduzir e imitar desenhos e são divididos por habilidades que serão trabalhadas, podendo ser jogos de imitação ou de atenção compartilhada. Os resultados do estudo destacaram que seu uso promoveu as seguintes melhoras: 89% em flexibilidade, 78% em concentração, 44% em autoestima, e 56% em melhora no relacionamento com seus pares (9).

Como podemos ver, os jogos eletrônicos são importantes ferramentas para o desenvolvimento da pessoa com TEA. Entretanto, salientamos que seu uso no processo de ensino exige planejamento estruturado, por meio de objetivos adequados e que atendam às necessidades individuais do aluno.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de tecnologias, desenvolvidas especificamente para os indivíduos com diagnóstico de TEA, em especial os jogos eletrônicos, contribui para a superação de limitações impostas pelo transtorno e para o desenvolvimento de habilidades. Trata-se de ferramentas de ensino que complementam os métodos tradicionais já empregados, pois são instrumentos estruturados que visam às especificidades dos indivíduos com TEA, tendo como objetivo trabalhar habilidades sociais e de comunicação, funcionamento na vida diária, coordenação motora visual, dentre outros.

Nesse sentido, a partir desta revisão, pode-se concluir que o uso de jogos eletrônicos como tecnologia assistiva para pessoas com TEA se mostra efetivo. Contudo, pelo baixo número de estudos encontrados que abordam a adoção desses jogos no âmbito educacional, faz-se necessário que sejam realizados novos estudos que apontem o uso de tecnologias, aliadas ao uso dos jogos eletrônicos, com foco em tecnologias assistivas para pessoas com TEA.

A literatura consultada traz como sendo consenso que o uso de jogos eletrônicos nesse transtorno do desenvolvimento contribui para ganhos em diferentes áreas, assim como as abordagens tradicionais. No entanto, convém incluir desenhos longitudinais para determinar se os ganhos se sustentam com o passar do tempo.

Ressaltamos, ainda, a limitação do uso desses jogos no contexto brasileiro, no que diz respeito ao idioma em que estão disponíveis, pois em sua grande maioria estão na língua inglesa, carecendo de tradução, adaptação transcultural e validação para o português.

REFERÊNCIAS

1. Almeida LM, Silva DPD, Theodório DP, Silva WW, Rodrigues SCM, Scardovelli TA et al. AL-TRIRAS: a computer game for training children with autism spectrum disorder in the recognition of basic emotions. *Int J Comp Games Technol.* 2019; Article ID 4384896. doi: <https://doi.org/10.1155/2019/4384896>.
2. Almeida RR, Mendes NFM, Amaral DKR, Costa FLD. Aventura espacial: um jogo sério de interface adaptativa para crianças e jovens com transtorno do espectro autista. *TE & ET.* 2020; 27:73-82.
3. Alshaban F, Aldosari M, Al-Shammari H, El-Hag S, Ghazal I, Tolefat M, et al. Prevalence and correlates of autism spectrum disorder in Qatar: a national study. *J Child Psychol Psychiatr.* 2019; 60(12):1254-68. doi: 10.1111/jcpp.13066.
4. American Psychiatric Association. Manual de Diagnóstico e Estatística de Transtornos Mentais - DSM-IV. 4. ed. Arlington: American Psychiatric Association; 2002.
5. American Psychiatric Association. Manual de Diagnóstico e Estatística de Transtornos Mentais - DSM-5. 5th ed. Porto Alegre: Artmed; 2014.
6. Antão JYFDL, Abreu LCD, Barbosa RTDA, Crocetta TB, Guarnieri R, Massetti T et al. Use of augmented reality with a motion-controlled game utilizing alphabet letters and numbers to improve performance and reaction time skills for people with autism spectrum disorder. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.* 2020; 23(1):16-22.
7. Bertelli MO, Munir K, Salvador-Carulla L. Fair is foul, and foul is fair: reframing neurodevelopmental disorders in the neurodevelopmental perspective. *Acta Psychiatr Scand.* 2016; 134(6):557-8. doi: 10.1111/acps.12626.
8. Billstedt E, Gillberg C, Gillberg C. Autism after adolescence: populationbased 13- to 22-year follow-up study of 120 individuals with autism diagnosed in childhood. *J Autism Dev Disord.* 2005, 35:351-60.

9. Bono V, Narzisi A, Jouen AL, Tilmont E, Hommel S, Jamal W et al. A gaming platform for home-based intervention in autism: principles and design. *Front Psychiatry*. 2016; 7:70. doi: 10.3389/fpsy.2016.00070.
10. Boraston Z, Blakemore SJ, Chilvers R, Skuse D. Impaired sadness recognition is linked to social interaction deficit in autism. *Neuropsychol*. 2007; 45:1501-10.
11. Camargo SPH, Bosa CA. Competência social, inclusão escolar e autismo: um estudo de caso comparativo. *Psicol Teor Pesq*. 2012; 28(3):315-24. doi: 10.1590/S0102-37722012000300007.
12. Delobel-Ayoub M, Ehlinger V, Klapouszczak D, Maffre T, Raynaud JP, Delpierre C et al. Socioeconomic disparities and prevalence of autism spectrum disorders and intellectual disability. *Plos One*. 2015; 10(11):0141964. doi: 10.1371/journal.pone.0141964.
13. Evans MA, Norton A, Chang M, Deater-Deckard K, Balci O. Juventude e videogames: explorando os efeitos na aprendizagem e no envolvimento. *Z Psychol*. 2013; 221(2):98-106. doi: <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000135>.
14. Fernandes M, Nohama P. Jogos digitais para pessoas com Transtornos do Espectro do Autismo (TEA): uma revisão sistemática. *TE & ET*. 2020; 26:72-80. doi: 10.24215/18509959.26.e8.
15. Finke EH, Hickerson B, McLaughlin E. Parental intention to support video game play by children with autism spectrum disorder: an application of the theory of planned behavior. *Lang Speech Hear Serv Sch*. 2015; 46(2):154-65. doi: 10.1044/2015_LSHSS-13-0080.
16. Fridenson-Hayo S, Berggren S, Lassalle A, Tal S, Pigat D, Meir-Goren et al. Emotiplay: a serious game for learning about emotions in children with autism: results of a cross-cultural evaluation. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2017; 26(8):979-92.
17. Glat R, Pletsch MD, organizadores. *Inclusão escolar de alunos com necessidades especiais*. 2. ed. Rio de Janeiro: Eduerj; 2012.
18. Gotsis M, Piggot J, Hughes D, Stone W. SMART games: uma intervenção de videogame para crianças com transtornos do espectro do autismo. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children*. 2010; Supl 1:194-7.
19. Horne-Moyer HL, Moyer BH, Messer DC, Messer ES. The use of electronic games in therapy: a review with clinical implications. *Curr Psychiatry Rep*. 2014; 16:520. doi: 10.1007/s11920-014-0520-6.
20. Joseph RM, Tager-Flusberg H. The relationship of theory of mind and executive functions to symptom type and severity in children with autism. *Dev Psychopathol*. 2004; 16:137-55.
21. Kalantarian H, Jedoui K, Washington P, Wall DP. A mobile game for automatic emotion-labeling of images. *IEEE Transactions on Games*. 2018; 12(2):213-8.
22. Kang YS, Chang YJ. Using game technology to teach six elementary school children with autism to take a shower independently. *Dev Neurorehabil*. 2019; 22(5):329-37.
23. Kokol P, Vošner HB, Završnik, J, Vermeulen J, Shohieb S, Peinemann F. Serious game-based intervention for children with developmental disabilities. *Curr Pediatric Rev*. 2020; 16(1):26-32.
24. Lieke AMW, Wijnhovenuma DHM, Creemersuma ADD, Vermulstuma RJL, Lindauerc RO, Rutger CME, Engels IGE. Effects of the video game 'Mindlight' on anxiety of children with an autism. *J Behav Ther Exp Psychiatry*. 2020; 68:101548. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2020.101548>

25. Lindsay S, Osten V, Rezai M, Bui S. Disclosure and workplace accommodations for people with autism: a systematic review. *Disabil Rehabil.* 2019; 43(5):597-610. doi: 10.1080/09638288.2019.1635658.
26. Macoun SJ, Schneider I, Bedir B, Sheehan J, Sung A. Pilot study of an attention and executive function cognitive intervention in children with autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord.* 2020; 51(8):2600-10.
27. Meny AH, Hayat AA, Wright JJ. Mothers of autistic children: is the burden of care, extended time spend and money constraints, effecting their social participation? *Int Ann Med.* 2018; 2(12). doi: 10.24087/iam.2018.2.12.710.
28. Navan AA, Khaleghi A. Using gamification to improve the education quality of children with autism. *Rev Cient.* 2020; 37(1):90-106. doi: 10.14483/23448350.15431.
29. Poobrasert O, Mupattararot T, Sae-Que L. Uso de tecnologia assistiva para acomodar alunos com deficiência de escrita. In: *Anais da 5ª Conferência Internacional sobre Jogos Sérios e Aplicativos para Saúde (SeGAH)*; 2017 apr. 1-4; Perth, WA, Austrália. p. 1-4. doi: 10.1109/SeGAH.2017.7939290.
30. Parsons S, Mitchell P. The potential of virtual reality in social skills training for people with autistic spectrum disorders. *J Intellect Disabil Res.* 2002; 46:430-43.
31. Riordan BC, Scarf D. Crafting minds and communities with Minecraft. *F1000 Res.* 2016; 5:2339. doi: 10.12688/f1000research.9625.2.
32. Salonius-Pasternak DE, Gelfond HS. The next level of research on electronic play: potential benefits and contextual influences for children and adolescents. *Interdisc J Hum ICT Environm.* 2005; 1(1):5-22. doi: <https://doi.org/10.17011/ht/urn.2005123>.
33. Sanchez, WM, Kawamoto JLT. Jogo para auxílio ao ensino de tabuada principalmente para crianças com TDAH. *J Health Inform.* 2016; 8(supl. I):29-40.
34. Schwartzman JS. Neurobiologia dos Transtornos do Espectro do Autismo. In: Schwartzman JS, Araújo CA. *Transtornos do Espectro do Autismo*. São Paulo: Memnon; 2011. p. 65-107.
35. Serret S, Hun S, Iakimova G, Lozada J, Anastassova MSA, Santos A et al. Facing the challenge of teaching emotions to individuals with low-and high-functioning autism using a new serious game: a pilot study. *Mol Autism.* 2014; 37. doi: <https://doi.org/10.1186/2040-2392-5-37>.
36. Serret S, Hun S, Thümmeler S, Pierron P, Santos A, Bourgeois J et al. Teaching literacy skills to French minimally verbal school-aged children with autism spectrum disorders with the serious game SEMA-TIC: an exploratory study. *Front Psychol.* 2017; 8:1523. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01523.
37. Shane HC, Albert PD. Electronic screen media for persons with autism spectrum disorders: results of a survey. *J Autism Dev Disord.* 2008; 38:1499-508.
38. Simões M, Bernardes M, Barros F, Castelo-Branco M. Virtual travel training for autism spectrum disorder: proof-of-concept interventional study. *JMIR Serious Games.* 2018; 6(1):e5.
39. Terlouw G, Kuipers D, van't Veer J, Prins JT, Pierie JPE. The development of an escape room-based serious game to trigger social interaction and communication between high-functioning children with autism and their peers: interactive design approach. *JMIR Serious Games.* 2021; 9(1):e19765. doi: 10.2196/19765.
40. Wiggins LD, Piazza V, Robins DL. Comparison of a broad-based screen versus disorder-specific screen in detecting young children with an autism spectrum disorder. *Autism.* 2014; 18(2):76-84. doi: 10.1177/1362361312466962.

41. Wijnhoven LA, Creemers DH, Vermulst AA, Lindauer R J, Otten R, Engels R C et al. Effects of the video game 'Mindlight' on anxiety of children with an autism spectrum disorder: a randomized controlled trial. *J Behav Ther Exp Psychiatry*. 2020; 68:101548. doi: 10.1016/j.jbtep.2020.101548.
42. Williams C, Wright B, Callaghan G, Coughlan B. Do children with autism learn to read more readily by computer assisted instruction or traditional book methods? A pilot study. *Autism*. 2002; 6:71-91.

15

Jogos digitais aplicados no ensino de Biologia (doenças virais) para crianças e adolescentes no processo de aprendizagem

Alice Couto Bagdzius

Silvana Maria Blascovi-Assis

Ana Grasielle Dionísio Corrêa

INTRODUÇÃO

Avanços na tecnologia trazem novas oportunidades de aprendizado (15), aumentando fontes e recursos de informações, além de se tornarem praticamente indispensáveis para as novas gerações. Mas será que os jogos usados como ferramenta para a aprendizagem de crianças e adolescentes são desenvolvidos especialmente para esse fim?

Os Jogos Sérios têm sua definição baseada na ideia de conectar os propósitos de aprendizagem e a tecnologia da indústria de videogames, mas não possuem o entretenimento como primeiro objetivo (6). Assim, os designers desse tipo de jogo conseguem usar o interesse das pessoas no jogo para capturar sua atenção para propósitos de aprendizagem ou de desenvolvimento de habilidades, sem deixar de lado seu caráter lúdico.

Segundo a Tríade Funcional da Aprendizagem, que inclui as funções conativas, cognitivas e executivas, a aprendizagem não se baseia só na informação, mas na internalização seguindo tendências pessoais, emocionais e motivacionais, espelhando sua consciência conativa (5). Por isso, com o desenvolvimento das funções executivas, as crianças podem melhorar o processo cognitivo, principalmente de memorização durante o processo de ensino-aprendizagem e, assim, jogos sérios podem ser usados para a finalidade de melhorar a neuroplasticidade, ajudando na formação e reestruturação de vias neurobiológicas, quando comparadas a adultos (16).

Crianças com Transtornos do Desenvolvimento (TD), tal qual o TDAH, apresentam majoritariamente falhas nas funções executivas, que são responsáveis pela motivação instável, pela baixa tolerância à frustração e adversidades em iniciar tarefas (2). Por isso, intervenções em crianças com TDAH na escola podem surtir efeitos na melhora das funções executivas, ajudando a diminuir as respostas impulsivas e promover melhor autocontrole e controle emocional (12). Além do sucesso no jogo, crianças também apresentam melhora no desempenho motor (4), o que exige a organização de informações no cérebro, com atenção seletiva e capacidade sensorial de detecção, além da organização hierárquica e sequencial dos movimentos.

A educação no Brasil apresenta déficit em relação a outros países do mundo, como apresentado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), em documento elaborado pelo INEP. Em ranking baseado na prova do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), que avalia habilidades de alunos de 15 anos em relação à leitura, matemática e ciências, o Brasil apresentou queda de 13 posições em matemática e ciências, quando comparado aos anos de 2009 e 2018, contra queda de quatro posições em leitura (7).

Com essa expressividade do déficit de conhecimento em ciências, somado ao momento atual, em que aulas de laboratório, que podem ser uma ferramenta para melhorar o índice de atenção de alunos com algum tipo de comorbidade, foram suspensas no ensino online e híbrido, o uso de jogos sérios pode ser uma ferramenta para auxiliar os alunos, em casa ou na escola, com os conteúdos ministrados.

Por isso, existe a necessidade de analisar jogos relacionados ao componente curricular de Biologia, que compõe uma das habilidades analisadas na prova PISA (ciências). As disciplinas de física e química, por exemplo, podem ter outros fatores, como déficits na aprendizagem matemática nos anos iniciais da Educação Básica, o que pode alterar a performance dos alunos.

Portanto, o objetivo deste capítulo é analisar a literatura no campo dos jogos sérios e o ensino de Ciências, para entender se os jogos são criados especificamente para o fim de aprendizagem ou se existem relatos de jogos adaptados para sala de aula, em especial na abordagem específica para crianças com Transtornos do Desenvolvimento. Assim, com os resultados dessa revisão de literatura teremos uma pequena amostra do que vem sendo produzido e a importância de desenvolver a área científica de jogos sérios e do componente curricular de Ciências para alunos com desenvolvimento típico ou com necessidades especiais para a aprendizagem.

Além desta seção introdutória, este capítulo está estruturado em mais cinco seções: a seção “Transtornos do Desenvolvimento e Funções Executivas”, que apresenta a caracterização das funções executivas e sua importância no processo de aprendizagem; a seção “Jogo Sérios e o Ensino de Ciências”, que traz a definição de jogos sérios, seu uso na educação e em contextos terapêuticos, e também a gamificação do Ensino de Ciências nos últimos 10 anos; a seção “Revisão de Literatura Sobre Jogos Sérios para Ensino de Ciências”, na qual será apresentada uma revisão bibliográfica dos últimos 10 anos de publicações sobre o tema de doenças virais e imunidade; a seção “Discussão” com a análise dos resultados da revisão bibliográfica; e a seção “Considerações finais”, que traz as considerações finais sobre os resultados da busca pelo tema na literatura.

TRANSTORNOS DO DESENVOLVIMENTO E FUNÇÕES EXECUTIVAS

Os Transtornos do Desenvolvimento (TD) incluem o Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), o Transtorno do Espectro do Autismo (TEA), Deficiência Intelectual (DI), Transtornos da Comunicação, Transtorno Específico da Aprendizagem e Transtornos Motores, além de problemas emocionais e comportamentais que ocorrem com frequência alterada do que é esperado pela norma social e atrapalham a inserção da criança na sociedade (DSM-5).

As abordagens feitas com essas crianças normalmente devem ser acompanhadas por uma equipe multidisciplinar, composta por médicos, educadores, psicólogos, fisioterapeutas, fonoaudiólogos e terapeutas ocupacionais, para que seja feita uma avaliação da criança a fim de mensurar a linguagem, fatores neuropsicológicos e capacidade adaptativa (2). Durante esse processo são analisadas, sobretudo, habilidades cognitivas superiores, que incluem inteligência, atenção, memória, processamento sensorial, habilidades motoras e funções executivas.

As funções executivas são habilidades que ajudam o indivíduo a desenvolver o autocontrole, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva (9), e são controladas pelo córtex pré-frontal. O autocontrole está relacionado com a capacidade de a criança resistir às tentações, ou seja, ajuda a criança a permanecer mais atenta, a agir de forma menos impulsiva e a ficar concentrada em seu trabalho. A memória de trabalho se refere à capacidade de manter as informações na mente, para que elas possam ser usadas posteriormente para fazer o vínculo entre as ideias, realizar cálculos mentalmente e estabelecer prioridades. A flexibilidade cognitiva é a capacidade de pensar criativamente e de se ajustar a novas situações, permitindo o uso da imaginação e da criatividade para resolver problemas.

Como as funções executivas desempenham um papel essencial no desenvolvimento das crianças e em seu sucesso até a idade adulta, é importante encontrar maneiras de favorecer sua evolução durante a primeira infância, para que a criança tenha uma clara capacidade de hierarquização, de diferenciação e de complementação de informações recebidas pelo sistema nervoso.

Como pode ser observado, a importância de treinar as funções executivas é evidente para treinar as funções cognitivas, tendo em vista que esses conjuntos de habilidades estão interligados. Segundo Menezes (10), o desenvolvimento das funções executivas ajuda a diminuir as respostas impulsivas e promover melhor autocontrole e controle emocional, afinal, são as dificuldades em funções executivas que contribuem para motivação instável, baixa tolerância à frustração e dificuldade em iniciar tarefas. Além disso, o potencial de aprendizagem de pessoas que estão em idade escolar ou universitária pode ser otimizado, de forma que o cérebro receba bem os estímulos necessários para o seu processo de desenvolvimento e trabalho, ao melhorar a performance das funções executivas, cognitivas e conativas (5).

Todos esses fatores acabam se manifestando e alterando o desempenho acadêmico dos alunos, o que, segundo Poon (13), pode ter como preditor as funções executivas (EF), que também afetam o comportamento social. Sua importância está na possibilidade de aperfeiçoamento por meio de exercícios específicos, fazendo com que os alunos tenham uma melhor performance cognitiva, trabalhando melhor as capacidades de hierarquização, diferenciação e complementação de informações recebidas pelo sistema nervoso.

JOGOS SÉRIOS E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Jogos Sérios são uma aplicação computadorizada, em que a intenção original é combinar aspectos sérios de jogos, como ensino, aprendizagem, comunicação ou informação, por meio de atividades lúdicas não exaustivas e não excludentes, com o uso de videogames (jogos digitais) (1). Mas nada impede que as pessoas joguem videogame, originalmente dedicado ao entretenimento, adotando uma postura de seriedade. Muitos exemplos podem ser identificados no setor de educação. Por exemplo, o jogo de karaokê *Singstar* (plataforma *PlayStation 3*) foi utilizado como suporte claro para trabalhar a pronúncia do inglês para estudantes universitários (1). Em outro registro, o jogo de “perguntas-e-respostas” *Buzz!: Quiz TV* foi usado por professores de história e geografia para discutir conceitos atuais com a possibilidade de criar questões customizadas.

As vantagens do uso de tecnologias em contextos terapêuticos em pacientes com TDAH, Síndrome de Down e AVC são conhecidas por estudos nacionais e internacionais e uma das razões da sua efetividade é a diversão e motivação dos participantes. No estudo de Ataíde et. al (3), as pesquisadoras definem a intervenção como “um momento ativo de superação de obstáculos e diversão”, afinal, a tradição do uso de jogos é tão antiga quanto a própria civilização (8).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE JOGOS SÉRIOS PARA ENSINO DE CIÊNCIAS

Para configurar a revisão de literatura, o presente capítulo buscou analisar o que foi produzido, entre os anos 2011 e 2021, sobre o uso de jogos sobre doenças virais e imunidade, e quais deles são caracterizados como jogos sérios ou jogos para entretenimento adaptados para o ensino, e a relação desses jogos com o desenvolvimento das funções executivas. Foi realizada uma busca em bases de dados com o propósito de sintetizar os conhecimentos que estão disponíveis sobre a temática do uso de jogos e tecnologia no Ensino de Biologia com crianças e adolescentes.

Levantamento de dados

O levantamento de jogos sérios para ensino de ciências voltado ao tema doenças virais e imunidade foi realizado a partir dos seguintes passos: (1) planejamento do levantamento, que incluiu a criação das questões de pesquisa; (2) realização do levantamento nas bases de dados, que incluiu busca, seleção, extração e síntese dos dados; e (3) discussão sobre os dados encontrados.

Três questões nortearam a pesquisa bibliográfica: 1) Os jogos usados no ensino de ciências são criados exatamente para esse fim?; 2) Os jogos usados em sala de aula têm preocupação com as questões de inclusão ou abordam as vantagens para crianças com Transtornos do Desenvolvimento?; 3) Como esses jogos são avaliados do ponto de vista da usabilidade?

Para conduzir o levantamento de jogos sérios aplicados em ciências, pesquisamos nas seguintes bases de dados: PubMed, IEEE Xplore, Scielo, ACM, no período de 2011 a 2021, e nos anais de publicação do evento SBGames, no período de 2011 a 2020, já que a edição de 2021 ainda não aconteceu até o momento de redação deste capítulo. O levantamento foi realizado utilizando-se dos termos “*Game*” AND “*Education*” AND “*Virus*”/“*Vaccine*”/“*Parasite*”/“*Parasitic*” /“*Pandemic*”. As palavras-chave foram buscadas nos resumos dos artigos nos filtros de busca avançada.

Os artigos foram catalogados e selecionados a partir dos seguintes critérios de inclusão: a) conter exatamente as palavras “*Game*”, “*Education*” e “*vaccine*”, “*virus*”, “*parasite*”, “*parasitic*” ou “*pandemic*” no título ou resumo do artigo; b) estar disponível na Língua inglesa ou portuguesa; c) ser direcionado para crianças de 10 a 17 anos; d) caracterizado como resumo expandido ou “*full text*”. Para a busca nos anais do evento SBGames, também foi considerada a busca por artigos que continham nome de doenças infecciosas ou de seus vetores como “*dengue*” e “*Aedes aegypti*”. Os critérios de exclusão foram: a) não ter potencial de uso em educação; b) não abordar o conteúdo diretamente.

Foi elaborada uma planilha de análise contendo os seguintes campos: ano de publicação, título, país dos autores, plataforma (*mobile*, *desktop*, *consoles*), *software* de autoria ou comercial, classificação (saúde ou educação), faixa de idade, gratuito ou pago, jogo sério ou para entretenimento, número de participantes, artigo de teste de usabilidade ou de intervenção (público, tempo de sessões, avaliação pré e pós, instrumentos, frequência, grupo-controle), instrumentos de avaliação para validar o jogo e níveis de dificuldade ou ajuste (*flow*).

Jogos sérios para ensino de Ciências

Foram incluídos todos os estudos que trouxeram experiência, com usuário ou ensaio clínico, nos jogos voltados ao ensino de doenças virais, e excluídos os que não associaram o uso de jogos ao ensino de biologia com enfoque em doenças virais e imunidade ou artigos de revisões. A análise foi feita a partir da pré-leitura dos resumos para inclusão ou exclusão dos estudos e, na sequência, todo material selecionado foi lido na íntegra. Os artigos selecionados foram analisados e interpretados, compondo este capítulo, a fim de promover o conhecimento acerca do tema, auxiliando futuras pesquisas

com o uso de jogos sérios para o ensino de ciências, com o desenvolvimento de funções executivas.

Durante a pesquisa nas bases de dados foram encontrados 81 artigos que compunham os critérios de busca; porém, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram utilizados 13 artigos para esta revisão. A divisão dos artigos encontrados por base está apresentada na Figura 1.

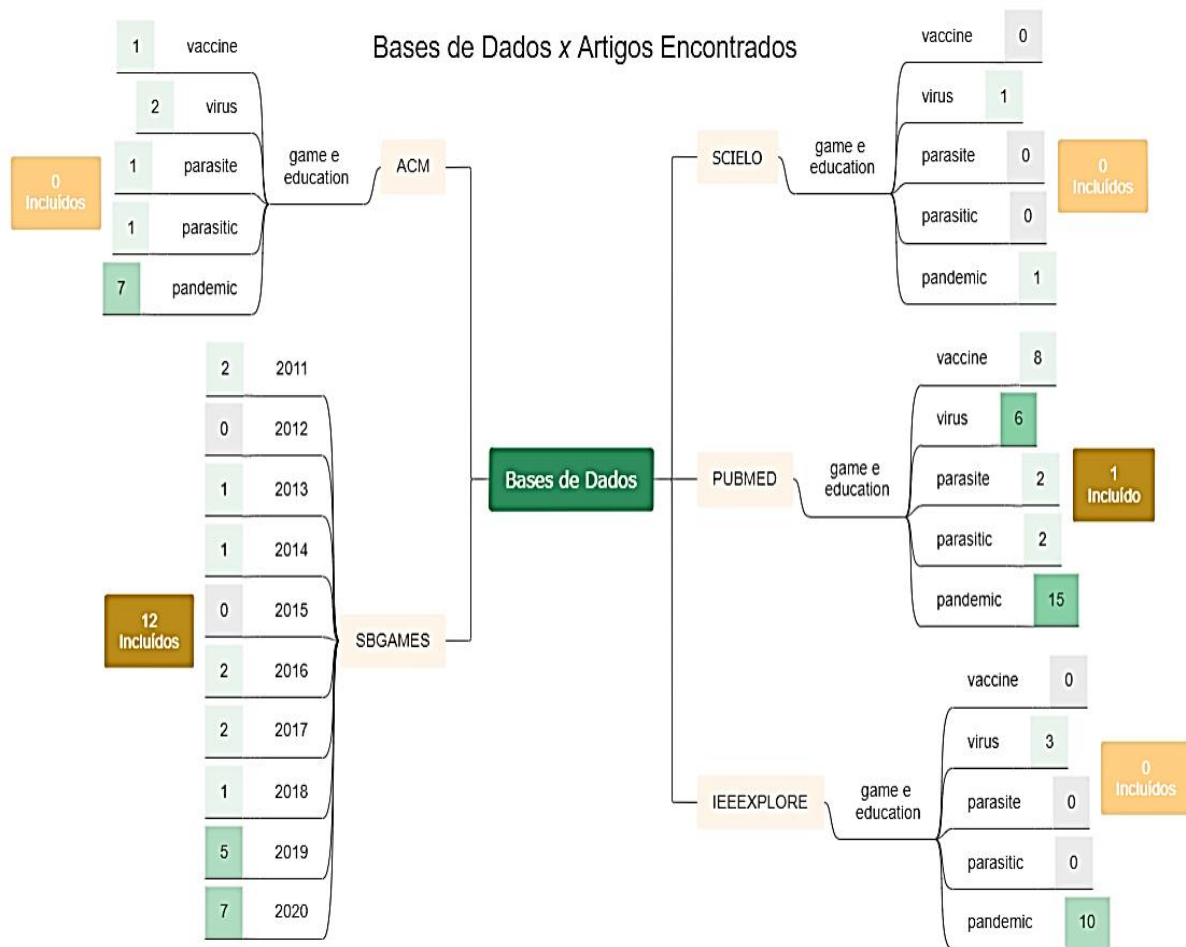


Figura 1. Artigos encontrados nas bases de dados.

Dados Gerais dos Artigos Encontrados

Os 13 artigos encontrados para esta revisão são brasileiros e todos são jogos de autoria, criados pelos próprios autores. Embora 12 artigos sejam descrições sobre seus jogos, um artigo se caracteriza como Intervenção e será detalhado nos próximos

tópicos. Quanto ao ano de publicação dos artigos, conforme apresentado na Figura 2, a quantidade é bem distribuída ao longo dos anos, sem um pico aparente de temas. Porém, a partir de 2016 até 2020 aparecem dois artigos publicados por ano, o que corresponde a 15% dos artigos encontrados por ano. Nos outros anos analisados, apenas um artigo sobre o tema foi encontrado.

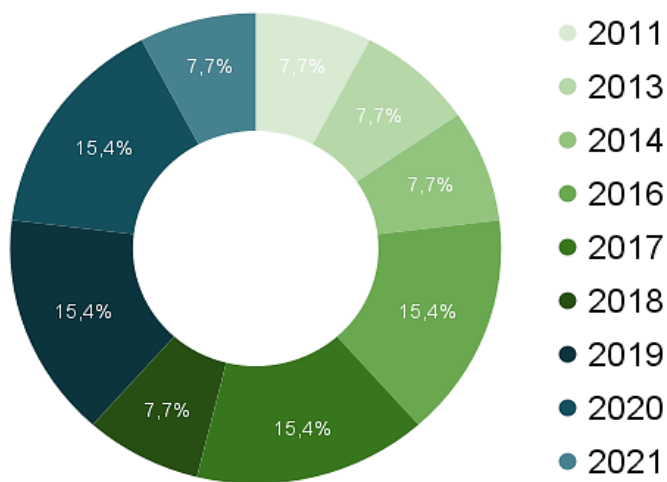


Figura 2. Representação gráfica da quantidade de artigos publicados por ano.

Os 13 artigos selecionados pelos critérios de inclusão foram enumerados conforme a Tabela 1. Como todos os artigos encontrados são brasileiros, foram divididos por Estado de filiação dos autores, conforme a Figura 3, com destaque para produções da Bahia, mais especificamente, Feira de Santana (BA). Seguem, depois, os estados de São Paulo, Santa Catarina e Rio de Janeiro empatados, cada um com dois artigos publicados, e, com um artigo publicado, os estados de Pernambuco, Pará, Minas Gerais e Ceará. As regiões Nordeste e Sudeste se destacam na quantidade de publicações, somando cinco publicações cada um, ou seja, 10 das 13 publicações analisadas. Chama a atenção a região Centro-Oeste não ter nenhum artigo publicado encontrado para esta análise.

Embora todos os artigos analisados tenham como ponto principal o aprendizado sobre as doenças ou vírus citados, 31% têm caráter mais voltado para área da saúde, como aplicações em hospitais, por exemplo, ensinando às próprias crianças que adquiriram as doenças e sobre o que elas significam, enquanto a maioria dos artigos (69%) é voltada para aplicação em escolas.

Tabela 1. Artigos incluídos no estudo.

Número	Título	Ano de Publicação
1	<i>Outbreak! An Online Board Game That Fosters Collaborative Learning of Viral Diseases</i>	2021
2	Exterminadores de Dengue: Um jogo educativo dinâmico como ferramenta de educação contra a dengue	2011
3	Jogos Digitais como cultura participatória: o Modelo do Mercado Simbólico aplicado à concepção de um jogo digital sobre a prevenção de DST e Aids	2013
4	<i>Sherlock Dengue 8: A Serious Game for Teaching about Dengue Fever Prevention with Collaboration and Competition</i>	2014
5	Imunização: Um Jogo Sério para Proteção de Crianças Contra as Doenças	2016
6	CREUZA VS. AEDES: Aplicação do tipo <i>e-health</i> para prevenção do mosquito <i>Aedes aegypti</i>	2016
7	Dengame: Um Jogo Educativo com Realidade Aumentada para Prevenção à Proliferação do Mosquito da Dengue	2017
8	Na trilha da Bioquímica: <i>Immune Defense</i> em práticas de significação	2017
9	VidaVit: Um Jogo Digital Sobre Doenças e Vacinas para Educação em Saúde	2018
10	O jogo DENGUE HUNT: ferramenta potencial para a estratégia de combate ao mosquito <i>Aedes aegypti</i>	2019
11	ZikAcerte - Um Jogo de Mensagens Instantâneas para Conscientização Sobre o <i>Aedes Aegypti</i> e suas Doenças	2019
12	Um Jogo Sério do Gênero Defesas com Torres para Alunos de Ensino Médio sobre a Prevenção de Infecções Sexualmente Transmissíveis	2020
13	<i>Developing a Mobile Virtual Reality Game to Support the Fight Against the Aedes Aegypti Mosquito</i>	2020

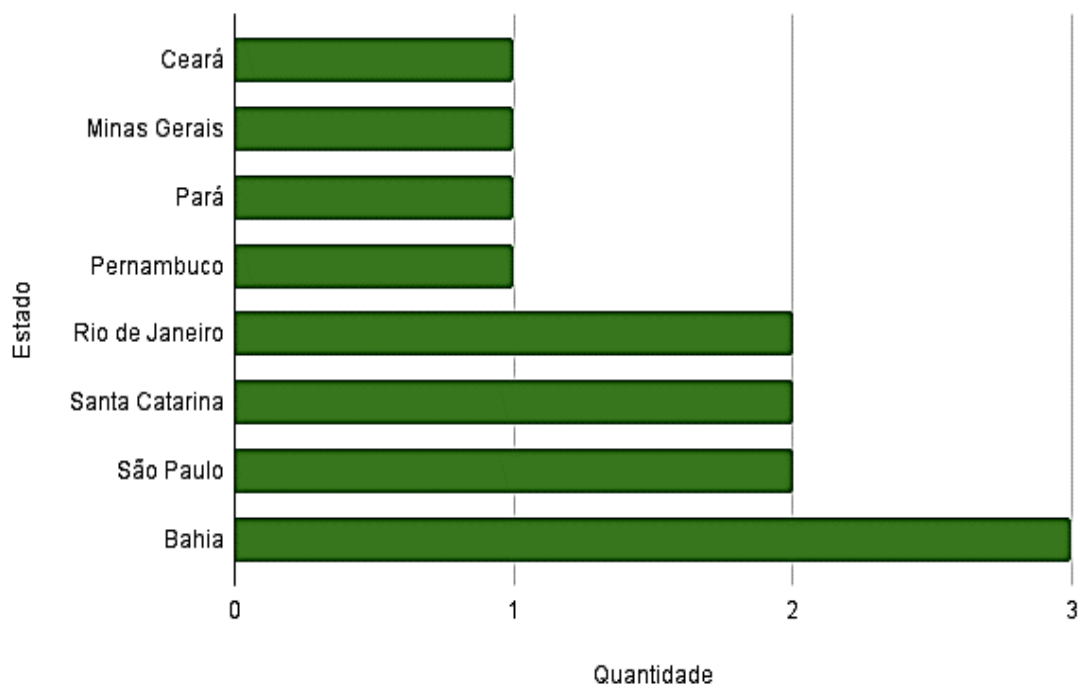


Figura 3. Representação gráfica da quantidade de publicações por estado brasileiro.

A faixa de idade dos jogadores dos softwares desenvolvidos está representada pelo Gráfico 3. Artigos que não citaram especificamente as idades e usaram termos como “crianças” ou “adolescentes” foram convertidos para a idade citada na Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990, do Estatuto da Criança e do Adolescente.

Na Figura 4 podemos ver, em verde claro, a faixa das idades compreendidas para jogar os jogos sérios produzidos pelos autores. Os números em cinza correspondem ao número dos artigos citados na Tabela 1, apresentada acima.

Como podemos observar, a faixa etária varia, em sua maioria, dos 7 aos 17 anos, idade escolar como um todo. Apenas no artigo 11 não foi citada a idade dos participantes, pois usa um aplicativo de mensagens para produzir o jogo, que pode ser utilizado por indivíduos letrados.

O número de participantes dos jogos é, em sua maioria, 1 jogador (85% dos artigos). Um artigo usa duas duplas para jogar e um artigo considera que o jogo pode ser jogado por quatro pessoas ou mais.

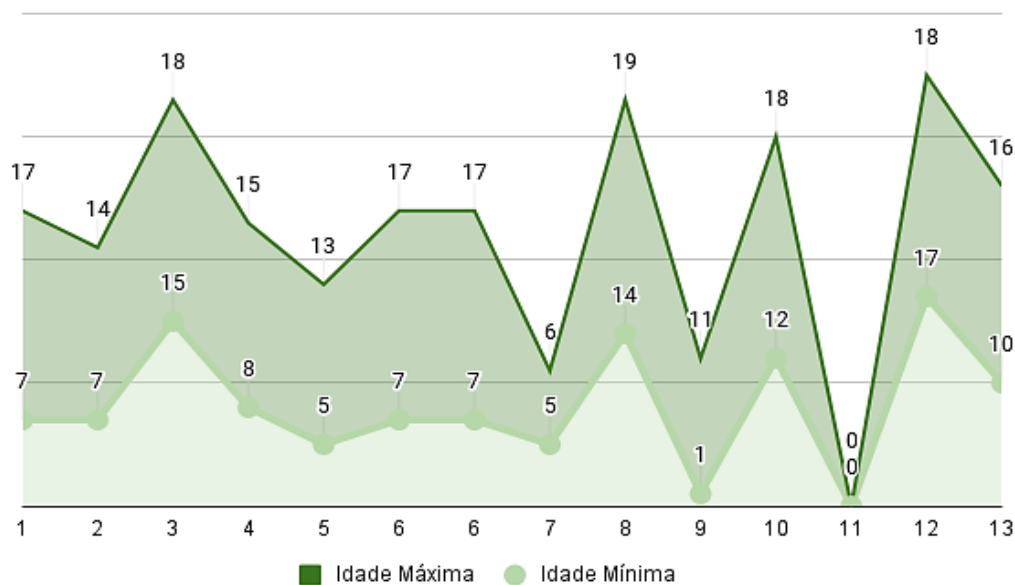


Figura 4. Representação gráfica das idades mínimas e máximas dos jogadores por artigo.

Análise dos Jogos de Biologia

Os 13 artigos encontrados são definidos como Jogos Sérios pelos autores e são disponibilizados de maneira gratuita para crianças e adolescentes. Quanto ao dispositivo tecnológico usado para jogar, como pode ser visto na Figura 5, 54% dos autores trazem opções para desktop, porém 39% disponibilizam os jogos para dispositivos móveis como tablets e celulares. Nenhum dos artigos trouxe jogos para consoles, o que normalmente é visto em Jogos Sérios para fins terapêuticos. Talvez a facilidade de usar o celular em sala de aula ou no laboratório de informática da escola fez com que os autores tivessem essas escolhas, além do fato de ser menos acessível em relação ao desenvolvimento *mobile*, pois a empresa desenvolvedora precisa se tornar licenciada pela fabricante do console. Apesar disso, 15% dos autores não deixaram claro para qual plataforma o jogo está disponibilizado.

Sobre os Instrumentos de Avaliação para validar os jogos sérios, apenas dois artigos usaram instrumentos de *Game Design* para testar a usabilidade e aplicabilidade: *EGameFlow* e *Learning Object Review Instrument (LORI)*, o que corresponde a 15% dos artigos. A maioria não apresentou instrumentos de avaliação, ou não os descreveram no artigo, ou, ainda, os jogos estão em fase de protótipo ou desenvolvimento, somando 62% dos artigos. Os outros 23% trouxeram questionários qualitativos ou quantitativos.

vos, desenvolvidos pelos próprios autores, baseados na opinião dos alunos, ou testes sobre o conteúdo pedagógico do jogo, conforme Figura 6.

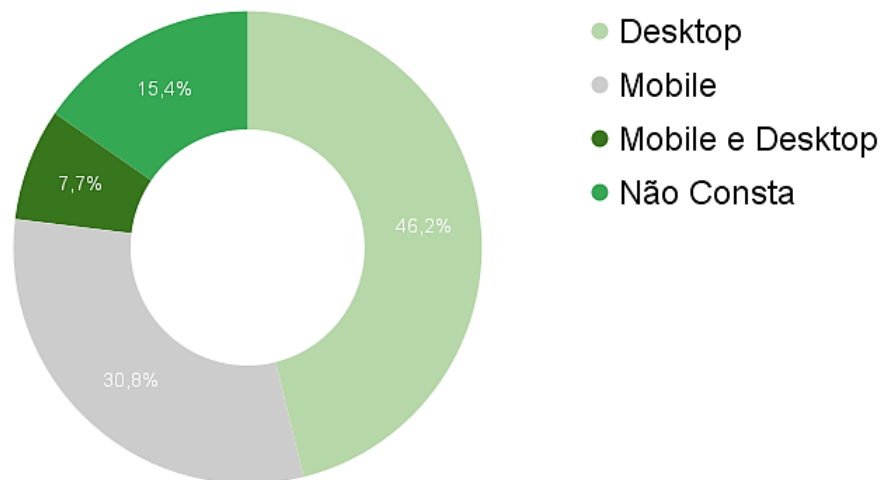


Figura 5. Representação gráfica da porcentagem de artigos por tipo de dispositivo

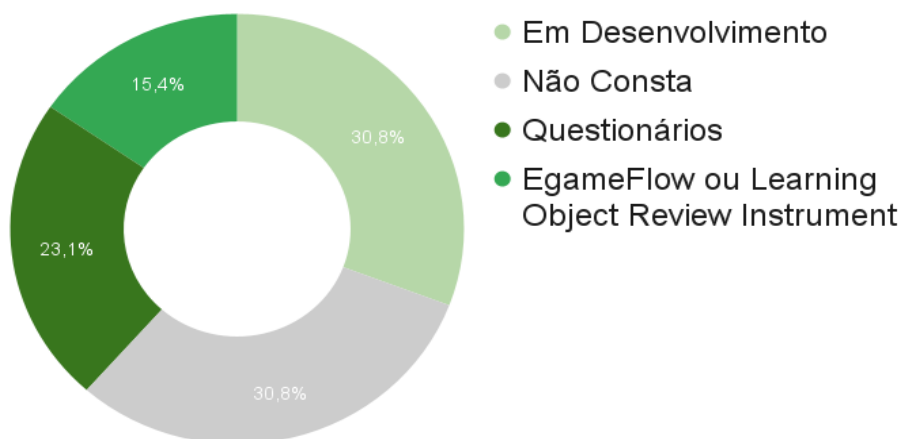


Figura 6. Representação gráfica dos instrumentos de avaliação para os jogos.

Quanto aos níveis de ajuste de dificuldade do jogo ou Teoria do *Flow*, não foram constatadas menções específicas a essa teoria. Mas alguns jogos contam com itens de jogabilidade opcionais que podem fazer o personagem conquistar mais força, mais velocidade ou com punições, quando é picado pelo mosquito, por exemplo.

Um único artigo pôde ser classificado como artigo de intervenção. Os autores do artigo 11 estudaram um grupo de 24 crianças entre 5 e 6 anos, ao longo de três meses, com intervenção de uma vez por semana, para avaliar os efeitos do jogo *Dengame* que foi desenvolvido para a plataforma *mobile*, com o objetivo de acertar perguntas de um *quiz* sobre a dengue para passar de fase, e entrar em modo de Realidade Aumentada (RA), para eliminar os mosquitos do ambiente. O artigo também apresentou grupo experimental e grupo-controle e usou o LORI e *EgameFlow* para avaliar os efeitos do jogo. Como o artigo trouxe uma intervenção com crianças que ainda não são totalmente alfabetizadas, todas as perguntas eram narradas para que aqueles que não soubessem ler também pudessem jogar. O artigo constatou um ganho de 59% de conhecimento sobre medidas profiláticas em relação ao grupo-controle, que só teve aulas teóricas sobre o tema.

Voltando à análise de todos os artigos, o tema principal dos artigos encontrados é majoritariamente sobre a dengue ou o mosquito *Aedes aegypti*, conforme a Tabela 2. Dentre os 13 artigos encontrados, sete trouxeram jogos sobre esse tema. Além disso, também foram encontrados três artigos envolvendo características gerais do sistema imunitário, como a produção de vacinas e de anticorpos, e dois envolvendo prevenção de Doenças Sexualmente Transmissíveis (DST), voltados para o público adolescente.

Tabela 2. Temas principais e objetivos dos jogos analisados.

Artigo	Tema Principal	Objetivo do Jogo	Plataforma
1	Doenças Virais	Remover todos os marcadores de infecção do mapa e descobrir todos os sintomas e como o vírus é transmitido	Desktop
2	<i>Aedes</i>	Destruir os mosquitos, evitando suas picadas e obtendo ferramentas a partir da interação com outros avatares, da resposta a questionamentos sobre a doença e conscientização dos outros avatares sobre a profilaxia da doença	Não Consta
3	DST E AIDS	Conscientizar sobre DST e AIDS	Desktop
4	<i>Aedes</i>	Ter o maior número de pontos a partir do acerto de questões	Desktop
5	Principais vacinas para as crianças	Eliminar os inimigos (vírus e bactérias) atirando anticorpos contra eles	<i>Mobile</i>
6	<i>Aedes</i>	Encontrar e eliminar focos da dengue, por meio de medidas profiláticas e coletar um número mínimo de garrafas	<i>Mobile</i> / Desktop
7	<i>Aedes</i>	Acertar perguntas de um <i>quiz</i> sobre a dengue e eliminar os mosquitos do ambiente	<i>Mobile</i>

Tabela 2. Temas principais e objetivos dos jogos analisados.

Artigo	Tema Principal	Objetivo do Jogo	Plataforma
8	Sistema Imunitário	Combater os invasores por meio da combinação correta de proteínas ou de células	Desktop
9	Vacinas	Coletar todas as vacinas para salvar o respectivo órgão e coletar medicamentos para melhorar o desempenho da personagem	Não Consta
10	<i>Aedes</i>	Eliminar focos da doença e não eliminar objetos que não sejam foco (perda de pontuação). Completar seis fases	Desktop
11	<i>Aedes</i>	Acertar cinco questões de 20 ou jogar uma partida curta de cinco questões e tentar acertar o máximo possível	<i>Mobile</i>
12	DST E AIDS	Derrotar os inimigos com as torres certas. Porém, o jogo é impossível de ser ganho, pois obrigatoriamente existe uma fase em que o aluno perde para poder ler uma tela com o conteúdo da explicação das doenças	Desktop
13	<i>Aedes</i>	Eliminar todos os pontos de criação de mosquitos da cidade	<i>Mobile</i>

DISCUSSÃO

Os artigos encontrados nas bases de dados, do período de 2011 a 2021, e os anais do evento SBGames, do período de 2011 a 2020, mostram que a criação de jogos sérios para ensino de doenças virais e imunidade é uma realidade no Brasil, estimulando o aprendizado sem notar, o desenvolvimento de trabalho em equipe, além de vivências, prontidão na tomada de decisões e resolução de problemas (14). A maioria dos jogos traz como temática a dengue, assunto que abrange todas as classes sociais e idades, e os jogos criados, embora pensados para crianças, podem ter aplicabilidade para adultos também.

Os jogos, em sua maioria, tiveram como objetivo a eliminação de inimigos ou focos da doença. Apenas quatro artigos apresentaram objetivos diferentes do que eliminar ou destruir inimigos ou focos da doença. O que torna esses quatro artigos interessantes é a forma como o aluno deve se planejar para conseguir vencer o jogo. No jogo de número 8, ilustrado na Figura 7, o jogador precisa combinar corretamente proteínas ou células para conseguir combater os invasores, o que também exige conhecimento prévio acerca do conteúdo de bioquímica e planejamento na execução do jogo, além de

alto controle inibitório para pensar corretamente enquanto precisa agir rápido contra os invasores. Além disso, no jogo também há a possibilidade de gastar ou ganhar energia a partir da alocação de agentes do jogo, o que significa que, se o jogador não elaborar uma boa estratégia, ele é punido pelo jogo. Esse jogo pode ser usado para o desenvolvimento de funções executivas em crianças e adolescentes, por meio da memória operacional, controle inibitório e flexibilidade cognitiva, aplicando o conteúdo aprendido em sala de aula em um ambiente lúdico e em formato de jogo.



Figura 7. Sujeito jogador em ação no jogo *Immune Defense*.

O jogo *Sherlock Dengue 8*, ilustrado na Figura 8, também traz possibilidades de se trabalhar as funções executivas, embora não citadas no artigo de origem, identificado com o número 4. Embora o objetivo do jogo seja acertar o maior número de questões para vencer, existe uma punição em que cada resposta errada diminui em 33% o número de pontos do jogador. Essa forma de punição pode ser uma boa estratégia para o jogador usar sua capacidade de planejamento e controle inibitório ao responder uma questão, pois responder errado pode acabar fazendo-o perder o jogo.



Figura 3. Imagens do jogo *Sherlock Dengue 8*.

Por último, o jogo identificado pelo número 10, *Dengue Hunt*, apresenta uma característica de jogabilidade muito interessante para o desenvolvimento do controle inibitório: o jogo depende do tempo e da quantidade de focos destruídos para aumento de dificuldade. Portanto, requer planejamento para ser rápido e cautela com o impulso para não destruir focos errados. Em crianças com Transtornos do Desenvolvimento (TD), essa pode ser uma estratégia para trabalhar a memória operacional, mas, principalmente, o controle inibitório, uma vez que é necessário pensar e agir corretamente, e cada vez mais rápido, para ultrapassar as fases, tendo que trabalhar a atenção aos focos corretos e, principalmente, atenção para não destruir os focos errados.

Além de todas as vantagens citadas acima para estímulo e melhoria das funções executivas, é válido relembrar que todos os jogos analisados têm fins didáticos. As vantagens dos jogos na educação são citadas por Neto (11) como aumento da criatividade, atenção, imaginação, coordenação motora e memória, que são características que também podem ser trabalhadas em crianças com TD. Também auxiliam no processo de aprendizagem por determinar o modo de percepção e aprendizado com o reconhecimento do objeto de estudo (12).

Durante as pesquisas nas bases, também foram encontrados muitos jogos sobre educação ambiental e educação sexual, temas que também pertencem ao conteúdo programático da disciplina de Ciências no Ensino Fundamental II e de Biologia, no Ensino Médio. Não foi encontrado nenhum jogo para entretenimento que foi adaptado para uso em sala de aula.

Quanto aos jogos analisados, um ponto negativo foi que nenhum mostrou preocupação com a inclusão. Não foram encontrados artigos que mencionaram que alunos com necessidades especiais pudessem fazer uso dos jogos como ferramenta de inclusão ou que trouxeram estratégias de inclusão para alunos com deficiência visual, por exemplo. Porém, conforme visto acima, alguns jogos têm potencial de estimular funções executivas, que são essenciais para crianças e adolescentes com TD, além de aliar muito bem o conteúdo da sala de aula com a oportunidade de melhora em aspectos neurológicos.

Um ponto importante para alavancar futuras produções na área, é que somente um artigo mostrou claramente um instrumento de avaliação de usabilidade, enquanto os outros aplicaram somente questionários gerais, sem nenhuma aplicação metodológica, o que pode comprometer a veracidade dos dados dos artigos científicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de jogos sérios para o ensino de Ciências, na temática da saúde pública, é uma realidade no Brasil. Embora as buscas na literatura, aqui realizadas, tenham sido por projetos envolvendo quaisquer tipos de doenças causadas por vírus ou assuntos

de imunização, a maioria dos jogos citou a Dengue ou o mosquito *Aedes aegypti*, o que mostra ser um tema relevante em congressos e revistas científicas por parte das universidades brasileiras.

Todos os artigos encontrados foram de jogos sérios, desenvolvidos especificamente para o fim de educar crianças e adolescentes acerca dos temas, e tinham objetivos de jogos que faziam com que o participante conhecesse, em sua maioria, medidas profiláticas das doenças.

Entretanto, não foram encontradas preocupações dos autores com o tema da inclusão. Sugere-se que novos jogos criados para esse fim se preocupem também com crianças com Transtornos do Desenvolvimento, para que a inclusão seja cada vez mais presente nas escolas.

REFERÊNCIAS

1. Alvarez J. An introduction to serious game definitions and concepts. *Serious Games & Simulation For Risks Management*. 2011; 11(1):11-5.
2. Amato CAH, Brunoni D, Boggio PS. Distúrbios do desenvolvimento: estudos interdisciplinares [e-book]. São Paulo: Memnon; 2018. 3.646 Kb.
3. Ataíde CN, Amorim ARA, Correa AGD, Cymrot R, Assis SMB. Programa de intervenção com Nintendo Wii trouxe ganhos na força de preensão, na destreza manual e no desenvolvimento psicomotor. *Rev Di*. 2020; 10:17-24.
4. Corrêa AGD. Realidade aumentada musical para reabilitação: estudo de caso em musicoterapia. [Tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2011.
5. Fonseca V. Papel das funções cognitivas, conativas e executivas na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica. *Rev Psicopedag*. 2014; 31(96):236-53.
6. Granic I, Lobel A, Engels RCME. The benefits of playing video games. *Am Psychol*. 69(1):66-78.
7. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Programa internacional de avaliação de estudantes (Pisa) [e-book]. Brasília: Inep; 2018.
8. Kintschner NR. Efeitos de um programa de gameterapia controlada por Leap Motion na função manual de adultos com paralisia cerebral. [Dissertação]. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie; 2020.
9. Marques APP, Amaral AVM, Pantano T. Treino de funções executivas e aprendizado. São Paulo: Manole; 2020.
10. Menezes A, Dias NM, Seabra AG. Alterações das funções executivas em crianças e adolescentes. *Est Interdisc Psicol*. 2010; 1(1):80-95.
11. Neto SRS, Santos HRM, Souza AA, Santos WO. Jogos educacionais como ferramenta de auxílio em sala de aula. In: *Anais do Workshop de Informática na Escola*; 2013. doi: 10.5753/CBIE.WIE.2013.130.

12. Paiano R, Carvalho ACR, Flor CM, Abissamra RGC, Carreiro LRR. Programas de intervenção para alunos com TDAH no contexto escolar: uma revisão sistemática de literatura. *Rev Educ Esp.* 2019; 32(e21):1-20. doi: <https://doi.org/10.5902/1984686X28255>.
13. Poon K. Hot and cool executive functions in adolescence: development and contributions to important developmental outcomes. *Front Psychol.* 2018; 8:2311. doi: 10.3389/fpsyg.2017.02311.
14. Ramos DK, Garcia FA. Jogos digitais e aprimoramento do controle inibitório: um estudo com crianças do atendimento educacional especializado. *Rev Bras Educ Esp.* 2019; 25(1):37-54.
15. Sanches MHB. Jogos de entretenimento no ciclo educacional básico: critérios de aplicação e desenvolvimento de competências e habilidades. [Dissertação]. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica; 2019.
16. Silveira-Moriyama L. Neuroplasticity and neuromodulation in children. *Eur J Paediatric Neurol.* 2017; 21(1):3. doi: 10.1016/j.ejpn.2016.11.011.



SEÇÃO 3

**Tecnologias e técnicas não
invasivas e suas aplicações
em saúde e educação**

16

Potencialidades da espectroscopia funcional por infravermelho próximo (fNIRS) para o estudo do cérebro em desenvolvimento na primeira infância

Vera Mateus

Júlia Scarano de Mendonça

Helga Oliveira Miguel

Sara Cruz

Adriana Sampaio

Rickson C. Mesquita

Ana Alexandra Caldas Osório

PRIMEIRA INFÂNCIA:

UMA JANELA CRÍTICA PARA O DESENVOLVIMENTO CEREBRAL

O cérebro humano se desenvolve mais nos primeiros 5 anos do que em qualquer outro período equivalente ao longo da vida. De uma simples estrutura tubular, ainda no período fetal, se transforma em um órgão com uma citoarquitetura extremamente complexa (11, 31). Além disso, seu tamanho aumenta de forma expressiva; aos 6 anos de vida, o volume cerebral já equivale a, aproximadamente, 95% do adulto (18). Simultaneamente, a atividade cerebral se intensifica, chegando às 15.000 sinapses por neurônio entre os 2 e 3 anos de idade – o dobro do número registrado em adultos (15). Assim, a primeira infância (0-5 anos) é o período mais produtivo na criação de novas conexões neurais, as quais serão subsequentemente reforçadas ou eliminadas, conforme as experiências e demandas do ambiente da criança, tornando o cérebro cada vez mais eficiente. No entanto, é importante notar que a maturação cerebral, quer estrutural quer funcional, segue padrões não lineares (31).

De uma forma geral, estudos apontam para uma não linearidade no “tempo” (maturação em avanços sucessivos, ao invés de um ritmo constante) e no “espaço” (em distintas regiões ao longo do tempo, ao invés de em todas as regiões simultaneamente). Mais concretamente, a maturação estrutural do córtex cerebral (também conhecido por substância cinzenta) parece seguir um padrão funcional: regiões sensório-motoras primárias, mais importantes nos primeiros meses de vida, densificam-se em primeiro lugar, seguidas de regiões dedicadas a processos mais complexos ou de nível superior (5). De forma semelhante, existe evidência de que os processos de mielinização (a substância branca é composta principalmente por fibras axônicas mielinizadas) são mais precoces nas fibras de projeção e comissurais, comparativamente às fibras de associação (31).

Relativamente à maturação funcional, são observados picos no metabolismo em diferentes regiões cerebrais ao longo dos primeiros anos de vida (6). Nos recém-nascidos, por exemplo, um metabolismo mais intenso é registrado nas seguintes regiões: córtex primário sensorial e motor; tálamo (transmissão de informação sensório-motora; estados de vigília / alerta); tronco cerebral (comunicação de estímulos motores e sensoriais entre cérebro e resto do corpo; regulação sono-vigília; apetite); e cerebelo (controle e aprendizagens motoras; coordenação de movimentos; tônus muscular). Entre os 2-3 meses de vida, é registrado maior metabolismo no córtex parietal (integração sensorial multimodal; toque, noção espacial); córtex temporal (processamento da informação auditiva e visual, memória auditiva e visual); córtex visual primário; e gânglios da base (movimentos voluntários, aprendizagem comportamental). Subsequentemente, a região do córtex frontal registra significativos aumentos de metabolismo entre os 6 e 12 meses de idade. Globalmente, é possível observar que o me-

tabolismo é inicialmente superior em estruturas anatômicas filogeneticamente mais antigas, passando gradualmente às estruturas mais recentes (por exemplo, o córtex frontal) (6).

Concomitantemente aos fenômenos progressivos da maturação cerebral descritos, ocorrem, também, importantes fenômenos regressivos ao longo do desenvolvimento (18). Na infância, o número de neurônios e sinapses é muito superior ao observado na idade adulta. Após um período de superprodução e proliferação pré-natal, segue-se a “morte” neuronal programada (apoptose) até cerca dos 2 anos. Relativamente às ligações sinápticas, a superprodução inicial também é seguida de uma redução progressiva (poda sináptica) até a adolescência. É importante notar que esses fenômenos regressivos não são aleatórios, mas dependem em larga medida da atividade cerebral repetida (experiência, estimulação), que serve, assim, para otimizar o funcionamento cerebral face aos contextos de vida (5, 6).

Fatores genéticos e ambientais (experiências e oportunidades na vida das crianças) determinam o curso dos fenômenos de maturação estrutural e funcional. Por sua vez, a ocorrência desses fenômenos é crítica para o futuro desenvolvimento cognitivo, social e emocional (17). Assim, o período da infância é particularmente relevante para avaliar o funcionamento cerebral e identificar redes neurais específicas subjacentes a diferentes domínios do desenvolvimento.

ESPECTROSCOPIA FUNCIONAL POR INFRAVERMELHO PRÓXIMO (fNIRS)

A espectroscopia funcional por infravermelho próximo (fNIRS, do inglês *functional near-infrared spectroscopy*) é uma técnica não invasiva de neuroimagem que usa luz na faixa do infravermelho próximo para medir a atividade do cérebro a partir de mudanças locais nos níveis de oxigenação do sangue (12, 20, 26). A atividade regular dos neurônios é sustentada pela energia produzida a partir de glicose e oxigênio. O aumento ou diminuição na atividade neuronal altera a demanda metabólica, resultando em uma variação no consumo de oxigênio na(s) região(ões) do cérebro recrutadas durante uma tarefa (10, 20). Na grande maioria dos casos, o aumento na demanda metabólica é suprido por um aumento no fluxo sanguíneo, que fornece oxigênio para o cérebro, por meio de um mecanismo conhecido como acoplamento neurovascular, o qual relaciona a atividade neuronal local e subsequentes mudanças na hemodinâmica cerebral (16). A fNIRS mede a resposta hemodinâmica (isto é, a alteração nos níveis de oxigenação do sangue) resultante das mudanças no metabolismo para fazer face às demandas do comportamento dos neurônios.

A técnica de fNIRS se baseia nas propriedades óticas dos tecidos biológicos (por exemplo, a pele, osso e vários outros tecidos), que são relativamente transparentes à

radiação eletromagnética na faixa do infravermelho próximo (luz com comprimentos de onda entre 650 e 950 nanômetros, aproximadamente) e, por isso, permitem que essa luz penetre no tecido. Nesse intervalo ótico, a hemoglobina oxigenada (HbO_2) e a desoxigenada (HHb), presentes majoritariamente no sangue, são as principais moléculas capazes de absorver e atenuar a luz incidida sobre o tecido. Como os espectros de absorção entre HbO_2 e HHb são diferentes entre si, é possível utilizar a fNIRS para avaliar as mudanças no nível de oxigenação do sangue (12, 20). Para isso, são necessários ao menos dois comprimentos de onda, dentro o intervalo ótico referido (650 – 950 nm), um deles acima e outro abaixo do ponto em que HbO_2 e HHb apresentam o mesmo coeficiente de absorção (~ 800 nm) (7).

Por meio de fibras óticas cujos terminais são posicionados sobre o escalpo (tipicamente chamados de optodos), a luz infravermelha é transmitida por emissores de luz (fontes), penetrando a pele, osso e chegando até o tecido cerebral. À medida que se propaga nos tecidos, a luz é absorvida ou espalhada em várias direções; parte da luz espalhada retorna à superfície do escalpo, onde é captada por detectores de luz posicionados a alguns centímetros de distância da fonte (1, 14). Com base na variação da intensidade da luz que é detectada em diferentes instantes de tempo, é possível estimar as mudanças nas concentrações de hemoglobina oxigenada e desoxigenada na região imediatamente abaixo do par fonte-detector de luz. As variações nas concentrações de hemoglobina são usadas como índices de atividade cerebral (20). Tipicamente, a resposta hemodinâmica da ativação cerebral a um estímulo externo se caracteriza por um aumento na concentração de hemoglobina oxigenada e uma diminuição (ainda que em menor grau) de hemoglobina desoxigenada, ambos correlacionados temporalmente com a duração do estímulo (20).

PRINCIPAIS ASPECTOS METODOLÓGICOS DO USO DA TÉCNICA fNIRS

Apesar de a técnica fNIRS ser relativamente simples, tanto do ponto de vista de instrumentação quanto do ponto de vista conceitual, temos que considerar vários aspectos metodológicos importantes quando planejamos um estudo com fNIRS. Alguns dos aspectos relevantes são, por exemplo, o desenho experimental para apresentação dos estímulos, a duração da estimulação, ou o posicionamento e a fixação dos optodos sobre o escalpo, os quais podem afetar a qualidade dos dados obtidos.

A maioria dos estudos com fNIRS usa, frequentemente, um paradigma de administração dos estímulos em bloco, em que um ou mais estímulos / condições experimentais são apresentados separadamente, por períodos de tempo relativamente longos (blocos), e com um determinado número de repetições do mesmo estímulo. Nesse paradigma, dois estímulos são intercalados com uma condição controle, de descanso ou estimulação mínima (14, 20). A definição da duração da condição experimental e de

controle deve considerar as características temporais da resposta hemodinâmica. A amplitude máxima da resposta é atingida alguns segundos após o início da estimulação, podendo registrar um platô seguido de um retorno lento à linha de base (14). Por exemplo, em adultos, mediante estimulação de 1 segundo, é esperado que a resposta hemodinâmica registre o seu valor máximo aproximadamente 6 segundos após o estímulo, e que as concentrações de hemoglobina oxigenada e desoxigenada retornem aos níveis de linha de base após 10 segundos do início do estímulo (1, 14). Em crianças, vários estudos apontam para respostas hemodinâmicas mais lentas, comparadas com adultos, demorando mais tempo tanto para atingir seu máximo quanto para retornar aos níveis de linha de base (10).

Dessa forma, a duração das condições experimentais é um aspecto importante a se considerar no desenho metodológico. Por um lado, blocos de estímulos muito curtos induzem uma pequena variação metabólica, o que levará a um sinal de fNIRS menor do que blocos de estímulos mais longos. Por outro lado, quanto maior a duração do estímulo maior a probabilidade de o bloco correspondente ao estímulo ser afetado por artefatos de movimento, principalmente em bebês. Assim, idealmente, a condição experimental deve ter uma duração entre três e 30 segundos, seguida de uma condição controle tipicamente de duração igual ou superior para permitir que as concentrações de hemoglobina oxigenada e desoxigenada retornem aos níveis de linha de base (20). Também no que se refere aos artefatos de movimento, existem atualmente métodos eficazes de correção que são aplicados durante a fase de pré-processamento dos dados NIRS, procedimento crucial em estudos com população pediátrica (30). Além disso, como o sinal de fNIRS também é sensível a variações hemodinâmicas provenientes da fisiologia global, oscilações hemodinâmicas espontâneas podem se confundir com as alterações induzidas pelo metabolismo neural, principalmente se o tempo de apresentação entre estímulos for fixo (40). Por esse motivo, outro aspecto importante na apresentação de estímulos por blocos é variar o tempo da condição controle.

Mesmo com todas as considerações acima, o desenho experimental de apresentação dos estímulos por bloco aumenta a robustez dos dados de fNIRS coletados (14). Uma vez que são administradas várias repetições do estímulo experimental em um mesmo bloco, é extraída uma resposta hemodinâmica a partir da média das respostas individuais a cada repetição do estímulo. Apesar de não existir um número predefinido de ensaios (repetições) a realizar, é importante garantir que o estímulo experimental seja apresentado em número suficiente para obter um padrão robusto da resposta hemodinâmica, considerando, ainda, a possibilidade de se verificar a presença de artefatos de movimento ou de uma razão sinal-ruído inadequada nos dados de fNIRS (20). Nesse sentido, é relativamente comum estudos com fNIRS em bebês procederem a uma validação prévia dos ensaios de qualidade adequada mediante a observação do comportamento do bebê durante o procedimento realizado, sendo apenas retidos para posterior processamento e análise os ensaios considerados válidos (27). Se a razão

senal-ruído é adequada, então um número reduzido de ensaios pode resultar em dados fNIRS mais confiáveis (20).

Ainda que menos frequente, uma alternativa ao desenho de apresentação dos estímulos por bloco é a apresentação de estímulos relacionados a eventos. Esse tipo de desenho experimental consiste na administração de estímulos de curta duração em intervalos de tempo randomizados, que deverão ter uma duração suficiente para permitir o retorno (pelo menos parcialmente) aos níveis de linha de base (1, 14). Dessa forma, é possível captar respostas hemodinâmicas únicas a estímulos individuais (14). Estímulos relacionados a eventos representam uma alternativa a estudos em que a estimulação por bloco não é possível, como, por exemplo, em pesquisas sobre dor em bebês recém-nascidos, durante procedimentos rotineiros de coleta de sangue (34). Um ponto importante nesse desenho experimental, contudo, é a quantidade de eventos apresentados, pois a resposta cerebral devido a um estímulo repetitivo tende a decair progressivamente devido ao efeito de habituação (22). Por esse motivo, o intervalo de tempo entre dois estímulos, mesmo randomizado, precisa considerar a possibilidade de habituação, que pode afetar a análise das respostas obtidas entre os primeiros e os últimos estímulos administrados.

Outro aspecto importante que temos que considerar é o posicionamento dos optodos sobre o escalpo. As fontes e detectores podem ser combinados de múltiplas formas, otimizando o número de pares fonte-detector (tipicamente chamados de canais) de dados fNIRS disponíveis e permitindo, dessa forma, uma maior cobertura das áreas do córtex que se pretende avaliar (10). Tipicamente, estudos com fNIRS usam como referência métodos internacionalmente reconhecidos, como, por exemplo, o sistema de coordenadas 10/20, para padronizar o posicionamento dos optodos de acordo com pontos externos de referência anatômica (10, 20, 24). Geralmente, utiliza-se uma touca para manter a posição de cada optodo fixa ao longo do experimento. Contudo, esses métodos fornecem informação sobre a organização geral do cérebro, mas não sobre a localização de regiões cerebrais específicas (20, 24). Uma colocação incorreta dos mesmos pode resultar em não conseguirmos avaliar a ativação na região cerebral de interesse (10). Para estudos longitudinais, o reposicionamento da touca em duas ou mais sessões distintas pode levar a variações nos resultados por causa da posição dos optodos em relação à estrutura cerebral (29). Assim, algumas pesquisas têm procurado mapear a localização espacial de canais fNIRS, em áreas cerebrais específicas e para faixas etárias específicas. Nessas propostas, o uso de digitalizadores e a informação anatômica de ressonâncias magnéticas podem ser de grande auxílio para garantir uma maior reprodutibilidade dos dados (24).

Outra questão importante diz respeito à distância ideal entre uma fonte e um detector de luz. Devido aos princípios físicos de propagação da luz no tecido biológico, a distância sobre o escalpo entre a fonte e o detector é sensível à profundidade da luz espalhada que está sendo detectada (26). Detectores posicionados muito perto da fon-

te (< 1 cm) detectam apenas a luz espalhada dos tecidos mais próximos do escalpo, não trazendo nenhuma informação sobre o córtex. Detectores posicionados a distâncias maiores da fonte conseguirão detectar luz proveniente de tecidos mais profundos. A profundidade a qual um detector é sensível depende de vários fatores, como, por exemplo, a idade ou a região cerebral a avaliar (14). Em adultos, a distância típica entre optodos varia entre 3 e 4,5 cm (35). Em bebês, uma distância de 2-3 cm entre os optodos parece ser eficaz em detectar ativação cerebral em resposta à estimulação (14, 23).

Por fim, é importante garantir que os optodos estão fixados em segurança na touca NIRS e que mantêm um contato estável com o escalpo ao longo de toda a sessão de coleta de dados. Tal cuidado irá reduzir a possibilidade de interferências externas (ruído) no sinal NIRS. Em comparação a estudos de fNIRS com adultos, os estudos com amostras pediátricas resultam em uma elevada taxa de perda amostral. Aproximadamente 40% das crianças da amostra são excluídas do processo de análise devido a dados de fNIRS insatisfatórios ou com demasiado ruído (20). Além disso, contrariamente ao que acontece em estudos com adultos, em estudos com crianças não é possível despende de muito tempo examinando o sinal obtido, ajustando o posicionamento dos optodos ou da touca e retomando a tarefa posteriormente (20).

Assim, é fundamental ponderar todos esses aspectos metodológicos quando planejamos um estudo de fNIRS com bebês e crianças pequenas, de forma a otimizar a eficácia da aquisição de dados e minimizar a perda amostral por motivo de qualidade insuficiente dos dados. Numa fase inicial, a realização de um estudo piloto com um número reduzido de participantes pode ajudar a identificar parâmetros que precisam ser ajustados, como, por exemplo, o número de ensaios, duração da condição experimental e de controle, posicionamento dos optodos ou intervalo temporal para análise de dados.

VANTAGENS E DESVANTAGENS DA TÉCNICA fNIRS

A fNIRS apresenta algumas vantagens que tornam essa técnica de neuroimagem particularmente relevante para pesquisas com populações vulneráveis, incluindo bebês e crianças pequenas. Uma grande vantagem se refere ao fato de permitir que indivíduos que tradicionalmente são excluídos de estudos de neuroimagem com ressonância magnética (RM), por constrangimentos relacionados com movimento, possam ser estudados utilizando fNIRS, como, por exemplo, recém-nascidos, participantes com transtornos do neurodesenvolvimento ou deficiência intelectual. Além disso, a fNIRS é uma técnica com elevado nível de conforto, quando comparada com a RM, que impõe mais restrições físicas na sua utilização, sendo possível a sua aplicação em contextos mais naturalistas (32), por exemplo, com o bebê sentado no colo da mãe. Como referi-

do anteriormente, para a avaliação da atividade cerebral com recurso a fNIRS, é usada uma touca feita de um material elástico, onde são colocados os optodos, e que é colocada na cabeça do participante. Assim, apesar do maior conforto oferecido pelos acessórios usados na fNIRS, dependendo da idade do participante, é possível que algumas crianças pequenas possam também ficar estressadas na colocação da touca ou após um determinado período usando a touca na cabeça.

O fato de ser também uma técnica silenciosa (principalmente se comparada com a RM) constitui uma importante vantagem, pois permite a apresentação de estímulos auditivos (14, 20), aumentando, dessa forma, a variedade de estímulos e domínios de funcionamento que podem ser estudados com a fNIRS. Além disso, estudos de ativação funcional do cérebro com a ressonância magnética tipicamente usam o sinal dependente do nível de oxigenação no sangue (chamado de sinal BOLD) e, embora a relação do sinal BOLD com a atividade neural seja inquestionável (25), a origem fisiológica quantitativa do sinal BOLD ainda é pouco esclarecida (4). Nesse aspecto, a fNIRS providencia uma avaliação mais direta e completa da resposta hemodinâmica ao registrar, simultaneamente, alterações na concentração de hemoglobina oxigenada e desoxigenada (1, 14, 20, 32). Mesmo assim, aspectos relacionados com a proveniência do sinal de fNIRS (33) e com o acoplamento neurovascular ainda precisam ser mais bem esclarecidos para uma interpretação quantitativa correta do sinal de fNIRS.

Outra característica em que a fNIRS é particularmente vantajosa é a sua resolução temporal, fornecendo um maior número de amostras de dados por segundo da resposta hemodinâmica (1, 32). Atualmente, equipamentos de fNIRS comerciais podem facilmente chegar a centenas de pontos por segundo (aproximadamente 100 Hz), o que permite captar a natureza de diferentes processos fisiológicos responsáveis por causar variações na hemodinâmica cerebral – e, conseqüentemente, isolá-los. No entanto, a resolução temporal da fNIRS é inferior à apresentada pela eletroencefalografia (EEG), que chega a milhares de amostras por segundo (14, 20). Em contrapartida, a fNIRS apresenta maior tolerância a artefatos de movimento em comparação com a RM e a EEG (1, 14, 20, 32), o que é especialmente importante em estudos com amostras pediátricas. Nesse sentido, não é necessário imobilizar ou sedar os participantes para uso da fNIRS (o que é extremamente desafiante em amostras infantis), permitindo a avaliação da atividade cerebral enquanto as crianças estão acordadas e ativamente engajadas com o estímulo / tarefa, sendo essa uma das maiores limitações na utilização da ressonância magnética funcional em estudos pediátricos. Além disso, a fNIRS torna possível a administração de tarefas comportamentais que envolvam algum movimento, como, por exemplo, a execução de ações motoras simples (pegar uma bola). Contudo, é importante garantir que a touca fNIRS esteja corretamente ajustada na cabeça do participante e que os optodos estejam fixados com segurança à touca, de forma a minimizar qualquer interferência nos dados devido a artefatos de movimento.

Por fim, quando comparado com a RM, o custo de aquisição de um equipamento fNIRS é significativamente mais acessível. Além disso, um equipamento de fNIRS possui baixo custo operacional, além de maior facilidade de aplicação, sem que seja necessária a presença constante de um técnico especialista para manutenção dos equipamentos. Atualmente, existem no mercado equipamentos de fNIRS portáteis, de tamanho reduzido, ou com transmissão de dados por meio de um sistema sem fios (36). Esses avanços tecnológicos facilitam a realização de estudos em contextos mais naturalistas e externos ao laboratório (por exemplo, casa da família) ou em regiões com poucos recursos econômicos e sem equipamentos de grande porte como a RM (19).

Apesar das inúmeras vantagens da fNIRS, essa técnica apresenta também algumas limitações que os pesquisadores devem considerar quando da seleção da técnica a ser usada em pesquisas na área da neurociência do desenvolvimento infantil. Uma dessas limitações se refere à baixa resolução espacial da fNIRS que, ainda que seja maior que a da EEG, é bem inferior à resolução espacial da ressonância magnética funcional (1, 14, 20, 32). A resolução axial ou planar da fNIRS ainda pode ser melhorada utilizando uma alta densidade de fontes e detectores de luz numa dada região, possibilitando, inclusive, a geração de imagens tomográficas a partir de fNIRS (13). No entanto, a resolução transversal, relacionada com a profundidade máxima atingida, parece ser limitada pelo princípio físico de funcionamento da técnica. A luz por infravermelho próximo consegue penetrar até aproximadamente 1,5 cm de profundidade a partir do escalpo, ainda que dependa de vários fatores como a distância entre a fonte e o detector, a idade do participante ou espessura do crânio, entre outros (1, 32). Por essa razão, a fNIRS é adequada para medir atividade cerebral em áreas que se encontram mais à superfície do córtex, enquanto regiões mais internas e subcorticais (por exemplo, amígdala, hipocampo) não podem ser investigadas com recurso a essa técnica (1, 14, 32). Mesmo o monitoramento das regiões mais superficiais do cérebro é limitado pelo número de fontes e detectores de luz, pelo que pode não ser possível medir simultaneamente a resposta hemodinâmica em toda a superfície cortical (32).

Por fim, a fNIRS não permite obter informação sobre a estrutura do cérebro dos participantes que possa ser usada posteriormente como referência anatômica. Assim, a alternativa é obter previamente uma imagem via outra técnica, como a tomografia computadorizada ou a ressonância magnética estrutural do indivíduo (o que pode ser mais difícil de obter em amostras infantis), e alinhar a localização dos optodos tendo em conta pontos externos de referência anatômica (38). Quando a coleta independente de imagens estruturais não é uma opção, podem-se usar modelos médios de ressonância magnética estrutural, adequados para a idade e perímetro cefálico da criança, que servirão como estimativa da localização aproximada dos optodos de acordo com pontos externos de referência anatômica (24).

APLICAÇÕES DA fNIRS NA AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO INFANTIL

As aplicações da fNIRS em pesquisas na área do desenvolvimento infantil são muito diversificadas e têm registrado uma evolução significativa na última década. O aumento exponencial de estudos com fNIRS durante a infância pôde ser verificado a partir de uma pesquisa rápida na base de dados PubMed, usando as seguintes palavras-chave em inglês: *(infant or infancy) and child* and (nirs or fnirs or spectroscopy or "near infra-red")*. Dessa pesquisa resultaram 7.991 registros até maio de 2021. Mais especificamente, 6.568 desses registros (equivalente a 82% do total) se referem aos últimos 10 anos. Durante esse período, foram também publicados alguns artigos de revisão sobre as aplicações da fNIRS em amostras pediátricas, permitindo perceber quais os domínios de funcionamento têm sido frequentemente investigados e que tipo de estímulo é mais utilizado. Vale referir que a fNIRS tem sido usada tanto para o estudo do desenvolvimento típico precoce quanto no estudo do desenvolvimento atípico, como, por exemplo, Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH), Transtorno do Espectro Autista (TEA), entre outras patologias que afetam o desenvolvimento infantil (37).

Considerando as possibilidades que a fNIRS oferece em avaliar a resposta cerebral enquanto a criança está ativamente engajada em uma tarefa, essa é uma técnica particularmente relevante para investigar os mais diversos domínios de desenvolvimento, tais como o processamento sensorial, competências linguísticas, aprendizagem e memória, funções executivas, processamento de faces, ou habilidades de atenção compartilhada (1, 14, 37). De forma semelhante, a fNIRS permite a administração de estímulos nas diferentes modalidades sensoriais, desde estímulos visuais (por exemplo, imagens estáticas ou dinâmicas, estímulos apresentados ao vivo ou em vídeo, objetos em movimento, flashes de luz), auditivos (como música, voz humana, bips) e olfativos (odores, como leite materno ou artificial), a estímulos táteis (por exemplo, toque, vibração) (10, 20, 37). Nesse sentido, a técnica fNIRS proporciona uma vasta gama de oportunidades de pesquisa com bebês e crianças pequenas, em um período crítico do desenvolvimento humano, podendo auxiliar na identificação de correlatos neurais específicos associados a determinados distúrbios do neurodesenvolvimento e, conseqüentemente, à sua intervenção precoce. Em seguida, damos alguns exemplos de estudos com fNIRS que contribuíram para uma melhor compreensão do desenvolvimento infantil em amostras com desenvolvimento típico e atípico.

A fNIRS tem mostrado utilidade na compreensão do desenvolvimento sensório-motor durante o primeiro ano de vida. O estudo de Oliveira et al. (9) usou fNIRS para avaliar a atividade cerebral em resposta à estimulação sensório-motora comparando bebês nascidos prematuros e a termo, aos 6 e 12 meses de idade. A estimulação consistiu em uma vibração produzida por um micromotor, aplicada na mão direita do bebê,

enquanto o bebê estava sentado no colo da mãe / pai ou cuidador. Foi usado um paradigma de bloco em que o estímulo experimental (vibração) foi administrado por 8 segundos, seguido de 20 segundos de período de descanso entre os ensaios (oito repetições). A combinação de fontes e detectores usados pelos autores permitiu cobrir as regiões frontal, parietal, temporal e occipital de ambos os hemisférios. Outro estudo, de Miguel et al. (27), com bebês de 12 meses de idade e sem queixas de desenvolvimento, usou a técnica de fNIRS para investigar o processamento neural de toque afetivo e relacioná-lo com o perfil comportamental de reatividade a estimulação tátil. O estudo consistiu em duas condições experimentais: toque afetivo, consistindo em movimentos suaves de pincel sobre a pele a uma velocidade de 8 cm/s; e toque discriminativo, batidas leves com um bloco de madeira, administradas no antebraço da criança por uma pesquisadora previamente treinada. Foram realizados oito ensaios por condição experimental, em que o estímulo tátil foi apresentado por 10 segundos, seguidos de um período de 20 segundos de descanso (sem toque). Durante todo o procedimento, a criança ficou sentada em uma cadeira Bumbo multiassento, assistindo um vídeo sem som. As áreas cerebrais avaliadas pelos autores, e definidas de acordo com os objetivos e hipóteses específicas do estudo, foram o córtex somatossensorial primário (hemisfério esquerdo) e região temporal superior (hemisfério direito).

Além de proporcionar o estudo de modalidades sensoriais básicas como estímulos somatossensoriais, a fNIRS pode ser usada para compreender processos mais complexos, como o processamento de emoções no contexto de interação. Behrendt et al. (2) recorreram à fNIRS para estudar a interação mãe-bebê em tempo real e examinar os possíveis correlatos neurais associados com a regulação emocional do bebê durante interações diádicas. Os autores avaliaram bebês de 6-7 meses de idade em interação com suas mães durante uma versão modificada do procedimento de *Still-Face*, em que a mãe e uma mulher não familiar ao bebê (em blocos separados de ensaios) apresentavam uma face *Still-Face* (expressão facial neutra e ausência de interação com o bebê) ou uma face feliz (sorrir e interagir ativa e positivamente com o bebê). Os períodos de estimulação (*Still-Face* e face feliz) tinham 16 segundos de duração, seguidos de um período de 8 segundos de descanso em que o adulto (mãe e mulher não familiar) seguravam um tecido branco na sua frente ocultando o seu rosto. Os autores avaliaram a resposta hemodinâmica no córtex frontal (bilateralmente).

A fNIRS também tem sido usada em idades mais avançadas para compreender memória e outras funções cognitivas superiores. O estudo de Buss et al. (3) avaliou a memória de trabalho visual em crianças de 3-4 anos de idade com recurso a fNIRS. As crianças ficaram sentadas em frente a uma tela de TV, onde eram exibidos os estímulos, compostos por diferentes formas brancas apresentadas em um cartão cinza sobre um fundo preto. A tarefa decorreu em quatro blocos de 12 ensaios cada, em que era apresentado à criança um cartão com três formas brancas, por aproximadamente 2 segundos, e era pedido para olhar a imagem e recordar as formas. Em seguida, esse

primeiro cartão era removido e, após um ligeiro atraso, substituído por um segundo cartão (teste) com formas. Então, era solicitado à criança que respondesse verbalmente se as formas dos dois cartões correspondiam ou não. As áreas cerebrais avaliadas foram o córtex frontal e parietal (bilateralmente).

Os estudos acima referidos integram parte da literatura científica que tem usado a técnica fNIRS para elucidar sobre o funcionamento típico do cérebro em maturação e como mudanças no desenvolvimento cerebral estão associadas a mudanças no comportamento das crianças. Tal conhecimento pode ajudar a detectar, precocemente, indicadores de distúrbios do neurodesenvolvimento, bem como identificar períodos críticos para avaliação de possíveis alterações nas trajetórias de desenvolvimento infantil (37). Por exemplo, Lloyd-Fox et al. (21) avaliaram a resposta hemodinâmica a estímulos visuais e auditivos de natureza social em bebês de 4-6 meses de idade com risco elevado de TEA (tinham irmão(ã) com diagnóstico de TEA), por comparação a bebês sem história familiar de TEA. Os estímulos visuais consistiram na apresentação de dois cliques de vídeo (9-12 segundos de duração), em que uma atriz movimentava os seus olhos durante uma brincadeira com as mãos (por exemplo, Cadê-Achou, do inglês *peek-a-boo*), intercalada com um intervalo da mesma duração em que eram mostradas imagens coloridas estáticas de diferentes tipos de transporte (por exemplo, carros). Por sua vez, a estimulação auditiva consistiu na apresentação, por 8 segundos, de sons vocais (como riso, choro) ou não vocais (como água corrente), intercalados com períodos de silêncio. As regiões cerebrais avaliadas foram o córtex frontal e temporal (bilateral), e o bebê ficou sentado no colo do pai / mãe durante todo o procedimento.

Como é possível observar nos exemplos acima referidos, as potencialidades de pesquisas usando a fNIRS são muito variadas não só quanto às habilidades e aos domínios de desenvolvimento avaliados, mas também quanto ao tipo de estímulo utilizado em populações pediátricas. Além disso, avanços recentes no aperfeiçoamento da técnica, equipamentos e no processamento e análise de dados permitiram o uso da fNIRS para avaliar a atividade cerebral de duas ou mais pessoas simultaneamente, durante interações sociais em um contexto mais naturalista, o que é particularmente interessante para investigar as interações parentais e sua influência no desenvolvimento precoce das crianças. Como exemplo, o estudo de Nguyen et al. (28) usou a fNIRS para examinar os efeitos da qualidade da interação na sincronia neural entre crianças de 5 anos e suas mães durante uma tarefa de resolução de problemas. A tarefa foi dividida em três condições: cooperação (a díade foi instruída a resolver em conjunto um quebra-cabeças com peças de tangram, durante 120 segundos), individual (mãe e criança resolviam individualmente o mesmo quebra-cabeças, sem interagir e com uma tela opaca entre si, durante 120 segundos), e descanso (olhos fechados por 80 segundos). Durante todo o procedimento, a díade ficou sentada em uma mesa, onde realizaram todas as atividades, com a criança posicionada de frente para a mãe. Foi avaliada a resposta hemodinâmica em áreas temporoparietais e pré-frontais do cérebro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeira infância (0-6 anos de idade) é um período particularmente vulnerável às influências do contexto (por exemplo, a qualidade dos cuidados recebidos, experiências de interação social com os outros, nível socioeconômico e as oportunidades e recursos a ele associados etc.), as quais vão moldar o cérebro em maturação e influenciar a trajetória de desenvolvimento do indivíduo. Desde o nascimento, os bebês são agentes sociais que aprendem por meio da interação com os outros, em um processo dinâmico de mediação entre o cérebro e o comportamento. Assim, é fundamental entender como o cérebro em desenvolvimento responde e se molda à influência dos fatores contextuais (8). Tal conhecimento permite uma compreensão mais aprofundada e integrada do desenvolvimento social, emocional e cognitivo das crianças, principalmente ao nível de correlatos neurais específicos subjacentes a diferentes domínios de funcionamento. Identificar essas assinaturas neurais em populações típicas poderá ajudar a definir áreas de avaliação e de intervenção em populações com distúrbios do neurodesenvolvimento.

Nesse contexto, a fNIRS se apresenta como uma alternativa particularmente interessante em pesquisas com população pediátrica por conta das especificidades dessa amostra. Este capítulo teve como objetivo sintetizar os princípios básicos subjacentes à técnica, bem como as suas principais vantagens e desvantagens, e outros aspectos metodológicos a ponderar quando se pretende usar a fNIRS para avaliar o funcionamento cerebral durante a infância. Além disso, a referência a estudos realizados com recurso à técnica também permite entender as potencialidades dessa metodologia e sua adequação à avaliação das mais diversas temáticas no âmbito do desenvolvimento típico e atípico. A comunidade científica fNIRS está em constante evolução, o que se traduz no desenvolvimento de equipamentos e sistemas mais sofisticados e eficazes na aquisição de dados, métodos de processamento e análise dos dados, bem como na definição de orientações padronizadas que possam auxiliar os pesquisadores a conduzir os seus estudos e reportar os seus dados com elevado rigor técnico e científico (39). Apesar dos desafios associados à avaliação neuroimagiológica de bebês e crianças pequenas, é fundamental caracterizar as mudanças nas respostas hemodinâmicas ao longo do desenvolvimento e fatores que possam contribuir para essa variabilidade na população infantil.

AGRADECIMENTOS

Agardecemos o apoio financeiro do Programa CAPES/PrInt Processo 88887.310343/2018-00.

REFERÊNCIAS

1. Aslin RN, Shukla M, Emberson LL. Hemodynamic correlates of cognition in human infants. *Annu Rev Psychol.* 2015; 66:349-79.
2. Behrendt HF, Konrad K, Perdue KL, Firk C. Infant brain responses to live face-to-face interaction with their mothers: combining functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) with a modified still-face paradigm. *Infant Behav Dev.* 2020; 58:101410. doi: <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2019.101410>.
3. Buss AT, Fox N, Boas DA, Spencer JP. Probing the early development of visual working memory capacity with functional near-infrared spectroscopy. *Neuroimage.* 2014; 85:314-25.
4. Buxton RB. Interpreting oxygenation-based neuroimaging signals: the importance and the challenge of understanding brain oxygen metabolism. *Front Neuroenergetics* 2010; 2:8. doi: 10.3389/fnene.2010.00008.
5. Casey BJ, Galvan A, Hare TA. Changes in cerebral functional organization during cognitive development. *Curr Opin Neurobiol.* 2005; 15(2):239-44.
6. Chugani HT. A critical period of brain development: studies of cerebral glucose utilization with PET. *Prev Med.* 1998; 27(2):184-8.
7. Corlu A, Durduran T, Choe R, Schweiger M, Hillman EM, Arridge SR et al. Uniqueness and wavelength optimization in continuous-wave multispectral diffuse optical tomography. *Opt Lett.* 2003; 28(23):2339-41.
8. Cruz S, Lifter K, Barros C, Vieira R, Sampaio A. Neural and psychophysiological correlates of social communication development: evidence from sensory processing, motor, cognitive, language and emotional behavioral milestones across infancy. *Appl Neuropsychol Child.* 2020; 1-20. <https://doi.org/10.1080/21622965.2020.1768392>.
9. de Oliveira SR, Machado ACC, de Paula JJ, Novi SL, Mesquita RC, de Miranda DM et al. Changes of functional response in sensorimotor cortex of preterm and full-term infants during the first year: an fNIRS study. *Early Hum Dev.* 2019; 133:23-8.
10. de Roever I, Bale G, Mitra S, Meek J, Robertson NJ, Tachtsidis I. Investigation of the pattern of the hemodynamic response as measured by functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) studies in newborns, less than a month old: a systematic review. *Front Hum Neurosci.* 2018; 12:371. doi: 10.3389/fnhum.2018.00371.
11. Dubois J, Alison M, Counsell SJ, Hertz-Pannier L, Hüppi PS, Benders MJ. MRI of the neonatal brain: a review of methodological challenges and neuroscientific advances. *J Magn Reson Imaging.* 2021; 53(5):1318-43.
12. Ferrari M, Quaresima V. A brief review on the history of human functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) development and fields of application. *Neuroimage.* 2012; 63(2):921-35.
13. Frijia EM, Billing A, Lloyd-Fox S, Rosas EV, Collins-Jones L, Crespo-Llado MM et al. Functional imaging of the developing brain with wearable high-density diffuse optical tomography: a new benchmark for infant neuroimaging outside the scanner environment. *Neuroimage.* 2021; 225:117490. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117490>.
14. Gervain J, Mehler J, Werker JF, Nelson CA, Csibra G, Lloyd-Fox S et al. Near-infrared spectroscopy: a report from the McDonnell infant methodology consortium. *Dev Cogn Neurosci.* 2011; 1(1):22-46.

15. Huttenlocher PR. Synaptic density in human frontal cortex-developmental changes and effects of aging. *Brain Res.* 1979; 163(2):195-205.
16. Iadecola C. The neurovascular unit coming of age: a journey through neurovascular coupling in health and disease. *Neuron.* 2017; 96(1):17-42.
17. Lake A. Applying the science: how what we are learning about brain development should shape policies, practical action, and public advocacy. In: Lombardi J, editor. *Early childhood matters: advances in early childhood development.* Hague: Bernard van Leer Foundation; 2016. p. 12-5.
18. Lenroot RK, Giedd JN. Brain development in children and adolescents: insights from anatomical magnetic resonance imaging. *Neurosci Biobehav Rev.* 2006; 30(6):718-29.
19. Lloyd-Fox S, Begus K, Halliday D, Pirazzoli L, Blasi A, Papademetriou M et al. Cortical specialisation to social stimuli from the first days to the second year of life: A rural Gambian cohort. *Dev Cogn Neurosci.* 2017; 25:92-104.
20. Lloyd-Fox S, Blasi A, Elwell CE. Illuminating the developing brain: the past, present and future of functional near infrared spectroscopy. *Neurosci Biobehav Rev.* 2010; 34(3):269-84.
21. Lloyd-Fox S, Blasi A, Elwell CE, Charman T, Murphy D, Johnson MH. Reduced neural sensitivity to social stimuli in infants at risk for autism. *Proc Biol Sci.* 2013; 280(1758):20123026. doi: 10.1098/rspb.2012.3026.
22. Lloyd-Fox S, Blasi A, McCann S, Rozhko M, Katus L, Mason L et al. Habituation and novelty detection fNIRS brain responses in 5- and 8-month-old infants: the Gambia and UK. *Dev Sci.* 2019; 22(5):e12817. doi: <https://doi.org/10.1111/desc.12817>.
23. Lloyd-Fox S, Blasi A, Volein A, Everdell N, Elwell CE, Johnson MH. Social perception in infancy: a near infrared spectroscopy study. *Child Dev.* 2009; 80(4):986-99.
24. Lloyd-Fox S, Richards JE, Blasi A, Murphy DG, Elwell CE, Johnson MH. Coregistering functional near-infrared spectroscopy with underlying cortical areas in infants. *Neurophotonic.* 2014; 1(2):025006. doi: 10.1117/1.NPh.1.2.025006.
25. Logothetis NK, Pauls J, Augath M, Trinath T, Oeltermann A. Neurophysiological investigation of the basis of the fMRI signal. *Nature.* 2001; 412(6843):150-7.
26. Mesquita RC, Yodh AG. Diffuse optics: fundamentals and tissue applications. In: Kaiser R, Wiersma DS, Fallani L, editors. *Nano Optics and Atomics: Transport of Light and Mater Waves.* Amsterdam: IOS Books; 2011. v. 173, p. 51-74.
27. Miguel HO, Gonçalves ÓF, Sampaio A. Behavioral response to tactile stimuli relates to brain response to affective touch in 12-month-old infants. *Dev Psychobiol.* 2020; 62(1):107-15.
28. Nguyen T, Schleihauf H, Kayhan E, Matthes D, Vrtička P, Hoehl S. The effects of interaction quality on neural synchrony during mother-child problem solving. *Cortex.* 2020; 124:235-49.
29. Novi SL, Forero EJ, Silva JAIR, Souza NGS, Martins GG, Quiroga A et al. Integration of spatial information increases reproducibility in functional near-infrared spectroscopy. *Front Neurosci.* 2020; 14:746. doi: <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00746>.
30. Novi SL, Roberts E, Spagnuolo D, Spilsbury BM, Price DC, Imbalzano CA et al. Functional near-infrared spectroscopy for speech protocols: characterization of motion artifacts and guidelines for improving data analysis. *Neurophotonic.* 2020; 7(1):015001. doi: <https://doi.org/10.1117/1.NPh.7.1.015001>.

31. Ouyang M, Dubois J, Yu Q, Mukherjee P, Huang H. Delineation of early brain development from fetuses to infants with diffusion MRI and beyond. *Neuroimage*. 2019; 185:836-50.
32. Quaresima V, Ferrari M. Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) for assessing cerebral cortex function during human behavior in natural/social situations: a concise review. *Organ Res Methods*. 2019; 22(1):46-68.
33. Saager R, Berger A. Measurement of layer-like hemodynamic trends in scalp and cortex: implications for physiological baseline suppression in functional near-infrared spectroscopy. *J Biomed Opt*. 2008; 13(3):034017. doi: <https://doi.org/10.1117/1.2940587>.
34. Slater R, Cantarella A, Gallella S, Worley A, Boyd S, Meek J et al. Cortical pain responses in human infants. *J Neurosci*. 2006; 26(14):3662-66.
35. Strangman GE, Li Z, Zhang Q. Depth sensitivity and source-detector separations for near infrared spectroscopy based on the Colin27 brain template. *PloS One*. 2013; 8(8):e66319. doi: [10.1371/journal.pone.0066319](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066319).
36. Tsow F, Kumar A, Hosseini SMH, Bowden A. A low-cost, wearable, do-it-yourself functional near-infrared spectroscopy (DIY-fNIRS) headband. *HardwareX*. 2021; 10:e00204. doi: [10.1016/j.ohx.2021.e00204](https://doi.org/10.1016/j.ohx.2021.e00204).
37. Vanderwert RE, Nelson CA. The use of near-infrared spectroscopy in the study of typical and atypical development. *Neuroimage*. 2014; 85:264-71.
38. Wu S-T, Silva JAIR, Novi SL, Souza NGSR, Forero EJ, Mesquita RC. Accurate image-guided (re)placement of NIRS probes. *Comput Methods Programs Biomed*. 2021; 200:105844. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105844>.
39. Yücel MA, Lühmann AV, Scholkmann F, Gervain J, Dan I, Ayaz H et al. Best practices for fNIRS publications. *Neurophotonics*. 2021; 8(1):012101. doi: <https://doi.org/10.1117/1.NPh.8.1.012101>.
40. Yücel MA, Selb J, Aasted CM, Lin PY, Borsook D, Becerra L et al. Mayer waves reduce the accuracy of estimated hemodynamic response functions in functional near-infrared spectroscopy. *Biomed Opt Express*. 2016; 7(8):3078-88.

17

O uso da espectroscopia funcional por infravermelho próximo (fNIRS) como técnica de neuroimagem em pesquisas sobre o transtorno do déficit de atenção / hiperatividade (TDAH) a partir de uma perspectiva dimensional e de heterogeneidade

Armando dos Santos Afonso Junior

Izabella Trinta Paes

Vera Lúcia Esteves Mateus

Ana Alexandra Caldas Osório

Walter Machado Pinheiro

Luiz Renato Rodrigues Carreiro

TRANSTORNO DE DÉFICIT DE ATENÇÃO E HIPERATIVIDADE

O Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) é caracterizado por sinais de desatenção e/ou hiperatividade / impulsividade, que resultam em impacto significativo na vida pessoal, acadêmica e ocupacional (1, 2). Afetando cerca de 5% da população infantil e 2,5% da população adulta, o TDAH é considerado um transtorno do neurodesenvolvimento, cujos sintomas estão associados a alterações cerebrais durante o desenvolvimento (2). O conhecimento sobre o TDAH e, conseqüentemente, a prática clínica que se sustenta nele, possui uma evolução histórica que acompanha o progresso tecnológico e científico. Inicialmente, os sintomas foram descritos a partir da observação de comportamentos na infância, ainda em uma classificação rudimentar e com pouco embasamento biológico. Aos poucos, novos conhecimentos foram acumulados e uma imagem mais clara do quadro se formou, apesar de alguns erros de conceitualização persistirem (por exemplo, atribuição dos sintomas à deficiência moral). A partir de estudos neuropsicológicos, foi possível identificar anormalidades cerebrais como base de déficits de atenção, hiperatividade e impulsividade excessivas, o que foi posteriormente corroborado por técnicas de neuroimagem disseminadas na segunda metade do século XX. A etiologia do quadro ficou ainda mais clara com o avanço de estudos genéticos que identificaram fatores poligênicos associados ao TDAH (16).

Ao longo do tempo, o TDAH foi visto, inicialmente, como uma deficiência moral e, posteriormente, como um transtorno hiperativo, que poderia ser acompanhado por desatenção ou como um transtorno com diferentes apresentações, diferentes níveis de severidade, entre outras facetas (16); e não há razão para acreditar que atingimos o ápice do conhecimento sobre o TDAH. Conforme novas tecnologias se tornam disponíveis e novas teorias agregam evidências, é esperada uma mudança na prática e pesquisa envolvendo o transtorno. O seguinte capítulo discorre sobre como a tecnologia de Espectroscopia Funcional por Infravermelho Próximo (fNIRS) pode ajudar a aprofundar o entendimento sobre o TDAH. Inicialmente serão apresentadas as questões de heterogeneidade e dimensionalidade do transtorno, que são pontos altamente discutidos atualmente, para, em seguida, introduzir a técnica de fNIRS e sua colaboração nessa discussão.

Em tempos recentes, uma série de estudos tem destacado a heterogeneidade e o aspecto dimensional do TDAH, indicando a necessidade de mais uma mudança no modo como entendemos o transtorno (29). A heterogeneidade se refere aos achados de que a manifestação do TDAH é mais diversa do que foi considerado inicialmente, de tal forma que indivíduos diagnosticados com o transtorno podem apresentar diferentes fatores etiológicos, alterações cerebrais e déficits cognitivos e comportamentais (18). Já o aspecto dimensional é relacionado com os achados que apontam que os sintomas do TDAH são mais bem entendidos como traços distribuídos de modo contínuo por

toda a população, com algumas pessoas localizadas no extremo dessa distribuição, com prejuízos mais notáveis (29). No sentido oposto, o relativo consenso atual é de que o TDAH é um diagnóstico categórico, ao invés de dimensional, o que envolve uma visão binária: as pessoas têm TDAH ou não têm TDAH. Esse não é um problema novo e nem é exclusivo desse transtorno (14). De fato, toda a área da saúde mental tem discutido temas similares, indicando a necessidade de atualizações na psiquiatria que façam uso da facilidade atual de concentrar grandes bancos de dados, buscar por padrões neles por meio de algoritmos de *machine learning* e obter medidas objetivas e quantificáveis de funcionamento neurobiológico, o que contribui para a chamada “psiquiatria de precisão” (34). A seguir, será discutido melhor esse tema, destacando sua importância e apresentando sugestões dadas na literatura. Por fim, a espectroscopia funcional por infravermelho próximo (fNIRS – *functional near-infrared spectroscopy*) será apresentada com o objetivo de demonstrar como essa tecnologia pode ajudar na empreitada de conceitualizar melhor o TDAH.

DIMENSIONALIDADE E HETEROGENEIDADE NA PSIQUIATRIA

Profissionais da saúde mental dirigem suas práticas de acordo com manuais específicos criados para esse fim, sendo o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM) e a Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (CID) notavelmente influentes. Aqui, daremos um foco maior ao DSM, já que esse é tido como o sistema de classificação psiquiátrico mundialmente predominante (17). No entanto, é comum a ambos os manuais a descrição de transtornos mentais como entidades discretas, diferindo qualitativamente entre si e de um estado não patológico. A nosologia empregada no DSM tem importante função pragmática, facilitando a realização de estudos epidemiológicos, ajudando na contabilização da prevalência de casos ao criar procedimentos padronizados, além de contribuir na produção de estudos genéticos, na elaboração de tratamentos e na comunicação, tanto entre profissionais da área da saúde mental quanto entre companhias de seguro e de financiamento de pesquisas, que passaram a possuir uma linguagem comum de referência (23). Apesar disso, a validade das categorias propostas pelo DSM é constantemente contestada por achados genéticos, comportamentais e de imageamento cerebral (6, 22), daí as atualizações realizadas pelas diferentes edições. O DSM foi construído a partir de fatores históricos, e pouco de sua teoria teve embasamento empírico (8). Somado a isso e contrariando as expectativas, a disseminação do uso do DSM não diminuiu em grande escala a morbidade ou mortalidade (incluindo taxas de suicídio) relacionadas com os principais transtornos psiquiátricos, o que é particularmente contrastante com a redução observada em outras áreas da medicina, como aquelas relacionadas às doenças cardíacas, derrames e câncer (17).

Um dos principais problemas apontados é o aspecto categórico desses sistemas diagnósticos. Ou seja, o fato de que os manuais psiquiátricos mais influentes tratam transtornos mentais como entidades bem definidas e distintas, sugerindo que algumas pessoas se encaixam em categorias específicas, enquanto outras não se encaixam em categoria alguma, sem muito espaço para meio termo. Se a pessoa cumpre um número mínimo de sintomas, ela pode receber um diagnóstico e tratamento subsequente. Se não cumpre pode ser considerada uma pessoa sem dificuldades relevantes e receber pouco ou nenhum cuidado em especial. Mais grave ainda é que não há evidências de um ponto de corte claro que demarque o limite entre as condições descritas no DSM e condições não patológicas (17), indicando limiares criados arbitrariamente. Atualmente, não existe evidência de que algum dos transtornos presentes no manual constitua uma entidade categórica discreta (15). Consequentemente, o uso de um modelo artificial categórico para tratar fenômenos que são naturalmente dimensionais leva a uma perda substancial de informações, instabilidade diagnóstica e baixa eficácia de tratamentos (15).

Um corpo de evidências tem apontado falhas em sistemas diagnósticos categóricos. Por exemplo, é mais comum que diferentes transtornos apareçam juntos, em comorbidade (80% dos adultos com TDAH apresentam comorbidade psiquiátrica (33)), do que transtornos que se manifestam de forma isolada. Tal sobreposição frequente de transtornos mentais contesta a validade deles como entidades próprias e distinguíveis (23) e mostra que eles não são mutualmente excludentes, como pressupõe o ideal de taxonomias categóricas (17). Em um caso extremo e marcante relatado na literatura, uma pessoa atingiu o critério diagnóstico para todas as 10 variedades de transtornos de personalidade apresentadas no DSM-5 (17). Além de interferir no diagnóstico, tal modelo categórico dificulta o encaminhamento ao melhor tratamento. Ao aceitar que alterações psiquiátricas surgem exclusivamente nos moldes propostos pelo DSM, o clínico fica sujeito a avaliações superficiais e a desconsiderar outros aspectos fenomenológicos e características específicas de cada paciente que não estejam já listadas nos manuais (23). A alta taxa de comorbidades encontrada atualmente sugere que talvez haja uma estrutura classificatória de psicopatologias que seja mais parcimoniosa e que o limite entre esses transtornos deve ser reavaliado (15).

Apesar dos problemas mencionados, é preciso destacar que a última versão do DSM (DSM-5) já tomou algumas medidas em direção a um diagnóstico dimensional. Por exemplo, o TDAH agora pode ser classificado de acordo com seu nível de severidade (leve, moderado ou grave), o que leva alguns autores a conceberem o DSM como um modelo híbrido, e não puramente categórico (21). No entanto, o diagnóstico ainda é categórico no sentido em que o paciente precisa, primeiro, cumprir o número mínimo de sintomas. Da mesma forma, o DSM propõe a categoria “não especificada / outro especificado”, para aqueles pacientes que apresentam alguns sintomas, mas não o suficiente para receber o diagnóstico. Porém, poucas informações são dadas sobre essas

categorias e a prática clínica de como proceder nesses casos recebe consideravelmente menos atenção.

Um dos principais problemas desses modelos é a negligência de pessoas que apresentam sintomas suficientes para impactar suas vidas, mas não suficientes para receber diagnóstico e tratamento apropriado (17). Estudos apontam que pessoas que apresentam alguns sintomas de TDAH, mas não o suficiente para atingir o critério diagnóstico (por exemplo, três dos nove sintomas listados no DSM), apresentam mais prejuízos neuropsicológicos e impactos funcionais do que quem não apresenta sintoma algum, apesar desses prejuízos serem menores do que em indivíduos que cumprem o critério completo, atestando para o caráter dimensional do transtorno: quanto mais sintomas, maior o prejuízo, independentemente de ultrapassar o ponto de corte estipulado (6). Essas pessoas, que constituem um grupo (significativo) subliminar de diagnóstico, quando não são ignoradas de um ponto de vista clínico, acabam por cair na vaga e nebulosa categoria de “não especificada / outro especificado”. Pessoas que apresentam alguns sintomas, mas não o mínimo exigido pelos manuais, fazem pouco proveito, inclusive, de pesquisas clínicas, já que não costumam ser incluídas nas amostras experimentais por não cumprirem o critério de inclusão dos estudos (4). Como resultado, é indefinido se os resultados de pesquisas sobre avaliação e intervenção são diretamente aplicáveis a essas pessoas e qual seria o melhor manejo nesses casos.

Ainda não foi identificada, e alguns autores argumentam que provavelmente nunca será, uma entidade com limites categóricos reais para o TDAH, que exista para além de convenções sociais ou conveniência descritiva (21). De forma complementar, estudos neurobiológicos e genéticos corroboram o aspecto contínuo dos sintomas de TDAH. Estudos sobre alterações estruturais do cérebro apontam para uma relação linear entre o afinamento cortical e a severidade de sintomas e déficits neuropsicológicos no TDAH, variando desde a ausência de sintomas até, gradualmente, níveis de diagnóstico, sem evidência de descontinuidade entre os dois extremos (21). Na área da genética, estudos apontam para uma forte associação genética entre casos extremos do TDAH e casos subliminares, demonstrando que mesmo fatores etiológicos hereditários dão suporte a uma distribuição contínua dos traços de TDAH (5).

Outra falha comumente apontada do DSM, é que seu conteúdo não condiz com a crescente evidência empírica de que transtornos mentais tendem a ser extremamente heterogêneos, fato comum a todos os transtornos psiquiátricos e não apenas ao TDAH (17). O TDAH, especificamente, é heterogêneo em relação aos seus fatores etiológicos, manifestações e trajetórias de desenvolvimento dos sintomas, comorbidades presentes e prejuízos neuropsicológicos (18, 19). Variações na combinação de fatores etiológicos provavelmente são responsáveis por variações nos correlatos neurais apresentados, o que resulta em diversos perfis cognitivos e comportamentais do transtorno (18). Dessa forma, diferentes pacientes que apresentam um mesmo diagnóstico podem ter manifestações únicas e que precisam de formas específicas de intervenção (23). O

uso de um modelo menos dependente de categorias bem estabelecidas, e que contemplasse a heterogeneidade desses transtornos, permitiria que indivíduos fossem avaliados e tratados de acordo com suas capacidades e dificuldades específicas, individualmente, integrando informações de diferentes níveis e contemplando a diversidade psiquiátrica (22).

ALTERNATIVA A SISTEMAS PSIQUIÁTRICOS CATEGÓRICOS

Diferentes linhas científicas de pesquisa estão tentando propor soluções para o atual modelo categórico de classificação de transtornos mentais (11, 15). A alternativa mais popular defende substituir categorias bem definidas por diferentes domínios que possam ser avaliados individualmente, a partir de uma visão dimensional. Esses domínios constituem traços indicativos de psicopatologia que se distribuem por toda a população, em diferentes níveis, refletindo diferenças individuais em características não adaptativas (15). Por exemplo, a desatenção poderia constituir um domínio que varia desde níveis tão baixos que não causam interferência significativa, até níveis elevados o suficiente para interferir em múltiplas áreas da vida – com níveis intermediários, de prejuízo moderado.

Seguindo essa linha, uma iniciativa influente é a do *Research Domain Criteria* (RDoC). O RDoC foi proposto em 2009 pelo *National Institute of Mental Health* (NIMH) como um sistema de classificação para fins de pesquisa, ainda sem utilidade clínica (4). Essa proposta surgiu de um consenso na área da saúde mental sobre a necessidade de incorporar dados empíricos no entendimento de transtornos mentais e apresenta uma abordagem dimensional de caráter neurobiológico, propondo a investigação e validação de constructos dimensionais que mediam psicopatologias (4). Dessa forma, um de seus pressupostos básicos é que a manifestação de sintomas psicopatológicos está associada com alterações cerebrais passíveis de serem identificadas e usadas clinicamente (11), o que tem base nas ciências biológicas (17). O principal destaque do RDoC é que ele propõe domínios baseados em constructos clinicamente relevantes e embasados na neurobiologia e psicologia. Os diferentes domínios propostos (incluindo processos cognitivos, como atenção e percepção, e sistemas de valência positiva e negativa) devem ser analisados em todo seu espectro de funcionamento, do normal ao patológico, e a partir de diferentes unidades de análise (por exemplo, em nível genético, molecular, circuitaria cerebral e comportamental). Em longo prazo, a ideia é que os resultados de pesquisas que sigam esse modelo dimensional gerem informações suficientes para a criação de diagnósticos mais confiáveis e válidos dentro da psicopatologia, ao incorporar dados patofisiológicos que permitirão identificar alvos de tratamento, diferentes perfis de prejuízos e, por fim, criar uma ponte mais consistente entre pesquisa e clínica (11).

Considerando a história da medicina, o RDoC e sua abordagem neurobiológica mantém um caráter promissor. Modelos atuais pressupõem que seja possível diferenciar transtornos mentais a partir da observação da manifestação de sinais e do relato subjetivo de sintomas. No entanto, essa é uma técnica pouco precisa. Categorias baseadas em sinais e sintomas podem não representar os mecanismos fundamentais por detrás de uma dada disfunção, o que retarda o desenvolvimento de novos tratamentos que foquem em mecanismos patofisiológicos subjacentes (11). Esse tipo de progresso aplicado na clínica só é possível a partir do desenvolvimento de medidas laboratoriais de funcionamento biológico, que permitam a investigação objetiva de estados patológicos e não patológicos. Como o RDoC põe ênfase no funcionamento cerebral psicopatológico, seu progresso depende do uso de técnicas modernas de neuroimagem que permitam a investigação do funcionamento cerebral para a identificação de disfunções associadas aos domínios propostos (11).

A falta de suporte empírico para as categorias criadas no DSM constitui uma “crise de confiança na nosologia psiquiátrica” (5). Os problemas decorrentes de um sistema classificatório ineficiente de transtornos mentais são múltiplos e afetam não só a área clínica, mas também a pesquisa. Por exemplo, as diretrizes do DSM e da CID se tornaram padrão para o financiamento de pesquisas, condução de ensaios medicamentosos e aprovação de novos tratamentos medicamentosos, criando uma “prisão epistemológica” que exclui métodos alternativos (17). O atraso no progresso da psiquiatria, em comparação com outras áreas da medicina, é em parte atribuído ao modo como transtornos mentais são imprecisamente conceitualizados, o que não facilita diferenciações biológicas (13). Assim, o uso de técnicas neurobiológicas, como ferramentas de neuroimagem, pode contribuir para formar uma nova visão mais biológica dos transtornos mentais, o que tem potencial para alavancar a eficácia diagnóstica e de intervenção. Em se tratando de transtornos do neurodesenvolvimento, como o TDAH, a fNIRS demonstra ser uma técnica promissora na investigação dos componentes neurofisiológicos de psicopatologias.

A TÉCNICA fNIRS

A Espectroscopia Funcional por Infravermelho Próximo (fNIRS) é uma técnica de neuroimagem funcional que existe desde a década de 1990 e cujo interesse por parte da comunidade científica tem crescido exponencialmente (7). Um interesse especial pela fNIRS é apresentado pelas áreas relacionadas ao desenvolvimento humano, considerando as vantagens que a técnica proporciona, que serão apresentadas abaixo (36). De um modo geral, técnicas de neuroimagem funcional são úteis ao possibilitar a investigação do funcionamento cerebral diante de uma demanda específica, o que contribui para o entendimento da neurobiologia associada a habilidades cognitivas, emo-

cionais e comportamentais. A fNIRS é uma técnica não invasiva que utiliza luz no espectro infravermelho próximo (comprimentos de onda entre 650 e 950 nm) para medir mudanças na concentração de hemoglobina oxigenada (HbO) e desoxigenada (HbR) no cérebro (7). A técnica se embasa no princípio neurobiológico de acoplamento neurovascular, que relaciona o aumento de atividade local no cérebro com um aumento do Fluxo Sanguíneo Cerebral (FSC) para essa mesma região, de modo a suprir a demanda de glicose e oxigênio causada pela atividade neuronal (28). E as hemoglobinas, proteínas encarregadas do transporte de oxigênio, são cromóforos dominantes no tecido cerebral para absorção de luz na faixa do infravermelho próximo. Como tecidos biológicos são relativamente transparentes à luz infravermelha no intervalo ótico acima referido, a luz utilizada pela fNIRS incide sobre o escalpo, adentra pele, crânio, tecido nervoso e líquido cefalorraquidiano, se propaga em diferentes direções, e parte é absorvida por hemoglobinas. Então, o aumento de atividade cerebral pode ser inferido a partir da absorção de luz do infravermelho próximo pelas hemoglobinas (30).

Para medir as mudanças nos níveis de oxigenação do sangue, a fNIRS emprega dois tipos de optodos: um que atua como fonte de luz infravermelha, que costumam ser diodos emissores de luz (LED) ou emissores de laser; e outro, como detector, que capta a luz emitida no tecido cerebral e que consegue retornar à superfície do escalpo. A luz empregada pelas fontes é transportada por meio de cabos de fibra óptica (30). Assim, a atenuação que a luz do infravermelho próximo sofre, desde sua fonte até o seu detector, pode ser usada para inferir mudanças na concentração de hemoglobina oxigenada e desoxigenada em uma localização específica do córtex. O sinal puro de intensidade de luz é convertido para densidade óptica e, então, para concentração de HbO e HbR, o que é feito a partir de uma versão modificada da lei de Beer-Lambert, utilizada na física para medir a propagação de luz em um dado meio. Uma versão modificada dessa lei é necessária para considerar a trajetória da luz infravermelha no tecido cerebral. Isso porque a luz percorre uma trajetória complexa nas diversas camadas do tecido nervoso, podendo refratar até 10 vezes por centímetro entre os optodos fonte e detector (30).

A fNIRS costuma trabalhar com dois ou três comprimentos de onda distintos, como, por exemplo, 670 e 890 nm ou 760 e 850 nm (1), o que permite calcular separadamente a concentração de HbO e HbR, já que esses dois cromóforos apresentam diferentes taxas de absorção a depender do comprimento de onda de luz utilizado. Existe um ponto isobéptico no espectro de luz infravermelho, em que a taxa de absorção é equivalente para HbO e HbR. Antes desse ponto, HbR apresenta uma maior taxa de absorção, e, depois dele, HbO apresenta maior taxa de absorção. Assim, são tipicamente utilizados comprimentos de onda que representem os dois lados desse ponto isobéptico (28). Quando há aumento de atividade cerebral, o FSC gera um influxo de HbO maior do que é consumido pelos neurônios, o que resulta no aumento significativo da concentração de HbO e na diminuição, em menor grau, da concentração de HbR.

Ambos podem ser analisados e utilizados como medidas de atividade cerebral pela fNIRS, assim como a concentração total de hemoglobinas (HbT), porém a HbO se destaca como uma medida mais sensível às mudanças no FSC, além de ter melhor razão sinal-ruído e confiabilidade teste-reteste (35).

Na prática, os optodos (fontes e detectores de luz) são acoplados a uma touca, seguindo alguma referência de padrão topográfico (geralmente o sistema internacional de coordenadas 10/10 ou 10/20 da eletroencefalografia), que é então vestida na cabeça do examinando. Um par fonte-detector forma um canal de medida das concentrações de hemoglobina oxigenada e desoxigenada na área do córtex imediatamente abaixo de sua localização. A distância entre fonte-detector é um parâmetro crucial nos estudos com fNIRS, já que quanto maior a distância entre a fonte e o detector que formam um canal, maior é a profundidade de penetração da luz no cérebro. Porém, conforme essa distância aumenta, a qualidade do sinal se deteriora (28). Assim, é recomendado uma distância fonte-detector de 3 a 3,5 cm em adultos e de 2 a 3 cm em bebês e crianças mais novas (9). Como a profundidade que a luz alcança corresponde aproximadamente à metade da distância entre fonte-detector, a luz emitida penetra até 1,5 cm de profundidade no córtex, o que impossibilita a avaliação de estruturas mais mediais, como regiões subcorticais (28).

Técnicas de neuroimagem costumam ser avaliadas de acordo com sua capacidade espacial e temporal de aquisição de dados. Nesse sentido, a fNIRS apresenta resolução espacial de aproximadamente 1 cm e resolução temporal de aproximadamente 1-10 Hz (28). Seu procedimento é não invasivo e pode ser repetido inúmeras vezes pelo mesmo examinando, já que a luz infravermelha não causa desconforto ou qualquer dano físico conhecido. Ela também se destaca por ter um custo mais acessível e ser mais facilmente transportada para diferentes contextos de avaliação (28). Inclusive, existem versões portáteis da fNIRS que podem ser utilizadas fora do laboratório, em condições mais ecológicas e clinicamente relevantes (27). De muito interesse aqui, a fNIRS é robusta contra artefatos de movimento, possibilitando, assim, alguma liberdade de movimentos para os examinandos, em comparação com outras técnicas. Principalmente pelo seu caráter não invasivo, por poder ser utilizada em ambientes mais naturalísticos (como parques e salas de aula) e por impor menos restrições físicas no examinando, a fNIRS se destaca na pesquisa do desenvolvimento e é uma ferramenta que possui um potencial enorme para elucidar os mecanismos que subjazem os transtornos do neurodesenvolvimento. A técnica pode, inclusive, ser aplicada em bebês, desde o seu nascimento, o que permite realizar estudos longitudinais que investiguem características neurobiológicas do desenvolvimento típico e atípico (36). Em contraste, uma das principais desvantagens da fNIRS é com relação à baixa profundidade máxima atingida pela luz infravermelha.

Frequentemente as técnicas de neuroimagem são comparadas entre si. Outras técnicas de neuroimagem funcional bastante utilizadas atualmente são a ressonância

magnética funcional (fMRI), a eletroencefalografia (EEG) e a tomografia por emissão de pósitrons (TEP). A fMRI possui maior resolução espacial (chegando a milímetros por voxel) do que a fNIRS, apesar de ter pior resolução temporal (~1 Hz). Além disso, máquinas de fMRI são grandes, de difícil transporte e com alto custo operacional (28). Se tratando de pesquisas sobre o neurodesenvolvimento, fMRI também possui as desvantagens de ser altamente sensível a artefatos de movimento, demandar que o examinando permaneça deitado durante todo o experimento e emitir um ruído constante que pode incomodar pessoas mais sensíveis, que apresentem sensibilidade sensorial. As restrições de movimentos da fMRI impedem até mesmo que os examinandos falem durante o experimento, o que limita a possibilidade de respostas empregadas e prejudica estudos que dependem da resposta oral do participante. A EEG, por sua vez, se destaca por sua excelente resolução temporal (mais de 1.000 Hz), apesar de ter uma resolução espacial limitada (5 a 9 cm) (28). A coleta de dados de EEG também é mais difícil em comparação à fNIRS, por depender da aplicação de material condutor no contato entre escalpo e eletrodos. Na fNIRS, apesar de tal material não ser necessário, é preciso tomar cuidado para desobstruir a região do escalpo abaixo dos optodos, removendo cabelos que possam gerar interferência no sinal. Além disso, é fundamental garantir que os optodos estejam corretamente posicionados de forma a abranger a região cerebral de interesse, e que estejam bem fixados na touca, minimizando, assim, a possibilidade de ruído no sinal. Por fim, técnicas como a TEP possuem a desvantagem de serem invasivas, dependendo da injeção de radionuclídeos nos examinandos, o que limita a quantidade de vezes que pode ser aplicada (30).

O objetivo aqui não é fazer uma comparação detalhada e exaustiva sobre as técnicas, mas simplesmente destacar a utilidade da fNIRS em pesquisas sobre o neurodesenvolvimento. E, apesar de essas técnicas serem diretamente comparadas, elas não são excludentes entre si. Diversos estudos têm se aproveitado das vantagens de cada técnica ao combiná-las em protocolos, como fNIRS-fMRI ou fNIRS-EEG. Por exemplo, combinar fNIRS com EEG é um método útil para aproveitar a maior resolução espacial da fNIRS com a maior resolução temporal da EEG (30). Assim, ao invés de alternativas, essas ferramentas podem ser vistas como complementares.

APLICAÇÃO DA FNIRS NO TDAH

Considerando suas características, a fNIRS tem valor inestimável na pesquisa do TDAH. Um dos principais motivos é a sua tolerância a artefatos de movimento. Como uma das características do TDAH é a hiperatividade, presente de forma exacerbada principalmente em crianças mais novas, de idade pré-escolar, uma dificuldade inerente à pesquisa de neuroimagem nessa população envolve evitar que os examinandos produzam artefatos de movimento durante a avaliação. A relativa tolerância da fNIRS a

esse tipo de ruído garante um sinal de maior qualidade, o que facilita a análise e inferência de ativações cerebrais. Além disso, a fNIRS permite uma investigação mais profunda do TDAH ao possibilitar que o experimento se dê em um ambiente natural para a criança ou, pelo menos, que ela possa emitir uma variedade maior de respostas, o que contrasta com a fMRI, em que a criança precisa ficar confinada dentro do equipamento e restrita a respostas motoras simples e artificiais, como apertar botões. Nesse sentido, a fNIRS possibilita, inclusive, apresentar estímulos auditivos e coletar respostas orais, o que é complicado na fMRI, por conta do ruído alto que o equipamento emite e das restrições de movimentos (30). Apesar das vantagens de técnicas desenvolvidas na psicologia experimental, que envolvem apresentar estímulos artificiais, exigir respostas simples e manter o máximo de controle durante o experimento, é fundamental desenvolver protocolos complementares, de maior validade ecológica, para aprofundar a compreensão do funcionamento cerebral (26).

A possibilidade de examinar comportamentos em contextos naturalísticos é especialmente relevante no caso de pesquisas cujo alvo seja o córtex pré-frontal (CPF), uma região cerebral de interesse no caso do TDAH. O CPF é intimamente ligado a comportamentos voluntários emitidos em situações não estruturadas, com poucas restrições, em que não existe um único curso de ação que possa ser tomado e que, portanto, é necessário o planejamento para a emissão de comportamentos apropriados. Inclusive, alguns autores argumentam que protocolos experimentais que visem investigar o CPF, mas apresentam controle excessivo do contexto experimental, podem comprometer a validade de constructo das tarefas realizadas, já que essas situações diminuem a demanda do CPF e suas funções *top-down*, não sendo representativas de situações cotidianas (3). Dessa forma, a compreensão de como o CPF está realmente implicado no TDAH pode ficar comprometida se depender exclusivamente de estudos não naturalísticos.

A maioria dos trabalhos já publicados com fNIRS, relacionados ao TDAH, se preocupou em investigar o controle cognitivo (20), que consiste na habilidade de ajustar o comportamento diante de novas demandas e cujo prejuízo é associado ao TDAH (24). De modo geral, esses estudos sugerem uma menor ativação do CPF no TDAH, indicado por uma menor concentração de HbO durante demandas cognitivas (20). Há evidência de atividades cerebrais atípicas em crianças entre 6 e 14 anos com TDAH durante a realização de tarefas de inibição, fortemente associadas com o controle cognitivo. Em comparação com um grupo-controle, crianças com TDAH apresentam aumento reduzido de HbO em regiões frontais, sugerindo ativação frontal significativamente menor (10). No entanto, outros resultados também já foram encontrados. Por exemplo, Jordan Moser et al. (12) encontraram um consumo maior de oxigênio no córtex pré-frontal dorsolateral direito em crianças com TDAH durante a realização da tarefa *Stroop*, indicado por um aumento de HbR, na ausência de aumento significativo de HbO. Weber et al. (37) também não encontraram diferenças na concentração de HbO entre

grupos-controle e TDAH durante a realização de tarefas atencionais. No entanto, os autores observaram que a concentração de HbR se manteve constante no grupo com TDAH, apesar de ter um aumento no grupo-controle, o que foi interpretado como uma menor capacidade de metabolização do oxigênio no grupo de crianças com TDAH, corroborando a hipótese de um funcionamento atípico do CPF. Notavelmente, esse tipo de análise só é possível de ser realizado com a fNIRS, que permite uma avaliação mais completa da resposta hemodinâmica, ao medir tanto a concentração de HbO quanto a de HbR.

Por fim, a fNIRS é interessante para investigar a cognição social, cujo prejuízo pode ser associado ao TDAH (25). Inclusive, uma das principais vantagens atribuídas à fNIRS é sua utilidade em pesquisas da neurociência social. Um dos motivos, já citado, é que a fNIRS pode ser utilizada em situações mais naturalísticas, próximas àquelas em que a interação social ocorre. Por exemplo, ela pode ser aplicada durante uma interação face a face, que é um dos contextos de interação mais comuns na vida diária (30). Além disso, a fNIRS tem sido recentemente usada em pesquisas que adotam a metodologia de *hyperscanning*, que consiste em analisar a ativação cerebral de mais de uma pessoa, simultaneamente (28). Ou seja, é possível investigar o funcionamento cerebral de duas pessoas durante uma interação social entre elas, o que pode elucidar pontos importantes sobre possíveis diferenças em nível da cognição social entre indivíduos com TDAH e com desenvolvimento típico. E, apesar de o *hyperscanning* ser possível com outras ferramentas, como a fMRI, a fNIRS facilita o processo ao possibilitar a divisão dos optodos de um mesmo sistema entre diferentes indivíduos (28).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fNIRS tem demonstrado seu valor na pesquisa do neurodesenvolvimento, tanto em casos de pessoas clinicamente saudáveis como em casos psiquiátricos ou neurológicos. No TDAH, a principal área cerebral investigada é o CPF. Isso porque o TDAH é comumente associado a alterações na circuitaria pré-frontal-estriatal-talamocortical, sendo as regiões pré-frontais as áreas passíveis de serem investigadas pela fNIRS, por conta das limitações em nível da profundidade do córtex alcançada pela técnica. Apesar disso, corroborando a ideia de heterogeneidade do TDAH, há evidências de que uma série de outras regiões cerebrais podem estar implicadas no transtorno (32). Por isso, talvez seja necessário que estudos de neuroimagem adotem uma metodologia exploratória, buscando as bases neurais que estão associadas com prejuízos específicos. Por exemplo, diferentes perfis de funcionamento executivo já foram identificados no TDAH, com grupos que apresentam prejuízos inibitórios, na velocidade / flexibilidade cognitiva ou nenhum prejuízo detectado (31). Seria interessante entender como o funcionamento cerebral difere entre esses perfis de TDAH, para aumentar a compre-

ensão dos prejuízos presentes no transtorno. Considerando todas as vantagens da fNIRS descritas neste capítulo (portabilidade, preço, menos restrições), a técnica tem destaque como uma ferramenta de neuroimagem promissora, podendo ajudar a elucidar a heterogeneidade no TDAH, a buscar biomarcadores para déficits específicos e a progredir para um sistema diagnóstico mais dimensional, que complemente o conhecimento sobre o transtorno. Em teoria, por exemplo, as concentrações de HbO, HbR e HbT poderiam ser associadas com tarefas e prejuízos específicos, caracterizando, de forma dimensional, desatenção, hiperatividade ou impulsividade. Dados de fNIRS, complementados por dados de outras unidades de análise (comportamental, genética, molecular), como sugerido pelo RDoC, possuem potencial para o delineamento de perfis mais complexos de prejuízos e habilidades individuais, trazendo luz para os mecanismos fisiopatológicos de diferentes transtornos, o que ajuda no progresso do desenvolvimento de tratamentos personalizados e de maior eficácia. Esse é um dos possíveis caminhos a serem traçados para aprimorar os métodos diagnósticos psiquiátricos atualmente predominantes, que demonstram divergências da literatura científica e negligenciam parte significativa da população.

AGRADECIMENTOS

Agardecemos ao Programa de Excelência Acadêmica – Proex (Processo 1133/2019) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Processos 307730/2017-4 e 307443/2019-1), ao Fundo Mackenzie de Pesquisa (Mack-Pesquisa) da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Fapesp (Processos 2018/01063-0 e 2019/20757-1), pelo suporte necessário para o desenvolvimento das pesquisas que compõem os capítulos deste livro.

REFERÊNCIAS

1. Almajidy RK, Mankodiya K, Abtahi M, Hofmann UG. a newcomer's guide to functional near infrared spectroscopy experiments. *IEEE Rev Biomed Eng* 2020; 13:292-308.
2. American Psychological Association (APA). Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais – DSM-5. 5. ed. Porto Alegre: Artmed; 2014.
3. Burgess PW, Alderman N, Forbes C, Costello A, Coates LMA, Dawson DR et al. The case for the development and use of “ecologically valid” measures of executive function in experimental and clinical neuropsychology. *J Int Neuropsychol Soc.* 2006; 12:194-209.

4. Cuthbert BN, Insel TR. Toward the future of psychiatric diagnosis: the seven pillars of RDoC. *BMC Medicine*. 2013; 11(126). doi: <https://doi.org/10.1186/1741-7015-11-126>.
5. Faraone SV, Larsson H. Genetics of attention deficit hyperactivity disorder. *Mol Psychiatry*. 2019; 24:562-75.
6. Faraone SV, Biederman J, Doyle A, Murray K, Petty C, Adamson JJ et al. Neuropsychological studies of late onset and subthreshold diagnoses of adult attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biol Psychiatry*. 2006; 60:1081-7.
7. Ferrari M, Quaresima V. A brief review on the history of human functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) development and fields of application. *Neuroimage*. 2012; 63(2):921-35.
8. Frances AJ, Widiger T. Psychiatric diagnosis: lessons from the DSM-IV past and cautions for the DSM-5 future. *Annu Rev Clin Psychol*. 2012; 8:109-30.
9. Gervain J, Mehler J, Werker JF, Nelson CA, Csibra G, Lloyd-Fox S, et al. Near-infrared spectroscopy: a report from the McDonnell infant methodology consortium. *Dev Cogn Neurosci*. 2011; 1(1):22-46.
10. Inoue Y, Sakihara K, Gunji A, Ozawa H, Kimiya S, Shinoda H et al. Reduced prefrontal hemodynamic response in children with ADHD during the Go/NoGo task: a NIRS study. *NeuroReport*. 2012; 23:55-60.
11. Insel T, Cuthbert B, Garvey M, Heinssen R, Pine DS, Quinn K et al. Research Domain Criteria (RDoC): toward a new classification framework for research on mental disorders. *Am J Psychiatry*. 2010; 167(7):748-51.
12. Jourdan Moser S, Cutini S, Weber P, Schroeter ML. Right prefrontal brain activation due to Stroop interference is altered in attention-deficit hyperactivity disorder: a functional near-infrared spectroscopy study. *Psychiatry Res*. 2009; 173:190-5.
13. Kapur S, Phillips AG, Insel TR. Why has it taken so long for biological psychiatry to develop clinical tests and what to do about it? *Mol Psychiatry* 2012; 17:1174-9.
14. Katzman MA, Bilkey TS, Chokka PR, Fallu A, Klassen LJ. Adult ADHD and comorbid disorders: clinical implications of a dimensional approach. *BMC Psychiatry*. 2017; 17(1):302. doi: [10.1186/s12888-017-1463-3](https://doi.org/10.1186/s12888-017-1463-3).
15. Kotov R, Krueger RF, Watson D, Achenbach TM, Althoff RR, Bagby M et al. The Hierarchical Taxonomy of Psychopathology (HiTOP): a dimensional alternative to traditional nosologies. *J Abn Psychol*. 2017; 126(4):454-77.
16. Lange KW, Reichl S, Lange KM, Tucha L, Tucha O. The history of attention deficit hyperactivity disorder. *Atten Def Hyperact Disord*. 2010; 2(4):241-55. doi: [10.1007/s12402-010-0045-8](https://doi.org/10.1007/s12402-010-0045-8).
17. Lilienfeld SO, Tredway MT. Clashing diagnostic approaches: DSM-ICD versus RDoC. *Annu Rev Clin Psychol*. 2016; 12:435-63.
18. Luo Y, Weibman D, Halperin M, Li X. A review of heterogeneity in attention deficit / hyperactivity disorder (ADHD). *Front Hum Neurosci*. 2019; 13:42. doi: [10.3389/fnhum.2019.00042](https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00042).
19. Manfro AG, Santoro M, Polanczyk GV, Gadelha A, Pan PM, Bressan RA et al. Heterotypic trajectories of dimensional psychopathology across the lifespan: the case of youth-onset attention deficit / hyperactivity disorder. *J Child Psychol Psychiatry*. 2019; 60(5):533-44.

20. Mauri M, Nobile M, Bellina M, Crippa A, Brambilla P. Light up ADHD: I. cortical hemodynamic responses measured by functional Near Infrared Spectroscopy (fNIRS). *J Affect Disord.* 2018; 234:358-64. doi: 10.1016/j.jad.2017.11.087.
21. McLennan JD. Understanding attention deficit hyperactivity disorder as a continuum. *Can Fam Physician.* 2016; 62(12):979-82.
22. Musser ED, Raiker Jr JS. Attention-deficit /hyperactivity disorder: an integrated developmental psychopathology and Research Domain Criteria (RDoC) approach. *Compr Psychiatry.* 2019; 90:65-72.
23. Nesse RM, Stein DJ. Towards a genuinely medical model for psychiatric nosology. *BMC Med.* 2012; 10(5). doi: <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-5>.
24. Nigg JT. Annual research review: on the relations among self-regulation, self-control, executive functioning, effortful control, cognitive control, impulsivity, risk-taking, and inhibition for developmental psychopathology. *J Child Psychol Psychiatry.* 2017; 58(4):361-83.
25. Parke EM, Becker ML, Graves SJ, Baily AR, Paul MG, Freeman AJ et al. Social cognition in children with ADHD. *J Atten Disord.* 2021; 25(4):519-29.
26. Parsons TD. *Clinical neuropsychology and technology: what's new and how we can use it.* Denton: Springer; 2016.
27. Pinti P, Aichelburg C, Gilbert S, Hamilton A, Hirsch J, Burgess P et al. A review on the use of wearable functional near-infrared spectroscopy in naturalistic environments. *Jpn Psychol Res.* 2018; 60(4):347-73.
28. Pinti P, Tachtsidis I, Hamilton A, Hirsch J, Aichelburg C, Gilbert S et al. The present and future use of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) for cognitive neuroscience. *Ann N Y Acad Sci.* 2020; 1464(1):5-29.
29. Pruijm RHR, Beckman CF, Oldehinkel M, Osteerlan J, Heslenfeld D, Hartman CA, et al. An integrated analysis of neural network correlates of categorical and dimensional models of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging.* 2019; 4:472-83.
30. Quaresima V, Ferrari M. Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) for assessing cerebral cortex function during human behavior in natural/social situations: a concise review. *Organ Res Met.* 2019; 22(1):46-68.
31. Roberts BA, Martel MM, Nigg JT. Are there executive dysfunction subtypes within attention-deficit / hyperactivity disorder? *J Atten Disord.* 2017; 21(4):284-93.
32. Saad JF, Griffiths KR, Korgaonkar MS. A systematic review of imaging studies in the combined and inattentive subtypes of attention deficit hyperactivity disorder. *Front Integr Neurosci.* 2020; 14:31. doi: 10.3389/fnint.2020.00031.
33. Sobanski E, Bruggemann D, Alm B, Kern S, Deschner M, Schubert T et al. Psychiatric comorbidity and functional impairment in a clinically referred sample of adults with attention-deficit / hyperactivity disorder (ADHD). *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci.* 2007; 257(7):371-7.
34. Stiefel F, Conus P, Bourquin C. Precision psychiatry: promises made–Promises to be kept? *Aust N Z J Psychiatry* 2019; 53(9):841-3.
35. Strangman G, Culver JP, Thompson JH, Boas DA. A quantitative comparison of simultaneous BOLD fMRI and NIRS recordings during functional brain activation. *Neuroimage.* 2002; 17:719-31.

36. Vanderwert RE, Nelson CA. The use of near-infrared spectroscopy in the study of typical and atypical development. *Neuroimage*. 2014; 85:264-71.
37. Weber P, Lütsch J, Fahnenstich, H. Cerebral hemodynamic changes in response to an executive function task in children with attention-deficit hyperactivity disorder measured by near-infrared spectroscopy. *Dev Behav Pediatr*. 2005; 26(2):105-11.

18

Espectroscopia funcional de infravermelho próximo (*fNIRS*): aplicações em pesquisas na área educacional

Waldir M. Sampaio

Fernanda N. Pantaleão

Carolina Gudin

Marília Lira

Paulo S. Boggio

INTRODUÇÃO

A atividade neurofisiológica é um indicador de diversas funções cognitivas essenciais durante atividades de ensino-aprendizagem, como a memória, que, por exemplo, é fundamental para a absorção e utilização de conceitos aprendidos (36). Nesse sentido, pesquisas na área educacional podem se beneficiar de técnicas que permitam avaliar a atividade cerebral em ambiente escolar. No entanto, técnicas tradicionais de neuroimagem, como a ressonância magnética, não permitem esse tipo de avaliação, uma vez que, usualmente, necessitam de ambientes mais controlados.

Os avanços de tecnologias de neuroimagem proporcionaram opções para a análise da atividade cerebral de forma dinâmica e em tempo real, além de evoluir em equipamentos de fácil aplicação, seguros e viáveis economicamente, como a espectroscopia funcional de infravermelho próximo (fNIRS). Como será demonstrado ao longo do capítulo, a fNIRS tem despertado interesse científico e evoluiu rapidamente como uma ferramenta promissora para análise do funcionamento cerebral. Trata-se de técnica de neuroimagem não invasiva e portátil, que fornece dados de variação hemodinâmica de áreas do córtex. A tecnologia possui diversos pontos positivos, quando comparada a outras técnicas de neuroimagem, como a possibilidade de utilização em situações mais próximas da vida real, não sendo dependente de ambientes extremamente controlados, e a facilidade de utilização em bebês e crianças. Assim, para pesquisadores na área educacional, a fNIRS pode ser uma ferramenta produtiva para investigações que busquem compreender o papel da atividade cerebral em funções cognitivas relacionadas à aprendizagem em ambiente escolar.

Considerando essa possibilidade de uso, neste capítulo apresentamos uma revisão abrangente da literatura com os fundamentos tecnológicos da espectroscopia funcional de infravermelho próximo, seu histórico de desenvolvimento e os princípios básicos de seu funcionamento. São discutidas as aplicações da tecnologia a pesquisas em educação como, por exemplo, a possibilidade de realização de experimentos de *hyperscanning* para estudo da atividade cerebral durante processos de interação social entre alunos ou entre aluno(s) e professor. Por fim, são apresentados os parâmetros necessários para formulação de métodos experimentais eficientes na utilização da fNIRS.

PRINCÍPIOS BÁSICOS DE FUNCIONAMENTO DO fNIRS

A espectroscopia funcional de infravermelho próximo (fNIRS) é uma técnica não invasiva de neuroimagem baseada na variação hemodinâmica do cérebro (14). O princípio básico de funcionamento da fNIRS é a capacidade de absorção de luz no espectro

de infravermelho próximo em tecidos humanos, o que permite o uso de tecnologia de espectroscopia para análise de variações hemodinâmicas.

Em 1977, Frans Jöbsis (21) reportou alto grau de transparência do tecido cerebral em luz de infravermelho próximo (NIR), na janela de 650 - 1000 nm, o que possibilitaria a detecção não invasiva da hemoglobina utilizando tecnologia de espectroscopia. Existem duas possibilidades de destino para a luz NIR: ser absorvida por cromóforos no tecido cerebral ou a simples dispersão dos fótons de luz pelo tecido (25). No entanto, é possível captar parte dessa luz a partir de um optodo fotorreceptor; é esse o mecanismo de funcionamento da fNIRS.

Na prática, para o funcionamento da fNIRS, um optodo emissor lança um raio de luz NIR enquanto um optodo fotorreceptor recebe a luz que interagiu com cromóforos e foi parcialmente absorvida (Figura 1) (25). Dessa maneira, é possível calcular a oxigênio, desoxi-hemoglobina e hemoglobina total presentes no tecido cerebral investigado. Logo, quanto maior a absorção de luz NIR e menor chegada de fótons ao optodo receptor, maior a presença de hemoglobina.

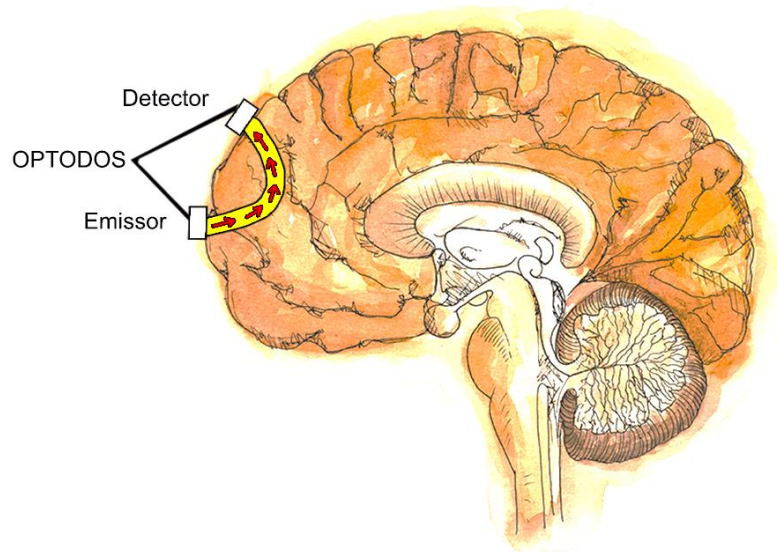


Figura 1. Esquema demonstrativo da localização e do funcionamento de optodos. Ilustração: Ana Luísa Freitas (2021).

Assim como outras técnicas, como a ressonância magnética funcional, por exemplo, o funcionamento da fNIRS está relacionado ao *Blood Oxygenation Level Dependent Effect* (BOLD), ou seja, a possibilidade de uso da fNIRS está associada ao fenômeno de acoplamento neurovascular, que é o aumento de oxigenação e fluxo sanguíneo em áreas de ativação neuronal (23). Dessa forma, a análise de variação hemodinâmica

proporcionada pela fNIRS permite a avaliação de atividade neuronal em regiões específicas do córtex.

Um dos maiores benefícios desse equipamento é a possibilidade de ser utilizado em situações muito próximas da vida real, permitindo realização de análises da hemodinâmica cerebral em situações que envolvam interações com outras pessoas e realização de atividades diversas por parte do participante de pesquisa ou paciente, em caso de uso clínico. Essa usabilidade é um diferencial em relação a outras técnicas de neuroimagem, como a ressonância magnética funcional.

No entanto, há limitações associadas à tecnologia. A principal delas é a impossibilidade de investigação de áreas cerebrais muito profundas (25). Essa dificuldade se dá primeiramente por um fator associado ao alcance das ondas de infravermelho próximo. A pesquisa de Hoshi et al. (18) demonstrou que fótons que chegam a uma profundidade maior que 25 mm do couro cabeludo dificilmente são detectados pelo optodo receptor, boa parte do sinal obtido vem de 1-2 mm da superfície cortical. Outro fator envolvido no acesso a regiões mais profundas do córtex é a distância entre os optodos de emissão e recepção da luz (25). Embora a distância entre os optodos seja proporcional à penetração da onda de luz NIR, o distanciamento também resulta em perda de sensibilidade da detecção pelo optodo receptor.

Portanto, é preciso analisar os benefícios e limitações envolvidos na utilização da fNIRS para decidir sobre seu melhor uso. A tecnologia, como demonstraremos a seguir, é promissora para pesquisas na área educacional que busquem contar com alta validade ecológica, ou seja, manipulações experimentais em situações mais próximas ou idênticas àquelas da vida ordinária do participante de pesquisa enquanto se analisa a atividade cerebral.

UTILIZAÇÃO DE fNIRS EM PESQUISAS

Possibilidades de uso

A utilização da tecnologia de fNIRS tem sido cada vez mais frequente nas neurociências nos últimos 20 anos, o que refletiu em um aumento significativo de publicações com o equipamento. Por exemplo, realizando pesquisa na plataforma Pubmed, quando utilizamos apenas "fNIRS" como termo de busca, temos um crescimento de 950% de publicações em 10 anos (de 44 artigos publicados em 2010 para 418 em 2020), já realizando a pesquisa com os termos "fNIRS AND education" houve um crescimento de 490% (um em 2010 e 49 em 2020). A facilidade de manejo e a segurança, em comparação com outros equipamentos de neuroimagem, como a ressonância magnética fun-

cional, permitem que a fNIRS se adéque em diversas áreas do conhecimento, desde o neurodesenvolvimento até a economia (5).

Apesar de algumas dificuldades e limitações, como a restrição de profundidade e resolução espacial, a fNIRS é passível de ser utilizada em conjunto com outros equipamentos, como a sonografia *Doppler*, a ressonância magnética funcional, a eletroencefalografia e outros, o que torna seu uso particularmente atrativo em estudos de neurociência, psiquiatria e psicologia. Inicialmente, o foco dos estudos com fNIRS estava em processos mais básicos, como a visão, a linguagem, a cognição e o sistema motor (12, 19).

Em relação à visão, por exemplo, Kato et al. (22) relataram a ocorrência de um aumento do volume sanguíneo no córtex occipital durante estimulação fótica (ou seja, de lampejos luminosos em um local escuro), bem como uma maior oxigenação na área. Esse foi o primeiro estudo que relatou a função visual cortical avaliada por meio da fNIRS, demonstrando que o equipamento e a técnica de estimulação fótica poderiam ser utilizados para avaliar a função cerebral em indivíduos em estado vegetativo, em crianças e em pessoas com deficiência visual.

No campo da cognição, pode-se mencionar o estudo de Herrmann et al. (16), que verificou maior ativação bilateral do córtex pré-frontal durante uma tarefa de fluência verbal, na qual os participantes deveriam falar palavras que começam com determinada letra, em comparação com a condição controle (ou seja, de ausência de estímulo ou descanso). A ativação do córtex pré-frontal em atividades desse tipo já havia sido relatada em pesquisas anteriores, entretanto, nesse estudo, os autores demonstraram que o uso de fNIRS poderia esclarecer e especificar os padrões de ativação cerebral causados pela tarefa.

As investigações iniciais com uso da fNIRS foram importantes para compreender o funcionamento típico do cérebro em adultos e em crianças em tarefas mais ecológicas quando comparados ao uso de outros dispositivos de neuroimagem como a ressonância magnética funcional. No campo da Psiquiatria, a fNIRS tem sido utilizada para avaliar a ativação cortical em distúrbios do desenvolvimento como o Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e o Transtorno do Espectro do Autismo (TEA), além de outros transtornos psiquiátricos, como esquizofrenia, depressão e ansiedade. Nesse sentido, Ehlis et al. (11) avaliaram a oxigenação cerebral de indivíduos com TDAH em relação à memória operacional, ou seja, uma memória de curto prazo que auxilia na manutenção e manipulação de informações. Os pesquisadores encontraram que, em comparação com indivíduos neurotípicos, aqueles com TDAH apresentaram menor concentração de oxi-hemoglobina no córtex pré-frontal ventrolateral durante uma tarefa de atenção. Portanto, os achados sugerem que dificuldades de atenção em pessoas com TDAH podem estar relacionadas a déficit na memória operacional; esse conhecimento pode facilitar o desenvolvimento de estratégias e intervenções mais efetivas para indivíduos com o transtorno. Sendo assim, entende-se que a realização de

estudos com indivíduos neurodivergentes possuem um impacto positivo na compreensão dos pormenores de diferentes distúrbios, possibilitando a reflexão acerca das formas de tratamento e atendimento dessa população.

É possível compreender as evidências de neuroimagem a partir de uma perspectiva mais ampla. Os estudos têm buscado cada vez mais entender os processos cerebrais como sendo parte de uma rede neural, um sistema que funciona de maneira conjunta e integrada (4), em oposição à visão anterior, segundo a qual cada área é responsável isoladamente por um conjunto de funções. Assim, entende-se, atualmente dentro da neurociência, que processos emocionais e cognitivos dependem de redes neurais, ou seja, da interação entre diferentes áreas cerebrais, para ocorrerem. Tendo isso em vista, é possível utilizar a fNIRS para receber informações de oxigênio e desoxigenação de mais de uma área cerebral, auxiliando na compreensão de processos de integração multisensorial, por exemplo.

Arizono et al. (1) avaliaram a sensação de percepção corporal a partir do paradigma da Ilusão da Mão de Borracha (IMB), no qual uma estimulação síncrona realizada com pincéis é aplicada sobre a mão do participante (escondida da visão) e uma prótese semelhante a mão humana (observada pelo participante). O paradigma ilusório leva à sensação de propriedade da mão de borracha como sendo a própria mão do participante, devido à integração multissensorial entre visão, tato e propriocepção. Os autores encontraram uma maior ativação da área motora e do córtex pré-frontal direito durante a sensação de propriedade corporal da mão de borracha, sugerindo que essas áreas possuem papel importante na consciência corporal, a partir da conectividade e compartilhamento de informações multissensoriais quando os estímulos são sincrônicos e congruentes.

Nessa linha, o estudo conduzido por Gudin et al. (15) buscou verificar o efeito da administração de ocitocina na percepção da IMB por meio da análise hemodinâmica cerebral pela fNIRS. A ocitocina é um hormônio e neurotransmissor que foi relacionado na literatura a comportamentos pró-sociais, podendo favorecer a proximidade entre indivíduos. Os pesquisadores encontraram que a administração de ocitocina acelerou o início da percepção ilusória da mão de borracha, mas não houve diferença significativa na ativação cerebral quando comparado ao uso de placebo de ocitocina. Ambas as condições, de administração de ocitocina e de placebo, durante a IMB, foram associadas à ativação no córtex pré-motor ventral e córtex intraparietal, áreas ligadas à sensação de propriedade corporal. Dessa forma, pode-se ressaltar a funcionalidade da fNIRS que, apesar de sua limitação espacial, permite a avaliação de diferentes áreas cerebrais simultaneamente, contribuindo para a compreensão das redes neurais que subsidiam determinados processos.

Assim, é possível perceber que o equipamento de fNIRS pode ser usado em diferentes contextos devido à sua segurança, relativa portabilidade, conforto para o participante e possibilidade de monitoramento em um longo período. Ademais, avanços

recentes permitiram o desenvolvimento de equipamentos de fNIRS leves e portáteis, que podem ser utilizados ao ar livre com participantes em movimento. Desse modo, é possível realizar experimentos mais ecológicos, ou seja, mais próximos de situações reais, o que aumenta a relevância e possibilidade de generalização dos resultados (30).

Outra possibilidade atual de uso do equipamento ocorreu devido à descoberta de que a fNIRS pode prover marcadores objetivos da curva de desenvolvimento cerebral. Com isso, surgiram estudos acerca do impacto da desnutrição e de dificuldades sociais no desenvolvimento infantil em crianças de até 2 anos de idade, um período crítico para o sistema nervoso central (26). Assim, é possível apontar a versatilidade do equipamento, que pode ser utilizado de forma bem-sucedida até mesmo em bebês.

A tecnologia de fNIRS foi aprimorada consideravelmente nos últimos anos, tendo conquistado o interesse de neurocientistas no mundo todo. Com essa crescente evolução, o futuro certamente parece promissor.

Aplicações na área da educação

Neste tópico, iremos abordar estudos com a fNIRS aplicado na área da educação, tendo em vista que informações de atividade hemodinâmica cerebral em tarefas específicas podem contribuir para uma prática mais inclusiva dentro das escolas (10). Além disso, conhecimentos sobre o funcionamento cerebral em uma determinada tarefa ou relacionados a um diagnóstico clínico podem auxiliar em estratégias pedagógicas mais eficientes para demandas escolares (10).

Algumas críticas que podem ser feitas às pesquisas experimentais dizem respeito ao fato de que estratégias e respostas encontradas nem sempre são aplicáveis nos contextos reais, por serem realizadas em contextos laboratoriais (10). Devido à sua portabilidade, a fNIRS tem se destacado na neurociência aplicada à educação, pois, diferentemente de outros equipamentos, pode ser levado até os ambientes de ensino-aprendizagem (32). Entretanto, os estudos do funcionamento cerebral podem ser benéficos para fundamentar estratégias pedagógicas, mesmo quando aplicados a diferentes contextos (10).

No campo da matemática, estudos foram conduzidos com uso da fNIRS e mostraram ativação do sulco intraparietal direito em bebês de 6 meses acordados, ao observarem quantidade de variações de símbolos. O sulco intraparietal direito é apontado na literatura como área fundamental para processamento e compreensão numérica (32). Outras pesquisas revelam que a tecnologia de fNIRS pode trazer mais conhecimento sobre o desenvolvimento infantil (2). No entanto, avanços nas pesquisas com fNIRS são necessários para melhor compreensão simbólica numérica em crianças pré-escolares (32).

Artemenko et al. (2) convidaram crianças de 11 a 12 anos de idade a resolver equações matemáticas das quatro operações básicas - adição, subtração, divisão e multiplicação, ao longo de um ano. A partir dos registros da atividade cerebral pela fNIRS, foi possível observar menor ativação de regiões frontais durante a resolução de contas de subtração, sugerindo menor complexidade para resolução de problemas matemáticos. Por outro lado, na resolução de operações de adição e de multiplicação foi observado aumento da ativação do giro angular e de regiões temporais, indicando que essas operações se tornaram processos mais automáticos ao longo do tempo, possivelmente por utilizar estratégias como a tabuada (2). Outro estudo se propôs a analisar somente a multiplicação e apontou que contas mais complexas utilizam mais a memória de trabalho, a atenção sustentada e o planejamento, o que promove maior ativação no giro frontal médio. Entretanto, nas contas matemáticas mais simples, foram verificadas ativações nas regiões parietais (31). Kuroda et al. (24) estão de acordo com esses resultados, porém utilizaram outra tarefa de resolução de problemas, o tangaram. O estudo tinha como objetivo ampliar as pesquisas em geometria em crianças, a partir de resolução de quebra-cabeças, tendo em vista que geometria envolve manipulação espacial. Foi observada uma diferenciação nas crianças na faixa etária dos 11 anos em consequência de suas estratégias e dificuldades com o quebra-cabeça: uma parte delas não conseguiu executar a tarefa no tempo de experimento e demonstrou um aumento constante na ativação do pré-frontal; outra parte desenvolveu uma estratégia ao longo do tempo, de modo que houve um pico de atividade do pré-frontal e redução após a resolução do problema; outras crianças não tiveram dúvidas na resolução e apresentaram uma ativação constante do pré-frontal, sem picos ou redução de ativação (24).

Outra estratégia estudada atualmente é a de *hyperscanning*, ou seja, a avaliação da atividade cerebral de dois ou mais indivíduos interagindo entre si; tal estratégia é relativamente recente nos estudos de neurociência social, contudo possui como principal vantagem o conhecimento da interação social de maneira mais natural, em contextos considerados orgânicos, permitindo, assim, verificar a ativação cerebral em interação num sistema único (3). No campo da educação, alguns estudos foram conduzidos com intuito de investigar a relação professor-aluno. Os primeiros pesquisadores a utilizar essa metodologia foram Holper et al., em 2013 (17), avaliando 17 pares de professores e alunos num diálogo socrático, ou seja, o ensino a partir de perguntas e reflexão sobre experiências de vida pessoal. Os autores revelaram correlação positiva da semelhança da atividade hemodinâmica de professor e aluno e da compreensão do assunto. Porém, os alunos que não obtiveram a compreensão do assunto apresentaram maior atividade do pré-frontal, o que demonstra maior demanda cognitiva (17). Apesar de essa pesquisa apontar para ativação do córtex pré-frontal em dificuldades de compreensão, essa temática é recente e pouco explorada no campo das neurociências. Portanto, novas pesquisas são necessárias para melhor compreensão desses achados (17, 24, 31).

Metodologias de pesquisa como essa auxiliam a valorizar a relação professor-aluno como uma maneira efetiva de melhorar o desempenho escolar. Entretanto, outros estudos buscaram embasar estratégias de intervenção para aprimorar as funções executivas - planejamento, julgamento, tomada de decisão, flexibilidade, controle inibitório, entre outras. O estudo de Kyeongho Byun et al. (8), por exemplo, verificou melhora na atenção em testes de função executiva após a realização de atividades físicas leves. Os achados demonstraram ativações aumentadas no córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo e na área frontopolar pela fNIRS. O córtex pré-frontal dorsolateral é associado com atenção, controle inibitório e flexibilidade executiva, ações fundamentais para a tarefa do desenho experimental do estudo. Por outro lado, a área frontopolar vem sendo fortemente associada à tomada de decisão e ao julgamento moral (8). Estudos como esse demonstram o impacto da atividade física no desempenho escolar.

Além das contribuições da aplicabilidade da fNIRS na educação em neurodesenvolvimento típico, a fNIRS tem sido usado em pesquisas em distúrbios do desenvolvimento, com resultados promissores para auxiliar na compreensão de diferentes aspectos desses indivíduos, e fornecer caminhos para construção de uma educação inclusiva e da adequação de intervenções pedagógicas. Nessa linha, estudos com crianças com baixa capacidade visuoespacial demonstraram que a ativação do córtex frontal inferior, correspondente à compreensão de gestos, na observação de movimentos só ocorreu com movimentos realizados por humanos e não com movimentos dinâmicos não humanos. Resultados como esse incentivam mais pesquisas investigando a interação social e melhores estratégias com pessoas com baixa capacidade visuoespacial (7).

Uma revisão de literatura sobre fNIRS e TEA apontou que, em tarefas de reconhecimento facial, memória de trabalho, organização visuoespacial, entre outras atividades, houve ativação cerebral atípica no giro frontal inferior, giro temporal médio e superior e no giro fusiforme; tais áreas são importantes para expressão de entonação na fala, processamento de informação auditiva e visual, memória e reconhecimento facial. Essa revisão é relevante para maiores compreensões entre sintomatologia do autismo e a funcionalidade e conectividade cerebral (36). Em suma, a fNIRS é uma tecnologia versátil e portátil, refletindo na possibilidade de desenvolver pesquisas realizadas no contexto real e adaptadas para várias faixas etárias.

METODOLOGIA DE PESQUISA COM fNIRS

As pesquisas experimentais com uso da fNIRS apresentaram crescimento exponencial nos últimos anos, o que promoveu avanço dos métodos tanto para aprimoramento dos protocolos experimentais, como na precisão dos registros de fNIRS por meio da disposição dos optodos, quanto para os processamentos de dados. Entretanto, para que pesquisas científicas continuem a evoluir de forma a promover resultados

confiáveis, robustos e replicáveis, artigos de revisão de metodologia (28, 20, 30, 33, 35) vêm sendo publicados para estabelecer diretrizes com intuito de otimizar os protocolos experimentais e garantir melhor aproveitamento de pesquisas com uso da fNIRS.

Para conduzir pesquisas clínicas com uso de fNIRS, a literatura recomenda seguir procedimentos específicos desde a preparação do uso do equipamento até as análises estatísticas dos dados para extração dos resultados. Portanto, neste tópico vamos apresentar parâmetros e procedimentos recomendados pela literatura atual para uso da fNIRS.

Disposição de optodos

Os optodos são conjuntos de fontes e detectores dispostos no arranjo determinado pelo desenho experimental do estudo para sondar a resposta hemodinâmica do cérebro. A disposição dos pares fonte-detector é flexível; eles são geralmente acoplados em toucas ou faixas na superfície do couro cabeludo, abrangendo a área cerebral (ou áreas cerebrais) que se deseja analisar (35). Entretanto, é importante ressaltar que as medições dos sinais pela fNIRS dependem: da representação precisa da complexa anatomia humana, dos tecidos adjacentes que afetam as migrações de fótons das fontes para os detectores (34), de número de fontes-detectores, da posição, da extensão de abrangência da disposição, da distância entre fonte-detector e da densidade da fonte. Portanto, a montagem do arranjo dos optodos afeta a sensibilidade da medição de cada região cortical (34, 35).

Os optodos devem estar fixados de forma firme no couro cabeludo para evitar ou minimizar ruídos de sinais de alterações hemodinâmicas extracerebrais. Porém, a fixação deve ser confortável, a fim de diminuir dor e incômodo pela alta pressão da sonda na cabeça e, conseqüentemente, aumento da resposta do sistema nervoso autônomo, o que pode aumentar sinais de confusão fisiológica sistêmica (33).

No posicionamento dos optodos a separação das fontes e detectores deve seguir as recomendações de distância de 1,5 a 3 cm em crianças e de 2,5 a 5 cm (comumente usada distância de 3 cm) em adultos (9). Além disso, devem ser usados modelos de pontos de referência cranianos, como o sistema 10-20, 10-10 e 10-5 da eletroencefalografia, além dos pontos de referência nasion, inion, pré-auriculares. Os pontos servirão de referência para localização da área / região cerebral específica a ser estudada e para identificação de localização de cada fonte e detector pelo software associado à fNIRS. Além disso, é recomendado identificar a localização da matriz fNIRS e as distribuições de sensibilidade do canal (área de medição única que o sistema é capaz de registrar) em relação à macroanatomia subjacente, por meio, por exemplo, de mapas de sensibilidade cortical associados à matriz (35). O registro da matriz fNIRS pode ser

derivado de outros sistemas como tecnologias de neuronavegação, método de registro de optodos por fotogrametria (20) e sistemas de posicionamento tridimensional (3D). Para aumentar a precisão de medição dos sinais e eficiência na propagação de luz, modelos de cabeça digital e simulações de algoritmo Monte Carlo (13) vêm sendo utilizados para controlar configurações e parâmetros do sensor da fNIRS como separação fonte-detector, área de superfície do detector (35) e para aproximar comprimento do caminho dos fótons que são usados para reconstruir mudanças de concentrações de hemoglobina oxigenada (HbO₂) e desoxigenada (HbR) (34).

Machado et al. (27) investigaram o posicionamento ideal de optodos no couro cabeludo para fNIRS e, para isso, usaram alguns critérios como: maximização da sensibilidade espacial das medições de fNIRS para precisão de regiões específicas do cérebro com o de dispositivo de neuronavegação 3D, para diminuição do número de optodos; otimização do tempo de instalação dos optodos e conforto do participante. Além disso, foi usado colódio para fixar optodos no couro cabeludo e modelagem inversa com objetivo de reconstrução local da atividade hemodinâmica ao longo da superfície cortical. A montagem ótima dos optodos, controlados por simulações realistas, demonstrou alta sensibilidade e maior adaptação à realidade de aplicações clínicas, com otimização do tempo e precisão no uso da fNIRS (27).

Para o manuseio dos optodos é necessário o conhecimento prévio de normas de segurança como Padrão Internacional para Segurança de Produtos para Fotobiológica de Lâmpadas e Sistemas de Lâmpadas, e Produtos a Laser. Portanto, é importante conhecer o tipo de fonte de luz, comprimentos de onda específicos e potência emitida por unidade de área do dispositivo, e ter certeza que estão de acordo com nível de segurança para uso. Além disso, é preciso que haja cuidado com a exposição à luz na pele e a proteção dos olhos.

Pré-processamento de dados

As etapas dos pré-processamentos de dados da fNIRS são consideradas essenciais para garantir a qualidade do sinal para a análise final (35). Dentre as etapas de pré-processamento estão: verificação da qualidade de sinal da fNIRS e rejeição de canais com sinal ruim; identificação de artefatos de movimento e de sinais de confusão como os fisiológicos sistêmicos; correções modificadas de Beer-Lambert são aplicadas para análise da concentração dos cromóforos (HbO₂ e Hb) em fNIRS, ao considerar que a luz óptica não possui um caminho óptico linear da fonte até o detector. Então, com o intuito de identificar o comprimento médio do caminho percorrido pelos fótons detectados, são considerados o comprimento do caminho e a distância fonte-detector, filtragem e regressão dos dados para remoção de ruídos do sinal e obter sinal de registro mais próximo das respostas hemodinâmicas cerebrais de interesse (35).

Identificação de sinais fisiológicos de confusão

Os sinais de confusão como os fisiológicos sistêmicos são advindos de alterações na hemodinâmica da atividade fisiológica relacionada à tarefa, como em tarefas cognitivas complexas, e/ou da hemodinâmica extracerebral (33). As mudanças em variáveis sistêmicas podem estar associadas ao fluxo sanguíneo e à oxigenação de tecidos extracerebrais (assim como alterações na pressão parcial de CO₂, pressão arterial sistêmica, frequência cardíaca e tônus vascular, e atividade do sistema nervoso autônomo tanto nos tecidos cerebrais quanto extracerebrais) e de movimentos de cabeça (35). Os sinais fisiológicos podem gerar interpretações errôneas dos sinais de atividade cerebral, como: falso positivo, ao atribuir uma resposta hemodinâmica detectada à atividade cerebral, ou falso negativo, ao mascarar a atividade cerebral quando, realmente, ela está presente (33). Portanto, as informações que se diferenciam das respostas hemodinâmicas do componente neuronal, devido ao acoplamento neurovascular mensurado pela fNIRS, são consideradas ruídos fisiológicos e podem interferir nas análises dos dados.

De acordo com Tachtsidis (33), em estudo de revisão, os ruídos fisiológicos podem ser evitados e/ou tratados a partir de alguns aspectos como: (I) elaboração de desenho experimental de forma cuidadosa, de modo a evitar tarefas com forte ativação sistêmica, controlar tarefas cognitivas complexas, definir tempos de repetição e duração, além de ter diferentes condições experimentais e de controle como linha de base para subtrair respostas espúrias da condição experimental. Outro aspecto é a instrumentação fNIRS (II) métodos e novos algoritmos têm sido usados para separar a contribuição do compartimento cerebral e extracerebral que visa aumentar a sensibilidade ao compartimento cerebral. Outra opção é o registro por meio de canais curtos extra; os canais curtos são usados para reduzir a confusão fisiológica, a partir da regressão das influências da camada extracerebral. A distância ideal para separação da fonte-detector para o registro do canal curto é de 84 mm para adultos e 2,15 mm para bebês (6). Por fim, controlar as alterações sistêmicas (III) durante a tarefa pode ser uma alternativa para validar o momento da alteração fisiológica e as respostas hemodinâmicas registradas na fNIRS. Dentre os dispositivos de monitorização das alterações fisiológicas estão: esfigmomanômetro medidor de pressão arterial, medidor da pressão arterial média, condutância de pele, eletrocardiografia. Essa monitorização pode ser usada posteriormente para análises estatísticas complementares e de controle (33).

Artefatos de movimento

Movimentos corporais durante as coletas com fNIRS podem gerar mudanças de linha de base e alterar o sinal em forma de picos, a partir de movimento de cabeça, coletas experimentais de tarefas que usam o movimento como andar e falar, ou até mesmo, em coletas com crianças pequenas e bebês. Os artefatos de movimento, quando identi-

ficados no sinal, podem ser removidos ou corrigidos por meio de algoritmos de correção (35).

Diante do exposto neste tópico, pode-se concluir que o uso da fNIRS em pesquisas experimentais requer amplo conhecimento do dispositivo, do desenho experimental, do uso otimizado da disposição dos optodos e localizações precisas de fonte-detector em relação à cabeça, registro anatômico, uso de canais de curta distância para identificar sinais de ruídos fisiológicos, além da aquisição dos dados, o rigor para o pré-processamento de dados e processamento de sinal multidimensional. Os estudos têm avançado no sentido de otimizar o uso de fNIRS nas pesquisas clínicas a partir de modelos algoritmos e computacionais com intuito de aumentar a sensibilidade, diminuir o tempo de coleta e viabilizar registro do equipamento em tarefas experimentais realistas, ampliando, assim, o uso da fNIRS para avaliação robusta da função cerebral (9).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fNIRS é uma tecnologia de neuroimagem que pode fornecer dados relevantes sobre fenômenos neurofisiológicos relacionados à aprendizagem e ao desenvolvimento educacional. Dentre essas tecnologias, como demonstrado, a fNIRS se destaca por apresentar benefícios relevantes para a área, como possibilidade de pesquisas em ambientes e situações muito próximas do real. Essa característica, em especial, tem o potencial de propiciar um aumento considerável na validade ecológica dos experimentos, ampliando a possibilidade de generalização e confiabilidade dos dados. Além disso, a técnica permite o desenvolvimento de programas de pesquisa que busquem avaliar o efeito de diferentes métodos de ensino-aprendizagem sobre aspectos cognitivos e de neurofisiologia dos alunos.

No entanto, é preciso se atentar aos parâmetros básicos apresentados para formulação de protocolos experimentais que sejam viáveis com o uso da tecnologia. Aspectos como neuroanatomia da região cerebral de interesse, capacidade de alcance de luz infravermelha, disposição dos optodos e pré-processamento dos dados são essenciais para a formulação de um programa de pesquisa eficiente com a tecnologia.

REFERÊNCIAS

1. Arizono N, Ohmura Y, Yano S, Kondo T. Functional connectivity analysis of NIRS data under rubber hand illusion to find a biomarker of sense of ownership. *Neural Plast* [internet]. 2016 [cited 2021 jun 8]; 2016:6726238. doi: 10.1155/2016/6726238.
2. Artemenko C, Soltanlou M, Ehliis AC, Nuerk HC, Dresler T. The neural correlates of mental arithmetic in adolescents: a longitudinal fNIRS study. *Behav Brain Funct* [internet]. 2018 [cited

- 2021 jun 8]; 14(5). doi: <https://doi.org/10.1186/s12993-018-0137-8>.
3. Babiloni F, Astolfi L. Social neuroscience and hyperscanning techniques: past, present and future. *Neurosci Biobehav Rev*. 2014; 44:76-93.
 4. Barrett LF, Satpute AB. Large-scale brain networks in affective and social neuroscience: towards an integrative functional architecture of the brain. *Curr Opin Neurobiol* [internet]. 2013 [cited 2021 jun 8]; 23(3):361-72. doi: 10.1016/j.conb.2012.12.012.
 5. Boas DA, Elwell CE, Ferrari M, Taga G. Twenty years of functional near-infrared spectroscopy: introduction for the special issue. *Neuroimage* [internet]. 2014 [cited 2021 jun 8]; 85:1-5. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.11.033.
 6. Brigadoi S, Cooper RJ. How short is short? Optimum source-detector distance for short-separation channels in functional near-infrared spectroscopy. *Neurophotonics* [internet]. 2015 [cited 2021 jun 7]; 2(2):025005. doi: 10.1117/1.NPh.2.2.025005.
 7. Brucker B, Ehlis AC, Häußinger FB, Fallgatter AJ, Gerjets P. Watching corresponding gestures facilitates learning with animations by activating human mirror-neurons: an fNIRS study. *Learn Instr*. 2015; 36:27-37.
 8. Byun K, Hyodo K, Suwabe K, Ochi G, Sakairi Y, Kato M et al. Positive effect of acute mild exercise on executive function via arousal-related prefrontal activations: an fNIRS study. *Neuroimage* [internet]. 2014 [cited 2021 jun 11]; 98:336-45. doi: 10.1016/j.neuroimage.2014.04.067.
 9. Chen WL, Wagner J, Heugel N, Sugar J, Lee YW, Conant L et al. Functional near-infrared spectroscopy and its clinical application in the field of neuroscience: advances and future directions. *Front Neurosci* [internet]. 2020 [cited 2021 jun 7]; 14:724. doi: 10.3389/fnins.2020.00724.
 10. Coch D, Ansari D. Thinking about mechanisms is crucial to connecting neuroscience and education. *Cortex* [internet]. 2009 [cited 2021 jun 8]; 45(4):546-7. doi: 10.1016/j.cortex.2008.06.001.
 11. Ehlis AC, Bähne CG, Jacob CP, Herrmann MJ, Fallgatter AJ. Reduced lateral prefrontal activation in adult patients with attention-deficit / hyperactivity disorder (ADHD) during a working memory task: a functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study. *J Psychiatr Res* [internet]. 2008 [cited 2021 jun 8]; 42(13):1060-7. doi: 10.1016/j.jpsychires.2007.11.011.
 12. Ehlis AC, Schneider S, Dresler T, Fallgatter AJ. Application of functional near-infrared spectroscopy in psychiatry. *Neuroimage* [internet]. 2014 [cited 2021 jun 8]; 85:478-88. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.03.067.
 13. Fang Q, Yan S. Graphics processing unit-accelerated mesh-based Monte Carlo photon transport simulations. *J Biomed Opt* [internet]. 2019 [cited 2021 jun 6]; 24(11):115002. doi: <https://doi.org/10.1117/1.JBO.24.11.115002>.
 14. Ferrari M, Quaresima V. A brief review on the history of human functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) development and fields of application. *Neuroimage* [internet]. 2012 [cited 2021 jun 8]; 63:921-35. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.03.049.
 15. Gudin C, Lira M, Pantaleão FN, Boggio PS. Oxytocin administration effect on the induction of the rubber hand illusion: analysis of cerebral hemodynamics by fNIRS.
 16. Herrmann MJ, Ehlis AC, Fallgatter AJ. Frontal activation during a verbal-fluency task as measured by near-infrared spectroscopy. *Brain Res Bull* [internet]. 2003 [cited 2021 jun 8]; 61(1):51-6. doi: 10.1016/s0361-9230(03)00066-2.

17. Holper L, Goldin AP, Shalóm DE, Battro AM, Wolf M, Sigman M. The teaching and the learning brain: a cortical hemodynamic marker of teacher-student interactions in the Socratic dialog. *Int J Educ Res*. 2013; 59:1-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2013.02.002>.
18. Hoshi Y, Shimada M, Sato C, Iguchi Y. Reevaluation of near-infrared light propagation in the adult human head: implications for functional near-infrared spectroscopy. *J Biomed Opt [internet]*. 2005 [cited 2021 jun 8]; 10(6):064032. doi: 10.1117/1.2142325.
19. Hoshi Y, Tamura M. Dynamic multichannel near-infrared optical imaging of human brain activity. *J Appl Physiol [internet]*. 1993 [cited 2021 jun 8]; 75(4):1842-6. doi: 10.1152/jappl.1993.75.4.1842.
20. Hu X-S, Wagley N, Rioboo AT, Silva AF, Kovelman I. Photogrammetry-based stereoscopic optode registration method for functional near-infrared spectroscopy. *J Biomed Opt [internet]*. 2020 [cited 2021 jun 6]; 25(9):095001. doi: 10.1117/1.JBO.25.9.095001.
21. Jöbsis FF. Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science [internet]*. 1977 [cited 2021 jun 8]; 198(4323):1264-7. doi: 10.1126/science.929199.
22. Kato T, Kamei A, Takashima S, Ozaki T. Human visual cortical function during photic stimulation monitoring by means of near-infrared spectroscopy. *J Cereb Blood Flow Metab [internet]*. 1993 [cited 2021 jun 8]; 13(3):516-20. doi: 10.1038/jcbfm.1993.66.
23. Krishnamoorthy-Natarajan G, Koide M. BK Channels in the vascular system. *Int Rev Neurobiol [internet]*. 2016 [cited 2021 jun 8]; 128:401-38. doi: 10.1016/bs.irn.2016.03.017.
24. Kuroda Y, Okamoto N, Chance B, Nioka S, Eda H, Maesako T. Visualization of children's mathematics solving process using near infrared spectroscopic approach. In: *Proceedings of the Optical Tomography and Spectroscopy of Tissue VIII*; 2009; San Jose, CA, United States [cited 2021 Jun 8]. p. 71741Z. doi: <https://doi.org/10.1117/12.808410>.
25. Leon-Carrion J, Leon-Domnguez U. Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS): principles and neuroscientific applications. In: Bright P, editor. *Neuroimaging: Methods*. London: InTech; 2012. p. 47-74.
26. Lloyd-Fox S, Begus K, Halliday D, Pirazzoli L, Blasi A, Papademetriou M et al. Cortical specialisation to social stimuli from the first days to the second year of life: a rural Gambian cohort. *Dev Cogn Neurosci [internet]*. 2017 [cited 2021 jun 8]; 25:92-104. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2016.11.005>.
27. Machado A, Cai Z, Pellegrino G, Marcotte O, Vincent T, Lina JM et al. Optimal positioning of optodes on the scalp for personalized functional near-infrared spectroscopy investigations. *J Neurosci Methods [internet]*. 2018 [cited 2021 jun 6]; 309:91-108. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2018.08.006>.
28. Pfeifer MD, Scholkmann F, Labruyère R. Signal processing in functional near-infrared spectroscopy (fNIRS): methodological differences lead to different statistical results. *Front Hum Neurosci*. 2018; 11:641. doi: 10.3389/fnhum.2017.00641.
29. Pinti P, Scholkmann F, Hamilton A, Burgess P, Tachtsidis I. Current status and issues regarding pre-processing of fNIRS neuroimaging data: an investigation of diverse signal filtering methods within a general linear model framework. *Front Hum Neurosci [internet]*. 2019 [cited 2021 jun 8]; 12:505. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00505>.
30. Pinti P, Tachtsidis I, Hamilton A, Hirsch J, Aichelburg C, Gilbert S et al. The present and future use of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) for cognitive neuroscience. *Ann N Y Acad Sci [internet]*. 2018 [cited 2021 jun 8]; 1464(1):5-29. doi: 10.1111/nyas.13948.

31. Soltanlou M, Artemenko C, Ehlis AC, Huber S, Fallgatter AJ, Dresler T et al. Reduction but no shift in brain activation after arithmetic learning in children: a simultaneous fNIRS-EEG study. *Sci Rep* [Internet]. 2018 [cited 2021 Jun 8]; 8(1707). doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20007-x>.
32. Soltanlou M, Sitnikova MA, Nuerk HC, Dresler T. Applications of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) in studying cognitive development: the case of mathematics and language. *Front Psychol* [internet]. 2018 [cited 2021 jun 8]; 9:277. doi: [10.3389/fpsyg.2018.00277](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00277).
33. Tachtsidis I, Scholkmann F. False positives and false negatives in functional near-infrared spectroscopy: issues, challenges, and the way forward. *Neurophotonics* [internet]. 2016 [cited 2021 Jun 7]; 3(3):031405. doi: [10.1117/1.NPh.3.3.031405](https://doi.org/10.1117/1.NPh.3.3.031405).
34. Tran AP, Yan S, Fang Q. Improving model-based functional near-infrared spectroscopy analysis using mesh-based anatomical and light-transport models. *Neurophotonics* [internet]. 2020 [cited 2021 jun 6]; 7(1):015008. doi: [10.1117/1.NPh.7.1.015008](https://doi.org/10.1117/1.NPh.7.1.015008).
35. Yücel MA, van Lümann A, Scholkmann F, Gervain J, Dan I, Ayaz H et al. Best practices for fNIRS publications. *Neurophotonics*. 2021; 8(1):012101. doi: [10.1117/1.NPh.8.1.012101](https://doi.org/10.1117/1.NPh.8.1.012101).
36. Zhang F, Roeyers H. Exploring brain functions in autism spectrum disorder: a systematic review on functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) studies. *Int J Psychophysiol*. 2019. 137:41-53. doi: [10.1016/j.ijpsycho.2019.01.003](https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2019.01.003).

19

**Eletroencefalografia:
como a técnica eletrofisiológica pode auxi-
liar a compreensão de processos cognitivos
na aprendizagem e na saúde**

Ana Luísa Freitas

Beatriz Bezerra de Souza

Gabriel Gaudencio do Rêgo

Ruth Lyra Romero

Stella Andrade Bassetto

Paulo Sérgio Boggio

APRESENTANDO A ELETROENCEFALOGRAFIA

A eletroencefalografia (EEG) é uma das principais e mais antigas técnicas da neurociência. É utilizada para registrar a atividade elétrica cerebral com alta resolução temporal, permitindo, aos pesquisadores, conhecer a sequência de como o cérebro processa estímulos do ambiente, externo ou interno. Em 1924, o hoje considerado pai da EEG, o psiquiatra austríaco Hans Berger, foi o primeiro a fazer o registro de atividade elétrica no cérebro humano, durante um procedimento cirúrgico num garoto de 17 anos. Em acordo com os neurocirurgiões, Berger posicionou eletrodos diretamente sobre o tecido cortical do paciente. Posteriormente, sem recorrer a métodos invasivos e apenas por meio de dois eletrodos posicionados sobre o escalpe do próprio filho, Berger observou que os registros de quando os indivíduos estavam acordados e de quando dormiam eram significativamente distintos (40). Em 1929, o médico austríaco descreveu e divulgou esses achados à comunidade científica, impulsionando a investigação da eletrofisiologia cerebral.

Desde os estudos iniciais de Berger, os aparelhos de EEG e suas técnicas de análise vêm se sofisticando, em grande parte pelo desenvolvimento da eletrônica e da computação, o que tem impulsionado o desenvolvimento da neurociência como um todo. A EEG tem auxiliado na compreensão da atividade cerebral associada a processos cognitivos como atenção, memória, percepção, entre outros, mas trata-se, também, de uma técnica útil para diagnosticar alguns quadros clínicos, como epilepsia e distúrbios do sono. Ela também permite identificar diferenças de processamento cognitivo entre grupos clínicos e grupos saudáveis, consolidando sua relevância tanto para os estudos na área da saúde quanto da aprendizagem.

Diversas pesquisas no campo da Psicologia e da Neurociência se baseiam em tarefas que investigam dados comportamentais, como as respostas de uma pessoa a escalas e questionários, ou seu desempenho em tarefas, que pode ser avaliado pelo tipo de resposta, por sua acurácia ou pelo tempo de reação. As tecnologias de detecção por neuroimagem, como a ressonância magnética funcional (RMf), e por eletrofisiologia, como a EEG, têm complementado esses achados comportamentais com informações sobre as bases neurais desses comportamentos. Em particular, estudos com EEG registram, temporalmente, variações da atividade elétrica derivadas, principalmente, da atividade de populações de neurônios de áreas corticais. Esse registro de EEG pode ser feito enquanto os indivíduos dormem, enquanto estão acordados em repouso (sem realizar tarefa específica), enquanto processam estímulos de diferentes naturezas (ao ver alguma imagem, ouvir algum som etc.), e também quando emitem respostas a esses estímulos (34).

Diversas informações podem ser derivadas do registro de EEG. As mais básicas são os dados brutos, ou seja, os dados eletrofisiológicos coletados não filtrados, cujas

ondas podem apresentar alterações de sinal indicativas de distúrbios, como a epilepsia, detectáveis pela observação de um especialista. Outra forma muito adotada nas pesquisas em neurociência se refere a informações de dados derivados, obtidos por meio de processamento matemático da informação bruta. É o que acontece nos estudos dos potenciais relacionados a eventos, discutidos mais adiante neste capítulo.

Estudos com eletroencefalografia têm sido, assim, relevantes para pesquisas em neurociência porque registram, em tempo real, com precisão temporal de milissegundos e de maneira não invasiva (sem necessidade de intervenção cirúrgica), a atividade de populações de neurônios captada por eletrodos posicionados sobre o escalpo. Essa técnica não proporciona, entretanto, boa resolução espacial, característica própria das técnicas de neuroimagem. Apenas pelos sinais captados pela superfície do couro cabeludo é difícil deduzir com exatidão a área cerebral que está sendo ativada, apesar de alguns métodos de análise, chamados de métodos de solução inversa, permitirem identificar indiretamente tais regiões. Dessa forma, um dos principais usos do EEG tem sido a identificação temporal de processos cognitivos, ou seja, em que momento específico ocorrem os processos cerebrais em resposta a estímulos / eventos (23). Tal identificação temporal permite, por exemplo, distinguir a participação de processos automáticos (inconscientes) ou deliberados (conscientes) em diversos fenômenos, como na percepção de estímulos ou em respostas emocionais.

Com EEG também é possível identificar padrões de ativação cerebral relacionados a perfis cognitivos e comportamentais específicos, como características disposicionais a impulsividade e desinibição comportamental relacionadas à adição. Esse tipo de investigação, especialmente quando se fala dos contextos clínicos e de aprendizagem, contribui, para além das compreensões sobre eletrofisiologia, para a promoção de estratégias pedagógicas e de tratamento mais eficazes.

Assim, a partir dessas breves descrições, é possível entender que as aplicações da eletroencefalografia, em contextos de investigação acadêmica e clínica, são vastas. A seguir, apresentam-se sumariamente os equipamentos necessários e alguns procedimentos de coleta e análise de dados, para, depois, discutirem-se algumas das principais aplicações e implicações teóricas e práticas dessa tecnologia em contextos de aprendizagem e de saúde.

Procedimentos para utilização da técnica e principais métodos de análise

O aparelho de EEG consiste em eletrodos de metal que captam as variações elétricas no escalpe; um amplificador, que amplia o sinal (de micro para milivolts); e um computador que registra o sinal recebido do amplificador. Para estudos que investigam a atividade elétrica em resposta a alguns eventos, é preciso outro computador, responsável por apresentar a tarefa com os estímulos que visam eliciar, nos indiví-

duos, as respostas elétricas e/ou comportamentais a serem investigadas. Os eletrodos para captação da atividade cerebral podem ser colocados individualmente pelo técnico, o que se vê em sistemas com poucos eletrodos, ou podem estar agrupados em uma touca elástica, modo mais comum nos sistemas de EEG atuais.

A localização desses eletrodos normalmente obedece a um sistema acordado internacionalmente, tal qual um mapa que indica pontos específicos na cabeça para orientar a colocação dos eletrodos. Esse sistema é conhecido como sistema 10/20, o qual contém 22 pontos de referência. Além desse, existe o sistema 10/10, que contém mais pontos além dos já representados no sistema 10/20 (para mais detalhes, ver Rippon (48)). No caso de equipamentos com maior densidade de eletrodos (ver ilustração da Figura 1), os quais podem contar com até 256 eletrodos, a distância entre os eletrodos diminui e, quanto menor a distância, maior é a precisão do mapeamento topográfico. Esse aumento da densidade permite, conseqüentemente, análises de dados com métodos e algoritmos mais sofisticados, que têm sido denominados na literatura como EEG quantitativo (34).

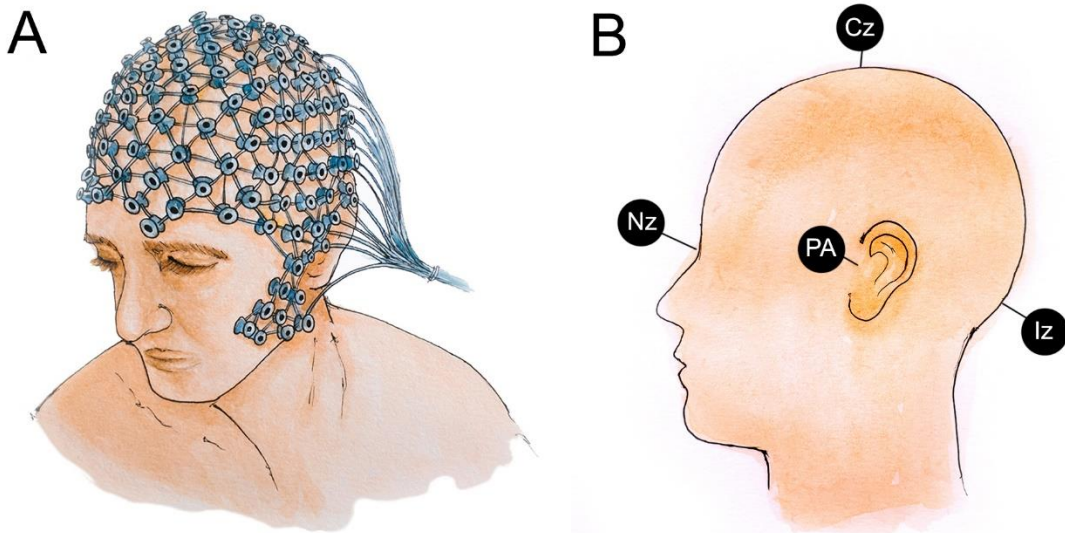


Figura 1. (A) Ilustração de uma touca de eletroencefalografia de alta densidade; (B) Principais eletrodos de referência, posicionados no ínion (Iz), násio (Nz), pré-auricular (PA) e centro (Cz). Fonte: (A) Releitura de ilustração da *Mayo Foundation for Medical Education and Research*; (B) Ilustração elaborada pelos autores.

Quanto ao número mínimo de eletrodos possíveis em um aparelho de EEG, a resposta é três: um eletrodo de registro, um de referência e um de aterramento. O registro elétrico, ou seja, a onda de cada eletrodo de registro é obtido pela diferença entre o

sinal captado nesse eletrodo e o sinal do eletrodo de referência. O eletrodo de aterramento, ou simplesmente terra, serve para corrigir o sinal captado entre o eletrodo de registro e o de referência. Pode-se ter tantos eletrodos de registro quantos couberem na cabeça, mas será sempre necessário um eletrodo de referência e um de aterramento, usualmente colocados nos lóbulos da orelha ou nos mastoides.

Conforme comentado anteriormente, é possível derivar várias informações do EEG, e uma das principais utilizações da técnica tem por finalidade coletar dados da atividade cerebral em resposta a estímulos ou eventos específicos. Por exemplo, pode-se registrar como pessoas saudáveis respondem a um jogo econômico, a fim de compreender a atividade do cérebro associada à percepção de propostas justas ou injustas (52). Dentre os métodos de EEG que investigam a resposta do cérebro a algum evento, um dos principais é o método denominado de potenciais relacionados a eventos, ou ERP (do inglês *event-related potentials*). Além do ERP, é possível derivar informações de frequência da atividade cerebral. Como o registro de EEG é uma onda que ocorre de forma cíclica (ela sobe e desce), é possível derivar, então, a potência de diferentes faixas (ou bandas) de frequência ao longo do tempo ou em resposta a eventos também. As principais bandas são a delta (< 4 Hz), teta (4-7 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (14-30 Hz) e gama (> 30 Hz), assim como sub-bandas (ondas Mu, ritmo sensório-motor etc.). Em adição ao ERP e análise de frequência, existem diversos outros métodos derivados desses dois, como métodos de conectividade funcional, de correlação e coerência, de perturbação espectral relacionado a eventos, entre outros. Como o método de ERP é um dos mais conhecidos no EEG, ele será apresentado a seguir em maiores detalhes. Caso haja interesse em conhecer mais sobre as frequências, sugere-se a leitura do livro *Rhythms of the brain*, de György Buzsáki (Oxford University Press, 2006).

Compreensão dos Potenciais Relacionados a Eventos (ERPs)

Pesquisas com eletroencefalografia que buscam compreender as variações da atividade eletrofisiológica cerebral durante alguma tarefa costumam registrar o que se chama de **potenciais relacionados a eventos** (ERPs, do inglês *Event-Related Potentials*). Nos estudos de ERP, os indivíduos são submetidos repetidas vezes a um estímulo (ou evento), que pode ser, por exemplo, uma imagem, um som ou um texto, enquanto ocorre o registro contínuo do EEG. O momento exato em que os eventos são apresentados ao participante são marcados no registro contínuo do EEG e servirão depois para selecionar uma janela de tempo específica ao redor dos eventos (por exemplo, 200 milissegundos antes até 1 segundo após o evento).

O dado de EEG bruto é corrigido por meio da aplicação de filtros e da detecção / exclusão de artefatos, que são ruídos elétricos derivados de movimento ocular, muscular ou frequência da rede elétrica local. Com o dado já corrigido, faz-se a segmentação do EEG, recortando as janelas de tempo ao redor dos eventos de interesse, fazendo-se

a média aritmética dos sinais elétricos de todas as janelas, obtendo como resultado um sinal “médio”, também chamado de potencial elétrico evocado, como pode ser visto na Figura 2. A média do sinal é feita buscando eliminar variações elétricas no EEG não associadas ao evento de interesse, ou seja, deixando o sinal mais “limpo”. Quanto mais amostras de variação elétrica são obtidas para a média, ou seja, quanto mais eventos são registrados, mais “limpo” será o sinal médio obtido. Sabe-se, contudo, que ninguém acharia divertido ter que ouvir um mesmo som ou ver uma mesma imagem 200 vezes durante 10 minutos. Busca-se, por isso, equilibrar o número de eventos a que o sujeito é exposto, evitando, assim, seu cansaço ou outros efeitos derivados, como a curva de aprendizagem.

Os potenciais evocados, como os demonstrados na Figura 2, são derivados das respostas de populações de neurônios corticais simultaneamente ativadas durante algum processo cognitivo relacionado ao evento. Seria impossível detectar a atividade de um único neurônio ativado por meio do EEG, mas a atividade simultânea de milhares de neurônios gera sinais elétricos robustos e passíveis de detecção pelos eletrodos situados no escalpo. Esse potencial elétrico derivado do ERP é caracterizado por alguns elementos específicos: picos elétricos (são as pontas na onda) que ocorrem em momentos específicos no tempo e variam em amplitude e polaridade (voltagem positiva ou negativa).

Como pode ser ainda observado na Figura 2, o potencial detectado é similar a uma onda, composta por picos (ponto máximo positivo ou negativo). Acredita-se que os picos detectados no ERP sejam resultantes da soma de componentes subjacentes. Apesar de, na realidade, por vezes não haver demarcação precisa entre um pico e outro, dada a continuidade das ondas, Kappenman e Luck (26) explicam que essa divisão, apesar de arbitrária, se faz necessária para a compreensão das relações entre os picos e os componentes dos ERPs. Importante ressaltar que, na literatura, entretanto, há uma discussão quanto à dificuldade para se definir o que seriam exatamente os **componentes dos ERPs**. Em linhas gerais, eles são definidos como “uma mudança de voltagem registrada no couro cabeludo que reflete um processo neural ou psicológico específico” (26).

O componente é, assim, um elemento subjacente, enquanto uma onda seria o elemento aparente formado a partir da combinação de vários componentes. Os componentes são comumente nomeados com a letra P (de positivo) ou N (negativo), acompanhados de um número que designa a ordem ou momento no tempo em que ocorre. Por exemplo, temos o N2, que é o segundo pico negativo que ocorre próximo aos 200ms; ou o N170, pico negativo que ocorre em 170ms após o evento. Além disso, ao se falar de componentes eletrofisiológicos, é sempre relevante falar em qual região de eletrodos ele é identificado, e a qual(is) processo(s) cognitivo(s) está associado. Além dos componentes nomeados com P ou N, é possível ver outras designações na literatu-

ra, como MFN (*medial frontal negativity*), FRN (*feedback related negativity*) ou LPP (*late positive potential*).

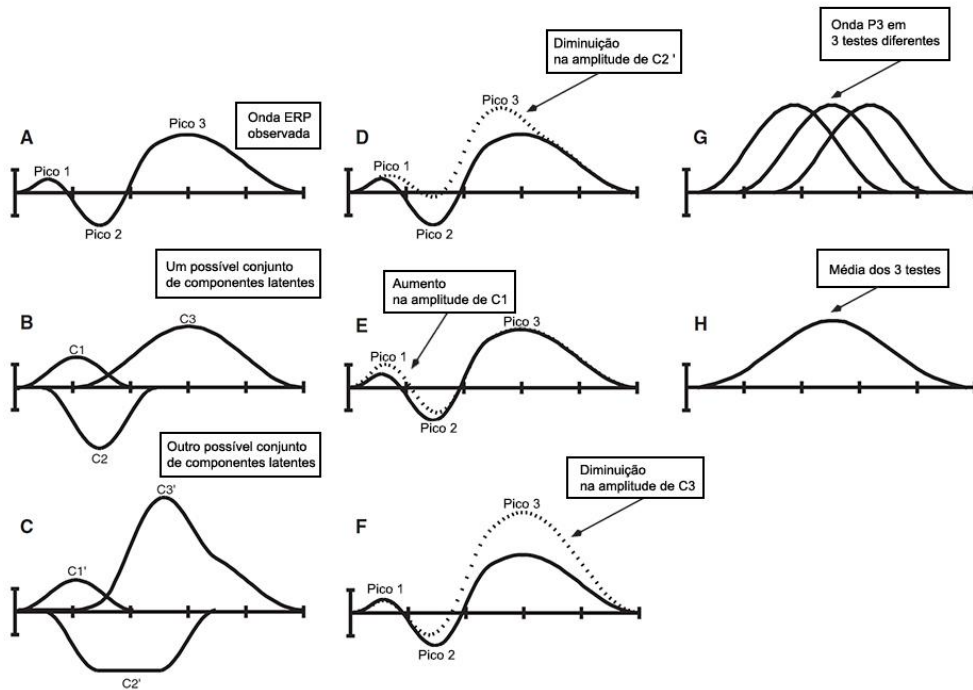


Figura 2. Exemplo demonstrando a relação entre o potencial elétrico do ERP e seus possíveis componentes subjacentes (C1, C2, C3), demonstrados nas imagens B ou C. Nas imagens D, E e F, vê-se como o potencial mudaria, caso houvesse mudanças na amplitude de C1, C2 e C3, respectivamente. Por fim, vê-se um exemplo de como diferentes componentes (G) seriam somados (H). Fonte: Adaptado de Luck (33).

Considerando o surgimento desses componentes em diferentes momentos no processamento do estímulo, é possível estabelecer para eles uma subdivisão entre componentes precoces, ocorrendo na janela de tempo que varia de 50ms até 250ms, associados, principalmente, a processos perceptivos e modulados por características físicas do estímulo; e componentes tardios, acima dos 250ms, associados a processos cognitivos como atenção, memória, quebra de expectativa etc. (3). A seguir, alguns dos principais potenciais evocados se encontram sumariamente descritos na Tabela 1.

Alguns dos componentes apresentados na Tabela 1 já são bem consolidados na literatura, sendo já bem compreendidos quanto à sua natureza e origem. Dessa forma, tais componentes são úteis para investigar diferenças em processos cognitivos (como atenção, memória, percepção, entre outros) entre grupos clínicos e controle. Por exemplo, o componente N170 é considerado um achado consistente e robusto em es-

tudos de detecção de faces, sendo possível utilizar tal informação para constatar, por exemplo, que existe diferença na latência desse componente em pessoas com autismo, e que esse componente poderia, assim, ser utilizado como possível marcador neurobiológico do Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) (25). Outro uso possível da técnica é identificar em que momento um processo cognitivo ocorre, como nos estudos que investigaram detecção de propostas injustas e determinaram que essa detecção tende a ocorrer em uma janela próxima aos 250 ms, considerando a detecção de injustiça um processo automático, marcado pelo componente MFN (8). Ainda há, entretanto, muito para ser investigado no tema de ERPs, a fim de compreender sua associação com processos cognitivos ou afetivos específicos, seja em sujeitos típicos ou com transtornos.

Tabela 1. Alguns dos componentes dos potenciais relacionados a eventos (ERPs) mais comumente encontrados em estudos com EEG, com nome do componente, janela temporal em que ocorre (latência), processo cognitivo ao(s) qual(is) está associado, área de eletrodos em que é identificado e qual a possível origem do sinal no cérebro.

Componente	Latência	Processamentos cognitivos relacionados	Área de detecção do sinal (eletrodos)	Possível origem do sinal (área cortical)
P1	~100ms	Processamento sensorial primário	Temporoparietais	Córtex extraestriado dorsal do giro occipital médio (fase inicial do componente) e córtex extraestriado ventral do giro fusiforme (fase tardia do componente) (52)
N170	~100-200ms	Construção holística da imagem; detecção de faces e reconhecimento de objetos por <i>experts</i> (50)	Occipitotemporais (50)	Córtex occipitotemporal lateral (51)
P3	~250-500ms	Processos atencionais, categorização, atualização de contexto, memória de trabalho, carga cognitiva (53, 58)	Frontais (P3a) e centroparietais (P3b) (21)	Córtex pré-frontal, região temporoparietal, córtex auditivo primário, entre outros (19)
N400	~380-440ms ~200-300ms ~100-400ms (a depender do tipo de estímulo (para detalhes, ver Swaab et al. (56))	Detecção de incongruência semântica, verbal ou contextual, mais grosseiramente evidentes; à decisão lexical; incongruência na percepção visual e musical (22)	Centroparietais (22)	Lobo temporal medial anterior, áreas temporais média e superior, áreas temporais internas, áreas pré-frontais de ambos os hemisférios, entre outros (30)

Tabela 1. Alguns dos componentes dos potenciais relacionados a eventos (ERPs) mais comumente encontrados em estudos com EEG, com nome do componente, janela temporal em que ocorre (latência), processo cognitivo ao(s) qual(is) está associado, área de eletrodos em que é identificado e qual a possível origem do sinal no cérebro.

Componente	Latência	Processamentos cognitivos relacionados	Área de detecção do sinal (eletrodos)	Possível origem do sinal (área cortical)
P600	~500-600ms	Detecção de violações sintáticas e gramaticais, processos interpretativos inferenciais, esforço para restabelecimento de coerência depois de detecção de anomalia ou detecção de surpresa relacionadas ao humor, compreensão de humor, ironia, metáfora e processos de pressuposição (12)	Centroparietais e frontais	Lobo temporal
LPP - Late Positive Potential	~300-400ms	Componente tardio geralmente associado ao reprocessamento de informações, julgamento e tomada de decisão, assim como processamento de emoções; correlato neural da formação de memória (22)	Centroparietais (14)	Córtex visual, córtex temporal, córtex pré-frontal, amígdala, córtex orbitofrontal, ínsula, entre outros (31)
ERN - Error-Related Negativity	~100ms (após o tempo da resposta)	Eliciado quando os participantes cometem erros em tarefas de tempo de reação, começando logo após o tempo da resposta (34)	Frontais e centrais (24)	Um sinal de aprendizado de reforço negativo é transmitido para o córtex cingulado anterior, via sistema dopaminérgico mesencefálico, e o sinal é usado pelo córtex cingulado anterior para modificar o desempenho da resposta manual da tarefa (24)
MFN - Medial Frontal Negativity	~200-350ms	Associado ao processamento automático de feedback social negativo, como detecção de injustiça (53); indicador de detecção de conflito em respostas (20)	Frontais (53)	Vias dopaminérgicas e córtex cingulado anterior (53)

Por fim, outro aspecto relevante das técnicas de ERP, e de EEG em geral, é sua capacidade de detectar processos cognitivos independentemente de respostas comportamentais, sendo possível avaliar a atividade cerebral de indivíduos que não podem falar ou apresentar resposta comportamental, como em alguns transtornos (por exemplo, Esclerose Lateral Amiotrófica - ELA), ou no caso de bebês. Além disso, esses estudos de ERPs podem ser úteis para investigar processos muito sutis ou que ocorrem muito rápido, como em estudos de estímulos subliminares, quando o indivíduo muitas vezes não percebe conscientemente algum estímulo, mas sua detecção é verificada e registrada por meio do ERP (26, 32). Destacam-se, aqui, algumas das principais aplicações dessa tecnologia e, a seguir, serão apresentados mais exemplos sobre como a técnica tem sido utilizada no tópico de aprendizagem e de saúde.

Um adendo importante antes de prosseguir. Falou-se, a princípio, que o ERP é amplamente utilizado para avaliar alterações elétricas ao longo do tempo, e que informação espacial (onde no cérebro algo ocorre) não é o ponto forte da técnica. Falou-se também, contudo, que seria possível, mesmo que com limitações, derivar, por meio dos dados de ERP e do método de solução inversa, a localização da suposta fonte neurobiológica geradora daquele sinal. Para a solução inversa, utilizam-se modelos computacionais de uma cabeça e das propriedades de dispersão dos variados tecidos (cérebro, meninges, crânio etc.) para predição sobre a possível distribuição de voltagem observada em um escalpe, que possibilitaria, então, inferir qual é a fonte dos dipolos observados. Alguns empecilhos, contudo, podem interferir nessa solução, como o fato de serem infinitos os conjuntos de dipolos que podem gerar uma mesma distribuição de voltagem no escalpo, além da perturbação que a voltagem sofre na propagação por tecidos com densidades distintas e formatos de cabeça não uniformes (34). Buscando contornar esse problema, diversos métodos matemáticos foram desenvolvidos. A exemplo, destacam-se o BESA (do inglês *Brain Electrical Source Analysis*), o Modelo Cortical Restrito (tradução livre do inglês *Cortically Constrained Models*), o LORETA (do inglês *Low Resolution Electromagnetic Tomography*), mas há alguns outros (34).

O LORETA é o modelo atualmente mais utilizado e pode ser combinado com dados de RMf, técnica que tem alta resolução espacial, o que torna a sobreposição de dados matemáticos a dados empíricos uma vantagem. Apesar de existirem diversos modelos para determinar a fonte dos dipolos, ou seja, realizar análise espacial com base na distribuição elétrica, cada um dos modelos tem suas limitações, sendo necessário cautela em seu uso para esse fim. Reforça-se aqui, portanto, que, apesar dos esforços dos cálculos matemáticos complexos, a EEG segue tendo como maior vantagem a alta resolução temporal, não espacial, apesar de servir como medida indireta de localização, diferente da RMf, que mede diretamente a atividade de uma determinada região por meio da detecção dos níveis de oxigenação sanguínea pelo método BOLD (do inglês *Blood Oxygenation Level Dependent*) (34).

CONTRIBUIÇÕES PRÁTICO-TEÓRICAS

Conforme vem se apresentando neste capítulo, por meio de EEG é possível compreender, por exemplo, fenômenos relacionados à cognição social, como a detecção de injustiça (45), de expressões faciais emocionais (38) e de prosódia emocional (44); fenômenos afetivos, como detecção da valência de uma emoção (39), reavaliação cognitiva e supressão expressiva, ambas estratégias da regulação emocional (49); e fenômenos relacionados ao desenvolvimento e à prática de linguagem, como detecção de incongruência semântica (22), de ironia (4) e de desenvolvimento de leitura e escrita (5).

Da mesma maneira que esses dados de EEG contribuem para o estabelecimento de padrões de atividade eletrofisiológica cerebral em indivíduos saudáveis, também permitem a identificação de possíveis déficits nos diversos processos anteriormente mencionados. Quando se olha para populações clínicas, a exemplo de indivíduos com TEA, a EEG pode contribuir para compreender os déficits no processamento de linguagem pragmática (45), na ativação de neurônios espelho (42), nos padrões de conectividade cerebral (43) e também no de reconhecimento e processamento facial (15).

Outras populações clínicas também têm seus padrões de atividade cerebral investigados por meio de EEG. Em pessoas com esquizofrenia, por exemplo, é possível detectar-se déficits e padrões alterados de conectividade em funções cognitivas, como o processamento de estímulos globais e locais (41); em pessoas diagnosticadas com depressão, a literatura aponta estudos voltados à compreensão da diferença entre perfis de pacientes com demência e depressão (16) e também voltados para diferentes tipos de depressão, detectáveis a partir de dados eletroencefalográficos (57); em pessoas diagnosticadas com Transtorno do Déficit de Atenção / Hiperatividade (TDAH), os estudos se voltam para as alterações na área pré-frontal, relacionadas com alterações nas funções executivas, características do transtorno, visando identificar diferentes subtipos do TDAH (1); em indivíduos com dislexia, há esforços na literatura direcionados à identificação de padrões elétricos que possam facilitar o diagnóstico (37) e direcionados à investigação do tempo de processamento de leitura, além de possível alteração na ordem da rede neural também ligada à leitura, especialmente no tangente a alterações no processamento fonológico (35).

Algumas outras condições também têm sido investigadas com o auxílio da EEG. Pesquisas sobre alcoolismo e dependência química (46), dependência química e não química (29), compulsão alimentar (essa comumente ligada à obesidade e seus quadros de comorbidades associadas (47)) também têm figurado na literatura. Mais recentemente, devido aos relatos médicos de quadros neurológicos decorrentes da infecção por COVID-19, alguns relatos de casos e estudos têm sido conduzidos no intuito de compreender possíveis padrões eletrofisiológicos para as encefalopatias causadas pela infecção pelo SARS-CoV-2 (28). Dadas as diversas incertezas sobre as manifesta-

ções sintomáticas e sobre as sequelas da COVID-19, esses estudos com EEG ainda são inconclusivos.

A partir disso, é possível observar que a eletroencefalografia pode investigar características fundamentais da eletrofisiologia cerebral de determinados quadros clínicos, o que, por consequência, pode fornecer informações essenciais para a criação de tratamentos mais adequados a cada tipo (e subtipo) de população clínica. De igual maneira, esses achados, ao auxiliarem na compreensão dos fenômenos cognitivos subjacentes aos processos de aprendizagem, podem orientar as instituições e os profissionais escolares à adoção de práticas pedagógicas mais bem direcionadas às necessidades dos aprendizes.

Desenvolvimento cognitivo típico ou não

A EEG é um dos métodos mais eficazes para verificação de mudanças associadas à idade e à maturação de estruturas e processos neurais (6). Por ser um método não invasivo, é adequado, ainda, para o uso em participantes mais jovens, e pode ser repetido em estudos longitudinais. Ademais, devido à facilidade de registro durante a administração de tarefas neuropsicológicas, a EEG é frequentemente empregada para a avaliação do desenvolvimento cognitivo. Além disso, também pode ser uma ferramenta que permite a compreensão de aspectos do desenvolvimento típico (DT) ou não, possibilitando acesso a características de determinados quadros que, por meio de outras metodologias, não poderiam ser acessadas.

Quando aplicada em crianças, a EEG é capaz de verificar o desenvolvimento de processos associados à Teoria da Mente (54), esclarecer mudanças no desenvolvimento do cérebro durante a infância e apontar prejuízos no desenvolvimento da linguagem (7). A partir desse método, também são investigadas as associações neurais do desenvolvimento de habilidades psicomotoras (11) e das funções executivas, ou seja, atenção visual, expressão e regulação da emoção, memória de trabalho e controle inibitório (10). No estudo da aprendizagem, a EEG também pode ser empregada na comparação dos processos neurais entre crianças com desenvolvimento cognitivo típico e crianças com dificuldade de aprendizagem, como dislexia (2) ou discalculia (55). A seguir, apresentam-se alguns exemplos de estudos que ilustram como a EEG pode desvendar esses aspectos.

A Síndrome de Williams (SW) é conhecida pela hipersociabilidade de seus portadores (36). Para a socialização, uma importante habilidade é a detecção de faces, uma força relativa na SW. Estudos com EEG, utilizando métodos complexos de análise de padrão multivariado e de ERP, possibilitaram averiguar diferenças que sugerem um processamento de faces com início precoce na SW, quando comparado com desenvolvimento típico. O componente de ERP, comumente investigado em estudos com a SW,

é, então, o N170. Mais estudos são, contudo, necessários para que se possa afirmar, categoricamente, tratar-se de maior habilidade da SW para reconhecimento facial ou tratar-se de um processamento associado apenas ao maior interesse social observado nesse grupo (17).

No caminho oposto ao da Síndrome de Williams, o TEA é conhecido por dificuldades nas interações sociais. Ainda seguindo a linha de estudos sobre detecção de faces, observou-se que crianças de desenvolvimento típico apresentam maiores amplitudes para os componentes P400 e Nc (do inglês *negativity central*), diante de faces e objetos conhecidos, enquanto crianças com TEA apresentam maiores amplitudes de ERPs apenas diante de objetos conhecidos, o que indica dificuldade nesse processo de reconhecimento de faces, presente desde a infância (15). Outro estudo com TEA e percepção de faces detectou maiores amplitudes de P600 parietal para faces repetidas apenas em crianças com DT. Esse potencial estaria associado a melhor memória atrasada (recuperação tardia) de faces (27). É importante ressaltar que esses estudos não explicam o autismo, mas demonstram como a EEG pode colaborar para a compreensão das alterações neurológicas associadas ao padrão cognitivo. Outras pesquisas, por exemplo, apontam déficits na habilidade de processar e atribuir estados mentais a si mesmo e a outras pessoas (Teoria da Mente) (9), reforçando a EEG como ferramenta útil na investigação dos processos neurofisiológicos que embasam esses distúrbios.

Buscando compreender as dificuldades que pessoas com TEA apresentam com a linguagem, um estudo avaliando processamento semântico de imagens e palavras observou que, para aspectos semânticos, tanto linguísticos como visuais, o N400, componente classicamente relacionado a esse processamento, foi semelhante para TEA e DT. Também foi possível observar, entretanto, que o grupo com TEA utilizou de estratégias de integração pós-lexical, mais controladas, evidenciadas pelo componente N400RP (*right-lateralized parietal N400 effect*). Apresentando um efeito de lateralização direita, esse componente estaria associado a essa estratégia, o que compensaria uma falha no processamento por expectativa. Essa estratégia baseada na expectativa foi observada no grupo de DT e é evidenciada pela presença de um componente N300 diante de estímulos lexicais; esse componente, além de estar associado à linguagem, também é sensível ao efeito *priming* (13). Esses dados aqui relatados são apenas alguns dos exemplos que ilustram como a EEG pode revelar diferenças de processos cognitivos relacionados a um mesmo comportamento.

Em casos de Deficiência Intelectual (DI), caracterizada principalmente por limitações notáveis no comportamento adaptativo e no funcionamento intelectual, esse método pode ser usado tanto para fins diagnósticos quanto para pesquisas. Num estudo realizado com uma amostra de 81 crianças e adolescentes diagnosticados com TEA ou transtorno invasivo do desenvolvimento não especificado (PDD-NOS, do inglês *Pervasive Developmental Disorder - Not Otherwise Specified*), os pacientes com DI grave apresentaram uma taxa mais alta de anormalidades no EEG do que pacientes sem comor-

bidade de DI e pacientes com DI leve ou moderada. A maioria das anormalidades identificadas estavam associadas ao córtex temporal e a estruturas corticais adjacentes, indicando que o córtex temporal pode desempenhar uma influência considerável em transtornos invasivos do desenvolvimento (59).

A EEG também contribui para pesquisas sobre dislexia e sua típica característica de dificuldade com a linguagem. Um exemplo de como essa tecnologia pode ser implementada pode ser visto num estudo que buscou avaliar dificuldades na percepção da fala, comparando crianças com dislexia e crianças com DT em condições de silêncio e de ruído. Nesse estudo, observou-se que crianças com dislexia apresentam o componente N1 com amplitude reduzida, o que pode estar relacionado a uma menor sincronia de determinadas regiões na decodificação de informações acústicas; também foi observado um atraso de N1 indicando uma desorganização temporal em condições de escuta com ruído (18). Outro estudo avaliou o processamento de tarefas de linguagem comparando adultos disléxicos e com DT. Observou-se, aqui, que, dependendo da tarefa, o processamento ocorria da mesma maneira para os dois grupos. Em tarefas de decisão lexical, os mesmos padrões foram observados para os grupos; em tarefas de leitura em voz alta, a distribuição de N2 foi diferente para os disléxicos, indicando a utilização de estratégias distintas no processamento (35).

Os estudos aqui apresentados têm por intuito demonstrar como a EEG pode ser utilizada para responder questões de desenvolvimento, cognição, aspectos sociais, emocionais, entre outros. Contudo, não é interesse deste capítulo esgotar todos os campos e possibilidades dessa técnica, tampouco abranger todo o conhecimento já estabelecido por meio dela.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de as técnicas de neuroimagem terem, em certa medida, ganhado maior destaque na literatura em neurociência quando comparadas à EEG, não se pode negar a relevância dessa técnica para as pesquisas acadêmicas e clínicas que visam compreender a atividade cerebral, principalmente em razão de as técnicas de neuroimagem funcionais terem baixa resolução temporal; o tempo de resposta do sinal BOLD na RMf demora, em média, 1,5 segundos. Dessa forma, as técnicas eletrofisiológicas ainda são amplamente adotadas na literatura, muitas vezes até combinadas às técnicas de neuroimagem, como a RMf ou a tomografia computadorizada por emissão de pósitrons (PET-CT), permitindo que os pesquisadores comparem respostas hemodinâmicas e elétricas, proporcionando melhores compreensões das relações entre elas. Comparada a essas outras duas técnicas, a EEG ainda apresenta a vantagem de ter aplicação relativamente simples, de baixo custo e até portátil, sendo, então, mais acessível a profissionais e pesquisadores, podendo ser útil no desenvolvimento de paradigmas e de medi-

das mais adequadas ao rastreo, diagnóstico e prognóstico de transtornos, assim como da resposta aos tratamentos.

Diversos protocolos de pesquisa em neurociência têm sido aplicados para se investigarem novas e possíveis estratégias de avaliação e intervenção, tanto em contextos de desenvolvimento típico quanto clínico. A intenção é que, cada vez mais, graças à existência de equipamentos portáteis, as técnicas não invasivas de neuroimagem e de eletrofisiologia sejam utilizadas em contextos o mais ecológicos possível, para aprimorar os conhecimentos das bases neurobiológicas dos diversos processos cerebrais e, assim, contribuir também para propor soluções a possíveis déficits detectados nesses processos. No caso particular da EEG, verifica-se sua importância pela sua precisão temporal na identificação de processamentos de estímulos específicos, o que, quando combinado a dados coletados por outras tecnologias e pela avaliação comportamental, pode auxiliar no desenvolvimento de práticas pedagógicas mais eficazes, considerando as particularidades dos diversos marcos do desenvolvimento e seus processos cognitivos associados. No contexto da saúde, os achados aqui resumidos também podem auxiliar práticas clínicas mais efetivas, capazes de proporcionar às populações atípicas um desenvolvimento cada vez mais funcional.

REFERÊNCIAS

1. Aldemir R, Demirci E, Per H, Canpolat M, Özmen S, Tokmakçı M. Investigation of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) sub-types in children via EEG frequency domain analysis. *Int J Neurosci*. 2017; 128(4):349-60.
2. Arns M, Peters S, Breteler R, Verhoeven L. different brain activation patterns in dyslexic children: evidence from eeg power and coherence patterns for the double-deficit theory of dyslexia. *J Integr Neurosci*. 2007; 6(1):175-90.
3. Banaschewski T, Brandeis D. Annotation: What electrical brain activity tells us about brain function that other techniques cannot tell us? A child psychiatric perspective. *J Child Psychol Psychiatry*. 2007; 48(5):415-35.
4. Baptista NI, Manfredi M, Boggio PS. Medial prefrontal cortex stimulation modulates irony processing as indexed by the N400. *Soc Neurosci*. 2018; 13(4):495-510.
5. Baretta L, Tomitch LMB, Lim VK, Waldie KE. Investigating reading comprehension through EEG. *Ilha do Desterro: J English Lang Literat English Cult Stud*. 2012; (63):69-99.
6. Bell MA, Cuevas K. Using EEG to study cognitive development: issues and practices. *J Cogn Dev*. 2012; 13(3):281-94.
7. Benasich AA, Gou Z, Choudhury N, Harris KD. Early cognitive and language skills are linked to resting frontal gamma power across the first 3 years. *Behav Brain Resh*. 2008; 195(2):215-22.
8. Boksem MA, Cremer DD. Fairness concerns predict medial frontal negativity amplitude in ultimatum bargaining. *Soc Neurosci*. 2010; 5(1):118-28.

9. Bradford EEF, Gomez J-C, Jentzsch I. Exploring the role of self / other perspective-shifting in theory of mind with behavioural and EEG measures. *Soc Neurosci*. 2018; 14(5):530-44.
10. Cai D, Deng M, Yu J, Nan W, Leung AW. The relationship of resting-state EEG oscillations to executive functions in middle childhood. *Int J Psychophysiol*. 2021; 164:64-70.
11. Cainelli E, Trevisanuto D, Cavallin F, Manara R, Suppiej A. Evoked potentials predict psychomotor development in neonates with normal MRI after hypothermia for hypoxic-ischemic encephalopathy. *Clin Neurophysiol*. 2018; 129(6):1300-6.
12. Canal P, Bischetti L, Paola SD, Bertini C, Ricci I, Bambini V. 'Honey, shall I change the baby? Well done, choose another one': ERP and time-frequency correlates of humor processing. *Brain Cogn*. 2019; 132:41-55.
13. Coderre EL, Chernenok M, Gordon B, Ledoux K. Linguistic and non-linguistic semantic processing in individuals with autism spectrum disorders: an ERP study. *J Autism Dev Disord*. 2017; 47(3):795-812.
14. Crites SL, Cacioppo JT, Gardner WL, Berntson GG. Bioelectrical echoes from evaluative categorization: II. A late positive brain potential that varies as a function of attitude registration rather than attitude report. *J Pers Soc Psychol*. 1995; 68(6):997-1013.
15. Dawson G, Carver L, Meltzoff AN, Panagiotides H, McPartland J, Webb SJ. Neural correlates of face and object recognition in young children with autism spectrum disorder, developmental delay, and typical development. *Child Dev*. 2002; 73(3):700-17.
16. Deslandes A, Veiga H, Cagy M, Fiszman A, Piedade R, Ribeiro P. Quantitative electroencephalography (qEEG) to discriminate primary degenerative dementia from major depressive disorder (depression). *Arq Neuro-Psiquiatr*. 2004; 62(1):44-50.
17. Farran EK, Mares I, Papisavva M, Smith FW, Ewing L, Smith ML. Characterizing the neural signature of face processing in Williams syndrome via multivariate pattern analysis and event related potentials. *Neuropsychologia*. 2020; 142:107440. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107440>.
18. Frey A, François C, Chobert J, Besson M, Ziegler JC. Behavioral and electrophysiological investigation of speech perception deficits in silence, noise and envelope conditions in developmental dyslexia. *Neuropsychologia*. 2019; 130:3-12. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2018.07.033.
19. Friedman D. Cognition and aging: a highly selective overview of Event-Related Potential (ERP) data. *J Clin Exp Neuropsychol*. 2003; 25(5):702-20. doi: 10.1076/j.cen.25.5.702.14578.
20. Friedman D. The components of aging. In: Luck SJ, Kappenman ES. *The Oxford handbook of event-related potential components*. Oxford: Oxford University Press; 2012.
21. Friedman D, Cycowicz YM, Gaeta H. The novelty P3: an event-related brain potential (ERP) sign of the brain's evaluation of novelty. *Neurosci Biobehav Rev*. 2001; 25(4):355-73.
22. Giglio AC, Minati L, Boggio PS. Throwing the banana away and keeping the peel: neuroelectric responses to unexpected but physically feasible action endings. *Brain Res*. 2013; 1532:56-62.
23. Handy TC. *Event-related potentials: a methods handbook*. Cambridge: MIT Press; 2005.
24. Holroyd CB, Coles MGH. The neural basis of human error processing: reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychol Rev*. 2002; 109(4):679-709.

25. Kang E, Keifer CM, Levy EJ, Foss-Feig JH, McPartland JC, Lerner MD. Atypicality of the N170 event-related potential in autism spectrum disorder: a meta-analysis. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging*. 2018; 3(8):657-66.
26. Kappenman ES, Luck SJ. ERP Components: the ups and downs of brainwave recordings. In: Luck SJ, Kappenman ES. *The Oxford handbook of event-related potential components*. Oxford: Oxford University Press; 2012.
27. Key AP, Corbett BA. ERP Responses to face repetition during passive viewing: a nonverbal measure of social motivation in children with autism and typical development. *Dev Neuropsychol*. 2014; 39(6):474-95.
28. Kubota T, Gajera PK, Kuroda N. Meta-analysis of EEG findings in patients with COVID-19. *Epilepsy Behav*. 2021; 115:107682. doi: 10.1016/j.yebeh.2020.107682.
29. Kuss DJ, Griffiths MD. Internet and gaming addiction: a systematic literature review of neuroimaging studies. *Brain Sci*. 2012; 2(3):347-74.
30. Kutas M, Federmeier KD. Thirty years and counting: finding meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP). *Annu Rev Psychol*. 2011; 62(1):621-47.
31. Liu Y, Huang H, McGinnis-Deweese M, Keil A, Ding M. Neural substrate of the late positive potential in emotional processing. *J Neurosci*. 2012; 32(42):14563-72.
32. Lu Y, Zhang W-N, Hu W, Luo Y-J. Understanding the subliminal affective priming effect of facial stimuli: an ERP study. *Neurosci Letters*. 2011; 502(3):182-5.
33. Luck SJ. *An introduction to the event-related potential technique*. Cambridge: MIT Press; 2005.
34. Luck SJ. *An Introduction to the event-related potential technique*. 2nd ed. Cambridge: MIT Press; 2014.
35. Mahé G, Pont C, Zesiger P, Laganaro M. The electrophysiological correlates of developmental dyslexia: new insights from lexical decision and reading aloud in adults. *Neuropsychologia*. 2018; 121:19-27.
36. Martens MA, Wilson SJ, Reutens DC. Research review: Williams syndrome: a critical review of the cognitive, behavioral, and neuroanatomical phenotype. *J Child Psychol Psychiatry*. 2008; 49(6):576-608.
37. Martinez-Murcia FJ, Ortiz A, Morales-Ortega R, López PJ, Luque JL, Castillo-Barnes D et al. Periodogram connectivity of EEG signals for the detection of dyslexia. In: Vicente JMF, Álvarez-Sánchez JR, López FP, Moreo JT, Adeli H. *Understanding the brain function and emotions*. New York: Springer; 2019. p. 350-9.
38. Matlovic T, Gaspar P, Moro R, Simko J, Bielikova M. Emotions detection using facial expressions recognition and EEG. In: *Proceedings of the 11th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation and Personalization*; 2016 oct 20-21; Thessaloniki, Greece. p. 18-23. doi: 10.1109/SMAP.2016.7753378.
39. Mauss IB, Robinson MD. Measures of emotion: a review. *Cogn Emot*. 2009; 23(2):209-37.
40. Mecarelli O. Past, present and future of the EEG. In: Mecarelli O. *Clinical electroencephalography*. New York: Springer; 2019.
41. Naim-Feil J, Rubinson M, Freche D, Grinshpoon A, Peled A, Moses E et al. Altered brain network dynamics in schizophrenia: a cognitive electroencephalography study. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging*. 2018; 3(1):88-98.

42. Oberman LM, Hubbard EM, McCleery JP, Altschuler EL, Ramachandran VS, Pineda JA. EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *Cogn Brain Res.* 2005; 24(2):190-8.
43. O'Reilly C, Lewis JD, Elsabbagh M. Is functional brain connectivity atypical in autism? A systematic review of EEG and MEG studies. *PloS One.* 2017; 12(5):e0175870. doi: 10.1371/journal.pone.0175870.
44. Paulmann S, Kotz SA. An ERP investigation on the temporal dynamics of emotional prosody and emotional semantics in pseudo- and lexical-sentence context. *Brain Lang.* 2008;105(1):59-69.
45. Ribeiro TC, Valasek CA, Minati L, Boggio PS. Altered semantic integration in autism beyond language. *Neuroreport.* 2013; 24(8):414-8. doi: 10.1097/WNR.0b013e328361315e.
46. Ridder DD, Vanneste S, Kovacs S, Sunaert S, Dom G. Transient alcohol craving suppression by rTMS of dorsal anterior cingulate: an fMRI and LORETA EEG study. *Neurosci Letters.* 2011; 496(1):5-10. doi: 10.1016/j.neulet.2011.03.074.
47. Ridder DD, Manning P, Leong SL, Ross S, Sutherland W, Horwath C et al. The brain, obesity and addiction: an EEG neuroimaging study. *Sci Rep.* 2016; 6:34122. doi: 10.1038/srep34122.
48. Rippon G. Electroencephalography. In: Senior C, Russell T, Gazzaniga MS. *Methods in mind.* Cambridge: MIT Press; 2006.
49. Rodríguez A, Rey B, Clemente M, Wrzesien M, Alcañiz M. Assessing brain activations associated with emotional regulation during virtual reality mood induction procedures. *Expert Syst Appl.* 2015; 42(3):1699-709. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.10.006>.
50. Rossion B, Jacques C. The N170: understanding the time course of face perception in the human brain. In: Luck SJ, Kappenman ES. *The Oxford handbook of event-related potential components.* Oxford: Oxford University Press; 2012.
51. Rossion B, Joyce CA, Cottrell GW, Tarr MJ. Early lateralization and orientation tuning for face, word, and object processing in the visual cortex. *Neuroimage.* 2003; 20(3):1609-24.
52. Russo FD, Martínez A, Sereno MI, Pitzalis S, Hillyard SA. Cortical sources of the early components of the visual evoked potential. *Hum Brain Map.* 2001; 15(2):95-111.
53. Rêgo GG, Campanhã C, Egito JHTD, Boggio PS. Taking it easy when playing ultimatum game with a Down syndrome proposer: effects on behavior and medial frontal negativity. *Soc Neurosci.* 2017; 12(5):530-40.
54. Sabbagh MA, Bowman LC, Evraire LE, Ito JMB. Neurodevelopmental correlates of theory of mind in preschool children. *Child Dev.* 2009; 80(4):1147-62.
55. Soltész F, Szűcs D, Dékány J, Márkus A, Csépe V. A combined event-related potential and neuropsychological investigation of developmental dyscalculia. *Neurosci Letters.* 2007; 417(2):181-6.
56. Swaab TY, Ledoux K, Camblin CC, Boudewyn, MA. Language-related ERP components. In: Luck SJ, Kappenman ES. *The Oxford handbook of event-related potential components.* Oxford: Oxford University Press; 2012.
57. Wade EC, Iosifescu DV. Using electroencephalography for treatment guidance in major depressive disorder. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging.* 2016; 1(5):411-22.
58. Woodman GF. A brief introduction to the use of event-related potentials in studies of perception and attention. *Atten Percept Psychophys.* 2010; 72(8):2031-46.

59. Ünal Ö, Özcan Ö, Öner Ö, Akcakin M, Aysev A, Deda G. EEG and MRI findings and their relation with intellectual disability in pervasive developmental disorders. *World J Pediatr.* 2009; 5(3):196-200.

20

**Fisiologia e educação:
como estudos com eletrocardiografia e
medidas de condutância da pele podem
contribuir para a construção de um
ambiente propício para a aprendizagem**

Letícia Yumi Nakao Morello

Patrícia Moraes Cabral

Beatriz de Oliveira Ribeiro

Paulo Sérgio Boggio

INTRODUÇÃO

Emoções e fisiologia

Desde o século XIX, cientistas estudam emoções e expressão emocional (4). Ainda não existe uma única definição de emoção ou uma única teoria explicativa para o papel adaptativo de cada uma delas. Uma das teorias existentes foi elaborada por Paul Ekman (21); o autor afirma que pessoas reagem a alguns estímulos universais de maneira semelhante (22) e, a exemplo, pode-se destacar a eliciação de respostas fisiológicas e comportamentais de luta e fuga (correr ou se defender) diante de um estímulo ameaçador, o que configura a emoção que conhecemos como medo. A teoria de Ekman é conhecida como a teoria das emoções universais e considera que existem respostas padrão na humanidade para cinco emoções consideradas básicas: alegria, medo, nojo, tristeza e raiva.

Uma das primeiras teorias sobre emoção, elaborada por Willian James e Carl Lange, já versava sobre a relação entre as emoções e a fisiologia: propunha que o que experimentamos como emoção era a resposta a alterações fisiológicas e automáticas frente a estímulos específicos (4). Teorias mais recentes sobre emoção compreendem processos emocionais como um conjunto de fenômenos que envolvem respostas fisiológicas, processos automáticos e deliberados de processamento e integração das informações do mundo externo e interno, bem como respostas comportamentais (13, 27).

FISIOLOGIA E FORMAS DE MENSURAÇÃO

Define-se como fisiologia a forma como o corpo funciona e reage a determinados contextos. A fisiologia está diretamente relacionada à anatomia e aos processos nomeados “psicológicos” e, a partir disso, temos o que é chamado de psicofisiologia (12). A psicofisiologia pode ser considerada como o estudo da “relação corpo e mente”, ou seja, preocupa-se com a interação entre experiência, comportamento e ambiente, seja esse ambiente físico ou social. Atualmente, entende-se que essa leitura dualista não é adequada. O funcionamento conjunto dos sistemas centrais e periféricos é o que garante que vivenciemos o que convencionamos chamar diferencialmente de cognição, comportamento, emoção e todos os demais fenômenos da experiência humana. Contudo, no presente capítulo, por vezes retomaremos os termos de forma separada para evidenciar a construção histórica dos conhecimentos até o estado atual da literatura.

Podemos considerar que os estudos relacionando psicologia e fisiologia são bastante recentes. Estudos que datam de menos de um século realizaram manipulação de fatores psicológicos e fizeram medição de uma ou mais respostas fisiológicas. Como

exemplo, podemos encontrar um *handbook* que foi publicado em 1972 (30), além de estudos que já mensuravam atividade elétrica muscular ao fazer atividades “mentais” (33). Entretanto, apenas no início do século XXI começamos a estabelecer padrões de registros das medidas fisiológicas, procedimentos e técnicas de análises, o que permitiu estudar com maior precisão as inter-relações entre processos psicológicos e cerebrais, comportamento, ambiente e até mesmo genética (12), além de fazer relação dos mesmos com mudanças no sistema periférico. Com o avanço desse conhecimento se fortaleceram as hipóteses que apontavam que as emoções não são meramente experiências “psicológicas” (35), pois o que as pessoas descrevem como emoção envolve processos corporificados: frequentemente nos deparamos com expressões como borboletas no estômago, tremendo de nervoso e, até mesmo, sangue fervendo, seja de raiva ou mesmo de amor. Essas expressões evidenciam que, mesmo na cultura popular, existem sinais de que a fisiologia está relacionada com nossas experiências emocionais. Estudos recentes sugerem que a experiência de uma emoção está de fato associada a alterações sensoriais em diferentes regiões do corpo (43).

Atualmente, o estudo da psicofisiologia se divide em subcategorias: a psicofisiologia cognitiva, por exemplo, está amplamente preocupada com os processos mentais (12) e, portanto, tem como objetivo analisar a relação entre alterações no sistema periférico e processos da cognição como aprendizagem, atenção e memória (16). Temos também a psicofisiologia social, que tem como foco os efeitos das interações sociais sobre os processos cognitivos, emocionais e comportamentais e como eles podem ser relacionados ou revelados ao olhar para as medidas fisiológicas, visando a intervenções e suas consequências (12). Podemos ainda falar sobre a psicofisiologia da emoção, que investiga os correlatos fisiológicos das emoções (35). No presente capítulo, evitaremos abordar a via mais óbvia ao falar sobre fisiologia e cognição, que seriam estudos da psicofisiologia cognitiva, e nos dedicaremos a apontar como os estudos do campo da psicofisiologia das emoções podem contribuir para melhoramentos nos espaços de aprendizagem. Dentre as técnicas mais comuns de mensuração da fisiologia, as que abordaremos no capítulo são as análises de frequência de batimento cardíaco – eletrocardiograma (ECG) e condutância da pele, ou seja, a atividade elétrica em determinada região facilitada pela sudorese.

Os estudos recentes no campo da psicofisiologia levaram à classificação das emoções, que podem ser divididas em positivas e negativas (23). Podemos verificar essa diferenciação analisando a frequência cardíaca: a raiva, por exemplo, costuma evocar frequências cardíacas maiores, já a felicidade costuma apresentar diminuição da atividade cardíaca (23, 36). Já quando falamos sobre condutância de pele, e ainda tomando a raiva como exemplo, ela está associada a menores respostas de condutância (46), e, assim, podemos avaliar diversas outras emoções (medo, nojo, tristeza, entre outras), e até mesmo falar sobre fenômenos mais complexos à luz das medidas fisiológicas, como a dor social (15), a regulação emocional (39) e a meditação (54).

Ter medidas objetivas sobre os estados emocionais dos indivíduos em pesquisas sobre a emoção e a influência das emoções sobre outros processos configura um avanço importante: já não mais se depende apenas de relatos subjetivos desses indivíduos sobre suas emoções; relatos esses que, justamente por serem subjetivos, dependiam do repertório individual de nomeação e de comunicação, por exemplo, sendo bastante variáveis e imprecisos. Medidas periféricas, como o ECG e a condutância da pele, representam, assim, um ganho em precisão da mensuração, em possibilidade de replicação dos estudos e generalização dos resultados das pesquisas sobre os fenômenos emocionais. A seguir, detalharemos como essas tecnologias funcionam e quais as contribuições dos dados advindos de sua utilização para o entendimento do impacto das emoções no processo de aprendizagem.

Eletrocardiografia

A eletrocardiografia (ECG) é uma técnica de mensuração da atividade elétrica do coração (29) e foi bem desenvolvida pelo campo da cardiologia médica (5, 28). O seu estudo vem sendo expandido por outras áreas do conhecimento, como psicologia e neuropsicologia, visando, muitas vezes, explorar correlatos fisiológicos de processos cognitivos, pois os padrões da variabilidade da frequência cardíaca oferecem informações importantes sobre a dinâmica cardiovascular que podem decorrer de processos neurais(5), cognitivos e fisiológicos (52).

A análise da variabilidade da frequência cardíaca, de uma forma não invasiva, consegue medir a atividade individual do sistema nervoso simpático e sistema nervoso parassimpático (9, 41). Para mensurar a variabilidade da frequência cardíaca, usam-se eletrodos que geralmente são descartáveis e a sua montagem pode variar com a área de estudo. Em cardiologia clínica, por exemplo, usam-se variações múltiplas de montagens desses eletrodos distribuídos pelo tórax, pois essa configuração oferece uma melhor perspectiva elétrica sobre os eventos dos ciclos cardíacos (5); já em estudos de psicofisiologia é mais comum o uso de apenas dois eletrodos (um polo positivo e outro negativo) que podem ser posicionados, por exemplo, no encontro intercostal direito e esquerdo e um eletrodo referência posicionado na tíbia, como pode ser visto na Figura 1 (39).

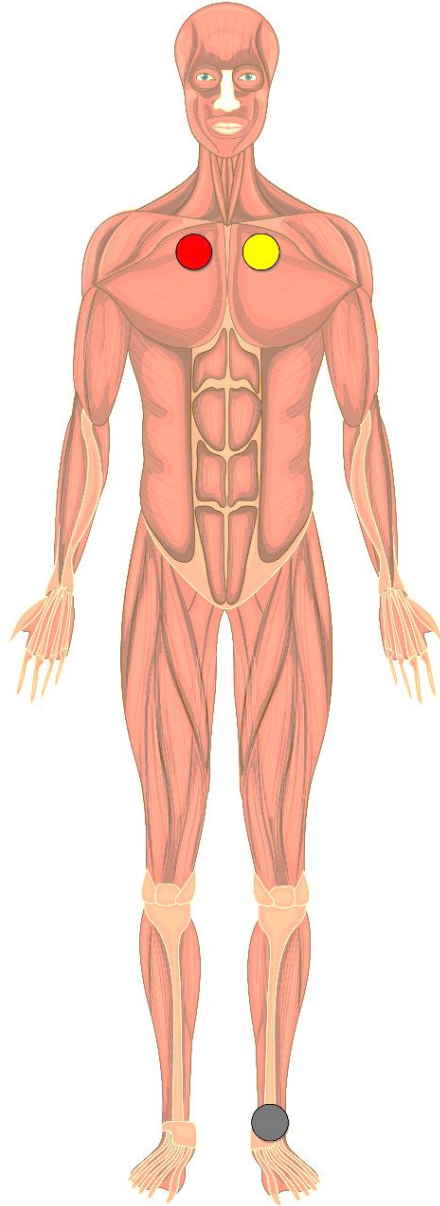


Figura 1. Representação do posicionamento dos eletrodos de ECG.

Pesquisas recentes apontam que os sinais fisiológicos, em especial a frequência cardíaca, podem ser utilizados para a identificação de estados emocionais (55), e conforme o campo de estudo que se utiliza do ECG vem sendo expandido, essa tecnologia passou a ser considerada um dos importantes indicadores de avaliação do reconhecimento das emoções (1). Por meio da avaliação da frequência cardíaca é possível, por exemplo, estudar respostas como o estresse tanto em animais (42) como em seres humanos (40, 48) e emoções, como raiva e felicidade (23).

Condutância da pele

Atividade eletrodérmica é um termo utilizado para se referir às mudanças autonômicas nas propriedades da pele, que, para além de uma barreira seletiva entre a corrente sanguínea e o exterior do corpo, atua (conjuntamente com a vasodilatação e vasoconstricção) como reguladora da temperatura corporal por meio da produção de suor (14).

A propriedade mais estudada da atividade eletrodérmica é a condutância, podendo ser quantificada por meio da diferença de potencial elétrico entre dois pontos da pele, sendo esses, na maior parte das vezes, a falange distal dos dedos indicador e médio ou na palma de uma das mãos. São selecionados dois pontos para criar uma diferença de potencial, passível de ser medida, quando aplicada uma corrente elétrica; como sabemos que a condutância é o inverso da resistência, calculamos esse fator (resistência) a partir do quociente entre a diferença de potencial entre os eletrodos e a corrente elétrica que está atravessando a pele (11).

Os estudos sobre as alterações elétricas da pele começaram há mais de 100 anos na França, com o neurologista Jean Charcot, e, com o aprimoramento por meio do tempo, pôde-se ampliar a aplicação de tais instrumentos a diferentes áreas, como a psicologia (14).

Como apontado anteriormente, um dos fatores que compõem os processos emocionais é a fisiologia com, por exemplo, respostas corporais periféricas, sendo que emoções distintas apresentam respostas distintas. Uma das maneiras de medir alterações emocionais, como estresse ou ansiedade, é por meio da condutância da pele, já que o estado emocional do indivíduo altera o sinal obtido, sendo utilizado recorrentemente como indicador de estresse, mas também recorrentemente utilizado para medir ansiedade (6). A atividade eletrodérmica é mais suscetível a mudanças emocionais que a atividade cardíaca (7), por exemplo, apesar de ambas serem respostas automáticas do sistema nervoso, dificultando seu controle e alteração (49); tal suscetibilidade permite medir o nível de emoções como entusiasmo, frustração ou tédio (17).

Outro fator que se manifesta por meio de maior alteração no sinal eletrodérmico do que nas outras medidas (como frequência cardíaca, pressão arterial e oximetria) é a resposta fisiológica à dor (2), sendo que quanto maior a amplitude do sinal recebido pela condutância, mais dor o indivíduo sente (44). Como apontado por Eisenberger (19), há grande relação entre dor física e dor social.

Faz-se necessária uma breve definição de dor social, que pode ser entendida como a experiência estressante advinda de uma percepção, ou uma ação, de indivíduos próximos ou grupos sociais que geram prejuízo psicológico ou social (20). A nomeação desse processo como “dor social” se dá devido à ativação, nessas situações, de áreas cerebrais correlatas às observadas em momento de dor física, o que levanta a hipótese

de que esses dois fenômenos podem ser compreendidos pelo cérebro como maneiras similares de sofrimento. Tal sobreposição se dá no componente afetivo de ambas as dores, ao invés de no componente sensorial, e como exemplo de áreas correlatas pode-se citar o córtex cingulado anterior e a ínsula (19).

Outro estudo de Eisenberger (18) mostra que sentir-se excluído em uma tarefa ativa nas mesmas áreas de sobreposição entre dor social e física. Em ambiente escolar pode-se imaginar que ao menos parte das pessoas que o frequentam vivenciem momentos estressantes, como o *bullying* e a exclusão por grupos, que são eliciadoras de dor social.

EMOÇÕES E APRENDIZAGEM

Assim como processos psicológicos eram entendidos como separados de processos corporais, anteriormente se entendia que fenômenos cognitivos como a aprendizagem eram também separados do que se entendia como emoções. Atualmente, compreende-se a aprendizagem como um processo complexo e influenciado por diversos fatores, dentre eles os estados emocionais (53). Neste capítulo expomos como o estresse, que pode ser entendido como uma resposta emocional, e a habilidade de regulação emocional atuam sobre o processo de aprendizagem.

Estresse

O estresse negativo (*distress*) pode ser definido como o conjunto entre uma situação percebida como ameaçadora e as respostas fisiológicas desencadeadas por essa percepção que envolvem, principalmente, a ativação do eixo conhecido como HPA (hipotálamo – pituitária – adrenal) e a consequente liberação de hormônios como adrenalina e cortisol, que, por sua vez, são responsáveis por modificações no estado corporal, tendo efeitos como aumento da frequência cardíaca e da sudorese e maior irrigação sanguínea em membros inferiores. Estudos apontam que as respostas fisiológicas a situações estressantes são mediadoras entre condições socioeconômicas desfavoráveis e o desenvolvimento cognitivo e de habilidades de autorregulação em crianças (8).

Há algumas décadas se sabe que a ação de corticoides sobre a formação de memórias pode ser representada em um gráfico em formato de U invertido, ou seja, até uma determinada quantidade esses hormônios têm papel importante no favorecimento da formação de memórias, mas a partir dessa dose passam a contribuir com a menor eficácia desse processo (34). Isso acontece porque, como descrito anteriormente, esses hormônios têm como função a alteração do estado corporal e, em alguma medida,

maior frequência cardíaca é necessária para que o indivíduo esteja disposto e consiga, por exemplo, direcionar a atenção e manter o foco em alguma tarefa (34, 37).

Todavia, a exposição a esses hormônios em concentrações elevadas afeta o funcionamento e o desenvolvimento adequado do córtex frontal (que engloba áreas importantes para funções como autorregulação e planejamento), como mostra uma recente revisão da literatura (38). Os autores demonstram que a exposição ao estresse de forma pré-natal, ou seja, por meio de estresse materno, pode afetar o desenvolvimento de regiões encefálicas responsáveis pela regulação do eixo HPA, como o córtex frontal e a amígdala (região principalmente responsável pela detecção de ameaças). O estresse na infância, que pode ser eliciado por situações que vão desde a separação prolongada do principal cuidador até abusos físicos, psicológicos e/ou sexuais, tem efeito sobre a taxa de produção de glicocorticoides (hormônios com efeito similar ao cortisol) e sobre o volume da amígdala. A mesma revisão aponta que, na adolescência, o cérebro fica mais sensível a esses hormônios, indicando que a exposição a eventos estressores terá mais efeito sobre pessoas nessa idade, o que explica as taxas relativamente mais altas de transtornos de ansiedade e depressão em adolescentes.

Fica evidente, portanto, a relação entre o estresse vivido pelas crianças em ambientes diversos e o aprendizado e desenvolvimento de habilidades necessárias para o aprendizado formal como a autorregulação. Em adição a isso, mesmo sem considerar os eventos sociais já mencionados anteriormente (*bullying* e exclusão), em uma recente revisão da literatura, Pascoe et al. (45) apontam que o ambiente escolar por si só pode constituir um meio estressor quando, por exemplo, apresenta constantemente demandas que vão além das habilidades dos alunos e/ou estabelece um modelo competitivo baseado em resultados não diretamente relacionados ao aprendizado em si, como notas e aprovação em campeonatos, simulados ou vestibulares. Essas práticas, para além de impactarem negativamente o aprendizado em si, também têm efeito negativo sobre a saúde mental dos alunos como um todo, sendo, assim, um fator que pode contribuir para o desenvolvimento de transtornos como o de ansiedade e também para o início ou agravamento do uso de substâncias (45).

Regulação emocional

Além do estresse, a literatura aponta que diferentes emoções exercem papel importante sobre a aprendizagem. Quando utilizadas como recurso pedagógico, emoções podem promover maior sucesso na memorização e aprendizado: é possível apresentar aos estudantes estímulos que sejam emocionalmente relevantes e que, por assim serem, direcionam a atenção e garantem a motivação e o engajamento no processo de aprendizagem (53). Algumas teorias apontam, também, que algumas emoções, especialmente emoções positivas, favoreceriam o aprendizado por permitir que o olhar para os estímulos seja ampliado e, portanto, que mais informações possam ser processadas

e mais associações possivelmente surjam do contexto em que a emoção positiva está sendo eliciada (25). Todavia, existem emoções que podem ser empecilho para o processo de aprendizagem por desviarem os recursos atencionais para os estados internos (como é o caso da euforia, da ansiedade e da frustração) ou por estarem diretamente relacionadas à baixa motivação (como o tédio).

O modelo explicativo das emoções chamado de *Modal Model* nos ajuda a compreender como a regulação emocional pode atuar de forma a favorecer o aprendizado. Esse modelo propõe que a emoção é uma relação entre indivíduo e ambiente que envolve quatro etapas: (i) a situação em si, (ii) o direcionamento da atenção, (iii) a avaliação cognitiva, e (iv) a resposta do indivíduo sobre a situação específica (31). Como exemplo, podemos pensar em uma situação em que um barulho alto e contínuo acontece fora da sala de aula. O barulho em si seria a situação, e aconteceria então: o direcionamento da atenção dos alunos para esse barulho, uma avaliação cognitiva (alguns podem considerar o barulho assustador, outros podem considerar engraçado), e uma resposta de cada um dos alunos (gritar, rir, reclamar etc.).

Frente a essas etapas, os autores dessa teoria elencam cinco maneiras de regulação emocional (31):

a. Seleção da situação: emprega-se antes da situação em si acontecer. Seria como garantir que a sala de aula esteja localizada em um ambiente silencioso;

b. Modificação da situação: emprega-se após a ocorrência da situação e diretamente sobre ela. No nosso exemplo, seria como agir para que o barulho parasse;

c. Direcionamento atencional ou distração: também ocorre após a situação, mas empregado de modo interno sobre a atenção. No caso dado como exemplo, seria como tentar ignorar o barulho e desviar o foco de volta para a aula;

d. Reavaliação cognitiva: é outro método empregado internamente, com o objetivo de refletir sobre a situação. No nosso exemplo, seria como pensar sobre a origem do barulho, entendê-lo como não ameaçador;

e. Alteração da resposta: emprega-se após a resposta inicial. Seria como conter os gritos, risos e reclamações dos alunos.

Apesar da divisão didática, as maneiras de regulação podem acontecer de forma conjunta, e a maior ou menor eficácia de cada uma delas está relacionada ao tipo de situação que se enfrenta e às habilidades de autorregulação dos indivíduos, de modo que não há um manual a ser seguido que guie tipos e estratégias a depender dos eventos que aconteceram ou mesmo a depender das emoções a serem reguladas. Todavia, habilidades de regulação emocional parecem estar relacionadas a maiores competências acadêmicas (32, 47, 50), e alguns autores apontam que capacitar educadores para ensinar sobre regulação emocional poderia promover um ambiente mais propício ao aprendizado (26).

CONSIDERAÇÕES FINAIS: MENSURAÇÃO DA FISIOLOGIA E CONTEXTO PARA A APRENDIZAGEM

Eventos comuns no ambiente escolar, como a apresentação de trabalhos e responder a questionamentos em voz alta, são situações naturalmente eliciadoras de estresse (3), e alguns estudos apontam que o impacto desse tipo de tarefa pode ser ainda maior em adolescentes; uma das hipóteses para essa alteração é a maior sensibilidade à avaliação do público (10, 51). Estudos que se valeram de medidas fisiológicas, mencionadas no presente trabalho, foram capazes de investigar o quanto desse estresse era atribuível somente ao ato de falar em público (que exige uma preparação física) ou também relacionado a processos emocionais de ansiedade pela antecipação de um evento considerado aversivo (24). Análises de ECG e de medidas de condutância também permitem, por exemplo, discutir a eficácia de estratégias e regulação emocional (39), e, como já mencionado, aprender como regular as emoções pode ser benéfico para um melhor desenvolvimento escolar, auxiliando, por exemplo, alunos e professores a lidarem com situações relacionadas ao estresse.

É importante destacar que não é o propósito deste trabalho classificar uma prática ou outra como “correta” ou “danosa” aos alunos. Como citado anteriormente, níveis de estresse são esperados frente a atividades que demandem esforço cognitivo, por exemplo. Pesquisas sobre a influência de estados emocionais sobre a aprendizagem contribuem para a construção de um conhecimento que pode ser uma ferramenta importante para compreender casos específicos em que processos emocionais possam estar impactando diretamente os índices de rendimento escolar, o que pode acontecer se o aluno estiver enfrentando alguma das diversas situações estressoras mencionadas ao longo do capítulo. Também não é nosso objetivo atribuir a professores ou à equipe educacional a responsabilidade sobre o manejo dessas questões, mas apontamos que o conhecimento de técnicas de regulação emocional pode ser útil para o melhor enfrentamento dessas situações, quando necessário. As tecnologias aqui mencionadas, ECG e condutância da pele, podem ser utilizadas como fornecedoras de informações importantes na avaliação dos impactos emocionais de novos protocolos e práticas educacionais sobre o público ao qual se destina, sobre quais ambientes são mais ou menos propícios ao aprendizado e à saúde dos estudantes. Indicam também técnicas eficazes de regulação emocional que podem ser tanto utilizadas pelos próprios educadores quanto transmitidas aos alunos.

Até muito recentemente as análises de dados de atividade cardíaca e de condutância da pele eram restritas ao ambiente de pesquisa convencional, e realizadas por aparelhos não acessíveis ao público em geral. As avaliações de práticas de ensino e de intervenções específicas, como as mencionadas acima, só poderiam ser, portanto, realizadas em contexto laboratorial e seus resultados poderiam ser transpostos para o co-

tidiano de ensino-aprendizagem. Com o advento de tecnologias de mensuração destinadas ao público, como relógios capazes de medir a frequência cardíaca, pressão sanguínea, oxigenação arterial, quantidade de passos, entre outras atividades e sinais fisiológicos, algumas pesquisas já estão sendo realizadas, ainda em contexto laboratorial, para verificar o funcionamento dessas ferramentas (35), com o objetivo final de utilizá-las posteriormente para realizar estudos ecológicos, no ambiente em que o fenômeno investigado acontece normalmente. A literatura já tem exemplos de uso de *smartwatch* para identificação de cinco tipos diferentes de humor, com cerca de 90% de acurácia com base em respostas fisiológicas (2), para auxílio no reconhecimento das emoções em pacientes com doença de Parkinson acometidos por alexitimia, ou seja, com muita dificuldade ou incapacidade de expressar emoções (50), e, até mesmo, para regular a emoção por meio da alteração da fisiologia: o relógio fornece estímulos táteis ao participante, que, segundo os autores, tem sua frequência mimetizada pela frequência cardíaca. O estudo mostra que participantes que foram expostos a estímulos com menor frequência (batimentos mais lentos) desempenharam melhor em testes cognitivos (15). Nesse último caso, não se trata mais de uma ferramenta de mensuração, mas sim de uma intervenção de regulação emocional.

É importante salientar que as pesquisas com esses equipamentos para os fins mencionados, ou seja, rastrear estados emocionais e eventualmente alterá-los, tiveram início muito recentemente e, para que constituam um conhecimento científico sólido, ainda é necessário que sejam replicadas e suas amostras ampliadas para uma população mais diversa. Além disso, estudos em ambientes cotidianos também se fazem necessários. Todavia, uma vez que seja estabelecido que essas ferramentas são úteis para tais fins e, portanto, podem ser aliadas na promoção de estudos em ambiente não laboratorial, é plausível que elas auxiliem, também, na construção de conhecimento acerca dos impactos emocionais dos ambientes reais de ensino-aprendizagem.

REFERÊNCIAS

1. Agrafioti F, Hatzinakos D, Anderson AK. ECG pattern analysis for emotion detection. *IEEE Trans Affect Comput* [internet]. 2012; 3(1). doi: 10.1109/T-AFFC.2011.28, 2012.
2. Aslanidis T, Grosomanidis V, Karakoulas K, Chatzisotiriou A. Electrodermal activity monitoring during painful stimulation in sedated adult intensive care unit patients: a pilot study. *Acta Med.* [internet]. 2018; 61(2):47-52. doi: 10.14712/18059694.2018.50.
3. Bassett JR, Marshall PM, Spillane R. The physiological measurement of acute stress (public speaking) in bank employees. *Int J Psychophysiol* [internet]. 1987; 5(4):265-73. doi: 10.1016/0167-8760(87)90058-4.
4. Bear MF, Connors BW, Paradiso MA. *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed; 2017.

5. Berntson GG, Quigley KS, Norman GJ, Lozano DL. Cardiovascular psychophysiology. In: *Handbook of psychophysiology*. 4th ed. New York: Cambridge University Press; 2017. p. 183-216.
6. Binboga E, Guven S, Çatıkkaş F, Bayazit O, Tok S. Psychophysiological responses to competition and the big five personality traits. *J Hum Kinet* [internet]. 2012; 33:187-94. doi: 10.2478/v10078-012-0057-x.
7. Birjandtalab J, Cogan D, Pouyan MB, Nourani M. A non-EEG biosignals dataset for assessment and visualization of neurological status. In: *Proceedings of the IEEE International Workshop on Signal Processing Systems (SiPS)*; 2016 oct. 26-28; Dallas, Texas, USA. Dallas: IEEE; 2016. p. 110-4. doi: 10.1109/SiPS.2016.27.
8. Blair C, Raver CC. Individual development and evolution: experiential canalization of self-regulation. *Dev Psychol* [internet]. 2012; 48(3):647-57. doi: 10.1037/a0026472.
9. von Borell E, Langbein J, Després G, Hansen S, Leterrier C, Marchant-Forde J et al. Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals: a review. *Physiol Behav* [internet]. 2007; 92(3):293-316. doi: 10.1016/j.physbeh.2007.01.007.
10. Bos E van den, Rooij M, Miers AC, Bokhorst CL, Westenberg PM. Adolescents' increasing stress response to social evaluation: pubertal effects on cortisol and alpha-amylase during public speaking. *Child Dev* [internet]. 2014; 85(1):220-36. doi: 10.1111/cdev.12118.
11. Boucsein W. *Electrodermal activity*. 2nd ed. New York: Springer; 2012.
12. Cacioppo JT, Tassinary LG, Berntson G. *Handbook of Psychophysiology*. Cambridge: Cambridge University Press; 2007.
13. Cohn MA, Fredrickson BL. Positive emotions. In: Lopez SJ, Snyder CR, editors. *Handbook of positive psychology*. 2nd ed. New York: Oxford University Press; 2009. p. 13-24.
14. Dawson ME, Schell AM, Filion DL. The electrodermal system. In: Cacioppo JT, Tassinary LG, Berntson G. *Handbook of Psychophysiology*. 4th ed. New York: Cambridge University Press; 2017. p. 217-43.
15. Dickerson SS. Physiological responses to experiences of social pain. In: MacDonald G, Jensen-Campbell LA, editors. *Social pain: neuropsychological and health implications of loss and exclusion*. Washington: APA; 2011. p. 79-94.
16. Donchin E, Porges SW, Coles MGH. *Psychophysiology: systems, processes, and applications*. New York: Guilford Press; 1986.
17. Drachen A, Nacke LE, Yannakakis G, Pedersen AL. Correlation between heart rate, electrodermal activity and player experience in first-person shooter games. In: *Proceedings of the 5th ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games*. New York: Association for Computing Machinery; 2010. p. 49-54.
18. Eisenberger NI. The pain of social disconnection: examining the shared neural underpinnings of physical and social pain. *Nat Rev Neurosci* [internet]. 2012; 13:421-34. doi: 10.1038/nrn3231.
19. Eisenberger NI. Social pain and the brain: controversies, questions, and where to go from here. *Annu Rev Psychol* [internet]. 2015; 66:601-29. doi: 10.1146/annurev-psych-010213-115146.

20. Eisenberger NI, Lieberman MD. Why rejection hurts: a common neural alarm system for physical and social pain. *Trends Cogn Sci* [internet]. 2004; 8(7):294-300. doi: 10.1016/j.tics.2004.05.010.
21. Ekman P. Are there basic emotions? *Psychol Rev* [internet]. 1992; 99(3):550-3. 10.1037/0033-295X.99.3.550, 1992.
22. Ekman P, Cordaro D. What is meant by calling emotions basic. *Emot Rev* [internet]. 10.1177/1754073911410740.
23. Ekman, P., Levenson, R. W., and Friesen, W. V. Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions. *Science* [internet]. 10.1126/science.6612338, 1983.
24. Feldman, P. J., Cohen, S., Hamrick, N., and Lepore, S. J. Psychological stress, appraisal, emotion and Cardiovascular response in a public speaking task. *Psychol. Health* [internet]. 2011; 3(4): 364-70. doi:10.1177/1754073911410740.
25. Fredrickson BL. The role of positive emotions in positive psychology: the broaden-and-build theory of positive emotions. *Am Psychol* [internet]. 2001; 56(3): 218-226. doi: 10.1037/0003-066X.56.3.218.
26. Fried L. Teaching teachers about emotion regulation in the classroom. *Austr J Teach Educ*. 2011; 36(3):117-27.
27. Frijda NH. The psychologists' point of view. In: Lewis M, Haviland-Jones JM, Barret LF, editors. *Handbook of emotions*. 3rd ed. New York: Guilford; 2008. p. 68-87.
28. Goldberger AL, Goldberger ZD, Shvilkin A. *Goldberger's clinical electrocardiography: a simplified approach*. 9th ed. New York: Elsevier; 1981.
29. Goshvarpour A, Abbasi A, Goshvarpour A. An accurate emotion recognition system using ECG and GSR signals and matching pursuit method. *Biomed J* [internet]. 2017; 40(6):355-68. doi: 10.1016/j.bj.2017.11.001.
30. Greenfield NS, Sternbach RA. *Handbook of psychophysiology*. Oxford: Holt, Rinehart & Winston; 1972.
31. Gross JJ. Emotion regulation: conceptual and empirical foundations. In: Gross JJ. *Handbook of emotion regulation*. 2nd ed. New York: Guilford Press; 2014. p. 3-20.
32. Hafiz NHAH. Emotion regulation and academic performance among IIUM students: a preliminary study. *J Psikologi Malaysia*. 2015; 29(2)81-92.
33. Jacobson E. Electrical measurements of neuromuscular states during mental activities. III. Visual Imagination and Recollection. *Am J Physiol*. 1930; 95(3):694-702.
34. Joëls M, Pu Z, Wiegert O, Oitzl MS, Krugers HJ. Learning under stress: how does it work? *Trends Cogn Sci* [internet]. 2006; 10(4):152-8. doi: 10.1016/j.tics.2006.02.002.
35. Larsen JT, Berntson GG, Poehlmann KM, Ito TA, Cacioppo JT. The psychophysiology of emotion. In: *Handbook of emotions*. 3rd ed. New York: Guilford Press; 2008. p. 180-95.
36. Levenson RW, Ekman P, Friesen WV. Voluntary facial action generates emotion-specific autonomic nervous system activity. *Psychophysiol* [internet]. 1990; 27(11):363-84. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1990.tb02330.x>.
37. Lupien SJ, McEwen BS. The acute effects of corticosteroids on cognition: integration of animal and human model studies. *Brain Res Rev* [internet]. 1997; 24(1):1-27. doi: 10.1016/S0165-0173(97)00004-0.

38. Lupien SJ, McEwen BS, Gunnar MR, Heim C. Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nat Rev Neurosci* [internet]. 2009. doi: 10.1038/nrn2639.
39. Marques, L. M., Morello, L. Y. N., and Boggio, P. S. Ventrolateral but not Dorsolateral Prefrontal Cortex tDCS effectively impact emotion reappraisal – effects on Emotional Experience and Interbeat Interval. *Sci. Rep.* [internet]. 2018; 10(6):434-45. doi: 10.1038/nrn2639.
40. Mirbagheri M, Hakimi N, Ebrahimzadeh E, Setarehdan SK. Quality analysis of heart rate derived from functional near-infrared spectroscopy in stress assessment. *Inform Med Unlocked* [internet]. 2020; 18:100286. doi: 10.1016/j.imu.2019.100286.
41. Müller MS, Vyssotski AL, Yamamoto M, Yoda K. Heart rate variability reveals that a decrease in parasympathetic ('rest-and-digest') activity dominates autonomic stress responses in a free-living seabird. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* [internet]. 2017; 117-126.10.1016/j.cbpa.2017.07.007.
42. Nephew BC, Kahn SA, Michael Romero, L. Heart rate and behavior are regulated independently of corticosterone following diverse acute stressors. *Gen. Comp. Endocrinol.* [internet]. 2003; 133(2):173-80. doi: 10.1016/S0016-6480(03)00165-5.
43. Nummenmaa L, Glerean E, Hari R, Hietanen JK. Bodily maps of emotions. *Proc Natl Acad Sci U S A* [internet]. 2014; 111(2):646-51. doi: 10.1073/pnas.1321664111.
44. Oliveira MA. Análise da relação da atividade eletrodérmica e a frequência cardíaca com o score de dor em indivíduos com patologia no ombro. [Dissertação]. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa; 2019.
45. Pascoe MC, Hetrick SE, Parker AG. The impact of stress on students in secondary school and higher education. *Int J Adolesc Youth* [internet]. 2020; 25:104-12. doi: 10.1080/02673843.2019.1596823.
46. Pauls CA, Stemmler G. Repressive and defensive coping during fear and anger. *Emotion* [internet]. 2003; 3(3):284-302. doi: 10.1037/1528-3542.3.3.284.
47. Petrides KV, Frederickson N, Furnham A. The role of trait emotional intelligence in academic performance and deviant behavior at school. *Personal Individ Differ* [internet]. 2004; 36(2):277-93. doi: 10.1016/S0191-8869(03)00084-9.
48. Pourmohammadi S, Maleki A. Continuous mental stress level assessment using electrocardiogram and electromyogram signals. *Biomed Signal Process Control* [internet]. 2021; 68(1):102694. doi: 10.1016/j.bspc.2021.102694.
49. Raskin DC, Hare RD. Psychopathy and detection of deception in a prison population. *Psychophysiol* [internet]. 1978; 15(2):126-36. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1978.tb01348.x>.
50. Singh P, Singh N. Difficulties in emotion regulation: a barrier to academic motivation and performance. *J Ind Acad Appl Psychol.* 2013; 39(2):289-97.
51. Sumter SR, Bokhorst CL, Miers AC, Van Pelt J, Westenberg PM. Age and puberty differences in stress responses during a public speaking task: do adolescents grow more sensitive to social evaluation? *Psychoneuroendocrinol* [internet]. 2010; 35(10):1510-6. doi: 10.1016/j.psyneuen.2010.05.004.
52. Tozman T, Magdas ES, MacDougall HG, Vollmeyer R. Understanding the psychophysiology of flow: a driving simulator experiment to investigate the relationship between flow and heart rate variability. *Comput Hum Behav* [internet]. 2015; 52(C):408-18. doi: 10.1016/j.chb.2015.06.023.

53. Tyng CM, Amin HU, Saad MNM, Malik AS. The influences of emotion on learning and memory. *Front Psychol* [internet]. 2017; 8:1454. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01454.
54. Valim CPRAT, Marques LM, Boggio PS. A positive emotional-based meditation but not mindfulness-based meditation improves emotion regulation. *Front Psychol* [internet]. 2019; 10:647. doi: 10.3389/fpsyg.2019.00647.
55. Xiefeng C, Wang Y, Dai S, Zhao P, Liu Q. Heart sound signals can be used for emotion recognition. *Sci Rep* [internet]. 2019; 9(6486). doi: 10.1038/s41598-019-42826-2.

21

**Estimulações cerebrais não invasivas:
as aplicações de Estimulação Transcraniana
por Corrente Contínua (ETCC) e
Estimulação Magnética Transcraniana
(EMT) na aprendizagem e na clínica**

Marília Lira S. Coêlho

Patrícia Moraes Cabral

Letícia Yumi N. Morello

Gabriel Gaudêncio do Rêgo

Paulo Sérgio Boggio

INTRODUÇÃO

As técnicas de neuromodulação transcranianas não invasivas estão entre as grandes revoluções da neurociência do começo do século XXI. Essas técnicas utilizam diferentes formas de energia como corrente elétrica, campo magnético ou ultrassom para modular a atividade corrente de populações de neurônios do cérebro, sendo, por isso, denominadas de neuromodulação (ou estimulação). A aplicação de tais técnicas se dá por meio da aplicação de energia (elétrica, magnética ou mecânica, no caso do ultrassom) por dispositivos (eletrodos, bobinas ou transdutor) ao couro cabeludo, de forma que a energia atravessa o crânio e interfere na atividade do cérebro, sendo, por isso, denominadas de **transcranianas**. Por fim, em razão desses métodos não necessitarem de procedimento cirúrgico que resulte em lesão ao organismo, eles são classificados como **não invasivos**.

O aspecto revolucionário de tais técnicas é em razão de terem se tornado fundamentais para a pesquisa em neurociência. Por meio delas, é possível investigar de modo causal se uma região do córtex cerebral está envolvida em alguma função cognitiva, afetiva ou comportamental. Por exemplo, estudos de neuroimagem (i.e., ressonância magnética funcional) detectaram que pessoas realizando tarefas numéricas apresentavam maior atividade do sulco intraparietal inferior (SPI) de ambos os hemisférios do cérebro, indicando uma correlação entre processo cognitivo e estrutura cerebral (14). Contudo, não se sabia se ambos os hemisférios (ou mesmo se qualquer um deles) seriam verdadeiramente responsáveis pelo processamento numérico ou apenas epifenômenos não correlacionados. Utilizando a estimulação magnética transcraniana (EMT), Kadosh et al. (13) interferiram na atividade do SPI de cada hemisfério de participantes saudáveis enquanto eles realizavam uma atividade de cálculo. Com esse experimento, os pesquisadores identificaram que apenas quando interferiram no SPI do hemisfério direito houve piora na execução da tarefa. Ou seja, esse método permitiu avaliação de causalidade (causa e efeito), de dados correlacionais obtidos por neuroimagem.

A outra revolução dessas técnicas se dá em razão de elas modificarem a atividade do cérebro, o que permitiria interferir na atividade do cérebro para melhorar o desempenho em processos cognitivos, afetivos ou comportamentais, que estão alterados em casos clínicos. Por exemplo, sabendo que aproximados 5% das crianças apresentam um quadro de discalculia (32), e compreendendo que Kadosh et al. (13) conseguiram interferir na habilidade de cálculo por meio da neuromodulação do SPI, seria possível utilizar essa mesma técnica para melhorar desempenho matemático de pessoas com discalculia? Em um estudo de caso, dois adultos diagnosticados com discalculia do desenvolvimento foram submetidos à modulação com Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC), com protocolos de estimulação distintos. Um dos protoco-

los levou à melhoria na performance numérica em um dos participantes, sugerindo o possível uso terapêutico dessa técnica nesse transtorno (29).

A partir desses dois exemplos, percebe-se a relevância das técnicas de neuromodulação para a ciência e para a sociedade, auxiliando pesquisas e possibilitando novas terapêuticas. Abordaremos mais desses exemplos ao longo do capítulo, com foco nos tópicos de aprendizagem e clínica, dando destaque principalmente às técnicas de EMT e ETCC supracitadas. Atualmente existem diversas técnicas de neuromodulação: aquelas cujo mecanismo de ação é a corrente elétrica, como a estimulação transcraniana por corrente contínua (ETCC), por corrente alternada (ETCA) ou por ruído aleatório (ETRA); as técnicas de estimulação magnética transcraniana (EMT); e as técnicas de neuromodulação por ultrassom. Contudo, a maior parte ainda se encontra em fases iniciais de pesquisa, enquanto a ETCC e EMT são mais consolidadas e com maior número de estudos. Antes de falarmos da aplicação na aprendizagem e na clínica, vamos explicar um pouco sobre como essas duas técnicas funcionam (mecanismos de ação) e se são realmente seguras.

MECANISMOS DE AÇÃO E PARÂMETROS DE SEGURANÇA

No começo da introdução falamos que as técnicas de neuromodulação estavam entre as grandes revoluções deste século, contudo sua origem é bem mais antiga. Por exemplo, as técnicas de neuromodulação com corrente elétrica (como a supracitada ETCC) datam ainda do século 19 (16). À época eram vendidas pelo nome de “baterias médicas” e eram receitadas como tratamento para diversos males (por exemplo, dor de cabeça, baixa concentração, dor de estômago etc.). O aparelho consistia em um dispositivo responsável por gerar a corrente, similar a uma bateria de carro pequena (os atuais podem ser do tamanho de um celular), além de dois eletrodos, similares aos usados em um eletrocardiograma, que eram posicionados sobre o corpo para fechar um circuito elétrico. Na época, a aplicação da descarga elétrica não tinha foco específico na cabeça, sendo comumente sugerido posicionar os eletrodos sobre diversas partes do corpo de acordo com a disfunção a ser resolvida (73). Embora possamos considerar essas técnicas seculares, somente nos últimos 20 anos houve um interesse maior da ciência para investigar seu mecanismo fisiológico e parâmetros de segurança para uso humano, sendo a partir de então amplamente adotadas em pesquisas neurocientíficas.

A ETCC, a mais conhecida das técnicas elétricas, é uma técnica que modula a atividade cortical por meio de corrente elétrica contínua de baixa intensidade (tipicamente abaixo dos 2 miliampères [mA]), por meio do posicionamento de eletrodos no escalpo, um ânodo e um cátodo, feitos em metal ou borracha condutiva, que contém uma malha de metal. Os eletrodos podem ser de variados tamanhos e formas, o que mudará a den-

sidade da carga elétrica e o foco da estimulação, ou seja, a região encefálica mais atingida pela corrente. Os eletrodos comumente utilizados na literatura são retangulares, entre 29 e 35 cm². No entanto, é possível identificar eletrodos em outros formatos, como quadrado, redondo ou em anel. Quanto aos eletrodos, ao menos um deles é considerado **ativo**, em razão de ser responsável por estimular uma região cortical alvo, enquanto o outro eletrodo, responsável por fechar o circuito, é chamado de **referência**. O eletrodo de referência pode estar também no escalpe ou ser extra-encefálico, ou seja, posicionado em outra parte do corpo, geralmente no rosto ou ombro (74). A aplicação da corrente elétrica pode ser feita em uma ou mais sessões, que duram usualmente 20 minutos, sendo identificado na literatura o tempo máximo de 40 minutos (5). O aparelho ainda permite fazer uma aplicação placebo, em que a corrente elétrica é ligada rapidamente por alguns segundos, dando uma sensação, a quem está recebendo, similar à condição ativa.

Outro material importante para a estimulação elétrica são as esponjas usadas para cobrir os eletrodos e o material (toucas ou faixas) usado para prender aquelas à cabeça. As esponjas são sempre umedecidas em substâncias condutoras de eletricidade, como soro fisiológico ou gel, para diminuir a resistência elétrica e evitar o aquecimento do eletrodo, diminuindo assim o risco de lesão na pele onde é aplicado. As tiras são geralmente feitas de borracha para evitar a umidade e, assim, a dispersão da corrente elétrica, mas faixas de tecido elástico podem ser usadas caso sejam pouco absorventes (74).

Enquanto a maioria dos aparelhos de neuromodulação são similares ao visto na Figura 1 (página seguinte), é importante ressaltar que existem variações como a ETCC de alta definição, que utiliza um sistema de eletrodos 4 x 1, ou seja, um eletrodo ativo ao centro e quatro eletrodos de referência ao redor, de forma que a corrente tende a atingir uma área mais focal no cérebro.

Quanto aos mecanismos fisiológicos da ETCC, a literatura sugere diversos efeitos no cérebro, sendo os mais discutidos: efeitos somáticos no neurônio - a corrente modula o nível de polarização elétrica da membrana neuronal em estado de repouso (i.e., **potencial de repouso**), facilitando ou dificultando a ativação cortical em razão da despolarização ou hiperpolarização da membrana, respectivamente; efeitos sinápticos duradouros associados ao aumento da plasticidade sináptica (por mecanismos conhecidos como **potenciação de longo-prazo**), em razão do aumento do número de receptores glutamatérgicos em neurônios pós-sinápticos (por exemplo, NMDA ou AMPA) ou da maior expressão de fatores neurotróficos, como o BDNF (8, 68). A partir desses mecanismos é possível observar mudanças cognitivas e comportamentais durante e mesmo um tempo após a estimulação, que pode variar de acordo com a duração da estimulação (por exemplo, efeitos que perduram por algumas horas após estimulação de 20 minutos).

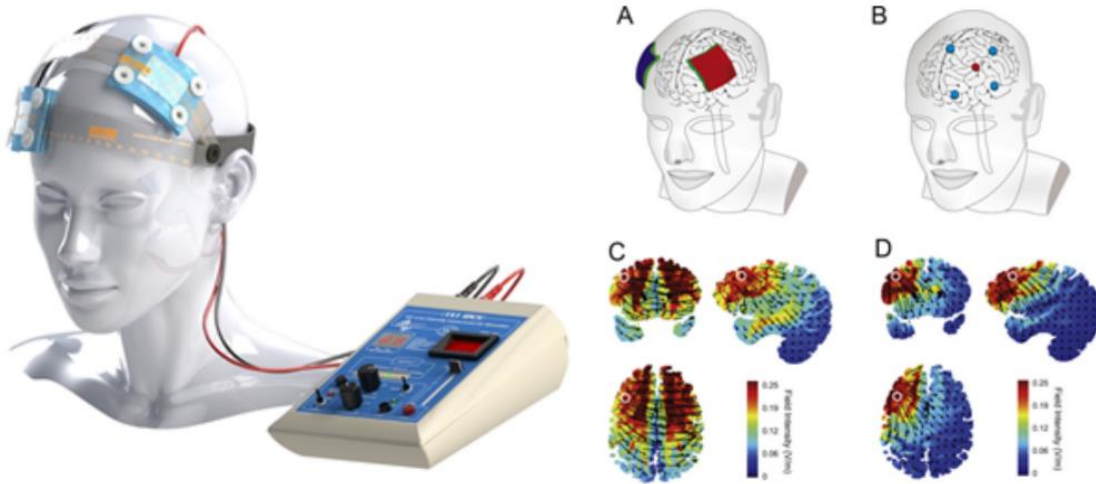


Figura 1. Aparato da ETCC, à esquerda, que consiste no aparelho / módulo para aplicar a corrente elétrica; os eletrodos (posicionados na cabeça), conectados ao aparelho por fios; as esponjas umedecidas que cobrem os eletrodos (de cor azul claro); e a faixa de plástico para posicionar os eletrodos. À direita, os eletrodos usados na ETCC convencional (imagem A) e de alta definição (imagem B); e abaixo de cada imagem aparece o respectivo modelo computacional indicando a densidade elétrica que atinge o cérebro (vermelho = maior densidade; azul = menor densidade). Fonte: Soterix Medical Inc, à esquerda; Shen et al. (65), à direita.

Com base em estudos investigando ETCC no córtex motor, o efeito típico da estimulação é o aumento da excitabilidade cortical abaixo do eletrodo ânodo e inibição abaixo do cátodo. Na literatura, observa-se que isso é comumente interpretado como estimulação anódica associada a uma melhora do desempenho cognitivo / comportamental, ou estimulação catódica com diminuição ou piora desse desempenho (50), o que não é necessariamente verdade por diversos motivos. Primeiro, apesar de isso ser comumente detectado em córtex motor, em regiões associadas com funções cognitivas não tem sido observado, o que pode se dar em razão de grande parte das funções cognitivas (raciocínio, pensamento, memória, atenção etc.) ter como base dinâmicas de redes corticais abrangentes, logo “excitar” ou “inibir” uma pequena área não necessariamente leva ao “aumento” ou “diminuição” de alguma função (31). Segundo, podem existir efeitos não lineares na relação entre intensidade / duração da estimulação elétrica e grau de excitabilidade cortical, ou seja, dependendo da intensidade e duração da corrente (por exemplo, 1 ou 2 mA por 10 ou 20 minutos), uma estimulação anódica poderia diminuir a excitabilidade cortical ao invés de aumentá-la, devido a mecanismos homeostáticos do cérebro (27). Por fim, além da intensidade, o efeito pode variar, ainda, em função da montagem adotada (local do eletrodo alvo e referência); do tamanho e orientação dos eletrodos; com características de quem está recebendo (por exemplo, gênero, idade, diferenças anatômicas); e se a ETCC for aplicada concomitante a um processo comportamental de interesse (em inglês é chamada por alguns autores

de aplicação *online*), ou em estado de repouso (24, 64). Tais motivos têm sido associados a diversos achados controversos na literatura envolvendo uso de ETCC, com autores por vezes achando efeitos positivos, enquanto outros autores identificam efeitos nulos ou mesmo negativos da estimulação em sintomas clínicos ou desempenho cognitivo e comportamental (para aprofundar nessa discussão, ver Filmer et al. (19)).

A ETCC seria uma técnica considerada segura? Uma vez que sejam seguidas as principais recomendações de segurança da literatura, é uma técnica considerada bastante segura, não sendo, até o momento, associada a nenhuma lesão séria ou irreversível (5). As recomendações são de evitar aplicar tal técnica em pessoas com implantes metálicos na cabeça; com marca-passo cerebral ou cardíaco; que tenham feito cirurgia cerebral ou na medula; e com histórico de epilepsia, quadros repetidos de convulsão ou desmaio, trauma cranioencefálico ou problemas de pele (2), além de cuidados especiais para uso em crianças, idosos e populações clínicas (5). Além disso, a literatura tem reportado alguns efeitos adversos, em sua maioria leves e todos com efeitos transientes (i.e., passageiros). Os mais relatados são problemas na pele, como coceira, formigamento ou vermelhidão que podem ocorrer durante a estimulação e que passam rapidamente durante ou após o fim da estimulação. Contudo, algumas pessoas podem ter reações maiores, como dermatite de contato ou queimadura no local do eletrodo; e dor de cabeça, alterações de humor ou cognitivas, também transientes (5, 44, 54). Dessa forma, por mais que seja seguro, discute-se também sobre a **tolerabilidade** do tratamento, ou seja, se a pessoa submetida à estimulação suporta sem grande incômodo o procedimento (74). Para maiores detalhes sobre revisão de questões de segurança, recomendamos a leitura da revisão de Bikson et al. (16, 74).

Quanto à Estimulação Magnética Transcraniana (EMT), essa técnica foi desenvolvida nos anos de 1980, com fins de investigar a propagação do impulso nervoso, desde o trato corticoespinal até os nervos periféricos (60). Além disso, tem servido como ferramenta para investigar o grau de excitabilidade de regiões corticais do cérebro (26). O aparelho, que pode ser visto na Figura 2, consiste em uma bobina, que é colocada rente ao escalpe, além de um ou dois geradores, responsáveis por gerar pulsos de corrente elétrica conduzidos pela bobina, onde é convertida em um campo magnético focalizado. Uma vez que a bobina está rente ao escalpe, o campo magnético gerado pelo pulso consegue estimular a região cortical logo abaixo, criando uma variação transitória em seu campo elétrico e ativando a população de neurônios por meio da despolarização de seus axônios. Essa ativação forçada da população de neurônios é útil para criar a chamada “lesão virtual”, ou seja, após a ativação da região cortical, ela passa rapidamente (poucos milissegundos) por um período de inativação, chamado período silente, que pode interferir em processos cognitivos, afetivos ou comportamentais que ocorram naquela região alvo do campo magnético (26, 35). Assim, pode-se aplicar esse método de forma similar ao ETCC, para testar se uma área cortical participa de algum processo cognitivo e comportamental. Além disso, tendo em vista que o pulso

magnético e a interferência decorrente duram milissegundos, pode-se aplicar tal pulso em diversos momentos no tempo e observar se interfere de alguma forma no comportamento. Por exemplo, poderíamos usar a EMT para investigar se a participação do SPI no processamento numérico é algo que ocorre cedo no tempo, ou seja, um processo mais automático, ou um fenômeno mais tardio envolvido com integração da informação. Para isso, poderíamos testar dois protocolos diferentes para dois grupos de participantes efetuando uma tarefa numérica: em um dos grupos poderíamos aplicar um pulso aos 200 ms e, em outro, aos 500 ms, e observar em qual dos dois poderia ser observada uma leve piora no desempenho (como menor acurácia ou maior tempo de reação).

Em adição, pode-se, ainda, aplicar mais que um pulso magnético (técnica denominada de pulso simples), sendo comum na literatura estudos com aplicação de pulsos pareados, como pulsos duplos ou triplos, que servem para investigar circuitos intracorticais e a relação desses com o comportamento e cognição (48). No caso do exemplo dado em nossa introdução sobre cálculo, poderíamos testar um aparelho com duas bobinas emitindo dois pulsos pareados, um sobre o córtex pré-frontal dorsolateral e outro sobre o sulco intraparietal direito, em momentos próximos no tempo (por exemplo, um em 200 ms, outro em 250 ms), e investigar como essas duas áreas participam no processamento numérico.



Figura 2. Exemplo de aparelho de EMT, nesse caso consistindo em dois geradores, que são os dispositivos brancos situados no carrinho; um monitor, para ajustar os parâmetros da estimulação; um pedal em cor preta (saindo dos geradores à direita), que serve para disparar o pulso magnético quando o médico / pesquisador pressiona com o pé; e uma bobina em cor azul escura (saindo do gerador superior à esquerda), presa a um braço articulado, que serve para posicionar de forma estável a bobina rente à cabeça do participante ou paciente.

Além desses procedimentos de EMT de pulso simples ou pareado, é possível, ainda, usar a EMT repetitiva (EMTr) para excitar ou inibir uma área cortical subjacente, similar ao visto na ETCC. A direção de excitação / inibição cortical depende dos parâmetros adotados, principalmente da frequência de pulsos gerados por segundo. Em estudos com o córtex motor, detectou-se que estimulações de baixa frequência (i.e., ≤ 1 Hz) são geralmente inibitórias, enquanto estimulações de alta frequência (i.e., ≥ 5 Hz) são usualmente excitatórias (20). Contudo, similar ao ETCC, pode-se detectar variação nesses efeitos em razão de diferenças na intensidade do campo magnético e duração da EMTr. É relevante destacar que as diferenças nos efeitos também dependem de outros parâmetros, como o tipo de bobina, distância e orientação para a cabeça, além de características da corrente, como forma de onda, intensidade e frequência do pulso, como no caso da aplicação do método *Theta Burst* (35).

Quanto aos mecanismos fisiológicos, isso varia de acordo com a técnica de EMT, se de pulso (simples ou pareado) ou repetitiva. No caso de EMT com pulso, ele causa a despolarização de populações de neurônios corticais (principalmente piramidais). Quanto à EMTr, fala-se de mecanismos similares ao da ETCC, com despolarização ou hiperpolarização gradativa e mecanismos LTP e LTD, possivelmente mediadas por receptores NMDA, entre outros (34).

Similar à ETCC, a técnica de EMT é considerada bastante segura, caso sejam adotados alguns protocolos, como evitar aplicar tal técnica em pessoas com implante metálico na cabeça ou histórico de epilepsia, apesar de tais medidas não serem proibitivas, sendo necessário avaliar os riscos e benefícios em cada caso. Além disso, é necessário, em alguns protocolos, garantir a proteção auditiva do participante ou paciente, por meio de protetores auriculares. Estudos preliminares têm demonstrado que tal técnica não interferiu na atividade de aparelhos encefálicos (eletrodos intracranianos, marcapassos, aparelhos auditivos etc.), tampouco foi associada a lesões na pele (para discussão sobre segurança da EMT, ver Rossi e Antal (59)).

Por fim, é importante ressaltar as principais diferenças entre a EMT e a ETCC. A primeira diferença é quanto à focalidade. Dependendo da bobina (a mais famosa é em forma de 8), a EMT tem um maior foco, sendo assim mais precisa quando se busca estimular uma região cortical específica, ou seja, ela atinge uma área cortical mais delimitada. Na ETCC não é possível controlar o fluxo da corrente elétrica dentro do cérebro, sendo possível que a corrente possa atingir áreas mais amplas, levando a uma maior heterogeneidade nos resultados encontrados. É possível estimar a área do cérebro que receberá maior carga elétrica por meio de modelagem computacional, mas mesmo isso é apenas uma estimativa. A segunda diferença é quanto aos aspectos temporais, em que, no caso de EMT em pulsos simples ou pareados, há maior precisão na interferência à região cortical alvo, sendo possível estabelecer o momento exato que aquela região está associada a alguma função de interesse. Terceiro, na EMT é possível controlar a intensidade ideal da estimulação para cada participante, testando sua exci-

tabilidade cortical por meio de testes com limiar de resposta motora, enquanto o mesmo não é possível na ETCC. Isso é relevante para pesquisas em neurociência, pois, muitas vezes, aplicar uma mesma intensidade elétrica na ETCC para vários participantes pode trazer efeitos heterogêneos, já que pode haver diferenças individuais no nível de excitabilidade cortical ou em aspectos anatômicos, o que poderia influenciar nos resultados de uma pesquisa. Quarto, a carga elétrica resultante da EMT é mais forte que na ETCC, havendo um maior risco para gerar quadros de convulsão, o que, contudo, também é raro na literatura. Quinto, questões estruturais, em que o aparelho de ETCC é mais leve e portátil, usualmente mais barato que EMT e com menos parâmetros, sendo mais fácil para utilização em pesquisa ou clínica.

ETCC E EMT NA APRENDIZAGEM

Uma das aplicações mais promissoras da neuromodulação é como ferramenta para investigar e otimizar o processo de aprendizagem, seja diminuindo o tempo para aprender algo ou para aumentar a retenção de um conteúdo ou movimento aprendido. Por aprendizagem, entendemos ser o processo cognitivo associado à aquisição de novas memórias, declarativas ou não declarativas (37). Neste tópico vamos apresentar como a ETCC tem sido aplicada para investigar alguns dos processos cognitivos mais relacionados ao ambiente educacional: a aprendizagem (não motora), a memória e o controle inibitório, sendo esse considerado uma função executiva preditiva de maiores ganhos no aprendizado formal (21, 47). Como já mencionado na introdução, as técnicas de neuromodulação foram aplicadas na pesquisa em neurociência apenas recentemente. Ainda assim, há um volume considerável de trabalhos na área que utilizaram de tais métodos para investigar a relação entre a atividade de áreas corticais com alguns dos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem. Abaixo citaremos alguns desses trabalhos.

ETCC

Uma revisão conduzida em 2014 (12) sobre os efeitos da ETCC sobre atenção, aprendizagem e memória apresentou dois estudos que abordaram a aprendizagem cognitiva implícita (a mudança de um comportamento cognitivo, nesse caso de associações, sem que haja consciência sobre isso), com protocolos de aplicação distintos, diferindo entre si tanto na intensidade e na duração das estimulações quanto no posicionamento dos eletrodos e no público estudado - um deles estudou pessoas com esquizofrenia. Em relação à aprendizagem explícita (aquisição de informações que podem ser recuperadas depois), a mesma revisão reuniu sete estudos que também se utilizaram de parâmetros diferentes, mas concentraram as estimulações sobre córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo e giro frontal inferior direito, em sua maioria demonstrando efeitos pequenos, mas significativos da estimulação na melhora da per-

formance das tarefas. (21, 30). É possível ainda notar alto grau de variabilidade nos parâmetros de aplicação, mesmo em estudos mais recentes, sendo perceptível grande diversidade nas (i) tarefas utilizadas, (ii) nos construtos avaliados, (iii) nas áreas do cérebro alvos de estimulação, (iv) na duração da estimulação, e (v) na intensidade utilizada, o que pode levar, conseqüentemente, a grande variabilidade de resultados identificados nessa literatura (39).

Em dois outros estudos, os quais utilizaram ETCC de alta definição, foi escolhida como área-alvo o córtex pré-frontal dorsolateral direito, ambos com estimulação anódica de 2 mA por 20 minutos; um deles buscava verificar o efeito da estimulação em memória verbal declarativa (49) e o outro investigou o efeito da estimulação sobre aprendizagem e consolidação da memória em tarefa de sequência (61). Os resultados mostraram efeitos controversos: a estimulação melhorou o desempenho na memória declarativa no primeiro estudo em comparação ao grupo placebo, mas desempenho similar entre ETCC ativa e placebo no segundo estudo. Também se propondo a estudar o efeito da ETCC sobre a memória verbal, um terceiro estudo aplicou ETCC de alta definição anódica sobre a área de Wernicke (face dorsal e posterior do giro temporal superior), com intensidades de 0,5 mA ou de 1,5 mA por 20 minutos, observando que houve melhora no desempenho da tarefa apenas em resposta à estimulação de maior intensidade (57).

Outro tópico na aprendizagem é quanto à categorização de itens. Um estudo utilizou a ETCC tradicional de 2mA anódica ou catódica sobre o córtex pré-frontal ventrolateral direito por 30 minutos e verificou efeito de ambas as estimulações na melhora do desempenho em comparação com o grupo placebo. Em ambos os casos, o eletrodo de referência estava posicionado sobre o braço esquerdo (23).

No que se refere aos demais construtos, tanto a revisão já citada acima (12) quanto uma metanálise de 2016 (42) apontaram para efeitos pequenos, mas significativos, da estimulação anódica sobre o córtex pré-frontal dorsolateral direito em tarefas que avaliam memória de trabalho, definida como a “habilidade de temporariamente manter e manipular informações” (67). Já sobre o efeito da ETCC sobre a memória episódica, definida como a habilidade de lembrar de eventos passados (70), uma recente metanálise, conduzida por Galli et al. (22), apontou que os efeitos da estimulação por si só tem magnitude próxima a zero e sem significância estatística, e que os efeitos existentes são moderados pela duração da estimulação e pela tarefa utilizada. As autoras apontam que alguns estudos demonstram a efetividade da ETCC sobre o córtex pré-frontal dorsolateral direito sobre a formação de memórias verbais e discutem que a estimulação pode ter efeitos sobre regiões específicas e não um efeito geral, como fica evidente na metanálise.

Uma recente metanálise de Schroeder et al. (63), que aborda os efeitos da ETCC sobre o controle inibitório, também chega à conclusão de que os efeitos de pequena

magnitude, no geral, são moderados pela tarefa utilizada e, nesse caso, um segundo moderador é justamente o posicionamento dos eletrodos. Os estudos incluídos na análise apresentaram 14 áreas alvos diferentes, contendo principalmente áreas do lobo parietal e frontal, sendo que as mais frequentes as regiões do pré-frontal dorsolateral e o giro frontal inferior, além de seis áreas para o eletrodo de referência. Estimulações anódicas e catódicas foram incluídas, apesar de a maioria dos estudos apresentar como objetivo a investigação dos efeitos da estimulação anódica; a intensidade utilizada variou de 0,5 mA a 2 mA, sendo mais frequente o uso de 1,5 mA. Nesse campo de estudo, duas áreas principais são estudadas: córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo, que demonstrou não contribuir para as tarefas quando estimulado, e o giro frontal inferior, que apresentou efeito de magnitude moderada sobre o desempenho nas tarefas quando sob efeito da ETCC.

Em consonância com o que foi reportado, Reinhart et al. (56) apontam que os métodos utilizados em estudos com ETCC são muito diferentes entre si, o que colabora para que ainda não haja um consenso sobre os efeitos desse tipo de estimulação sobre os processos cognitivos no geral, inclusive aqueles associados à aprendizagem, como memória e funções executivas. Nesse mesmo trabalho os autores propõem que mais trabalhos sejam feitos com o objetivo de compreender os reais efeitos da ETCC nos processos cognitivos aferidos.

EMT

Quanto à utilização da EMT para a aprendizagem, vários estudos têm focado no potencial da EMTr na aprendizagem implícita (como aprendizagem motora) ou na melhora em processos cognitivos associados à aprendizagem explícita, como atenção, memória e funções executivas, tanto para grupos clínicos como participantes saudáveis. O potencial dessa técnica para melhoria da aprendizagem parece promissora, como sugerido em revisão de Luber e Lisanby (41), que identificou 61 estudos que identificaram melhora em funções cognitivas (atenção, memória, percepção etc.) ou aprendizagem motora. Contudo, tais achados ainda são preliminares, em muitos casos com melhorias com tamanho de efeito pequeno e de curta duração, sendo necessários mais estudos de qualidade (com controle, randomização, cegagem e grandes amostras) para identificar protocolos eficientes e que levem a resultados duradouros e expressivos (41).

Um outro aspecto relevante sobre esses estudos é que grande parte ainda tem como foco populações clínicas, existindo ainda poucos estudos avaliando especificamente amostras de participantes saudáveis. Em uma metanálise, Patel et al. (52) investigaram o efeito da EMTr de alta (> 1 Hz) ou baixa frequência (< 1 Hz) sobre córtex pré-frontal dorsolateral na cognição de participantes saudáveis, quando essa técnica era aplicada nos participantes em repouso (ou seja, sem fazer qualquer atividade, também chamado de coleta *offline*). Foram identificados 15 estudos, os quais aborda-

ram memória de trabalho, memória episódica, funções executivas ou percepção visual. Em suma, a metanálise identificou que EMTr de alta frequência levou a uma melhoria significativa das funções executivas, enquanto EMTr de baixa frequência levou a melhora de memória episódica e percepção, mas em ambos os casos o tamanho do efeito foi muito pequeno e de curta duração, o que não sugere efeito relevante para aprendizagem. Os autores sugerem que possivelmente outros parâmetros sejam mais efetivos para melhora da cognição, como talvez aplicar a EMTr enquanto os participantes estejam ativamente desempenhando uma função de interesse (também chamado de coleta *online*), ou então com outros parâmetros da EMT (tipo frequência, tempo de duração etc.).

A variabilidade nos efeitos da EMT em razão dos parâmetros foi sugerida em uma metanálise que investigou uso da EMTr em memória episódica, demonstrando que estimulação com 1 Hz levou a melhoras significativas e de efeito moderado comparado a EMTr de frequências maiores (10 Hz e 20 Hz). Contudo, esse efeito foi maior para estimulação com menor intensidade (abaixo de limiar motor) em comparação à estimulação em limiar motor ou acima. Além disso, observou-se efeitos opostos em EMTr de alta frequência (20 Hz) quando era aplicada com o participante em repouso (*offline*) ou realizando tarefa (nesse caso, *online*) de memorização, havendo melhora nessa função no primeiro caso e piora no segundo (75). O efeito negativo da EMTr de alta frequência (10 Hz ou 20 Hz) e *online* em processos cognitivos foi sugerido em uma recente metanálise, que detectou que estimulação *online* usualmente levava à diminuição na performance de participantes em tarefas de atenção, linguagem, memória, funções executivas e percepção, os quais tiveram um pequeno aumento no tempo de resposta nessas tarefas (4).

A partir da apresentação de forma sucinta de algumas das metanálises que investigaram a EMTr na aprendizagem, foi possível perceber que a EMT tem um efeito promissor na aprendizagem implícita e explícita, assim como em funções cognitivas associadas. Contudo, os estudos ainda são preliminares e a literatura ainda necessita de estudos mais amplos para investigar em maiores detalhes como os variados parâmetros nesse tipo de aplicação podem interferir com os efeitos observados, de forma a estabelecer protocolos mais adequados para populações saudáveis e clínicas.

ETCC E EMT NA CLÍNICA

Os princípios fisiológicos das técnicas de neuromodulação e as modificações plásticas do circuito neuronal cerebral patológico com efeitos significativos e duradouros vêm tornando a ETCC e a EMT técnicas inovadoras e promissoras em tratamentos não medicamentosos de diversas condições clínicas. As últimas diretrizes para a prática clínica consideram a aplicabilidade da neuromodulação viável e segura com baixo risco para efeitos adversos (2, 58).

A EMT tem sido considerada uma ferramenta valiosa para tratamento de condições clínicas neuropsiquiátricas com liberação para uso clínico em alguns países, como Estados Unidos, Israel e Canadá, para tratamento da depressão resistente a outros tratamentos. As condições clínicas mais estudadas cientificamente para uso da EMT são transtornos psiquiátricos como depressão, mania, transtorno bipolar, obsessão, pânico, estresse pós-traumático e comportamentos de adição; doenças neurológicas como AVC, Parkinson, distonia e espasticidade; e síndromes dolorosas como enxaqueca, dor crônica e dor neuropática (58). Na recente recomendação do painel de especialistas para o uso da EMT nas condições de dor e depressão, após análise e extensa revisão de literatura, foi classificada como nível de evidência alto e extremamente forte para tratamento da dor neuropática e para cefaleia pós-traumática cerebral, com EMT aplicada sobre córtex motor primário e córtex pré-frontal dorsolateral; além de evidência moderada indicando seu uso possível para dor pós-operatória e prevenção de enxaquecas (38).

A ETCC é considerada uma técnica de baixo custo e de fácil gerenciamento para uso, o que a torna viável para uso terapêutico em diferentes condições clínicas. Em 2017, foi publicado um estudo sobre diretrizes baseadas em evidências para esclarecer e classificar os níveis de evidência dos efeitos terapêuticos da ETCC (36). Dessa forma, até o momento, as evidências não permitem fazer qualquer recomendação definitiva quanto à eficácia de nível A (eficácia definitiva) do tratamento da ETCC para qualquer condição clínica. Entretanto, para o nível B (eficácia provável), a ETCC foi recomendada nas condições: fibromialgia (ETCC anódica do córtex motor primário esquerdo), depressão maior sem resistência aos medicamentos (ETCC anódica do córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo), e vício / adição (ETCC anódica do córtex pré-frontal dorsolateral direito e catódica no hemisfério esquerdo). Para recomendação nível C (possível eficácia), está a condição de dor neuropática crônica de membros inferiores secundária à lesão da medula espinhal (ETCC anódica do córtex motor primário esquerdo). As demais condições clínicas têm sido estudadas, mas ensaios clínicos mais robustos (randomizados, controlados e cegos) são necessários para esclarecer quanto à eficácia terapêutica do uso da ETCC (39). A seguir, vamos apresentar algumas condições clínicas e o uso da neuromodulação, ETCC e EMT, a partir dos resultados de pesquisas científicas.

TRANSTORNO DO ESPECTRO DO AUTISMO

O Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) é caracterizado por déficits persistentes na comunicação social e na interação social, e pela presença de padrões repetitivos e restritos no comportamento, interesses e atividades (1). O TEA é um transtorno do neurodesenvolvimento com prejuízo significativo na realização de atividades que envolvam o funcionamento executivo como memória de trabalho, inibição de resposta prepotente ou controle de interferência (3). Além disso, esses indivíduos apresentam reações exacerbadas e, por vezes, aversivas na percepção e reatividade sensorial a estímulos

visuais, auditivos e táteis, como níveis de intensidade que variam de acordo com a gravidade do transtorno, o que afeta a capacidade de processamento dessas informações (62). Os déficits graves apresentados nos indivíduos com TEA promovem impacto nos aspectos psicossociais e cognitivos ao longo do desenvolvimento e podem permanecer até a fase adulta (3, 62).

Nessa linha, com intuito de otimizar potencialmente o tratamento no TEA, estudos com neuromodulação têm se mostrado promissores para modificação da neuroplasticidade patológica. Entretanto, os resultados dos estudos são preliminares e, até o momento, não são conclusivos para aplicação na prática clínica, mas pesquisas experimentais têm avançado no sentido de tornar protocolos de aplicação viáveis e efetivos para os diferentes aspectos que envolvem o TEA.

Revisão sistemática, conduzida para investigar o efeito da neuromodulação no tratamento do TEA, apontou que técnicas de ETCC e de EMT podem ser úteis para tratamento do comportamento repetitivo, da sociabilidade e de alguns aspectos da função executiva e cognitiva (33). Esses resultados são semelhantes aos encontrados em outra revisão sistemática com o uso da EMTr para tratamento do TEA (3), que mostrou que o uso da EMTr reduz de forma significativa o comportamento repetitivo e estereotipado, entretanto os efeitos não são tão robustos e apresentam limitações para tratamento dos déficits de interação social, assim como para irritabilidade e hiperatividade. Para a função cognitiva, o uso da EMTr teve efeito positivo no controle executivo e atencional com redução do número de erros em testes cognitivos e na capacidade de integração visuomotora (i.e., olho - mão) com melhora no desempenho das tarefas, porém para capacidade de resolver problemas não foram encontradas melhoras, possivelmente por essa tarefa utilizar recursos cognitivos mais complexos. Quanto aos parâmetros, ainda não existe consenso na literatura para uso da EMTr no TEA, mas os estudos têm utilizado parâmetros semelhantes, como EMTr de baixa frequência na área cerebral do córtex pré-frontal dorsolateral para supressão da excitabilidade cortical, e de alta frequência no córtex pré-frontal dorsomedial, com consequente facilitação da excitabilidade cortical (3).

Para uso da ETCC, estudo investigou estimulação anódica (corrente com 2 mA) em junção temporoparietal direita de adultos com TEA, que demonstraram melhora nas habilidades de fluência emocional verbal em comparação ao grupo placebo. Entretanto, esse é um estudo considerado preliminar devido ao baixo número de participantes (17). Um estudo piloto com 50 crianças com diagnóstico de TEA foi conduzido para analisar efeitos do uso da ETCC anódica bilateral aplicada sobre as áreas corticais pré-frontais e motoras de ambos os hemisférios. Os resultados desse estudo mostraram que após 10 sessões de 20 minutos de duração houve melhora na sociabilidade, comportamento, saúde e condições clínicas (25).

Diante das evidências sobre neuromodulação até o presente momento, é possível afirmar otimismo nos achados apresentados pelas pesquisas científicas para tratamento de algumas dimensões do TEA; entretanto o avanço nas pesquisas nesse tema é necessário para desenvolver protocolos com evidência de eficácia para aplicabilidade clínica no tratamento do TEA.

TRANSTORNO DE DEPRESSÃO MAIOR EM ADOLESCENTES

O transtorno de depressão maior (TDM) geralmente é iniciado na adolescência, e, se não for tratado de forma efetiva, pode gerar prejuízos sociais e funcionais, como isolamento social, percepção de solidão, baixo desempenho acadêmico, abuso de substâncias e maior risco de suicídio (18). Atualmente, diferentes abordagens terapêuticas isoladas e combinadas são usadas por equipe multidisciplinar para assistência desses indivíduos, como tratamento medicamentoso com uso de inibidores seletivos de recaptação de serotonina, psicoterapia e práticas de atividade física regular. Entretanto, estudos têm demonstrado a ineficiência da resposta a esses tratamentos em metade dos casos em adolescentes com TDM e outras técnicas têm sido apontadas como promissoras, como o uso das técnicas de neuromodulação (58, 72).

Em 2008, o EMT foi aprovado pelo *Food and Drug Administration* (FDA) dos Estados Unidos para aplicação clínica em TDM em adultos, e, portanto, os desenhos experimentais mais robustos de ensaios clínicos com uso da EMT em adolescentes se tornaram relevantes. Porém, até o momento não existe consenso quanto ao protocolo de aplicação ideal e eficácia para uso da EMT em crianças e adolescentes (51).

Wall et al. (72) realizaram ensaio clínico com uso da EMTr de alta frequência no córtex pré-frontal dorsolateral à esquerda em adolescentes com TDM resistente ao tratamento, guiado por ressonância magnética, por 30 sessões. Nesse estudo foi usada a RM para guiar a localização da área cerebral alvo para a aplicação da EMTr de forma mais confiável e otimizar resultados clínicos. Os resultados demonstraram melhora da depressão desde as primeiras sessões, com melhoras consecutivas até a trigésima sessão. Além da melhora clínica durante o tratamento, os efeitos positivos nos sintomas depressivos foram observados ainda seis meses depois. Entretanto, os autores apontam para a importância de estudos mais controlados e com maior número de pessoas para definição de protocolos com melhor evidência clínica (72). Os efeitos da EMTr em adolescentes com TDM refratária parecem ser duradouros, como relatado pelo estudo realizado por Mayer et al. (45), que fizeram acompanhamento por três anos após o tratamento com EMTr e mostraram que não houve diferença significativa nos sintomas depressivos e funcionamento cognitivo durante o período. Por outro lado, uma revisão sistemática recente (28) investigou a eficácia e a aceitabilidade do uso da EMTr em adolescentes com TDM e concluiu que, apesar da diminuição dos sintomas depressivos, estudos como ensaios clínicos, duplo-cego controlados com placebo de-

vem ser realizados, para ajustes no protocolo terapêutico, como estratégia de direcionamento, frequência de estimulação e dosagem, os quais podem otimizar o tamanho do efeito em estudos de EMTr (51).

DOR CRÔNICA

A dor é um tópico vastamente estudado, porém diante da sua complexidade e das possibilidades de modulação por fatores sensoriais, psicológicos e emocionais ainda se tem uma extensa lacuna a ser desvendada nos estudos das neurociências comportamental, cognitiva, afetiva e social com futuro impacto nas possibilidades diagnósticas e de intervenções. A dor pode ser definida como uma experiência sensorial e emocional consciente que tem a função de proteger o organismo e que direciona a atenção para ameaças em potencial, com intuito de evitar situações perigosas (43). Estudos demonstraram que essa alteração no processamento e percepção da dor é a base neurofisiológica da dor crônica, resultando na redução do limiar de dor e na resposta persistente do estímulo nociceptivo. Essa alteração no mecanismo da dor e na sensibilização central pode ser evidenciado em síndromes dolorosas e desempenham um papel crucial na manutenção e persistência da dor crônica (43, 66).

Partindo do pressuposto que na dor crônica há uma interconexão entre as áreas no cérebro responsáveis pelo processamento sensorial, cognitivo e afetivo da dor, e que a rede neuronal da “matriz da dor” também é ativada na observação da dor no outro (empatia a dor), é possível que estudos que investiguem aspectos psicológicos, emocionais relacionados à dor possam auxiliar na compreensão do papel da afetividade da experiência dolorosa do próprio corpo e na percepção da dor no outro, e na sua relação com sentimento de angústia apresentadas pelos indivíduos.

Nessa linha, a dimensão afetiva da dor depende de sistemas neurofisiológicos que são, em parte, distintos daqueles envolvidos na percepção sensorial da dor (6, 15). O componente afetivo da dor se refere a experiências que são atribuídas a sentimentos de medo, desgosto, exaustão, tristeza e ansiedade. Estudos têm evidenciado que o córtex pré-frontal dorsolateral está envolvido na modulação afetiva da dor, exercendo ativamente controle sobre a percepção da dor por meio da modulação das vias subcorticocorticais e corticocorticais (6, 40). Técnicas de neuromodulação vêm sendo usadas em estudos experimentais com intuito de compreender a conectividade cerebral da dor afetiva na dor crônica.

Os primeiros estudos com o uso da ETCC mostraram o papel crucial do córtex motor primário e do córtex pré-frontal dorsolateral no limiar da percepção e da dor de indivíduos com desenvolvimento típico por meio da ETCC. Um estudo (7) mostrou que estimulação anódica em córtex motor primário ou córtex pré-frontal dorsolateral aumentaram o limiar de dor, porém apenas o córtex motor primário aumentou o limiar de percepção da dor. Em 2009, um outro estudo investigou o tratamento por 10 dias

de ETCC em mulheres com fibromialgia e os achados revelaram que estimulação anódica em córtex motor primário ou córtex pré-frontal dorsolateral apresentaram impacto na escala visual analógica de dor e na qualidade de vida dessas mulheres, porém o efeito prolongado ocorreu apenas na estimulação em córtex motor primário (71). Esses estudos em conjunto demonstram o papel crucial do córtex motor primário no circuito neural responsável pelo aspecto sensorial da dor, enquanto o córtex pré-frontal dorsolateral parece estar relacionado à experiência afetiva da dor. Então, um outro estudo avaliou a modulação dos aspectos emocionais da dor por meio de uma tarefa contendo imagens de desagrado e desconforto / dor. Os resultados mostraram que ETCC anódica em córtex pré-frontal dorsolateral diminuiu o desagrado e desconforto da dor ao visualizar imagens negativas, quando compara as áreas cerebrais córtex motor primário, córtex occipital e placebo. Esses achados confirmam o papel crucial do córtex pré-frontal dorsolateral no processamento emocional da dor e da empatia a dor, e do seu potencial alvo de estimulação para alívio da dor com a modulação do componente afetivo-emocional (71).

Rêgo et al. (55) sugerem diferentes papéis no processamento emocional da dor nos hemisférios direito e esquerdo do córtex pré-frontal dorsolateral. O córtex pré-frontal dorsolateral direito pode estar relacionado a maior regulação da dor empática negativa por meio do distanciamento psicológico dos estímulos negativos, levando a uma diminuição da percepção de dor e da intensidade e valência durante a observação de imagens negativas, enquanto o hemisfério esquerdo pode ter importante papel na regulação emocional por meio da reavaliação cognitiva.

Diante dos resultados dos estudos de ETCC na percepção da dor e na experiência emocional da dor, é possível ampliar as investigações de causalidade das áreas cerebrais do córtex motor primário e do córtex pré-frontal dorsolateral na dor crônica para compreender se as alterações nos mecanismos de sensibilização central modificam o processamento emocional da dor empática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A neuromodulação não invasiva, como as técnicas de EMT e ETCC, tem se mostrado uma ferramenta potencial para o uso em pesquisas experimentais em diferentes áreas do conhecimento, como na prática clínica. Neste capítulo demonstramos algumas das aplicações da EMT e ETCC na educação ou saúde, tanto para relacionar a atividade de regiões corticais com processos cognitivos e comportamentais, quanto como no aumento do desempenho cognitivo em tarefas envolvendo funções executivas, memória, e aprendizagem, em população típica e, principalmente, com transtornos de aprendizagem. Na área da saúde, o crescimento exponencial do interesse científico na neuromodulação tem proporcionado desenhos experimentais mais robustos e proto-

colos clínicos com maior efeito modulatório cortical e de maior duração. Além de pesquisas avançarem na perspectiva de uso domiciliar da neuromodulação não invasiva para condições clínicas crônicas promovendo otimização dos processos reabilitativos e diminuição de uso de medicações. Apesar da visão otimista das últimas pesquisas, questões importantes precisam ser resolvidas, como: protocolos experimentais com níveis de evidência de recomendação para uso, aspectos éticos envolvidos no uso clínico ou em pessoas com desenvolvimento típico, variabilidades de respostas entre indivíduos e em condições ambientais distintas, otimização dos efeitos neuromodulatórios combinados ou não a outras terapias. Por fim, vale ressaltar a importância dessa ferramenta neuromodulatória promissora e de fomentar novos estudos para construção de uma prática segura e eficaz no uso da neuromodulação não invasiva.

REFERÊNCIAS

1. American Psychiatric Association (APA). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders - DSM-5. Washington: APA; 2013.
2. Antal A, Alekseichuk I, Bikson M, Brockmüller J, Brunoni AR, Chen R et al. Low intensity transcranial electric stimulation: safety, ethical, legal regulatory and application guidelines. *Clin Neurophysiol.* 2017; 128(9):1774-809.
3. Barahona-Corrêa JB, Velosa A, Chainho A, Lopes R, Oliveira-Maia AJ. Repetitive transcranial magnetic stimulation for treatment of autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis. *Front Integr Neurosci.* 2018 Jul 9;12:27. doi: 10.3389/fnint.2018.00027.
4. Beynel L, Appelbaum LG, Luber B, Crowell CA, Hilbig SA, Lim W et al. Effects of online repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) on cognitive processing: a meta-analysis and recommendations for future studies. *Neurosci Biobehav Rev.* 2019; 107:47-58.
5. Bikson M, Grossman P, Thomas C, Zannou AL, Jiang J, Adnan T et al. Safety of transcranial direct current stimulation: evidence based update 2016. *Brain Stimul.* 2016; 9(5):641-61.
6. Boggio PS, Zaghi S, Fregni F. Modulation of emotions associated with images of human pain using anodal transcranial direct current stimulation (tDCS). *Neuropsychologia.* 2009; 47(1):212-7.
7. Boggio PS, Zaghi S, Lopes M, Fregni F. Modulatory effects of anodal transcranial direct current stimulation on perception and pain thresholds in healthy volunteers. *Eur J Neurol.* 2008; 15(10):1124-30.
8. Bonaiuto JJ, Bestmann S. Understanding the nonlinear physiological and behavioral effects of tDCS through computational neurostimulation. *Prog Brain Res.* 2015; 222:75-103.
9. Brunoni AR, Amadera J, Berbel B, Volz MS, Rizzerio BG, Fregni F. A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation. *Int J Neuropsychopharmacol.* 2011; 14(8):1133-45.
10. Cagnie B, Coppieters I, Denecker S, Six J, Danneels L, Meeus M. Central sensitization in fibromyalgia? A systematic review on structural and functional brain MRI. *Semin Arthritis Rheum.* 2014; 44(1):68-75.

11. Chen R, Lozano AM, Ashby P. Mechanism of the silent period following transcranial magnetic stimulation: evidence from epidural recordings. *Exp Brain Res.* 1999; 128(4):539-42.
12. Coffman BA, Clark VP, Parasuraman R. Battery powered thought: enhancement of attention, learning, and memory in healthy adults using transcranial direct current stimulation. *Neuroimage.* 2014; 85(supl. 3):895-908.
13. Cohen Kadosh R, Cohen Kadosh K, Schuhmann T, Kaas A, Goebel R, Henik A et al. Virtual dyscalculia induced by parietal-lobe TMS impairs automatic magnitude processing. *Curr Biol.* 2007; 17(8):689-93.
14. Dehaene S, Dehaene-Lambertz G, Cohen L. Abstract representations of numbers in the animal and human brain. *Trends Neurosci.* 1998; 21(8):355-61.
15. Duquette M, Roy M, Leporé F, Peretz I, Rainville P. Cerebral mechanisms involved in the interaction between pain and emotion. *Rev Neurol.* 2007; 163(2):169-79.
16. Elliott P. Electricity and the Brain [internet]. *The stimulated brain.* 2014; 3-33. doi: 10.1016/b978-0-12-404704-4.00001-6.
17. Wilson JE, Trumbo MC, Wilson JK, Tesche CD. Transcranial direct current stimulation (tDCS) over right temporoparietal junction (rTPJ) for social cognition and social skills in adults with autism spectrum disorder (ASD). *J Neural Transm.* 2018; 125(12):1857-66.
18. Fergusson DM, Woodward LJ. Mental health, educational, and social role outcomes of adolescents with depression [internet]. *Arch Gen Psychiatry.* 2002; 59:225. doi: 10.1001/archpsyc.59.3.225.
19. Filmer HL, Mattingley JB, Dux PE. Modulating brain activity and behaviour with tDCS: rumours of its death have been greatly exaggerated [internet]. *Cortex.* 2020; 123:141-51. doi: 10.1016/j.cortex.2019.10.006.
20. Fitzgerald PB, Fountain S, Daskalakis ZJ. A comprehensive review of the effects of rTMS on motor cortical excitability and inhibition. *Clin Neurophysiol.* 2006; 117(12):2584-96.
21. Fuhs MW, Nesbitt KT, Farran DC, Dong N. Longitudinal associations between executive functioning and academic skills across content areas [internet]. *Dev Psychol.* 2014; 50:1698-709. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/a0036633>.
22. Galli G, Vadillo MA, Sirota M, Feurra M, Medvedeva A. A systematic review and meta-analysis of the effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on episodic memory. *Brain Stimul.* 2019; 12(2):231-41.
23. Gibson BC, Mullins TS, Heinrich MD, Witkiewitz K, Yu AB, Hansberger JT et al. Transcranial direct current stimulation facilitates category learning. *Brain Stimul.* 2020; 13(2):393-400.
24. Giordano J, Bikson M, Kappenman ES, Clark VP, Coslett HB, Hamblin MR et al. Mechanisms and effects of transcranial direct current stimulation. *Dose Response* [internet]. 2017; 15(1):1559325816685467. doi: 10.1177/1559325816685467.
25. Hadoush H, Nazzal M, Almasri NA, Khalil H, Alafeef M. Therapeutic effects of bilateral anodal transcranial direct current stimulation on prefrontal and motor cortical areas in children with autism spectrum disorders: a pilot study. *Autism Res.* 2020; 13(5):828-36.
26. Hallett M. Transcranial magnetic stimulation: a primer. *Neuron.* 2007; 55(2):187-99.
27. Hassanzahraee M, Nitsche MA, Zoghi M, Jaberzadeh S. Determination of anodal tDCS duration threshold for reversal of corticospinal excitability: an investigation for induction of counter-regulatory mechanisms. *Brain Stimul.* 2020; 13(3):832-9.

28. Hett D, Rogers J, Humpston C, Marwaha S. Repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) for the treatment of depression in adolescence: a systematic review. *J Affect Disord.* 2021; 278:460-9.
29. Iuculano T, Cohen Kadosh R. Preliminary evidence for performance enhancement following parietal lobe stimulation in Developmental Dyscalculia. *Front Hum Neurosci.* 2014; 8:38. doi: 10.3389/fnhum.2014.00038.
30. Jackson MP, Rahman A, Lafon B, Kronberg G, Ling D, Parra LC et al. Animal models of transcranial direct current stimulation: methods and mechanisms. *Clin Neurophysiol.* 2016; 127(11):3425-54.
31. Jacobson L, Koslowsky M, Lavidor M. tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review. *Exp Brain Res [internet].* 2012; 216(1):1-10. doi: 10.1007/s00221-011-2891-9.
32. Jovanović G, Jovanović Z, Banković-Gajić J, Nikolić A, Svetozarević S, Ignjatović-Ristić D. The frequency of dyscalculia among primary school children. *Psychiatr Danub.* 2013; 25(2):170-4.
33. Khaleghi A, Zarafshan H, Vand SR, Mohammadi MR. Effects of non-invasive neurostimulation on autism spectrum disorder: a systematic review. *Clin Psychopharmacol Neurosci.* 2020; 18(4):527-52.
34. Klomjai W, Katz R, Lackmy-Vallée A. Basic principles of transcranial magnetic stimulation (TMS) and repetitive TMS (rTMS). *Ann Phys Rehabil Med.* 2015; 58(4):208-13.
35. Lefaucheur J-P, André-Obadia N, Antal A, Ayache SS, Baeken C, Benninger DH et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS). *Clin Neurophysiol.* 2014; 125(11):2150-206.
36. Lefaucheur J-P, Antal A, Ayache SS, Benninger DH, Brunelin J, Cogiamanian F et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS). *Clin Neurophysiol.* 2017; 128(1):56-92.
37. Lent R. *Neurociência da mente e do comportamento.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2008.
38. Leung A, Shirvalkar P, Chen R, Kuluva J, Vaninetti M, Bermudes R et al. Transcranial magnetic stimulation for pain, headache, and comorbid depression: INS-NANS expert consensus panel review and recommendation. *Neuromodulation.* 2020; 23(3):267-90.
39. Li LM, Uehara K, Hanakawa T. The contribution of interindividual factors to variability of response in transcranial direct current stimulation studies [internet]. *Front Cell Neurosci.* 2015; 9:181. doi: 10.3389/fncel.2015.00181.
40. Lorenz J, Minoshima S, Casey KL. Keeping pain out of mind: the role of the dorsolateral prefrontal cortex in pain modulation. *Brain.* 2003; 126(Pt 5):1079-91.
41. Luber B, Lisanby SH. Enhancement of human cognitive performance using transcranial magnetic stimulation (TMS). *Neuroimage.* 2014; 85(Pt 3):961-70.
42. Mancuso LE, Ilieva IP, Hamilton RH, Farah MJ. Does transcranial direct current stimulation improve healthy working memory?: a meta-analytic review [internet]. *J Cogn Neurosci.* 2016; 28:1063-89. doi: 10.1162/jocn_a_00956.
43. Martini M. Real, rubber or virtual: the vision of “one’s own” body as a means for pain modulation. A narrative review. *Consciousness and Cognition [internet].* 2016; 43:143-51. doi: 10.1016/j.concog.2016.06.005.

44. Matsumoto H, Ugawa Y. Adverse events of tDCS and tACS: A review. *Clin Neurophysiol Pract*. 2017; 2:19-25.
45. Mayer G, Aviram S, Walter G, Levkovitz Y, Bloch Y. Long-term follow-up of adolescents with resistant depression treated with repetitive transcranial magnetic stimulation. *J ECT* [internet]. 2012; 28(2):84-6. doi: 10.1097/yct.0b013e318238f01a.
46. Meeus M, Nijs J. Central sensitization: a biopsychosocial explanation for chronic widespread pain in patients with fibromyalgia and chronic fatigue syndrome. *Clin Rheumatol*. 2007; 26(4):465-73.
47. Nesbitt KT, Farran DC, Fuhs MW. Executive function skills and academic achievement gains in prekindergarten: contributions of learning-related behaviors. *Dev Psychol* [internet]. 2015; 51:865-78. doi: 10.1037/dev0000021.
48. Ni Z, Müller-Dahlhaus F, Chen R, Ziemann U. Triple-pulse TMS to study interactions between neural circuits in human cortex. *Brain Stimul*. 2011; 4(4):281-93.
49. Nikolin S, Loo CK, Bai S, Dokos S, Martin DM. Focalised stimulation using high definition transcranial direct current stimulation (HD-tDCS) to investigate declarative verbal learning and memory functioning. *Neuroimage*. 2015; 117:11-9.
50. Nitsche MA, Seeber A, Frommann K, Klein CC, Rochford C, Nitsche MS et al. Modulating parameters of excitability during and after transcranial direct current stimulation of the human motor cortex. *J Physiol*. 2005; 568(Pt 1):291-303.
51. Oberman LM, Hynd M, Nielson DM, Towbin KE, Lisanby SH, Stringaris A. Repetitive transcranial magnetic stimulation for adolescent major depressive disorder: a focus on neurodevelopment. *Front Psychiatry* [internet]. 2021; 12:642847. doi: 10.3389/fpsy.2021.642847.
52. Patel R, Silla F, Pierce S, Theule J, Girard TA. Cognitive functioning before and after repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): a quantitative meta-analysis in healthy adults. *Neuropsychologia* [internet]. 2020; 141:107395. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2020.107395.
53. Podda MV, Cocco S, Mastrodonato A, Fusco S, Leone L, Barbati SA et al. Anodal transcranial direct current stimulation boosts synaptic plasticity and memory in mice via epigenetic regulation of Bdnf expression. *Sci Rep* [internet]. 2016; 6:22180. doi: 10.1038/srep22180.
54. Poreisz C, Boros K, Antal A, Paulus W. Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients. *Brain Res Bull*. 2007; 72(4-6):208-14.
55. Rêgo GG, Lapenta OM, Marques LM, Costa TL, Leite J, Carvalho S et al. Hemispheric dorsolateral prefrontal cortex lateralization in the regulation of empathy for pain. *Neurosci Lett*. 2015; 594:12-6.
56. Reinhart RMG, Cosman JD, Fukuda K, Woodman GF. Using transcranial direct-current stimulation (tDCS) to understand cognitive processing. *Atten Percept Psychophys* [internet]. 2017; 79:3-23. doi: <http://dx.doi.org/10.3758/s13414-016-1224-2>.
57. Rivera-Urbina GN, Nathzidy Rivera-Urbina G, Joya MFM, Nitsche MA, Molero-Chamizo A. Anodal tDCS over Wernicke's area improves verbal memory and prevents the interference effect during words learning. *Neuropsychol* [internet]. 2019; 33(2):263-74. doi: 10.1037/neu0000514.
58. Rossi S, Antal A, Bestmann S, Bikson M, Brewer C, Brockmüller J et al. Safety and recommendations for TMS use in healthy subjects and patient populations, with updates on training, ethical and regulatory issues: expert guidelines. *Clin Neurophysiol*. 2021; 132(1):269-306.
59. Rossi S, Antal A. Repetitive magnetic and low-intensity electric transcranial stimulation in the interventional psychiatry: summary of safety issues. In: Dell'Osso B., Di Lorenzo G, editors. *Non invasive brain stimulation in psychiatry and clinical neurosciences*. New York: Springer; 2020. p.

31-41. doi: 10.1007/978-3-030-43356-7_4.

60. Rossini PM, Rossi S. Transcranial magnetic stimulation: diagnostic, therapeutic, and research potential. *Neurology*. 2007; 68(7):484-8.

61. Savic B, Müri R, Meier B. High definition transcranial direct current stimulation does not modulate implicit task sequence learning and consolidation. *Neurosci [Internet]*. 2019; 414:77-87. doi: 10.1016/j.neuroscience.2019.06.034.

62. Schauder KB, Bennetto L. Toward an interdisciplinary understanding of sensory dysfunction in autism spectrum disorder: an integration of the neural and symptom literatures. *Front Neurosci [internet]*. 2016; 10:268. doi: 10.3389/fnins.2016.00268.

63. Schroeder PA, Schwippel T, Wolz I, Svaldi J. Meta-analysis of the effects of transcranial direct current stimulation on inhibitory control. *Brain Stimul*. 2020; 13(5):1159-67.

64. Sellaro R, Nitsche MA, Colzato LS. Transcranial direct current stimulation. In: Colzato L, editor. *Theory-driven approaches to cognitive enhancement [internet]*. New York: Springer; 2017. p. 99-112. doi: 10.1007/978-3-319-57505-6_8.

65. Shen B, Yin Y, Wang J, Zhou X, McClure SM, Li J. High-definition tDCS alters impulsivity in a baseline-dependent manner. *Neuroimage [internet]*. 2016; 143: 343-52. doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.09.006.

66. Silva K, Gritsenko K, Wahezi SE. Animal models of nociception and pain. In: Yong R, Nguyen M, Nelson E, Urman R, editors. *Pain Medicine [internet]*. New York: Springer; 2017. p. 23-4. doi: 10.1007/978-3-319-43133-8_6

67. Smith EE, Jonides J. Working memory: a view from neuroimaging. *Cogn Psychol [internet]*. 1997; 33:5-42. doi: 10.1006/cogp.1997.0658.

68. Stafford J, Brownlow ML, Qualley A, Jankord R. AMPA receptor translocation and phosphorylation are induced by transcranial direct current stimulation in rats. *Neurobiol Learn Mem*. 2018; 150:36-41.

69. Staud R, Rodriguez ME. Mechanisms of disease: pain in fibromyalgia syndrome. *Nat Clin Pract Rheumatol*. 2006; 2(2):90-8.

70. Tulving E. Episodic memory: from mind to brain. *Annu Rev Psychol [internet]*. 2002; 53:1-25. doi: 10.1146/annurev.psych.53.

71. Valle A, Roizenblatt S, Botte S, Zaghi S, Riberto M, Tufik S et al. Efficacy of anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) for the treatment of fibromyalgia: results of a randomized, sham-controlled longitudinal clinical trial. *J Pain Manag*. 2009; 2(3):353-61.

72. Wall CA, Croarkin PE, Maroney-Smith MJ, Haugen LM, Baruth JM, Frye MA et al. Magnetic resonance imaging-guided, open-label, high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation for adolescents with major depressive disorder. *J Child Adolesc Psychopharmacol*. 2016; 26(7):582-9.

73. Wexler A. Recurrent themes in the history of the home use of electrical stimulation: Transcranial direct current stimulation (tDCS) and the medical battery (1870-1920). *Brain Stimul*. 2017; 10(2):187-95.

74. Woods AJ, Antal A, Bikson M, Boggio PS, Brunoni AR, Celnik P et al. A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools. *Clin Neurophysiol*. 2016; 127(2):1031-48.

75. Yeh N, Rose NS. How can transcranial magnetic stimulation be used to modulate episodic memory?: A systematic review and meta-analysis. *Front Psychol*. 2019; 10:993. doi: 10.3389/fpsyg.2019.00993.



SEÇÃO 4

**Tecnologias de
processamento de imagens
como ferramentas para
auxiliar nos processos de
avaliação cognitiva e
de reabilitação**

22

Métodos de rastreamento de movimento ocular aplicados à saúde e à educação

Paulo Guirro Laurence

Matheus Sant'Ana Michelino

Júlia Benvenuti Gerotto

Gabriel Gaudencio do Rêgo

Elizeu Coutinho de Macedo

INTRODUÇÃO

Quantas vezes você ouviu falar que os olhos são a janela da alma? Essa frase pode soar como um clichê, sendo encontrada em vários textos como poesias, roteiros e até artigos científicos. De fato, em uma pesquisa feita em 2021, do banco de periódicos *Pubmed*, foi possível achar ao menos seis artigos em inglês contendo essa expressão no título. Além disso, esse tipo de analogia é bastante antiga, podendo até ser encontrada na Bíblia (Mateus, 2:26), que diz que os olhos são a candeia da alma e indicam se alguém é bom ou ruim. O fato de essa expressão ser tão usada não é sem razão. O olhar realmente sinaliza várias informações importantes, como as emoções que alguém está sentindo, o que essa pessoa pode estar vendo, no que está interessada ou mesmo no que está pensando. O olhar pode até mesmo indicar se alguém pode ter algum tipo de transtorno, como esquizofrenia (13) ou autismo (28).

A função dos olhos tem sido estudada por pensadores antigos como Aristóteles (séc. IV a.C) e Galeno (séc. II d.C), os quais investigaram aspectos anatômicos e dinâmicos do movimento ocular (46). Entretanto, uma compreensão mais aprofundada sobre como os olhos se movimentam se deu a partir do século XIX, com as primeiras investigações sistemáticas do movimento ocular durante a leitura, conduzidas por Javal et al. (46). Desses estudos surgiram as primeiras técnicas de detecção do movimento ocular, com um curioso sistema com tubos de borracha situado sobre a pálpebra que produziam cliques audíveis quando se mexia os olhos. Isso permitiu aos investigadores da época perceberem que o olho realiza rápidos movimentos entre os períodos de fixação ocular (quando os olhos ficam fixos sobre uma mesma cena). Esses rápidos movimentos, ou “saltos”, que fazemos com os olhos foram denominados de movimentos sacádicos (46).

Com o desenvolvimento tecnológico do século XX, surgiram novos métodos para investigar movimentos oculares com maior precisão. Um desses métodos é o eletro-oculograma, que utiliza eletrodos posicionados na pele ao redor dos olhos para captar as oscilações elétricas originadas nos músculos responsáveis pelo movimento ocular (38). Esse método, ainda hoje, é utilizado na polissonografia para captar com precisão os movimentos oculares enquanto o paciente está dormindo (ou seja, com os olhos fechados) e que indicam a presença do sono REM (termo que vem do inglês, *rapid eyes movement*). A partir da segunda metade do século XX tem início o desenvolvimento de métodos de rastreamento ocular e pupilometria por vídeo, adotados até hoje. Nesses métodos, uma câmera é utilizada para filmar em detalhes o movimento ocular ou dilatação pupilar (também chamado de pupilometria) de uma pessoa enquanto ela realiza alguma atividade (por exemplo, ler, fazer contas etc.). No início do uso dessas técnicas, a análise do movimento ocular ou dilatação pupilar era feita manualmente pelo pesquisador e demandava um longo trabalho, pois ele analisava o vídeo momento a momento, permitindo-o, então, avaliar em detalhes a dilatação pupilar ou rastreamento ocular em

resposta a alguma cena visual. Um dos primeiros estudos utilizando esse método, feito por Paul Fitts et al. nos anos de 1950 (38), investigou como o padrão de rastreamento ocular estava associado ao desempenho de pilotos em uma cabine de avião, dando informações relevantes sobre quantas vezes o piloto olhava para alguns dos comandos (revelando sua importância), ou a duração que esses pilotos levavam para interpretar alguma informação do *cockpit* (avaliados por meio do tempo de fixação). A partir disso foi possível construir interfaces de *cockpits* mais “amigáveis”, otimizando o desempenho dos pilotos durante o voo (38).

Atualmente, o método de rastreamento ocular mais utilizado ainda é o de vídeo; contudo o desenvolvimento computacional nas últimas décadas permitiu a criação de softwares que calculam automaticamente e com precisão o rastreamento ocular e a pupilometria. Nesses sistemas, além da câmera para gravar o rastreamento ocular, há um diodo que emite uma luz próxima ao infravermelho, a qual cria reflexos na córnea e no cristalino, e, por meio desses dois reflexos, o software calcula com precisão para onde uma pessoa está olhando (38).

Outra mudança relevante nos últimos anos é quanto à portabilidade e facilidade no manuseio dos aparelhos de rastreamento ocular. Os sistemas mais antigos geralmente utilizavam cadeiras de oftalmologista, com suporte para queixo e testa, para poder estabilizar a cabeça e melhorar a captação de vídeo, e eram relativamente caros (26, 46). Aparelhos “portáteis” foram desenvolvidos no final dos anos 1950, e eram colocados na cabeça do usuário, mas eram grandes e desconfortáveis (26). Foi o desenvolvimento tecnológico e computacional, na segunda metade do século XX, que permitiu a criação de sistemas mais baratos e compactos; por exemplo, os aparelhos atuais permitem captação com qualidade e sem suportes para estabilizar a cabeça, e as pequenas câmeras podem ser acopladas até mesmo em um notebook (26, 38). Além disso, foram desenvolvidos aparelhos para uso portátil extremamente confortáveis e leves, como óculos ou capacetes, os quais contêm câmeras que filma tanto os olhos de quem os usa como a cena que a pessoa está vendo, permitindo gravar uma pessoa em um ambiente natural. De fato, as câmeras atuais conseguem captar movimentos oculares muito rápidos, sendo possível registrar imagens com até 1.250 Hz, uma taxa muito alta, tendo visto que a maior parte dos estudos trabalham com frequências de captação de 60 Hz ou 120 Hz (26). Importante relatar que mais avanços estão sendo feitos na tecnologia de rastreamento ocular, como o desenvolvimento de lentes de contato com emissão de laser (18), para aumentar a precisão do rastreamento ocular, ou aplicativos para usar em celulares e tablets, tornando essa técnica pervasiva (19).

E quais informações podem ser obtidas a partir da análise do padrão dos olhos durante tarefas nos contextos educacionais e da saúde? Primeiro, a direção e duração da fixação ocular, que indicam regiões de interesse em um campo visual; segundo, os movimentos oculares, como movimentos de perseguição (quando os olhos seguem um objeto) ou os movimentos sacádicos (movimentos em “saltos” dos olhos entre as fixa-

ções), amplamente investigados em estudos clínicos; e, por fim, a dilatação / contração pupilar, por muito tempo usado na clínica para avaliar casos de concussão e adotados na psicologia a partir dos anos de 1970 para investigar processos cognitivos atencionais (42) e executivos (37), assim como emoção (27) ou motivação (3). Muitas áreas de estudo têm adotado tais informações oculares, como ergonomia, publicidade, marketing e psicologia. Contudo, neste capítulo serão destacados os estudos que utilizaram métodos de rastreamento e de pupilometria para a educação e saúde.

OS MOVIMENTOS OCULARES EM TESTES DE INTELIGÊNCIA PARA DISTÚRBIOS DO DESENVOLVIMENTO E APRENDIZAGEM

É possível analisar os movimentos oculares em diversas tarefas. Uma das categorias que têm sido estudadas é a realização de testes de inteligência e raciocínio fluido. Esses testes normalmente são testes de raciocínio lógico que envolvem reconhecimento de padrões. Por conta disso, são ótimos instrumentos para analisar o padrão de movimentos oculares.

Um tipo de teste de inteligência é o teste de matriz. Esses testes são bem conhecidos, pois estão presentes em testes padronizados como a Escala Wechsler de Inteligência para Crianças (WISC) e a Escala de Inteligência Wechsler para Adultos (WAIS), além de testes como as Matrizes Progressivas de Raven. Tais instrumentos se caracterizam por possuírem uma matriz, que normalmente é de 3 por 3, em que é apresentada uma sequência de padrões. Nessa matriz, uma das partes está faltando, e então os participantes devem escolher uma das alternativas que complete essa parte.

Em testes de inteligência em matrizes, as principais medidas de análise são o número de acertos e o tempo gasto para realização do teste. Todavia, tais medidas pouco dizem sobre os processos cognitivos efetuados por cada participante. Por conta disso, o equipamento de registro de movimentos oculares pode ser excelente para entender melhor quais processos cognitivos acontecem durante a realização do teste de matriz. Quando é feito um teste desse tipo, é empregada atenção em diferentes estruturas do teste. Logo, é possível entender, em algum grau, quais estratégias cognitivas estão sendo usadas pelos participantes a partir dos movimentos oculares que fazem durante o teste de matriz.

Testes de Matriz, estratégias visuais e distúrbios do desenvolvimento

Diversos artigos se debruçaram sobre estratégias em testes de inteligência em matriz (20, 22, 45). Primeiramente, pelo teste conter duas áreas de interesse (AOI, abreviação de *Area of Interest* em inglês), é possível analisar como os participantes se

comportam em relação a cada uma delas. As duas áreas de interesse são: (1) a matriz; e (2) as alternativas de resposta. Dessa forma, a quantidade de vezes que o participante vai de uma AOI para a outra ou o tempo que ele gasta em cada uma das AOIs pode dizer bastante sobre as estratégias cognitivas que ele está adotando (22, 45). Logo, as medidas para esse tipo de análise podem ser divididas em duas principais categorias: (1) medidas de alternância entre as AOIs; e (2) medidas de tempo nas AOIs. Os estudos podem trabalhar de formas diferentes, mas basicamente a primeira categoria está relacionada ao número de vezes que o participante muda de uma AOI para a outra, enquanto a segunda categoria está relacionada à quantidade de tempo gasto em cada uma das AOIs. No caso das medidas de alternância, é possível analisar medidas como: o número total de alternância; a razão de alternância, que é definida pelo número total de alternância dividido pelo tempo gasto no teste. Essa medida equaliza o número de alternância pelo tempo, uma vez que pessoas que demoram mais tempo tendem a fazer mais alternâncias; ou o tempo para a primeira alternância, definido pelo tempo gasto na matriz até o participante ir pela primeira vez para as alternativas. Já para as medidas de tempo, algumas variações também podem ser encontradas: o tempo total em cada uma das AOIs; a porcentagem de tempo gasta em cada uma das AOIs; ou a razão entre as AOIs, ou seja, quantas vezes mais tempo o participante ficou na matriz do que nas alternativas.

Tais medidas se relacionam diretamente a duas estratégias cognitivas. A primeira, chamada de Correspondência Construtiva, é uma estratégia em que os participantes se focam primeiramente na matriz, a fim de compreender os seus padrões. Após esse primeiro momento, os participantes fariam poucas alternâncias com o intuito de encontrar a alternativa que completaria o padrão. Já a segunda, chamada de Eliminação de Respostas, é uma estratégia em que os participantes fariam múltiplas comparações entre a matriz e as alternativas em uma tentativa de eliminar as alternativas incorretas e, assim, sobrar apenas uma correta (45). Essas estratégias se relacionam muito bem com as medidas mencionadas. Por exemplo, aplicantes da estratégia de correspondência construtiva apresentam um baixo número de alternâncias, uma vez que fazem poucas comparações entre a matriz e as alternativas, e um alto tempo gasto na matriz. Já os participantes que fazem uso da estratégia de eliminação de respostas tendem a ter um alto número de alternâncias, uma vez que eles fazem múltiplas comparações entre a matriz e as alternativas, e um tempo gasto maior nas alternativas.

Essas estratégias estão relacionadas ao desempenho. De fato, a estratégia de correspondência construtiva aparenta ter relação positiva com o desempenho. Ou seja, participantes que aplicam a estratégia de correspondência construtiva e tendem a fazer menos alternâncias e gastar mais tempo na matriz tendem a acertar mais (22, 45). Uma das possíveis explicações para isso seria que quando o participante não conseguisse encontrar a resposta correta, ele começaria a tentar eliminar as alternativas incorretas a fim de diminuir o número de alternativas para um possível chute.

Uma parte interessante do estudo dessas estratégias é que elas estão intimamente relacionadas com alguns distúrbios do desenvolvimento e, por consequência, com aspectos relacionados com a saúde. Adultos com síndrome de Down, adultos com deficiência intelectual não específica e adultos com desenvolvimento típico foram comparados em relação a como eles realizavam um teste de inteligência em matriz. Geralmente, adultos com síndrome de Down e com deficiência intelectual não específica tendiam a focar menos na matriz e a realizar mais alternâncias. Dessa forma, parece que os participantes com algum tipo de deficiência intelectual tenderiam a utilizar uma estratégia de eliminação de respostas (43).

Testes de inteligência e a aprendizagem

Outros tipos de testes de inteligência também podem dar insights importantíssimos, com o uso de *eye-tracking*, mas para a educação. O uso de registro dos movimentos oculares pode demonstrar como o aprendizado influencia o raciocínio lógico, ajudando a entendermos um pouco mais sobre a transferência de aprendizado e sobre mecanismos da aprendizagem.

Em um estudo muito bem desenhado, dois grupos de adultos foram chamados para uma pesquisa. Esses participantes tinham a intenção de entrar em um curso de direito, nos Estados Unidos da América, que é feito após se graduar. Para serem admitidos em tais cursos, os candidatos precisam prestar uma prova que envolve interpretação de texto e lógica, que se chama *Law School Admission Test* (LSAT). Dessa forma, existem diversos cursinhos, muitos online, com o intuito de ajudar esses candidatos a terem um melhor desempenho. Nesse estudo, os participantes foram recrutados dentro de um desses cursinhos. Metade dos participantes fez um curso de lógica, enquanto a outra metade fez um curso de interpretação de texto. Os participantes fizeram um teste de lógica antes e após o curso. O teste de lógica consiste em quatro balanças, lado a lado, com duas bolas de cores diferentes em cima de cada uma delas. Algumas bolas se repetiam entre as balanças e embaixo havia uma pergunta questionando, entre duas bolas com cores diferentes, qual era a bola mais pesada. Para o participante conseguir responder, ele precisava observar as relações entre as balanças e, então, emitir uma resposta. Nesse estudo, foi utilizado o *eye-tracking* enquanto os participantes faziam a tarefa das balanças (10).

Foi possível observar que, após o treinamento para cada grupo, houve uma diferença significativa no grupo que fez o curso de lógica em relação ao tempo médio de fixação. Ou seja, participantes que fizeram o curso de lógica apresentaram uma diminuição no tempo de fixação, enquanto os participantes que fizeram o curso de interpretação de texto não apresentaram diferenças (10). Com isso, é possível concluir como o aprendizado muda os processos cognitivos a ponto de vermos mudanças na velocidade de processamento.

Dessa forma, conseguimos entender como o *eye-tracking* pode ser utilizado em testes de inteligência para conseguirmos informações valiosas sobre processos cognitivos complexos. Porém, a importância do *eye-tracking* não se resume somente a testes de inteligência. Ele possui papel fundamental também na leitura.

ANÁLISE DOS MOVIMENTOS OCULARES NA AVALIAÇÃO DA LEITURA

Um dos temas mais estudados utilizando a tecnologia de rastreamento de movimentos oculares é a leitura. Uma rápida pesquisa na base de dados de artigos científicos Pubmed, realizada em junho de 2021, utilizando os descritores “*reading*” e “*eye movements*”, encontrou 2.244 publicações que continham essas palavras-chave no título ou no resumo. Os primeiros estudos que buscaram investigar esses fenômenos foram publicados no final do século XIX e utilizaram métodos rudimentares para a realização das primeiras descrições sobre como os olhos dos seres humanos se movimentam durante a leitura (47). Desde então, muito se descobriu sobre o padrão de movimentos oculares e o processamento cognitivo em diferentes grupos de leitores, tais como crianças, adultos universitários e adultos em processo de alfabetização, possibilitando o aumento da compreensão sobre o processamento da leitura.

Mas quais tipos de informações relevantes podem ser extraídas dos estudos que se propõem a avaliar o padrão de movimentos oculares durante a leitura? Tradicionalmente, a avaliação da leitura é realizada utilizando instrumentos e provas no formato lápis e papel, além de se apoiar na leitura em voz alta. Apesar desses métodos serem amplamente utilizados, devido a sua facilidade de aplicação, os resultados obtidos se limitam às medidas de erros, acertos e tempo de leitura. A análise e interpretação desses dados permite apenas uma compreensão limitada acerca do processamento cognitivo envolvido na leitura e compreensão de textos. Por outro lado, métodos de avaliação que utilizam tecnologias não invasivas, como a utilização de equipamentos de *eye tracking*, que registram e analisam os movimentos oculares, são capazes de fornecer medidas mais precisas e sofisticadas acerca do processamento da leitura, assim como permitem o acompanhamento em tempo real das estratégias utilizadas pelo leitor quando defrontado com um texto escrito (23). Dessa forma, aliar as análises dos dados de movimentos oculares com os dados das avaliações tradicionais, como medidas de acertos, erros e tempo, permite uma compreensão mais completa e precisa dos processos cognitivos subjacentes à habilidade de leitura. No que concerne ao estudo dos movimentos oculares, as principais variáveis registradas e analisadas durante a avaliação da leitura são as fixações e as sacadas.

As fixações são os momentos em que os olhos estão relativamente fixos sobre um determinado ponto do campo visual. Se tratando de leitura, é durante as fixações que novas informações são extraídas do texto. Em outras palavras, é nas fixações que ocor-

re o início do reconhecimento das palavras. As fixações realizadas por uma pessoa que apresenta boas habilidades de leitura duram cerca de 225 a 250 milissegundos, caso esteja fazendo uma leitura silenciosa. Já durante a leitura em voz alta, o tempo médio das fixações aumenta para cerca de 275 a 325 milésimos de segundos. Além disso, um bom leitor consegue identificar, em média, três ou quatro letras à esquerda da fixação, e sete ou oito à direita (4, 36). Já as sacadas são os movimentos oculares rápidos realizados com o intuito de reposicionar o centro dos olhos em um novo ponto do ambiente. Ou seja, é quando os olhos se movimentam buscando um novo ponto de fixação. Sendo assim, as sacadas são os movimentos oculares realizados entre uma fixação e outra (5). Nos sistemas de escritas alfabéticas, tais como o português brasileiro, no qual os grafemas representam graficamente os fonemas, o comprimento médio de uma sacada realizada por um bom leitor corresponde ao espaço de sete a nove letras. Ainda em relação às sacadas, observa-se que elas podem ser progressivas (quando ocorrem no mesmo sentido da leitura) ou regressivas (quando ocorrem no sentido contrário ao da leitura). As sacadas regressivas ocorrem por cerca de 10% a 15% do tempo de leitura de um bom leitor, mas seu excesso de ocorrência pode indicar uma dificuldade de compreensão (36). A figura a seguir, retirada de Gran Ekstrand et al. (9), apresenta uma visualização dos movimentos oculares durante a leitura. Os círculos representam as fixações (quanto maior o círculo, mais longa é a duração da fixação), enquanto as linhas entre as fixações representam as sacadas (quanto maior a linha entre duas fixações, mais longo é o movimento sacádico). Percebe-se que o leitor da direita é um bom leitor, pois é capaz de ler o texto realizando fixações mais rápidas, sacadas mais longas e efetuando poucas sacadas regressivas.



Figura 1. Fixações e sacadas durante a leitura.
Fonte: Imagem retirada de Gran Ekstrand et al. (9).

Uma série de estudos foram conduzidos a fim de investigar o padrão dos movimentos oculares durante a realização de diferentes tarefas de leitura nas mais diversas populações, tais como crianças, adultos universitários e adultos em processo de alfabe-

tização. Em relação aos movimentos oculares realizados durante a leitura de palavras e pseudopalavras isoladas, um estudo realizado com universitários brasileiros (24) observou que os participantes precisam de menos fixações para ler as palavras de alta frequência em comparação às palavras de baixa frequência e pseudopalavras. Esse efeito também é observado nos tempos de fixação, sendo que os participantes fizeram fixações mais rápidas durante a leitura de palavras de alta frequência. Sendo assim, palavras familiares tendem a ser lidas com menos fixações e mais rapidamente. Já em relação ao comprimento das palavras, os resultados mostraram uma curva crescente, tanto para o número de fixações quanto para o tempo, na seguinte ordem: curta, média e longa. Isso indica que para ler palavras maiores precisamos fazer mais fixações, o que contribui para um tempo maior de fixação nessas palavras. Padrão semelhante é observado no padrão de movimentos oculares durante a leitura de palavras isoladas de adultos em processo de alfabetização, que estavam frequentando uma escola de educação de jovens e adultos (31). Foi visto que os adultos em processo de alfabetização realizam mais fixações nas palavras de baixa frequência e comprimento mais longo. Esse efeito de frequência e tamanho também é observado em relação às sacadas regressivas e progressivas. De modo geral, quanto menor a familiaridade e maior o comprimento da palavra, mais sacadas progressivas e regressivas serão realizadas.

Sobre os movimentos oculares durante a leitura de textos, as evidências indicam que quanto maior o tamanho e a complexidade de um texto, maior o número de sacadas regressivas o leitor realiza (32, 48). Por exemplo, um estudo (32) mostrou que há aumento na média do número de fixações e de sacadas regressivas de acordo com a complexidade e o assunto do texto. A compreensão de textos mais complexos tende a sobrecarregar a memória de trabalho com mais informações que devem ser armazenadas e manipuladas. A memória de trabalho é o tipo de memória responsável por armazenar e manipular informações por um curto período de tempo, sendo ela essencial para o processo de compreensão de textos. Menos informações na memória de trabalho permite uma melhor articulação entre elas, gerando uma compreensão mais fácil e profunda. Ao contrário, muitas informações demandam um maior esforço para serem armazenadas e processadas na memória de trabalho, dificultando a compreensão. Dessa maneira, o leitor necessita dedicar mais tempo para a leitura, gerando um aumento simultâneo no número de fixações. Ademais, textos complexos tendem a apresentar mais palavras de baixa frequência, as quais o leitor não está familiarizado, ocasionando a necessidade de mais fixações e sacadas regressivas para compreendê-las (32).

Mas a análise dos movimentos oculares pode auxiliar o processo de avaliação de leitura? Nos anos recentes, o equipamento de registro e análise dos movimentos oculares se tornou mais acessível e fácil de usar, e alguns estudos sugerem seu uso como método de triagem para obter uma primeira avaliação básica da habilidade de leitura e risco potencial de dislexia, que é o transtorno específico de aprendizagem da leitura (9). Em um estudo recente (9), pesquisadores desenvolveram um instrumento de tria-

gem que visava identificar dificuldades de leitura, como falhas na decodificação e na fluência, com base em dados de rastreamento ocular de crianças em idade escolar. O objetivo era desenvolver uma ferramenta de triagem que pudesse ser facilmente aplicada no ambiente escolar em vez de laboratórios de pesquisa ou clínicas especializadas. As crianças deveriam ler uma pequena passagem de um texto, enquanto variáveis como duração das fixações, comprimento das sacadas e proporção de sacadas regressivas eram analisadas. Os resultados indicaram que a triagem baseada na análise dos movimentos oculares conseguiu identificar com precisão as crianças que tinham dificuldades significativas para aprender a ler, podendo ser útil para identificar crianças com desenvolvimento atípico de leitura e que precisam de suporte adicional. Outro estudo do mesmo grupo de pesquisadores (29) mostrou que esse método de triagem pode ser eficaz para identificar crianças com risco para a dislexia em uma avaliação realizada em menos de 1 minuto. Sendo assim, o uso de equipamentos de registro e análise de movimentos oculares se mostra promissor no auxílio do processo de avaliação de leitura em crianças.

VARIAÇÃO NO DIÂMETRO DA PUPILA COMO INDEXADOR DE MEMÓRIA E ESFORÇO COGNITIVO

Dentre os dados coletados por equipamentos de rastreamento ocular, e suas possíveis aplicabilidades clínicas e educacionais, está a variação do diâmetro pupilar, o qual é influenciado por outros fatores além da atividade do sistema nervoso autônomo.

Há 65 anos, Hess e Polt (12), pesquisadores da Universidade de Chicago, estado de Illinois nos Estados Unidos, iniciaram as investigações a respeito dos movimentos de dilatação e constrição pupilares em tarefas matemáticas, identificando uma correlação positiva entre o grau de dilatação pupilar e o nível de dificuldade em uma determinada tarefa. Dez anos após esse estudo inaugural, um grupo de pesquisadores (7) incluiu o espectro da memória nas investigações dos padrões pupilométricos durante a realização de testes de reconhecimento da memória e averiguaram que, quando recordados corretamente, itens “velhos” (i.e., apresentados na fase de estudo do teste de memória) suscitam um aumento significativo no padrão do diâmetro pupilar em comparação a itens “novos” (i.e., não estudados na fase de estudo). Desde então, diversos estudos (2, 17, 33, 41) têm replicado esse achado e ampliado o campo de conhecimento na pupilometria, para além da noção de reflexibilidade pupilar em função da variação da luminosidade.

Nas últimas duas décadas, a pupilometria, campo da ciência que investiga as variações do diâmetro pupilar, tem se mostrado como uma das principais metodologias de pesquisas voltadas aos processos de aprendizagem (6, 8), formação de memórias (17,

33, 41), processamento de estímulos diversos (por exemplo, emocionais, linguísticos e lógicos), atencionais (39), entre outros (21). Não há mais dúvida de que as variações do tamanho da pupila indiquem processos neurofisiológicos e neurais subjacentes a processos cognitivos, a funções sensório-perceptivas, ao processamento de estímulos com carga emocional (2, 17), ao processamento e julgamento de informações (40), à tomada de decisão (15, 21), ao sistema noradrenérgico (44), à evocação de uma falsa memória e ao esquecimento (41), entre diversos outros aspectos.

Em relação aos possíveis contextos de aplicação da pupilometria, destacamos o contexto clínico, especificamente na avaliação de pacientes neurocríticos e no diagnóstico de doenças (por exemplo, diabetes *mellitus*, Alzheimer, entre outras), o educacional, principalmente para compreender as relações entre o processo de aprendizagem e a cognição, e, por fim, o campo jurídico, especialmente na investigação sobre os erros de memória, uma vez que envolve o reconhecimento de suspeitos e lembranças de acontecimentos relacionados com denúncias de atos criminosos e/ou de agressão (41).

A literatura sobre variações pupilares em tarefas de memória com graus variados de demanda cognitiva para sua resolução tem apresentado resultados indicando que as pupilas também reagem conforme o tipo de resposta fornecida durante a execução de uma atividade de memória, constatando que tais reações pupilares decorrem da ativação e do engajamento de processos cognitivos distintos durante a detecção, o processo de resgate da memória (literal ou semântica) e o julgamento de uma informação como “velha” (item estudado e com traços mnemônicos literais consolidados e estáveis em representações na memória) ou “nova” (item não estudado, com ou sem traços de essência e familiaridade com os itens estudados). Mais especificamente, em respostas de alarme falso (classificar como “velho” um estímulo não estudado com relação semântica aos itens-alvo), há uma maior dilatação pupilar em comparação a respostas de rejeição correta (apontar um distrator como sendo de fato “novo”). Essa diferença na variação do diâmetro pupilar é denominada efeito velho / novo da pupila (2, 8, 17, 33) e está associada diretamente ao uso intencional e sistemático da memória durante a execução do teste de memória e reconhecimento da informação (2). A Figura 2 (página seguinte) traz um exemplo dos diferentes padrões pupilares para cada tipo de resposta: acerto (velho / velho), omissão (velho / novo), rejeição correta (novo / novo) e alarme falso (novo / velho).

Além dos efeitos em função do tipo de resposta fornecida, estudos mais recentes têm assinalado que a execução de atividades com demandas cognitivas elevadas no período pós-aprendizagem (i.e., no intervalo de tempo entre a apresentação e exposição a um estímulo-alvo e o posterior teste de memória) prejudica a consolidação dos traços literais da informação, acarretando maior dilatação pupilar e contribuindo para eventuais dificuldades no processo de aprendizagem (1).

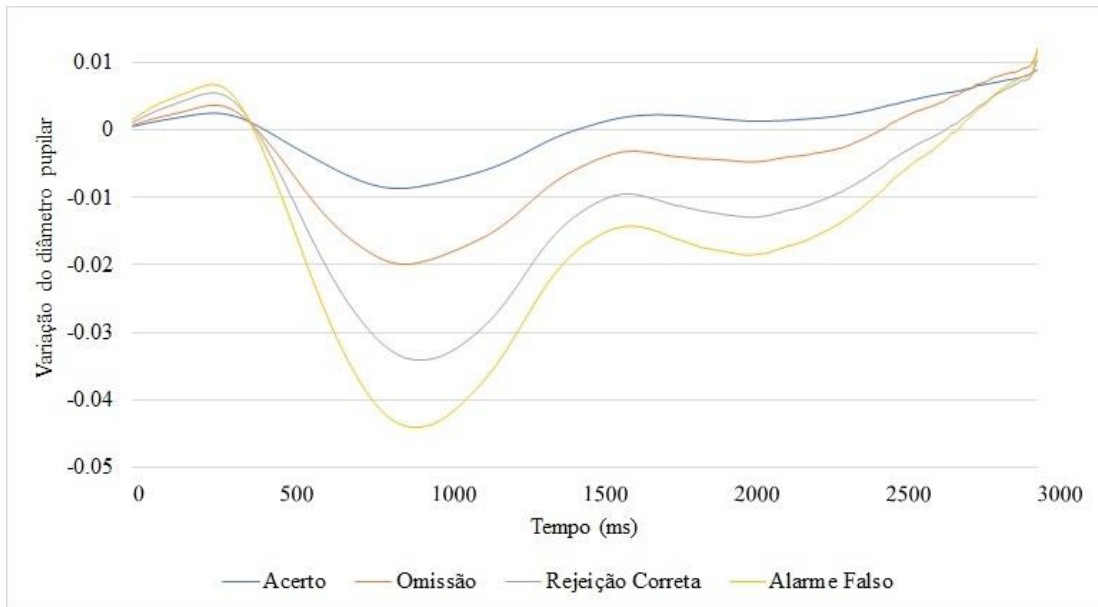


Figura 2. Variações do diâmetro pupilar conforme o tipo de resposta fornecido.
 Fonte: Gráfico retirado e adaptado da pesquisa de Gerotto e Macedo (8).

Tal como apontado em um relato anterior (25), os resultados da pesquisa realizada por Gerotto e Macedo (8), investigando os padrões dos diâmetros pupilares a partir do paradigma *Deese-Roediger-McDermott* em listas de palavras com cargas emocionais variadas, indicou que, a depender do tipo de tarefa realizada durante o intervalo de retenção e consolidação dos estímulos, diferentes padrões pupilares na execução da atividade de memória (reconhecimento de itens estudados e não estudados) serão identificados. Cento e trinta e dois estudantes universitários saudáveis participaram do estudo e foram divididos aleatoriamente em dois grupos experimentais: um grupo submetido à realização da tarefa de evocação livre (condição de facilitação) e outro grupo submetido à tarefa de fluência verbal fonológica (grupo de supressão). O experimento foi aplicado em quatro blocos distintos, cada um deles composto por três fases: 1) fase de estudo, em que os participantes deveriam memorizar uma série de palavras que apareceriam no centro da tela do computador, uma por vez, durante 1.500 ms, intercaladas por cinco marcas (#####), que permaneceram 1.000 ms; 2) intervalo de retenção, no qual os participantes realizavam a atividade relacionada ao seu grupo experimental; e 3) teste de reconhecimento, no qual os participantes deveriam distinguir itens antigos dos novos, respondendo no teclado (<1> para “sim” se a palavra estivesse na lista; <2> para “não” se a palavra fosse nova). No teste de reconhecimento, as palavras eram apresentadas no centro da tela do computador, uma por vez, durante 3.000 ms, intercaladas por cinco marcas (#####) por 2.000 ms, durante o que os participantes deveriam fornecer uma resposta no teclado.

Os dados da pesquisa sugerem que a realização de uma atividade de supressão da informação durante o período de retenção dos itens estudados implica em uma maior dificuldade na consolidação de informações em unidades estáveis na memória, podendo justificar as diferenças comportamentais encontradas entre o grupo experimental e o grupo-controle, em que o controle acertou significativamente mais do que o grupo de supressão, o qual apresentou maiores taxas de omissão (esquecimento da informação estudada). Já as análises pupilométricas não indicaram diferenças significativas nas médias entre os grupos para nenhum tipo de estímulo (alvo, distrator relacionado semanticamente e distrator não relacionado), ficando as diferenças significativas restritas apenas aos tipos de estímulos (“novo” ou “velho”). Vale ressaltar que, embora não tenham sido encontradas diferenças nas médias do diâmetro pupilar entre os grupos nas diferentes possibilidades de respostas, os pesquisadores observaram que nas respostas de acerto a pupila tende a dilatar, enquanto contrai nas respostas de omissão, assinalando uma falha no registro literal das informações (14). Por fim, embora não significativa, o grupo-controle apresentou menor dilatação pupilar para itens estudados e reconhecidos comparativamente ao grupo experimental, o que sugere um menor esforço cognitivo na realização dessa tarefa.

A pupilometria tem se consolidado como um dos campos mais promissores na investigação de inúmeras operações e funções, tais como processamento sensorio-perceptivo e emocional, atenção, cognição, funções executivas (por exemplo, memória de trabalho), tanto em função de sua estrutura metódica e sistemática de análise quanto pelos benefícios de ser um procedimento não invasivo e de fácil acesso, e que dispõe de dados sensíveis e de alta qualidade. No campo da saúde e educação, os estudos utilizando medidas pupilométricas podem auxiliar na identificação de estratégias cognitivas evocadas para resolução de tarefas, déficits atencionais, nível de carga mental de trabalho (*mental workload*) durante a execução de tarefas (16, 34), déficits no processo *exploration-exploitation trade-off* (11), e também servir de biomarcador no diagnóstico de Transtorno de Déficit de Atenção (30). Mais estudos são necessários para explorar as diferenças individuais no processo de aprendizagem e seu reflexo nas reações pupilares visando à elaboração de planos de intervenções.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo teve por objetivo demonstrar como os métodos de registro e análise dos movimentos oculares podem ser aplicados na educação e na saúde. Como discutido, os métodos de registro dos movimentos oculares foram sendo desenvolvidos e aperfeiçoados ao longo dos anos, passando desde um rudimentar sistema com tubos de borracha situado sobre a pálpebra, até equipamentos modernos e portáteis, como pequenas câmeras que podem ser acopladas em um notebook ou óculos que

contém câmeras que filmam tanto os olhos de quem os usa como a cena que a pessoa está vendo. Essa evolução tecnológica permitiu que o *eye-tracker* se tornasse uma importante ferramenta para o estudo do processamento cognitivo. No capítulo foi visto como a análise dos movimentos oculares pode contribuir para a compreensão das estratégias cognitivas em testes de inteligência, para auxiliar no processo de avaliação da habilidade de leitura, assim como a análise do diâmetro pupilar contribui para o entendimento do esforço cognitivo, formação de memórias e aprendizado. Sendo assim, o registro e a análise dos movimentos oculares têm o potencial de auxiliar numa maior compreensão acerca das dificuldades de aprendizagem, distúrbios do desenvolvimento e processos neurais e cognitivos, como também para reformulação de intervenções específicas e mais precisas.

REFERÊNCIAS

1. Alves MVC, Bueno OFA. Retroactive interference: forgetting as an interruption of memory consolidation. *Trends Psychol* [internet]. 2017; 25(3):1055-67. doi: 10.9788/TP2017.3-07En.
2. Brocher A, Graf T. Decision-related factors in pupil old/new effects: attention, response execution, and false memory. *Neuropsychologia*. 2017; 102:124-34. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2017.06.011.
3. Chiew KS, Braver TS. Temporal dynamics of motivation-cognitive control interactions revealed by high-resolution pupillometry. *Front Psychol* [internet]. 2013; 4:15. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00015.
4. Dehaene S. *Reading in the brain: the new science of how we read*. London: Penguin; 2009.
5. Duchowski AT. *Eye tracking methodology: theory and practice*. 2nd ed. New York: Springer; 2007.
6. Foroughi CK, Sibley C, Coyne JT. Pupil size as a measure of within-task learning. *Psychophysiology* [internet]. 2017; 54(10):1436-43. doi:10.1111/psyp.12896.
7. Gardner RM, Mo SS, Borrego R. Inhibition of pupillary orienting reflex by novelty in conjunction with recognition memory. *Bull Psychon Soc*[internet]. 1974; 3(3B):237-38. doi: 10.3758/BF03333458.
8. Gerotto JB, Macedo EC. *Análise da variação da pupila em função do efeito velho / novo no paradigma Deese-Roediger-McDermott*. FAPESP: 2018. (não publicado).
9. Gran Ekstrand AC, Nilsson Benfatto M, Öqvist Seimyr G. Screening for reading difficulties: comparing eye tracking outcomes to neuropsychological assessments. *Front Educ* [internet]. 2021; 6:643232. doi: 10.3389/educ.2021.643232.
10. Guerra-Carrillo BC, Bunge SA. Eye gaze patterns reveal how reasoning skills improve with experience. *Npj Sci Learn*. 2018; 3(18). doi: 10.1038/s41539-018-0035-8.
11. Hayes TR, Petrov AA. Pupil diameter tracks the exploration-exploitation trade-off during analogical reasoning and explains individual differences in fluid intelligence. *J Cogn Neurosci* [internet]. 2015; 28(2):308-18. doi: 10.1162/jocn_a_00895.

12. Hess EH, Polt JM. Pupil size in relation to mental activity during simple problem-solving. *Science* [internet]. 1964; 143(3611):1190-2. doi: 10.1126/science.143.3611.1190.
13. Hooker C, Park S. You must be looking at me: the nature of gaze perception in schizophrenia patients. *Cogn Neuropsychiatry*. 2005; 10(5):327-45.
14. Johansson R, Pärnamets P, Bjernstedt A, Johansson M. Pupil dilation tracks the dynamics mnemonic interference resolution. *Sci Rep* [internet]. 2018; 8(4826):1-8. doi: 10.1038/s41598-018-23297-3.
15. Joshi S, Gold JL. Pupil size as a window on neural substrates of cognition. *Trends Cogn Sci* [internet]. 2020; 24(6):466-80. doi: 10.1016/j.tics.2020.03.005
16. Just MA, Carpenter PA, Miyake A. Neuroindices of cognitive workload: neuroimaging, pupilometric and event-related potential studies of brain work. *Theor Issues Ergon Sci* [internet]. 2003; 4(1-2):56-88. doi: 10.1080/14639220210159735.
17. Kafkas A, Montaldi D. The pupillary response discriminates between subjective and objective familiarity and novelty. *Psychophysiol* [internet]. 2015; 52(10):1305-16. doi: 10.1111%2Fpsyp.12471.
18. Khaldi A, Daniel E, Massin L, Kärnfelt C, Ferranti F, Lahuec C et al. A laser emitting contact lens for eye tracking. *Sci Rep* [internet]. 2020; 10(14804). doi: 10.1038/s41598-020-71233-1.
19. Krafska K, Khosla A, Kellnhofer P, Kannan H, Bhandarkar S, Matusik W et al. Eye tracking for everyone. In: *Proceedings of the 29th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Los Alamitos: IEEE Computer Society; 2016. p. 2176-84.
20. Kucharský Š, Visser I, Trușescu G-O, Laurence PG, Zaharieva M, Raijmakers ME. Cognitive strategies revealed by clustering eye movement transitions. *J Eye Mov Res*. 2020; 13(1). doi: 10.16910/jemr.13.1.1.
21. Laeng B, Sirois S, Gredebäck G. Pupillometry a window to the preconscious? *Perspect Psychol Sci* [internet]. 2012; 7(1):18-27. doi: 10.1177/1745691611427305.
22. Laurence PG, Mecca TP, Serpa A, Martin R, Macedo EC. Eye movements and cognitive strategy in a fluid intelligence test: item type analysis. *Front Psychol* [internet]. 2018; 9:380. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00380.
23. Laurence PG, Pinto TM, Rosa ATF, Macedo EC. Can a lexical decision task predict efficiency in the judgment of ambiguous sentences? *Psicol Reflex Crít*. 2018; 31(1):13.
24. Macedo EC, Lukasova K, Yokomizo JE, Ariente LC, Koakutu J, Schwartzman JS. Processos perceptuais e cognitivos na leitura de palavras: propriedades dos movimentos oculares. *Psicol Esc Educ*. 2007; 11(2):275-83.
25. Michelino MS, Gerotto JB, Laurence PG, Macedo EC. Contribuições do uso de equipamento de eye tracking para compreensão da leitura, inteligência e memória. In: Karnal AR, organizador. (Submetido).
26. Mohamed AO, Silva MP, Courboulay V. A history of eye gaze tracking [internet]. 2007. Disponível em: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00215967/document>.
27. Nakakoga S, Higashi H, Muramatsu J, Nakauchi S, Minami T. Asymmetrical characteristics of emotional responses to pictures and sounds: evidence from pupillometry. *PloS One* [internet]. 2020; 15(4):e0230775. doi: 10.1371/journal.pone.0230775.
28. Nation K, Penny S. Sensitivity to eye gaze in autism: is it normal? Is it automatic? Is it social? *Dev Psychopathol*. 2008; 20(1):79-97.

29. Nilsson Benfatto M, Öqvist Seimyr G, Ygge J, Pansell T, Rydberg A, Jacobson C. Screening for dyslexia using eye tracking during reading. *PloS One* [internet]. 2016; 11(12):e0165508. doi: 10.1371/journal.pone.0165508.
30. Nobukawa S, Shirama A, Takahashi T, Takeda T, Ohta H, Kikuchi M et al. Identification of attention-deficit hyperactivity disorder based on the complexity and symmetricity of pupil diameter. *Sci Rep* [internet]. 2021; 11(1):8439. doi: 10.1038/s41598-021-88191-x.
31. Ogusuko MT, Lukasova K, Macedo EC. Movimentos oculares na leitura de palavras isoladas por jovens e adultos em alfabetização. *Psicol Teor Prát.* 2008; 10(1):113-24.
32. Oliveira DG, Mecca TP, Silva PB, Pinto IS, Macedo EC. Text complexity and eye movements measures in adults readers. *Rev Psicol Teor Prát.* 2013; 15(3):163-74.
33. Otero SC, Weekes BS, Hutton SB. Pupil size changes during recognition memory. *Psychophysiol* [internet]. 2011; 48(10):1346-53. doi: 10.1111/j.1469-8986.2011.01217.x.
34. Othman N, Romli FI. Mental workload evaluation of pilots using pupil dilation. *IREASE* [internet]. 2016; 9(3):80-4. doi: 10.15866/irease.v9i3.9541.
35. Preuschoff K, Hart BM, Einhäuser W. Pupil dilation signals surprise: evidence for noradrenaline's role in decision making. *Front Neurosci* [internet]. 2011; 5:1-12. doi: 10.3389/fnins.2011.00115.
36. Rayner K. The 35th Sir Frederick Bartlett Lecture: eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *Q J Exp Psychol.* 2009; 62(8):1457-506.
37. Rondeel E, Van Steenbergen H, Holland R, van Knippenberg A. A closer look at cognitive control: differences in resource allocation during updating, inhibition and switching as revealed by pupillometry. *Front Hum Neurosci* [internet]. 2015; 9:494. doi: 10.3389/fnhum.2015.00494.
38. Schall A, Bergstrom JR. *Eye tracking in user experience design.* New York: Morgan Kaufmann; 2014. (Chapter 1, Introduction to eye tracking, p. 3-26).
39. Sibley S, Foroughi CK, Moclair CM, King KM, Brown NL, Coyne JT. Additional evidence for pupil size as a measure of within-task learning. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting.* 2019; 63(1):54-8. doi: 10.1177/1071181319631173.
40. Sirois S, Brisson J. Pupillometry. *WIREs Cogn Sci* [internet]. 2014; 5(6):679-92. doi: 10.1002/wcs.1323.
41. Stein LM. *Falsas memórias: fundamentos científicos e suas aplicações clínicas e jurídicas.* Porto Alegre: Artmed; 2010.
42. Unsworth N, Robinson MK. The importance of arousal for variation in working memory capacity and attention control: a latent variable pupillometry study. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 2017; 43(12):1962-87.
43. Vakil E, Lifshitz-Zehavi H. Solving the Raven Progressive Matrices by adults with intellectual disability with/without Down syndrome: different cognitive patterns as indicated by eye-movements. *Res Dev Disabil.* 2012; 33(2):645-54.
44. Van Slooten JC, Jahfari S, Knapen T, Theeuwes J. How pupil responses track value-based decision-making during and after reinforcement learning. *PLoS Comput Biol* [internet]. 2018; 14(11):e1006632. doi: 10.1371/journal.pcbi.1006632.
45. Vigneau F, Caissie AF, Bors DA. Eye-movement analysis demonstrates strategic influences on intelligence. *Intelligence.* 2006; 34(3):261-72.

46. Wade NJ. Pioneers of eye movement research. *i-Perception*. 2010; 1(2):33-68.
47. Wade NJ, Tatler BW. Did Javal measure eye movements during reading? Pioneers of eye movement research. *J Eye Mov Res* [internet]. 2009; 2(5):1-7. doi: 10.16910/jemr.2.5.5.
48. Yokomizo JE, Lukasova K, Fonteles DSR, Macedo ECD. Movimentos sacádicos durante leitura de texto em crianças e universitários bons leitores. *O Mundo da Saúde*. 2008; 32(2):131-8.

23

**Uso de sistemas de *eye-tracking*
para avaliação de pessoas com
autismo e síndrome de Rett**

Jucineide Silva Xavier

Lourenço Kefalás Barbosa

José Salomão Schwartzman

INTRODUÇÃO

O olhar é um importante componente para investigar aspectos cognitivos e a utilização da tecnologia de rastreamento ocular em pesquisas com pessoas com algum distúrbio do desenvolvimento é relativamente recente e tem se mostrado promissor, pois oferece informações precisas sobre o olhar de cada participante, possibilitando, dessa forma, investigar aspectos cognitivos, tais como atenção, comunicação alternativa, vocabulário receptivo e cognição social de pessoas com Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) e Síndrome de Rett (SR).

O Laboratório de Transtorno do Espectro do Autismo da Universidade Mackenzie (Laboratório TEA-MACK) é pioneiro na utilização dessa tecnologia em pessoas com SR, e sua equipe foi a primeira a comprovar, em 2006, que a ferramenta poderia ser usada para avaliar certos aspectos cognitivos e da comunicação nessa população. Desde então, diversas pesquisas usando equipamento de rastreamento ocular vêm sendo desenvolvidas no Laboratório, tanto para investigar aspectos cognitivos na SR quanto em pessoas com TEA.

O presente capítulo pretende informar o leitor sobre os sistemas de *eye-tracking* (o que é, como funciona e as informações que ele fornece), bem como rever a literatura que utiliza essa tecnologia na avaliação de pessoas com TEA e SR, com ênfase nos estudos realizados pelo Laboratório TEA-MACK.

SISTEMAS EYE TRACKING

O movimento dos olhos é um comportamento natural universal utilizado para localizar objetos de interesse na área de melhor acuidade visual, a chamada fóvea. Os olhos se movem devido a eixos e músculos presentes em sua estrutura, que permitem a movimentação e a rotação dos olhos em qualquer direção, sendo limitado pelo nervo óptico. Essa característica de movimentação e rotação facilita a tarefa de buscar o objeto desejado. A capacidade natural do comportamento dos olhos pode sofrer alterações em caso de doenças e acidentes. Os movimentos dos olhos também são peças importantes nas relações sociais, como, por exemplo, ao fornecer pistas se o interlocutor está prestando atenção ou não no locutor em uma interação entre duas pessoas (16).

O olhar é um dos primeiros comportamentos observados que podem ser desenvolvidos na primeira infância. Os recém-nascidos têm a capacidade de dirigir o olhar seletivamente para detectar os eventos e objetos e, dessa forma, identificar e compreender o que está acontecendo a sua volta. O olhar oferece acesso para o estudo da cognição, especialmente em bebês por não terem a fala ainda desenvolvida (2).

Os movimentos dos olhos são controlados por um complexo sistema e podem sofrer grandes impactos e alterações quando há algum tipo de dano ou desordem no cérebro. Eventual problema nesse complexo sistema produz sinais únicos e mensuráveis, podendo ser detectados por meio do movimento dos olhos, permitindo, por vezes, saber a localização e extensão da lesão. Dessa forma, os movimentos oculares podem ser um potencial aliado nos critérios de diagnóstico (5).

Atualmente, existem muitas tecnologias para medir os movimentos oculares sendo utilizadas em diversas áreas e com diversos propósitos, que vão desde pesquisas nas áreas de neurociências, psicológicas, entre outras, à aplicação clínica (9).

O rastreamento ocular é um método experimental que registra o movimento dos olhos, a localização do olhar e o tempo de rastreio para uma tarefa específica, sendo utilizado para observar a atenção visual provocada por estímulo pré-definido. As origens do rastreamento ocular podem ser atribuídas a Charles Bell, considerado o pioneiro em relacionar o movimento ocular ao cérebro, classificar os movimentos dos olhos e descrever o efeito do movimento dos olhos na orientação visual (5).

No final do século de XIX e começo do século XX, a tecnologia para rastreio dos movimentos do globo ocular se proliferou. Com a proliferação da tecnologia, os pesquisadores começaram a analisar não só a sacada ocular – deslocamento super-rápido e preciso do conjunto ocular durante a , mas também a relação entre sacada, fixação, percepção e cognição (16).

O *eye-tracking* ou rastreamento do globo ocular captura as informações do olhar, na forma de fixação e sacadas. A fixação ocorre quando o olhar é direcionado para um ponto específico no espaço (geralmente uma tela) por um determinado período, tendo como parâmetros de mensuração a contagem de fixação, a taxa e o tempo do olhar ao objeto, que são usados para avaliar a capacidade de atenção e o tempo do estímulo. Já as sacadas – mudanças rápidas na posição dos olhos – são úteis para analisar os caminhos de varredura do olhar de um ponto inicial ao ponto de estímulo e as mudanças tanto provocadas pelo estímulo como as automáticas, na atenção e na função executiva. Além disso, a latência, o tempo de resposta e a cinemática dos movimentos dos olhos, também são importantes medidas que podem ser obtidas a partir do rastreio, possibilitando identificar informações cognitivas complexas e prever deficiências cognitivas (21). Também é possível obter, por meio do *eye-tracking*, a dilatação da pupila e seus parâmetros, podendo ser mais uma variável importante a ser analisada (2).

Os equipamentos de *eye-tracking* geralmente estão acoplados a um monitor e a um computador. Possuem, em sua maioria, uma tecnologia que utiliza a emissão de raios infravermelhos, imperceptíveis e sem riscos aos olhos humanos, que refletem na córnea do indivíduo. O aparelho possui câmeras especiais (ou sensor óptico) que conseguem registrar a luz refletida e um software capaz de processar a informação e determinar com precisão o local em que a pessoa está olhando no monitor, utilizando a

posição dos olhos e o tamanho da tela como parâmetros de cálculo. O fato de ser uma técnica não invasiva e indolor, normalmente é de fácil aplicabilidade e não requer longos ciclos de duração, podendo ser considerada simples sua utilização (2, 12).

Antes de sua utilização, o equipamento precisa ser calibrado de acordo com especificidades de cada participante. A calibração considera a distância entre o olhar do participante e o monitor e grava em seu sistema o centro da pupila e a relação córnea-reflexo por referência a uma coordenada x, y no monitor (2). É necessário que o participante atenda os pré-requisitos de distância e altura de sua posição em relação ao aparelho respeitando as especificações técnicas do fabricante do equipamento utilizado. O indivíduo não tem nenhuma barreira que o impede de realizar movimentos com a cabeça, permitindo ao usuário executar pequenos movimentos desde que o olhar permaneça no raio de ação do equipamento para ser registrado (12).

A maioria dos equipamentos remotos fornece ao pesquisador a possibilidade de determinar a quantidade de pontos a serem utilizados na calibração. O número de pontos está diretamente relacionado à precisão espacial, ou seja, quanto maior a quantidade de pontos, mais preciso é o cálculo espacial (24). A calibração é testada numa etapa de validação e, se a calibração for boa, o ponto de contato visual pode ser estimado com alto grau de precisão a partir das posições relativas da pupila e reflexo da córnea (5). Crianças pequenas podem apresentar dificuldade em manter a atenção por muito tempo, por isso, reduzir o número de pontos de calibração pode ser uma estratégia a ser utilizada (24).

Existem muitos aparelhos de rastreamento do globo ocular comercializados atualmente. O Laboratório TEA-MACK utiliza, em suas pesquisas, o equipamento Tobii Pro X3-120. Utilizaremos esse equipamento como referência para explicarmos o funcionamento do *eye-tracking* e como o equipamento pode ser usado em pesquisas relacionadas aos transtornos do desenvolvimento.

O Tobii Pro X3-120 é um equipamento portátil desenvolvido para avaliar e registrar, em tempo real, a varredura visual do indivíduo exposto a um estímulo projetado em uma tela de computador. O sujeito, ao passar pelo processo de calibração, tem seus dados e parâmetros registrados no sistema. O rastreador é acoplado na parte inferior de um monitor de 54,6 cm, tela 21,5", resolução máxima de 1.920 x 1.080 *pixels* e ângulo de visão de 178° (H) / 178° (V). O monitor pode ser diferente ao utilizado, desde que atenda às especificações mínimas do fabricante. As especificações do Tobii Pro X3-120 podem ser observadas no Quadro 1 (25).

Quadro 1. Especificações do Tobii Pro X3-120.

Comprimento	324 mm (12,7 ")
Peso	118 gramas (4,2 oz)
Taxa de amostragem	120 Hz
Tipo de rastreio	Binocular
Medição de pupila	40 Hz (somente modo pupila brilhante)
Latência total do sistema	<11 ms
Sensores de imagem	3 sensores com iluminação infravermelha
Tempo de recuperação do rastreio	Piscar: imediatamente Após perder o rastreio: <100 ms
Movimento da cabeça*	Liberdade de movimento da cabeça a 80 cm (largura x altura): 50 cm x 40 cm (19.7" x 15.7") Distância de operação (rastreador ocular para Participante): 50 – 90 cm (19.6" – 35.4")
Tamanho de tela recomendado	Até 25 " (16:9)

Fonte: User Manual Tobii Pro X3-120 Eye Tracker (22), Xavier (25).

* Considerando que o participante tenha pelo menos um dos olhos no campo de rastreio do equipamento e que o rastreador ocular esteja em um ângulo de 20 graus com a tela

A posição do indivíduo em relação ao aparelho é fundamental para a qualidade do rastreio. A pessoa deve ser posicionada de acordo com as especificações de distância e angulação descritas pelo fabricante, conforme ilustrado na Figura 1, para o equipamento Tobii Pro X3-120 (22). Para obter o melhor posicionamento, por vezes, é necessário movimentar a cadeira do participante para frente ou para trás, para cima ou para baixo, para ajustar ao correto ângulo de monitoramento.

Ao utilizar o *eye-tracking* em uma pesquisa científica, é importante avaliar métricas como: acurácia, precisão, latência e amostragem (21, 22).

- Acurácia: descreve a distância angular média do ponto real do olhar até aquele medido pelo rastreador ocular.
- Precisão: refere-se à precisão do olhar, obtida pela variação angular espacial entre um conjunto de amostras de olhares consecutivos.
- Latência: pode ser definido como o atraso entre uma mudança na localização do olhar e a mudança relacionada na tela.
- Amostragem: consiste no número de amostras de dados de rastreamento ocular por segundo.

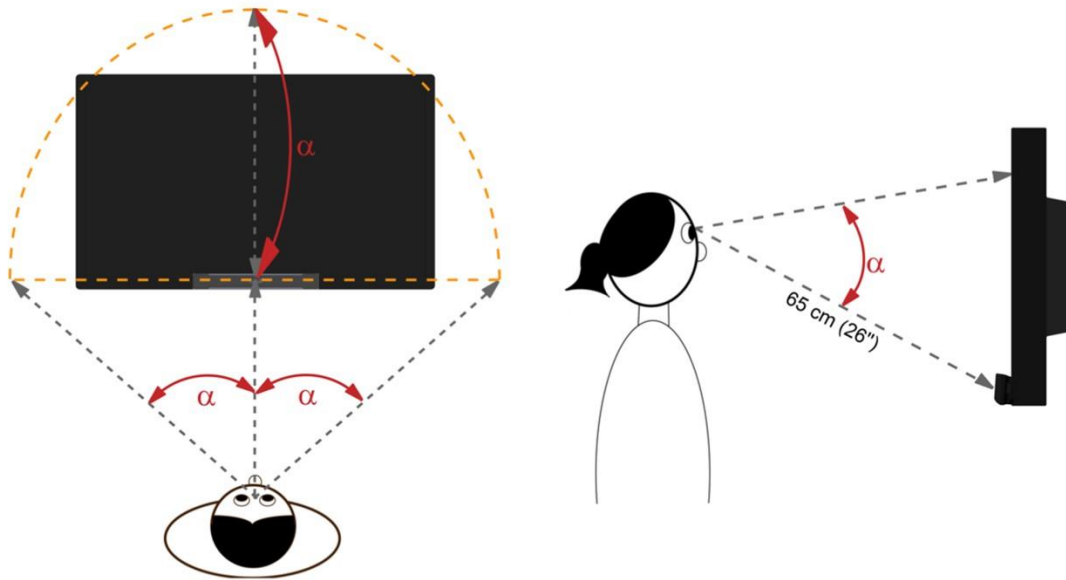


Figura 1. Posição do participante e do *eye tracker* - Tobii Pro X3-120.
 Fonte: User manual Tobii Pro X3-120 Eye Tracker (22).

Outras informações também podem ser utilizadas, como a pupilometria. As medidas pupilométricas podem variar não somente pela variação de luminosidade (12), mas em resposta a processos cognitivos / afetivos internos, como mudanças de atenção, motivação, esforço mental e esforço cognitivo. Ao se usar dados de pupilometria, deve-se considerar que o movimento dos olhos pode interferir na medição da pupila e o fato de que a pupila pode dilatar ou contrair no rastreamento de uma imagem devido à luminosidade do estímulo e não somente pelo processamento e julgamento de uma informação (5).

Os dados do rastreamento ocular são caracterizados em termos de tempo de fixação, movimento do olho ou alguma outra variável, em áreas de interesse (*Area of Interest - AOI*). A configuração das AOIs de maneira adequada é um passo importante para analisar os dados de rastreamento ocular. As AOIs são definidas pelo pesquisador e correspondem a área ou áreas de interesse de rastreio, que podem ser desenhadas a mão ou definidas por *pixels* na tela, de forma regular ou irregular, tamanhos iguais ou diferentes, podendo ser o mesmo para todos os estímulos ou variando dependendo de qual estímulo está na tela (17).

O *eye-tracking* é considerado uma poderosa ferramenta de pesquisa. Com o passar dos anos, os equipamentos foram se tornando mais acessíveis aos pesquisadores (5, 9). Os equipamentos fornecem dados precisos e imparciais do movimento ocular, permitindo ao pesquisador responder perguntas que nem sempre poderiam ser respondidas

utilizando métodos tradicionais. Por ser indolor, não invasivo e comprovadamente seguro, pode ser utilizado em todas as faixas etárias, em indivíduos com desenvolvimento típico ou atípico. Para utilizar o equipamento em pesquisas, é necessário certa habilidade tecnológica (23) e um conhecimento básico da fisiologia dos olhos (5).

A tecnologia de rastreamento ocular tem sido usada na área dos transtornos do desenvolvimento para investigar processos cognitivos e cognição social, como, por exemplo: atenção visual, processamento de emoções e expressões faciais, entre outros (24). Além disso, tem sido utilizada em trabalhos com bebês, tais como crianças prematuras, com sinais de TEA e SR (24, 25), e em diversas patologias que afetam o sistema nervoso, como Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA), Alzheimer, Parkinson, Esclerose Múltipla, Epilepsia, entre outras (21).

SISTEMAS *EYE-TRACKING* PARA AVALIAR PESSOAS COM SR E TEA

Pessoas com deficiências complexas, às vezes, apresentam dificuldade para se comunicar (por meio da fala) com seus pares, familiares e cuidadores; todavia, possuem controle oculomotor e utilizam o olhar para informar ao seu interlocutor sobre suas necessidades (7). Além disso, avaliar aspectos cognitivos desse público também representa um desafio, visto que, muitas vezes, não é possível avaliá-los por meio de testes neuropsicológicos existentes, pois esses instrumentos requerem que o avaliado responda de forma verbal (por meio da fala) ou motora (apontando para a resposta que julga correta). Assim, quando o paciente apresenta limitações de fala e motora essa testagem se torna inviável. Por isso, a importância dessa tecnologia na saúde, visto que viabiliza a avaliação e a comunicação dessa população, o que acarreta direta ou indiretamente em melhorias no tratamento, interação social e na qualidade de vida.

Dentre as pessoas que se beneficiam da tecnologia de rastreamento ocular estão pessoas com Síndrome de Rett (SR). Trata-se de uma doença progressiva na qual criança afetada, quase sempre pertencente ao sexo feminino, apresenta graves prejuízos nas habilidades motoras (perda do uso proposital das mãos, marcha anormal e, às vezes, incapacidade de andar), comunicativas (ausência de fala, na maioria dos casos) e cognitivas (deficiência intelectual profunda) (10), e, dessa forma, o rastreamento ocular poderia ser a única opção viável para avaliar essas pessoas, partindo-se do pressuposto de que elas retêm o controle volitivo dos movimentos oculares. Além disso, pode ser uma ferramenta útil para alguma forma de comunicação alternativa.

O primeiro estudo, que se tem conhecimento, foi realizado por Baptista et al. (3), no Laboratório TEA-MACK. O intuito era verificar se, de fato, meninas com SR utilizavam o olhar para se comunicar e se a tecnologia de rastreamento ocular poderia ser utilizada para avaliar essa população. Os pesquisadores concluíram que as garotas com a SR,

que compuseram a amostra, possuíam olhar com intenção comunicativa e que a ferramenta era segura para avaliar aspectos cognitivos nessa população. A partir de então, outros estudos passaram a explorar aspectos cognitivos dessas meninas.

Visando aprofundar os conhecimentos sobre a SR, em 2009, os pesquisadores do Laboratório TEA-MACK (23) publicaram outro estudo. Dessa vez, o intuito era averiguar se 10 meninas com a Síndrome de Rett, com idades entre 4 e 12 anos, conseguiam reconhecer cores (vermelho, amarelo e azul), formas (círculo, quadrado e triângulo), tamanho (grande e pequeno) e posição espacial (em cima e embaixo). Para isso, as garotas foram expostas a esses conceitos durante um mês, posteriormente esses conceitos foram expostos na tela de um monitor e as meninas foram convidadas a olhar para a figura correspondente ao estímulo verbalizado pelos pesquisadores; enquanto isso, o equipamento de rastreamento ocular registrava as respostas. Usando medida de tempo de fixação nos estímulos os pesquisadores concluíram que as meninas não reconheciam os conceitos, mas, levantaram a hipótese de conhecimento da coloração azul, visto que duas garotas, quando solicitadas, olharam corretamente para o estímulo.

A partir de 2012 a tecnologia passou a ser utilizada por pesquisadores de várias partes do mundo para investigar, por exemplo, preferência visual em mulheres com SR. Djukic e Mcdermott (6) apresentaram três fotos de conteúdo social (rosto de pessoas) e não social (vestido e chafariz de jardim) na tela do computador para 49 garotas com SR e compararam o desempenho dessas mulheres com o de 33 garotas com desenvolvimento típico, isto é, que não apresentam prejuízos no desenvolvimento. Por meio de rastreamento ocular, os pesquisadores constataram que meninas com SR exibiam preferência por estímulos sociais, sobretudo a região dos olhos, em detrimento a outras partes do rosto.

Diante da confirmação de que garotas com SR apresentavam preferência por estímulo visual, especificamente apreço pelo contato ocular (6), Schwartzman et al. (19) do Laboratório TEA-MACK usaram a tecnologia de rastreamento ocular para diferenciar a SR do TEA (nessa época a SR era considerada, por alguns, uma forma grave de TEA). Fotos contendo estímulos sociais e não sociais foram apresentadas para 11 pacientes com TEA, 14 meninas com SR e 17 meninas com desenvolvimento típico e, por meio da medida de fixação visual, constatou-se que meninas com SR observaram os estímulos sociais por mais tempo do que as crianças com TEA e as crianças com desenvolvimento típico, demonstrando, dessa maneira, que diferentemente de pessoas com autismo, que demonstraram preferência por estímulos não sociais, as garotas com SR demonstraram maior preferência por estímulos sociais, preferência maior até mesmo que as crianças típicas.

Em 2020, Xavier (25), colaboradora do Laboratório TEA-MACK, realizou o primeiro estudo que se tem conhecimento, até o momento, que usou rastreamento ocular para avaliar vocabulário receptivo (capacidade de compreender o que se ouve) de meninas

com SR e comparou o rendimento das garotas com a percepção dos pais sobre a capacidade de suas filhas compreenderem o que era dito a elas. O estudo contou com a participação de 14 garotas com SR e 11 meninas com desenvolvimento típico. Imagens de um teste que avaliava capacidade de compreensão foram apresentadas na tela de um monitor e as participantes eram solicitadas a olhar para figuras específicas e, em paralelo, os pais responderam questionários informando quais as palavras acreditavam que suas filhas conheciam e, conseqüentemente, acertaria ao serem avaliadas.

Foram encontrados indicadores que sugeriam que, quanto mais os pais relataram que suas filhas conheciam o vocábulo, mais chances elas possuíam de olhar para o estímulo correto, e que meninas mais novas e com quadro clínico menos severo obtiveram melhor rendimento na tarefa.

A tecnologia de rastreo também tem sido utilizada para avaliar pessoas com TEA, que é uma condição caracterizada por prejuízos na interação social, comunicação e padrões repetitivos e restritos de comportamentos, interesses ou atividades (1).

A dificuldade de contato ocular é uma das características que chama a atenção em pessoas com TEA. Todavia, existem poucas replicações de achados de pesquisas que visavam avaliar o padrão de rastreo ocular nessa população, o que torna a magnitude dos efeitos e o padrão de diferenças do olhar entre os estímulos pouco claros (8).

Com o intuito de compreender melhor os achados de rastreo ocular em pessoas com TEA revisões sistemáticas com metanálise vêm sendo realizadas. Inicialmente, a tecnologia foi utilizada para explorar aspectos de processamento de faces e preferências visuais. Um exemplo disso, é a revisão sistemática de estudos que utilizaram tecnologia de rastreamento visual em crianças com TEA, realizada por Papagiannopoulou et al. (18). A revisão foi composta por 20 estudos que utilizaram paradigmas experimentais para medir processamento de faces; tais estudos usaram medidas de tempo e número de fixações em regiões da boca e olhos em comparação com estímulos não sociais. Todos os estudos que compuseram a amostra passaram por uma metanálise.

Os dados dos estudos que usaram rastreo ocular mostraram, por meio de medida de fixação visual, que as crianças com TEA, quando expostas a fotos de rostos humanos, apresentavam uma redução significativa da fixação do olhar na região dos olhos (18).

O rastreamento visual tem mostrado um biomarcador quantitativo promissor, sobretudo no que diz respeito a comunicação social em crianças com TEA (15). Pesquisadores (15) compararam o rendimento de 25 crianças com TEA em testes e escalas que, geralmente, são utilizadas para avaliar comunicação social de crianças com autismo, com o desempenho dessas crianças em uma atividade de rastreo visual. Os resultados apontaram correlação entre as medidas de atenção social obtidas por meio do rastreo ocular e algumas medidas obtidas a partir de escalas respondidas pelos cuidadores das crianças, o que, segundo os autores, evidencia o potencial do rastreamento ocular vir a se tornar um biomarcador promissor para avaliar essa população.

Frazier et al. (8) revisaram 1.132 estudos que compararam o padrão de olhar e possíveis diferenças no rastreo de pessoas com TEA e grupo-controle (formado por pessoas sem alteração no desenvolvimento) para estímulos sociais e não sociais. Posteriormente os pesquisadores utilizaram métricas de fixação do olhar para examinar o impacto da metodologia dos estudos, as áreas de interesse utilizadas e o tamanho de efeito dos resultados.

Os pesquisadores (8) constataram que pessoas com TEA direcionaram maior atenção para regiões não sociais em detrimento da região dos olhos e do rosto como todo. Esses achados corroboram a noção de que pessoas com autismo, de fato, apresentam diferenças de processamento de cenas com conteúdo social. Em outras palavras, os pesquisadores constataram que os participantes com TEA apresentavam alterações na forma como selecionavam informações socialmente relevantes versus irrelevantes para direcionar a atenção; além disso, segundo os autores, esse padrão de selecionar os estímulos persiste ao longo da idade e prejudica a percepção de emoções e de interações sociais.

Um estudo longitudinal (11) avaliou 59 bebês que apresentavam alto risco para TEA (isto é, possuíam irmãos com diagnóstico de TEA) e 51 bebês que apresentavam baixo risco para o transtorno (não possuíam parentes de primeiro, segundo ou terceiro grau com TEA). Esses bebês assistiram cenas de seus cuidadores em momentos naturalísticos; enquanto isso, a varredura visual era medida e registrada por um equipamento de rastreamento ocular. Os pesquisadores constataram que as crianças que, posteriormente, foram diagnosticadas com TEA, também apresentaram um declínio na fixação ocular nos primeiros 2 a 6 meses de vida; esse padrão não foi observado nas demais crianças que não tiveram diagnóstico de autismo. Para os pesquisadores, tais achados, declínio na fixação ocular em bebês e diagnóstico posterior de TEA, são promissores por oferecer uma oportunidade de intervenção precoce.

Sabe-se que prematuridade e muito baixo peso ao nascimento constituem fator de risco para TEA. O rastreo tem sido usado para investigar o padrão de rastreo com prematuros. Sekigawa-Hosozawa et al. (20) expuseram 47 prematuros, 25 crianças com desenvolvimento típico e 25 crianças com TEA a cenas sociais. Enquanto os participantes assistiam as cenas, o equipamento de rastreo registrava o movimento ocular; posteriormente, os autores compararam seus desempenhos. Segundo os pesquisadores, aquelas crianças prematuras que gastaram menos tempo na visualização de faces e tiveram maior dificuldade de manter a atenção nos personagens principais, apresentavam padrão de rastreo semelhante ao de crianças com diagnóstico de autismo, o que sugere que esse tipo de estudo pode ser útil para auxiliar na identificação de crianças prematuras com risco aumentado para autismo.

O Laboratório TEA-MACK também conduziu pesquisas de rastreo ocular para avaliar preferência visual de crianças prematuras de muito baixo peso ao nascimento.

Lederman et al. (13), por exemplo, utilizaram rastreamento ocular para avaliar o tempo de fixação de olhar em figuras sociais e não sociais em 31 bebês prematuros, bem como quantos deles olharam para as imagens. Os pesquisadores do TEA-MACK concluíram que os bebês apresentaram maior tempo de fixação visual em figuras sociais do que não sociais, independentemente da posição da figura social na prancha.

Mastergeorge et al. (14) realizaram uma revisão sistemática de estudos publicados entre 2015 e 2019, que buscaram investigar os estímulos e os paradigmas usados em estudos que utilizaram rastreamento ocular para avaliar crianças pequenas em risco para TEA. Os autores encontraram variabilidade tanto de protocolos de rastreamento adotado nos estudos quanto dos estímulos utilizados, o que dificulta que o rastreamento se torne uma ferramenta objetiva e confiável. Por isso, Mastergeorge et al. ressaltaram a importância de pesquisadores compartilharem protocolos e estímulos, para que a tecnologia seja replicável e que se possa criar bancos de estímulos padronizados e disponíveis para pesquisas futuras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas de rastreamento ocular se mostram, de fato, promissores para entender aspectos cognitivos, muitas vezes, difíceis de serem avaliados por meio de testagem tradicional e poderão ser usados, no futuro, inclusive em contexto clínico para auxiliar no diagnóstico de pessoas com TEA, bem como possibilitar o aprofundamento do entendimento dos aspectos cognitivos de pessoas com SR e auxiliar na comunicação alternativa.

No momento, as limitações para uso de tal tecnologia de forma mais abrangente decorre da falta de protocolos e estímulos padronizados para avaliar a cognição de pessoas com distúrbios do desenvolvimento, bem como o alto custo da tecnologia, o que inviabiliza o seu amplo acesso, pois, apesar de estar mais acessível do que há alguns anos, o custo, sobretudo para cientistas de países em desenvolvimento, como o Brasil, ainda é uma questão que dificulta a ampla utilização da tecnologia.

Em suma, o *eye-tracking* vem contribuindo para melhor entendimento de aspectos cognitivos de pessoas com SR, evidenciando, por exemplo, preferência por estímulos sociais ao invés de não sociais, corroborando achados de pesquisas de outras áreas que demonstraram que SR e TEA são condições totalmente distintas.

Os estudos com pessoas com TEA também trouxeram contribuições importantes para a área, uma vez que, por meio de tarefas simples como, por exemplo, apresentação de imagens ou vídeos, o equipamento de rastreamento ocular possibilita distinguir um padrão de rastreamento visual de bebês e crianças e fornece dados que possibilitam expandir a compreensão da cognição dessa população.

A perspectiva é que, em longo prazo, a tecnológica possa ser usada não apenas em contexto de pesquisas, mas sobretudo clínico, viabilizando não apenas o diagnóstico precoce como também melhoria nos cuidados e, até mesmo, no tratamento de pessoas com SR e TEA.

REFERÊNCIAS

1. American Psychiatric Association. (2014). Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais-DSM-V- TR (5ª ed.). Porto Alegre: Artmed.
2. Balam GN, Osorio AAC. Rastreamento ocular. *Psicol. teoria pratica*. 2018; 20(1): 179-188.
3. Batista PM, Mercadante MT, Macedo EC, Schwartzman JS. Cognitive performance in Rett syndrome girls: a pilot study using eyetracking technology. *Journal of Intellectual Disability Research*. 2006; 50 (9):662-666.
4. Bradshaw J, Shic F, Holden AN, Horowitz EJ, Barrett AC, German TC, Vernon TW. The Use of Eye Tracking as a Biomarker of Treatment Outcome in a Pilot Randomized Clinical Trial for Young Children with Autism. *Autism Res*. 2019; 12(5):779-793.
5. Carter BT, Luke SG. Best practices in eye tracking research. *Int J Psychophysiol*. 2020
6. Djukic A, Mcdermott MV. Social Preferences in Rett Syndrome. *Pediatrics Neurology*. 2012 ; 46 (4) : 240 - 242.
7. Erin P, Elizabeth H, Samantha N, T. Claire D. A systematic review investigating outcome measures and uptake barriers when children and youth with complex disabilities use eye gaze assistive technology, *Developmental Neurorehabilitatio*. 2019; 23(3):1-15.
8. Frazier TW, Strauss M, Klingemier EW, Zetzer EE, Hardan AY, Eng C, Youngstrom EA. A Meta-Analysis of Gaze Differences to Social and Nonsocial Information Between Individuals With and Without Autism. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*. 2017 Jul;56(7):546-555.
9. Gibaldi A, Vanegas M, Bex PJ, Maiello G. Evaluation of the Tobii EyeX Eye tracking controller and Matlab toolkit for research. *Behav Res Methods*. 2017; 49(3):923-946.
10. Haberg B, Aicardi J, Dias K, Ramos O. A progressive syndrome of autism, dementia, ataxia, and loss of purposeful hand use in girls: Rett's syndrome. Report of 35 cases. *Annals of neurology*. 1983; 14(4):471-479.
11. Jones W, Klin A. Attention to eyes is present but in decline in 2-6-month-old infants later diagnosed with autism. *Nature*. 2013; 504(7480): 427-431.
12. Laurence PG, Michelino MSA, Gerotto JB, Barros MSCVO, Bertolino NP, Macedo EC. Avaliação de leitura e inteligência: análise de medidas oculares. In: Amato, C., Brunoni, D., Boggio P.; *Distúrbios do Desenvolvimento – Estudos Interdisciplinares*; Memnon; São Paulo; 2018.
13. Lederman VRG, Goulart AL, Negrão JG, da Cunha Deyse HF, dos Santos Amélia MN, Schwartzman JS. Visual scanning preferences in low birth weight preterm infants. *Trends Psychiatry Psychother*. 2019; 41(4): 334-339.
14. Mastergeorge AM, Kahathuduwa C, Blume J. Eye-Tracking in Infants and Young Children at Risk for Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review of Visual Stimuli in Experimental Paradigms. *J Autism Dev Disord*. 2020

15. Murias M, Major S, Davlantis K, Franz L, Harris A, Rardin B et al. Validation of eye-tracking measures of social attention as a potential biomarker for autism clinical trials. *Autism Research*. 2018; 11(1):166-174.
16. Nicholas JW, Watler WB. Origins and applications of eye movement research. In: Liversedge SP, Gilchrist LD, Everling S. *The Oxford handbook of eye movements*. Oxford: Oxford University Press; 2011.
17. Oakes LM. Infancy Guidelines for Publishing Eye-Tracking Data. *Infancy*. 2010ROSE, Susan et al. Impaired Visual Search in Children with Rett syndrome. *Pediatric Neurology*. 2019; 92;26-31.
18. Papagiannopoulou EA, Chitty KM, Hermens DF, Hickie IB, Lagopoulos J. A systematic review and meta-analysis of eye-tracking studies in children with autism spectrum disorders. *Social Neuroscience*. 2014;9(6):610-32.
19. Schwartzman JS, Velloso RL, D'Antino MEF, Santos S. The eye-tracking of social stimuli in patients with Rett syndrome and autism spectrum disorders: a pilot study. *Arquivos de neuropsiquiatria*. 2015; 73(5): 402-407.
20. Sekigawa-Hosozawa M, Tanaka K, Shimizu T, Nakano T, Kitazawa S. A group of very pre-term children characterized by atypical gaze patterns. *Brain & development*. 2017; 39(3): 218-24.
21. Tao L, Wang Q, Liu D, Wang J, Zhu Z, Feng L. Eye tracking metrics to screen and assess cognitive impairment in patients with neurological disorders. *Neurol Sci*. 2020; 41(7):1697-1704 .
22. Tobii AB. User Manual Tobii Pro X3-120 eye tracker. Version 1.0.7 [internet]. Copyright© Tobii AB; 2017. Disponível em: <https://www.tobiiipro.com/siteassets/tobii-pro/user-manuals/tobii-pro-x3-120-user-manual.pdf/?v=1.0.9>.
23. Velloso RL, Araujo CA, Schwartzman JS. Concepts of color, shape, size and position in ten children with Rett syndrome. *Arq Neuropsiquiatr*. 2009; 67(1):50-4.
24. Xavier JS, Muitana GO, Tafla TL, Guedes JVC, Schwartzman JS. O uso do rastreamento visual na avaliação dos transtornos do desenvolvimento. In: Amato, C., Brunoni, D., Boggio P.; *Distúrbios do Desenvolvimento – Estudos Interdisciplinares*; Memnon; São Paulo; 2018.
25. Xavier JS. Indicadores de vocabulário receptivo de meninas com Síndrome de Rett com o uso de equipamento de rastreamento ocular. 2021. Dissertação (Mestrado em distúrbios do desenvolvimento) - Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2020.

24

**Relação entre estresse e mães de
indivíduos com autismo:
um estudo usando FaceReader**

Aline Helen Corrêa Garcia

Lucas Murrins Marques

Paulo Sérgio Boggio

Decio Brunoni

AS CAUSAS ASSOCIADAS AO TRANSTORNO DO ESPECTRO DO AUTISMO (TEA)

Entender as causas do autismo, desde a sua descrição por Kanner, tornou-se um desafio para os pesquisadores. O Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) foi identificado, pela primeira vez, como um conjunto de sinais e sintomas, os quais Kanner chamou de distúrbios autísticos do contato afetivo (35). Mais tarde, esses distúrbios foram denominados de Transtornos Globais do Desenvolvimento (TGD), e os casos originais de Kanner entraram numa subcategoria denominada Autismo Infantil. Hoje, o TEA é considerado um transtorno do desenvolvimento cujos fatores causais podem ser múltiplos. Aqueles que caem no espectro devem exibir uma combinação de sintomas que estão delineados pela última edição do Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais – 5ª ed. (DSM-5). Nele, o TEA é considerado um único transtorno, tendo como características diagnósticas: as deficiências sociais e de comunicação e os interesses restritos associados aos comportamentos repetitivos (2).

Por ser um transtorno do desenvolvimento complexo, pesquisas envolvendo fatores genéticos, epigenéticos e ambientais foram associados a ele. Entretanto, na maioria dos casos, os fatores etiológicos representam uma herança multifatorial configurando uma combinação de matriz genética associada a fatores ambientais (1, 34). Para estudar os possíveis fatores associados ao TEA e procurar entender a sua etiologia também necessitamos de uma abordagem ampla e multifacetada. O nosso grupo vem buscando compreender a resposta ao estresse de mães de indivíduos com TEA. Para tanto, buscou associar o estresse materno ao TEA em um caso-controle, em que a ferramenta conhecida como FaceReader foi essencial para validar os testes de estresse realizados. Para uma melhor compreensão do estudo, inicialmente abordaremos as causas do autismo, passando, então, a descrever o estresse como uma causa e, por fim, delinearemos parte do nosso trabalho e os resultados obtidos.

A HERANÇA MULTIFATORIAL

As doenças multifatoriais são causadas por múltiplos fatores genéticos, com prováveis contribuições e interações envolvendo fatores ambientais. Essas doenças, apesar de se agruparem em famílias, não possuem um padrão de herança claro, sendo difíceis de estudar porque os fatores que causam esses distúrbios ainda não estão claros (15, 69). São diversos os exemplos de doenças com herança multifatorial: câncer, autismo, diabetes, obesidade, doenças coronarianas, entre outras. Nelas, as alterações genéticas podem ser causadas por um efeito combinatório de muitas mutações em diferentes genes, com efeitos individuais, sendo algumas raras e de efeito heterogêneo, com um fenótipo que pode variar significativamente em cada caso (7). Há, ainda, as

mudanças referentes a expressão gênica, sem alterações na sequência de DNA, conhecidas como alterações epigenéticas. A desregulação de processos epigenéticos, que são induzidos ou alterados por fatores ambientais, podem causar diversos distúrbios que promovem um funcionamento cerebral anormal, dentre eles o autismo (39). Dessa forma, a ação de fatores epigenéticos, genéticos e ambientais interagem e podem comprometer o desenvolvimento neurológico, levando a defeitos da função sináptica, de conectividade e morfogênese, ocasionando a maturação anormal do cérebro no TEA (29, 57).

FATORES AMBIENTAIS PERINATAIS

Muitos fatores ambientais têm sido associados ao TEA (24), eles sugerem que alterações ambientais, durante o período pré-natal ou logo depois do nascimento, podem modificar o desenvolvimento cerebral e resultar em anormalidades comportamentais e déficits cognitivos, manifestando-se clinicamente no período de desenvolvimento das crianças (16, 41). Dentre essas causas encontramos a deficiência de zinco, síntese anormal de melatonina, diabetes materna, hemorragia gestacional, avanço da idade dos pais, imigração materna (23, 24), maiores níveis ambientais de metais e solventes clorados (59, 71, 74), bem como outros poluentes ambientais (58, 61, 71), infecções virais (42, 55), o uso do anticonvulsivante ácido valpróico, do abortivo misoprostol e da talidomida (41, 48), baixo índice de Apgar, baixo peso ao nascer, prematuridade e hiperbilirrubinemia (JUUL-DAM, SCHENDEL), fumar durante a gestação (31), e, ainda, o estresse pré-natal (4, 23, 24).

Estresse materno e o eixo hipotalâmico-hipofisário-adrenal (HHA)

Dentre os fatores ambientais associados ao TEA está o estresse perinatal. O estresse é uma reação fisiológica do organismo que o leva a sua proteção em situações de risco a partir de uma variedade de estressores de origem física, emocional ou ocasionados por outros fatores que afetam o metabolismo do organismo como: pressão arterial, glicemia, processos de coagulação (62). O estresse psicológico ocasionado por situações reconhecidas como estressantes (19), e a maneira como o organismo interpreta essas situações como ameaçadoras elevam os níveis salivares do hormônio do estresse - o cortisol (28). Os níveis orgânicos de cortisol são controlados pelo eixo hipotalâmico-hipofisário-adrenal (HHA). O cortisol é produzido no córtex da glândula suprarrenal (adrenal), porção fasciculada ou média que é estimulada pelo lóbulo anterior da hipófise por meio do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), cuja produção é controlada pelo hipotálamo, a partir da secreção do hormônio liberador de corticotrofina (CRH). Seu controle é por feedback negativo, isto é, o produto final liberado na corren-

te sanguínea inibe a atividade adrenocortical subsequente (25). As concentrações circulantes de cortisol, após um estímulo externo ou interno, aumentam após poucos minutos da ativação do eixo HHA, e sua meia vida varia entre 60 a 90 minutos (25).

O cortisol é um hormônio que obedece a um ritmo circadiano, cujo padrão diurno já está bem estabelecido desde o terceiro mês de vida (5, 8, 30), mas também está diretamente envolvido na resposta ao estresse (3). A experiência de estresse se dá pela percepção da mudança ambiental ou física, seja ela negativa ou positiva, para defender a homeostase. Contudo, o controle inadequado de respostas ao estresse representa uma grave ameaça para a saúde e o bem-estar do corpo (3, 72).

A regulação do eixo HHA envolve três processos inter-relacionados: na manutenção de um ritmo diurno, na ativação em resposta ao estresse ou ameaça, e na restauração da atividade basal por meio de mecanismos de feedback negativo. Um ou mais desses processos podem ser afetados no TEA. Estudos têm demonstrado que, em adição às alterações circadianas na atividade do eixo HHA, o TEA está associado a uma falta de consistência nos ritmos do dia a dia (8, 10). Além do estresse, outros fatores tendem a modificar os níveis de cortisol. A depressão, a ansiedade, os traumas, atividade física e o uso de alguns medicamentos são alguns dos fatores que estão nessa lista (25, 33), e precisaram ser controlados para não interferir nos resultados da nossa pesquisa (11, 27, 47).

Biologicamente, o estresse na gestação altera o funcionamento do eixo hipotálamico-hipofisário-adrenal (HHA). Somado a isso, as alterações do eixo HHA de crianças com autismo, em resposta ao estresse, têm se mostrado complexa, idiossincrática, com desregulação do ritmo circadiano e aumento do cortisol salivar (8, 10). O sistema HHA também responde consistentemente à percepção de situações novas ou desconhecidas e pode servir como um importante biomarcador da resposta a uma variedade de estímulos diferentes, inclusive ao estresse (27).

O estresse, o eixo HHA e o neurodesenvolvimento

O estresse pré-natal está associado ao aumento do risco de doença psiquiátrica na prole, dentre elas o TEA, além de padrões atípicos de emoções e comportamento (45, 50), gerando filhos mais propensos a problemas emocionais ou cognitivos, incluindo um aumento do risco de déficit de atenção e hiperatividade, ansiedade e alterações da linguagem. Os estudos mostram uma forte correlação entre os níveis de cortisol materno e fetal, mas não explicam alguns problemas envolvidos nessa interação como o declínio na resposta ao cortisol no curso da gestação, levando à proposição de que uma hiper-resposta ao cortisol pode ser a causa do problema (66).

No encéfalo, a região do hipocampo mostra um notável grau de plasticidade estrutural em resposta ao estresse e aos corticoides durante o neurodesenvolvimento (43).

De sorte que o estresse materno pode alterar o desenvolvimento neurológico do feto em humanos (53), demonstrando que a exposição pré-natal a glicocorticoides tem profundas influências sobre a função do eixo HHA, sendo os baixos níveis de cortisol detectados em condições de estresse crônico e em situações sociais caracterizadas por relações sociais instáveis (64). Quase todos os estudos encontraram correlação entre os níveis de cortisol e do hormônio adrenocorticotrófico em TEA, sugerindo que o aumento dos níveis séricos basais de hormônio adrenocorticotrófico acompanhado pelo aumento do hormônio cortisol podem ser marcadores biológicos úteis para o transtorno (32).

Assim, um modelo bioquímico proposto para o TEA pode resultar de uma disfunção da hipófise no eixo HHA em um subconjunto de indivíduos com o transtorno (5, 8, 30), ou em suas mães, uma vez que os glicocorticoides têm uma poderosa influência sobre o crescimento, maturação e remodelação do tecido durante o desenvolvimento fetal. A sua utilização, na gravidez humana em risco de parto prematuro, reduz a mortalidade e morbidade neonatal. Esses efeitos benéficos de curto prazo, dos glicocorticoides no período pré-natal, no entanto, aumentam os riscos, em longo prazo, de desregulação das funções endócrinas e metabólicas, incluindo a resposta ao estresse, crescimento e reprodução (44). Dessa forma, o período intrauterino é um momento crítico, e alterações epigenéticas de genes na placenta envolvidos no eixo HHA são associadas com o estresse no útero e podem contribuir para diferenças no desenvolvimento, em longo prazo, com efeito sobre a saúde da prole. Assim, alterações induzidas pelo estresse na gestação, em genes que regulam o eixo HHA, podem aumentar a resposta do feto ao estresse (57).

ESTRESSE

Nos dias atuais, questões como o estresse têm sido cada vez mais relevantes e, por isso, estão sendo amplamente discutidas e suscitando uma quantidade imensa de investigações científicas nas mais diversas áreas (51).

O uso do termo estresse como analogia a uma resposta psicofisiológica do organismo é decorrente dos estudos do pesquisador Hans Selye sobre a “Síndrome da adaptação generalizada”, que descreveu o estresse como sendo uma resposta do corpo a qualquer demanda, quando forçado a adaptar-se à mudança (62). Posteriormente, outros pesquisadores, como Cannon, começaram a questionar a não especificidade da resposta ao estresse. Cannon teria sugerido que um mesmo padrão de resposta ao estresse, de forma quase estereotipada, não seria um mecanismo adaptativo e, portanto, não teria se mantido a partir da seleção natural (54).

A resposta fisiológica adaptativa a uma situação estressante é chamada de alostase, que significa, literalmente, manutenção da estabilidade, ou da homeostase, por meio da mudança (60). O termo homeostase se refere à manutenção do funcionamento ótimo de alguns parâmetros fisiológicos, tais como pH, tensão de oxigênio e temperatura corporal, que são essenciais para a manutenção da vida (60). A alostase, por sua vez, pode ser definida como um processo ativo de manutenção / reestabelecimento da homeostase (63). Nesse contexto, a alostase abrangeria à capacidade do corpo de produzir hormônios (por exemplo, cortisol, adrenalina e DHEA) e outros mediadores (como citocinas), que ajudam o indivíduo a se adaptar a uma nova situação ou desafio (46).

As respostas ao estresse agudo, que promovem a sobrevivência no contexto de situações de ameaça à vida, são adaptativas em curto prazo (alostase). No entanto, se a recuperação fisiológica do evento agudo não for acompanhada de uma resposta homeostática compensatória adequada, podem ocorrer efeitos deletérios nas funções fisiológicas e psicológicas denominados de "sobrecarga alostática" (60). Esse quadro de sobrecarga pode ocorrer devido a uma ativação repetitiva, ausência ou não recuperação da resposta alostática (carga alostática), e está relacionado com um desgaste do organismo causado pelo excesso ou insuficiência dos mediadores fisiológicos do estresse (60). Os conceitos de alostase e sobrecarga alostática conectam o valor de proteção e sobrevivência da resposta aguda ao estresse com as consequências adversas da persistência dessa resposta (60).

A adaptação a uma situação estressora leva à ativação do Sistema Nervoso Autônomo (SNA), no qual o Sistema Nervoso Parassimpático é suprimido e o Sistema Nervoso Simpático é ativado (65). Essa ativação do SNA resulta na secreção de epinefrina e norepinefrina, que geram diversas respostas fisiológicas como a vasoconstrição dos vasos sanguíneos, aumento da pressão sanguínea, aumento da tensão muscular e mudança na frequência cardíaca e na variabilidade da frequência cardíaca (65). Quando não há mais o estímulo estressante, o balanço entre os sistemas parassimpático e simpático é restaurado. Porém, em quadros de estresse crônico, há uma ativação contínua e uma sobrecarga dos sistemas hormonais, cardiovascular, neural e muscular (65).

Procurando investigar o impacto dos estresses cotidianos e a reatividade a eles na saúde mental do indivíduo, o estudo realizado por Charles et al. (6) acompanharam 711 pessoas, que realizaram os questionários duas vezes com um intervalo de 10 anos. Os resultados indicaram que os estresses cotidianos foram capazes de desgastar o bem-estar dos participantes e foram consistentes com teorias cognitivas da depressão, indicando o impacto do estresse na saúde mental (6).

Dentre as principais métricas psicofisiológicas das emoções, destaca-se a eletromiografia de superfície (EMG), técnica que possibilita a detecção de atividade muscular no mapeamento de emoções de maneira não invasiva (17). Considerando que a atividade muscular nas expressões faciais está relacionada com a expressão involuntária

ria de emoções, dados como os da EMG podem nos dar indícios da forma implícita como os estímulos são processados (17). Alguns músculos faciais específicos são relacionados com emoções; existem informações relevantes relacionando o corrugador superciliar, zigomático e depressor superciliar com expressão emocional (67). A estimativa objetiva das expressões faciais se tornou uma ferramenta auxiliar em pesquisa que envolve sentimentos e emoções (14), o que se deve ao fato de o rosto ser um canal para transmitir sinais emocionais de apreciação ou não, sendo essas expressões espontâneas e difíceis de controlar e, por isso, mais sinceras (68, 70). Vários estudos têm demonstrado que as expressões faciais revelam muito sobre os sentimentos e emoções dos indivíduos, e que essas expressões são universais (18).

Paralelamente, outros sistemas foram desenvolvidos no intuito de aperfeiçoar a mensuração de expressões faciais, mesmo sem o posicionamento de eletrodos, o que garante maior conforto dos participantes durante a mensuração (12, 14, 52, 68). Esse é o caso do software *Face Reader* (52), que utiliza filmagens para detecção e análise automática das expressões faciais humanas (40, 41); ele é capaz de reconhecer, além da face neutra, as expressões de tristeza, alegria, raiva, surpresa, nojo e medo, tendo acurácia em torno de 89% (12, 68, 70).

Importante salientar que, com o avanço tecnológico desse tipo de instrumento, hoje, diversas marcas disponibilizam seus sistemas no mercado, popularizando o uso, bem como promovendo o contínuo desenvolvimento de sistemas cada vez mais precisos, com menor custo-benefício e maior praticidade (14). Tipicamente esses sistemas funcionam a base de um sensor (uma webcam, por exemplo) que capta a imagem facial. A decodificação facial é avaliada e categorizada com base no sistema FACS (Veja o link para mais informações: <https://www.paulekman.com/facial-action-coding-system/>), que se caracteriza por um conjunto de padrões de ativação muscular facial correlacionados com a experiência emocional de diversos estados emocionais (68). Além disso, o sistema enquadra a expressão facial em função dos eixos emocionais de valência e ativação, o que informa tanto a respeito de quais emoções estão evocadas quanto a intensidade com que se manifestam (52).

Alguns sistemas possibilitam que vídeos gravados externamente aos computadores de análise da expressão facial sejam processados nesses sistemas posteriormente, permitindo, assim, que a imagem seja captada em ambientes mais ecológicos e, portanto, mais naturais aos participantes do estudo (52). Esse ponto é particularmente importante quando se pensa a aplicação desses sistemas no campo da saúde mental, uma vez que alterações socioemocionais tipicamente não apresentam marcador biológico, dificultando seu estudo, além do fato de que indivíduos nesse perfil clínico podem apresentar resistência por avaliações mais invasivas (12).

Apesar do importante impacto que esse tipo de sistema pode gerar no campo da saúde mental, o número de trabalhos empíricos nesse sentido ainda é limitado, desta-

cando o desconhecimento das ferramentas por parte dos pesquisadores, mas também evidenciando o caráter inovador que sistemas tipicamente comerciais podem apresentar no âmbito acadêmico.

Mães de indivíduos com Autismo diante de estresse

Em um trabalho de Doutorado realizado por nosso grupo (21), que se encontra em edição final, nos ancoramos na prerrogativa de que o estresse materno pode ser considerado um candidato ambiental com probabilidades de possuir efeitos epigenéticos, em indivíduos geneticamente vulneráveis, levando a metilação prejudicada e déficits neurológicos (13, 24, 50). Investigamos esse efeito como uma das possíveis causas envolvidas nesse transtorno (36).

Nesse sentido, nesse estudo caso-controle, adaptamos os protocolos padrões de indução de estresse do *Trier Social Stress Test* (TSST), em que há tarefas de indução de estresse, como falar em público e aritmética mental na frente de dois avaliadores, com filmagem concomitante, combinando, assim, elementos de ameaça socioavaliativa e não controlável, e provocando respostas de estresse confiáveis (37, 38, 40).

O *Trier Social Stress Test*, desenvolvido por Kirschbaum, é um teste amplamente utilizado para indução de estresse no laboratório (38). Nesse teste, os participantes passam por uma entrevista, enquanto estão sendo gravados e avaliados por uma banca. Após a entrevista, a banca pede ao participante para realizar um teste aritmético. Os estudos realizados com o teste encontraram respostas de estresse relacionadas ao cortisol, indicando a eficiência do teste (38). No Brasil, diversos estudos foram realizados em pacientes psiquiátricos e indivíduos típicos, medindo respostas neurofisiológicas e hormonais em experimentos de estresse induzido por fala pública simulada (22, 26). Parece também que respostas fisiológicas mais intensas são conseguidas a partir de experimentos com fala pública diante de uma pequena audiência (75).

O teste aritmético é comumente utilizado como indutor de estresse moderado em estudos, sendo possível verificar mudanças fisiológicas durante a aplicação do teste, como alterações na frequência cardíaca e na pressão sanguínea (73). Esse teste consiste em realizar contas em voz alta, em que os participantes devem subtrair um determinado número de um valor inicial de três ou quatro dígitos (por exemplo, subtrair o número 13 de forma contínua, a partir do número 1.022 até chegar a zero). Durante o teste, o pesquisador não deverá admitir erros e deverá induzir o participante a realizar a tarefa de forma rápida (38).

No estudo realizado de caso- controle com amostra de conveniência, participaram mães de pelo menos um filho, até 10 anos, com diagnóstico confirmado de TEA (casos, 22 mães), e mães de crianças sem diagnóstico de TEA (controles, 20 mães) (21). Para análise das expressões faciais das mães, foi usado o software *FaceReader* (52) que ana-

lisa seis expressões faciais básicas, bem como a expressão neutra. Para isso, as mães foram filmadas durante a tarefa de estresse, tanto na fala pública simulada quanto no teste cognitivo, com o intuito de afirmar a efetividade da tarefa realizada e as diferenças de comportamento ante a tarefa, tanto nas mães-caso quanto nas mães-controle.

Análise dos resultados demonstraram não haver diferença significativa na expressão da face neutra, bem como na variação dos níveis de valência emocional entre casos e controles. Já em relação à análise dos níveis de ativação emocional, essa se encontrou mais pronunciada nos controles do que no grupo caso, o que demonstra uma maior intensidade de expressão das emoções nesse grupo, contrariando a hipótese inicial do estudo. Por fim, a análise individual para cada uma das seis emoções básicas demonstrou que a frequência das expressões faciais Alegria e Tristeza se diferenciaram entre os grupos. Dessa forma, pôde-se entender que as mães do grupo caso apresentaram menores níveis de Alegria e maiores níveis de Tristeza comparadas às mães do grupo-controle. Vale destacar que essa expressão de Alegria, nem sempre reflete esse sentimento, uma vez que podemos expressar um riso “nervoso” nas situações de estresse. Não foram encontradas diferenças entre os grupos para as emoções Raiva, Nojo, Surpresa e Medo (21).

Os resultados diferem dos esperados após a tarefa de estresse porque se as mães-caso reagem de forma diferente em situações de estresse, era esperada uma diferença nas expressões de surpresa, medo ou raiva e não na tristeza ou alegria. Contudo, podemos teorizar que as dificuldades de ser mãe de uma ou mais crianças com TEA pode transparecer nas expressões faciais.

Em um trabalho comparando pais e mães de crianças com TEA versus de crianças com desenvolvimento típico, Pisula e Porębowicz-Dörsmann (56) encontraram que familiares de crianças com TEA reportam maiores níveis de estresse e menores níveis de qualidade de vida, em instrumentos explícitos. Além disso, foi encontrado que mães de crianças com TEA apresentam maiores níveis de estresse quando comparadas aos pais. Outro estudo mais recente demonstrou correlação positiva significativa entre a severidade dos sintomas de TEA dos filhos, com os níveis de estresse de pais e mães (49). Interessante destacar que esse mesmo estudo encontrou mediação significativa dos níveis de enfrentamento (*coping*) na relação entre a severidade dos sintomas de TEA dos filhos, com os níveis de estresse de pais e mães, indicando que mesmo com altos níveis de severidade dos sintomas de TEA dos filhos, pais com altos níveis de enfrentamento conseguem reduzir os sintomas de estresse. Por fim, outro estudo (20) investigou a relação entre a severidade dos sintomas de TEA dos filhos nos níveis de HRV (*Heart Rate Variability*) dos pais, métrica cardíaca essa que está relacionada ao bem-estar. Apesar de não ter sido encontrada correlação significativa entre as medidas, possivelmente a variabilidade dos níveis de enfrentamento dos pais e mães pode ter influenciado com mediador dessa relação, seguindo os resultados de Miranda e Mira (49).

Assim, os resultados do nosso estudo (21), quando analisados a partir dos resultados dos estudos supracitados, podem indicar que mães de crianças com TEA apresentam maiores níveis de enfrentamento ao estresse, quando comparadas a mães de crianças com desenvolvimento típico, uma vez que apresentaram menor ativação emocional e menor expressividade da emoção de tristeza, frente ao estresse. Contudo, essa é apenas uma hipótese, sendo necessária a testagem efetiva dos níveis de enfrentamento, regulação emocional e/ou supressão emocional dessas mães frente a situações de estresse.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desse modo, tanto o estudo citado quanto os demais estudos sobre estresse materno de crianças com TEA, apenas avaliam pontualmente o estresse dessas mães no momento dos estudos, com as crianças com diagnóstico já formalizado. Como apresentado no início do presente capítulo, dentre os fatores ambientais associados ao TEA está o estresse perinatal (4, 23, 24). A nossa hipótese era de que possivelmente mães de crianças com TEA apresentariam resposta diferenciada ao estresse, o que poderia estar associada a menor tolerabilidade ao estresse também durante o período gestacional. Sendo assim, mais estudos são necessários para complementar os dados a respeito da relação entre estresse materno e TEA.

AGRADECIMENTOS

LMM is supported by a postdoctoral grant #2021/05897-5. Sao Paulo Research Foundation (FAPESP).

REFERÊNCIAS

1. Abrahams BS, Geschwind DH. Connecting genes to brain in the autism spectrum disorders. *Arch Neurol*. 2010; 67(4):395-9.
2. American Psychiatric Association (APA). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders – DSM-5*. 5. ed. Washington: APA; 2013.
3. Koeppen BM, Stanton BA. *Berne & Levy: Fisiologia*, Elsevier: Rio de Janeiro; 2004.
4. Beversdorf DQ, Manning S, Hillier A, Anderson S, Nordgren R, Walters S et al. Timing of prenatal stressors and autism. *Journal of autism and developmental disorders*. 2005; 35(4):471-8.

5. Chamberlain RS, Herman BH. A novel biochemical model linking dysfunctions in brain melatonin, proopiomelanocortin peptides, and serotonin in autism. *Biol Psychiatry*. 1990; 28(9):773-93.
6. Charles ST, Piazza JR, Mogle J, Sliwinski MJ, Almeida DM. The wear and tear of daily stressors on mental health. *Psychol Sci*. 2013; 24(5):733-41.
7. Cho D-Y, Kim Y-A, Przytycka TM. Network biology approach to complex diseases. *PLoS Comput Biol*. 2012; 8(12):e1002820. doi: 10.1371/journal.pcbi.1002820.
8. Corbett BA, Schupp CW, Levine S, Mendoza S. Comparing cortisol, stress, and sensory sensitivity in children with autism. *Autism Res*. 2009; 2(1):39-49.
9. Corbett BA, Mendoza S, Abdullah M, Wegelin JA, Levine S. Cortisol circadian rhythms and response to stress in children with autism. *Psychoneuroendocrinol*. 2006; 31(1):59-68.
10. Corbett BA, Mendoza S, Wegelin JA, Carmean V, Levine S. Variable cortisol circadian rhythms in children with autism and anticipatory stress. *J Psychiatry Neurosci*. 2008; 33(3):227-34.
11. Copeland D, Harbaugh BL. Differences in parenting stress between married and single first time mothers at six to eight weeks after birth. *Issues Compr Pediatr Nurs*. 2005;28(3):139-52.
12. Den Uyl M, Van Kuilenburg H, editors. *The FaceReader: online facial expression recognition*. Wageningen: Proceedings Measuring Behavior; 2005.
13. Deth R, Muratore C, Benzecry J, Power-Charnitsky V-A, Waly M. How environmental and genetic factors combine to cause autism: a redox / methylation hypothesis. *Neurotoxicol*. 2008; 29(1):190-201.
14. Drozdova N. *Measuring emotions in marketing and consumer behavior: is face reader an applicable tool?* [Dissertação]. Bergen: Norwegian School of Economics; 2014.
15. Duarte DB. *Indicadores de saúde mental e estilos parentais: uma comparação entre grupo de pais de crianças e adolescentes com síndrome de Williams e grupo de pais de crianças e adolescentes com queixas de desatenção e hiperatividade*. [Dissertação]. São Paulo Universidade Presbiteriana Mackenzie; 2013.
16. Dufour-Rainfray D, Vourc'h P, Tourlet S, Guilloteau D, Chalon S, Andres CR. Fetal exposure to teratogens: evidence of genes involved in autism. *Neurosci Biobehav Rev*. 2011; 35(5):1254-65.
17. Ekman P. *Facial expressions of emotion: new findings, new questions*. SAGE: Los Angeles; 1992.
18. Ekman P, Friesen WV. *Manual for the facial action coding system*. Mountain View: Consulting Psychologists Press; 1978.
19. Elliott GR, Eisdorfer C. *Stress and human health. Analysis and implications of research: a study by the Institute of Medicine, National Academy of Sciences*. New York: Springer; 1982.
20. Factor RS, Swain DM, Scarpa A. Child autism spectrum disorder traits and parenting stress: the utility of using a physiological measure of parental stress. *J Autism Dev Disord*. 2018; 48(4):1081-91.
21. Garcia AHC. *Estresse e níveis de cortisol em mães de indivíduos com transtorno do espectro autista*. [Tese]. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie; 2018.

22. Garcia-Leal C, Del-Ben C, Leal F, Graeff F, Guimarães F. Escitalopram prolonged fear induced by simulated public speaking and released hypothalamic-pituitary-adrenal axis activation. *J Psychopharmacol*. 2010; 24(5):683-94.
23. Gardener H, Spiegelman D, Buka SL. Prenatal risk factors for autism: comprehensive meta-analysis. *Brit J Psychiatry*. 2009; 195(1):7-14.
24. Grabrucker AM. Environmental factors in autism. *Front Psychiatry*. 2013; 3:118. doi: 10.3389/fpsy.2012.00118.
25. Granger DA, Hibel LC, Fortunato CK, Kapelewski CH. Medication effects on salivary cortisol: tactics and strategy to minimize impact in behavioral and developmental science. *Psychoneuroendocrinol*. 2009; 34(10):1437-48.
26. Guimarães F, Kohem C, Gus G, Fillmann H, de-Vecino M, de-Paoli C et al. A simple simulated public speaking test for evaluating anxiolytic drugs. *Braz J Med Biol Res*. 1989; 22(9):1083-9.
27. Hammen C. Stress and depression. *Annu Rev Clin Psychol*. 2005; 1:293-319.
28. Hellhammer DH, Wüst S, Kudielka BM. Salivary cortisol as a biomarker in stress research. *Psychoneuroendocrinol*. 2009; 34(2):163-71.
29. Henikoff S, Matzke MA. Exploring and explaining epigenetic effects. *Trends Gen*. 1997; 13(8):293-5.
30. Herman JP, Cullinan WE. Neurocircuitry of stress: central control of the hypothalamo-pituitary-adrenocortical axis. *Trends Neurosci*. 1997; 20(2):78-84.
31. Hultman CM, Sparén P, Cnattingius S. Perinatal risk factors for infantile autism. *Epidemiol*. 2002; 13(4):417-23.
32. Iwata K, Matsuzaki H, Miyachi T, Shimmura C, Suda S, Tsuchiya KJ et al. Investigation of the serum levels of anterior pituitary hormones in male children with autism. *Mol Autism*. 2011; 2:16. doi: 10.1186/2040-2392-2-16.
33. Juruena MF, Cleare AJ, Pariante CM. O eixo hipotálamo-pituitária-adrenal, a função dos receptores de glicocorticóides e sua importância na depressão. *Braz J Psychiatry*. 2004; 26(3):189-201.
34. Kahn R. Etiology of autism: the possible role of cortisol. New York: Proquest, Umi Dissertation Publishing; 2011.
35. Kanner L. Autistic disturbances of affective contact. *Nervous Child*. 1943; 2(3):217-50.
36. Kinney DK, Munir KM, Crowley DJ, Miller AM. Prenatal stress and risk for autism. *Neurosci Biobehav Rev*. 2008; 32(8):1519-32.
37. Kirschbaum C, Hellhammer DH. Salivary cortisol. In: G. Fink, editor. *Encyclopedia of stress*. San Diego: Academic Press; 2000. v. 3, p. 379-384.
38. Kirschbaum C, Pirke K-M, Hellhammer DH. The 'Trier Social Stress Test': a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychobiol*. 1993; 28(1-2):76-81.
39. Kubota T, Miyake K, Hirasawa T. Epigenetic understanding of gene-environment interactions in psychiatric disorders: a new concept of clinical genetics. *Clin Epigenet [internet]*. 2012; 4(1). doi: 10.1186/1868-7083-4-1.
40. Kudielka BM, Hellhammer DH, Kirschbaum C. Ten years of research with the trier social stress test--revisited. In: Harmon-Jones E, Winkielman P, editors. *Social neuroscience: inte-*

grating biological and psychological explanations of social behavior. New York: The Guilford Press. 2007. p. 56-83.

41. Landrigan PJ. What causes autism? Exploring the environmental contribution. *Curr Opin Pediatrics*. 2010; 22(2):219-25.

42. Libbey JE, Sweeten TL, McMahon WM, Fujinami RS. Autistic disorder and viral infections. *J Neurovirol* [internet]. 2005; 11(1):1-10. doi: 10.1080/13550280590900553.

43. Lucassen P, Bosch O, Jousma E, Krömer S, Andrew R, Seckl J et al. Prenatal stress reduces postnatal neurogenesis in rats selectively bred for high, but not low, anxiety: possible key role of placental 11 β -hydroxysteroid dehydrogenase type 2. *Eur J Neurosci*. 2009; 29(1):97-103.

44. Manojlović-Stojanoski M, Nestorović N, Milošević V. Prenatal glucocorticoids: short-term benefits and long-term risks. In: Qian X, editor. *Glucocorticoids: new recognition of our familiar friend* Rijeka. London: Tech Open Access Publisher; 2012. p. 337-90.

45. Markham JA, Koenig JI. Prenatal stress: role in psychotic and depressive diseases. *Psychopharmacol*. 2011; 214(1):89-106.

46. McEwen BS, Seeman T. Protective and damaging effects of mediators of stress: elaborating and testing the concepts of allostasis and allostatic load. *Ann the New York Acad Sci*. 1999; 896(1):30-47.

47. Miller GE, Chen E, Zhou ES. If it goes up, must it come down? Chronic stress and the hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis in humans. *Psychol Bull*. 2007; 133(1):25-45.

48. Miles JH. Autism spectrum disorders: a genetics review. *Genet Med*. 2011; 13(4):278-94.

49. Miranda A, Mira A, Berenguer C, Rosello B, Baixauli I. Parenting stress in mothers of children with autism without intellectual disability: mediation of behavioral problems and coping strategies. *Front Psychol* [internet]. 2019; 10:464. oi: 10.3389/fpsyg.2019.00464.

50. Monk C, Spicer J, Champagne FA. Linking prenatal maternal adversity to developmental outcomes in infants: the role of epigenetic pathways. *Dev Psychopathol*. 2012; 24(4):1361-76.

51. Nodari NL, Araújo Flor SR, Ribeiro AS, Carvalho GJ, Albuquerque Hayasida NM. Estresse, conceitos, manifestações e avaliação em saúde: revisão de literatura. *Saúde Desenvolv Hum*. 2014; 2(1):61-74.

52. Noldus F. Tool for automatic analysis of facial expression: version 6.0. Wageningen: Noldus Information Technology BV. 2014.

53. O'Donnell K, O'connor T, Glover V. Prenatal stress and neurodevelopment of the child: focus on the HPA axis and role of the placenta. *Dev Neurosci*. 2009; 31(4):285-92.

54. Pacak K, Palkovits M. Stressor specificity of central neuroendocrine responses: implications for stress-related disorders. *Endocr Rev*. 2001;22(4):502-48.

55. Pardo CA, Vargas DL, Zimmerman AW. Immunity, neuroglia and neuroinflammation in autism. *Int Rev Psychiatry*. 2005; 17(6):485-95.

56. Pisula E, Porębowicz-Dörsmann A. Family functioning, parenting stress and quality of life in mothers and fathers of Polish children with high functioning autism or Asperger syndrome. *PloS One*. 2017; 12(10):e0186536. doi: 10.1371/journal.pone.0186536.

57. Provençal N, Binder EB. The effects of early life stress on the epigenome: from the womb to adulthood and even before. *Exp Neurol*. 2015; 268:10-20.

58. Rauh VA, Garfinkel R, Perera FP, Andrews HF, Hoepner L, Barr DB et al. Impact of prenatal chlorpyrifos exposure on neurodevelopment in the first 3 years of life among inner-city children. *Pediatrics*. 2006; 118(6):e1845-e59.
59. Roberts EM, English PB, Grether JK, Windham GC, Somberg L, Wolff C. Maternal residence near agricultural pesticide applications and autism spectrum disorders among children in the California Central Valley. *Environ Health Perspect*. 2007; 115(10):1482-9.
60. Romero LM, Dickens MJ, Cyr NE. The reactive scope model: a new model integrating homeostasis, allostasis, and stress. *Horm Behav*. 2009; 55(3):375-89.
61. Rossignol DA, Frye RE. A review of research trends in physiological abnormalities in autism spectrum disorders: immune dysregulation, inflammation, oxidative stress, mitochondrial dysfunction and environmental toxicant exposures. *Mol Psychiatry*. 2012; 17(4):389-401.
62. Selye H. Stress and the general adaptation syndrome. *Brit Med J*. 1950; 1(4667):1383-92.
63. Sterling P, Eyer J. Allostasis: a new paradigm to explain arousal pathology. In: Fisher S, Reason J, editors. *Handbook of life stress, cognition and health*. New Jersey: John Wiley & Sons; 1988. p. 629-49.
64. Strunecka A, Blaylock RL, Hyman MA, Pactl I. Regulation of cortisol levels in autistic individuals and their mothers. *Cell Mol Biol Autism Spectr Disord*. 2010; 186-98. doi: 10.2174/978160805196011001010186.
65. Taelman J, Vandeput S, Spaepen A, Van Huffel S, editors. *Influence of mental stress on heart rate and heart rate variability*. Proceedings of the 4th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering. New York: Springer; 2009.
66. Talge NM, Neal C, Glover V. Antenatal maternal stress and long-term effects on child neurodevelopment: how and why? *J Child Psychol Psychiatry*. 2007; 48(3-4):245-61.
67. Tassinary LG, Cacioppo JT, Geen TR. A psychometric study of surface electrode placements for facial electromyographic recording: I. The brow and cheek muscle regions. *Psychophysiol* [internet]. 1989; 26(1):1-16. doi: 10.1111/j.1469-8986.1989.tb03125.x.
68. Terzis V, Moridis CN, Economides AA, editors. *Measuring instant emotions during a self-assessment test: the use of FaceReader*. Proceedings of the 7th International Conference on Methods and Techniques in Behavioral Research. 2010; 8:1-4. doi: 10.1145/1931344.1931362.
69. Ustad M, Bhushan S, Ansari A, Razzak A. Multifactorial Disease Biomarker Database. *Int J Res*. 2013; 1(5).
70. Van Kuilenburg HV, den Uyl MJ, Israël ML, Ivan PM. Advances in face and gesture analysis. In: *Proceedings of the Measuring Behavior*. Wageningen: Noldus Information Technology; 2008. p. 371.
71. Volk HE, Lurmann F, Penfold B, Hertz-Picciotto I, McConnell R. Traffic-related air pollution, particulate matter, and autism. *JAMA*. 2013; 70(1):71-7.
72. Walker JJ, Terry JR, Lightman SL. Origin of ultradian pulsatility in the hypothalamic-pituitary-adrenal axis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2010; 277(1688):1627-33.
73. Wang H, Wang H, Shao H, Tang X. Recent advances in utilizing transcription factors to improve plant abiotic stress tolerance by transgenic technology. *Front Plant Sci* [internet]. 2016; 7:67. doi: 10.3389/fpls.2016.00067.

74. Windham GC, Zhang L, Gunier R, Croen LA, Grether JK. Autism spectrum disorders in relation to distribution of hazardous air pollutants in the San Francisco bay area. *Environ Health Perspect.* 2006; 114(9):1438-44.
75. Zuardi AW, Crippa JAS, Hallak JEC, Gorayeb R. Human experimental anxiety: actual public speaking induces more intense physiological responses than simulated public speaking. *Braz J Psychiatry.* 2013; 35(3):248-53.

25

**FISIOBEM:
Software para auxílio no tratamento
da paralisia facial**

Grégory Fernandes Ramires
Matheus Gois de Lima Silva
Adriana Cristina D'Arco Rodrigues
Bruno da Silva Rodrigues
Daniela Vieira Cunha

INTRODUÇÃO

A Paralisia Facial Periférica (PFP) é definida como uma lesão do nervo facial (VII nervo craniano), na porção periférica, que leva a perda parcial ou completa da função de algumas ou de todas as estruturas por ele inervadas (21). Os sinais clínicos mais comuns da PFP são: diminuição do tônus e força muscular do lado afetado gerando assimetria facial, inabilidade de elevar ou franzir a sobrancelha, bem como incapacidade de enrugurar a testa, sorrir, abrir ou fechar completamente o olho, comprometendo a mímica facial. Associados a esses sinais, em alguns casos, podem ser observadas hiperacusia (24), secura no olho e diminuição da salivação (21). Esses sinais clínicos podem levar pacientes com PFP a desenvolver quadros de ansiedade e/ou depressão (14, 25) impactando negativamente sua qualidade de vida e a de suas famílias (31).

Segundo Zhang et al. (31), MacIntosh et al. (15) e Rath et al. (21), várias são as causas da PFP, incluindo infecções como otite média, rubéola, reativação do vírus Herpes, influenza, vírus da imunodeficiência humana (HIV), lesões traumáticas, neoplasias, doenças congênitas, sequelas pós-cirúrgicas, doenças autoimunes, alterações hormonais durante a gravidez. A PFP pode também ter causa desconhecida, nomeada como paralisia idiopática do nervo facial ou paralisia de Bell. Considerado diagnóstico de exclusão, sendo necessário eliminar todas as demais causas citadas anteriormente, segundo Zhang et al. (31), a paralisia de Bell possui uma incidência de 11,5 a 53,3 por 100.000 indivíduos em diferentes populações.

O tratamento da PFP deve ser realizado com uma abordagem multidisciplinar integrando terapeutas especializados em reabilitação facial e médicos com experiência no tratamento clínico e cirúrgico da paralisia do nervo facial (25). O tratamento médico é um assunto que gera bastante debate, pois, dependendo das características de cada caso, os médicos podem sugerir opções de tratamento que variam desde nenhuma intervenção até uma cirurgia de urgência (27).

Para Volk et al. (28), se a causa da PFP for óbvia, o tratamento causal deve seguir o tratamento da doença subjacente. Em casos de PFP idiopática, o tratamento medicamentoso se dá por meio de esteroide oral. Segundo esses autores, a taxa de recuperação completa após a realização de tratamento precoce com prednisolona para a paralisia de Bell é de cerca de 85% a 94%, em nove a 12 meses. Tanto Volk et al. (28) quanto Zhang et al. (31) citam que quanto menor o tempo entre o início dos sintomas e o diagnóstico, e entre o diagnóstico e o início do tratamento, melhores serão os resultados.

A reabilitação de pacientes acometidos de PFP tem como objetivos o retorno das funções dos músculos faciais comprometidos e o restabelecimento da simetria facial. As estratégias de tratamento devem ser pautadas nas necessidades individuais do paciente (3). Para tanto, podem ser utilizadas técnicas como eletroterapia e termoterapia (20),

acupuntura (13), exercícios seletivos, massagem, técnicas de relaxamento, exercício da mímica facial (4), retreinamento neuromuscular e biofeedback no espelho (25).

Um dos tópicos realizados na reabilitação é a educação do paciente, pois uma compreensão da anatomia facial auxilia o paciente a isolar músculos específicos e ajuda a controlar movimentos involuntários de forma consciente. Além disso, os pacientes em terapias devem realizar um programa de orientações domiciliares proposto pelo terapeuta, que é individualizado e deve ser realizado diariamente entre as sessões de terapia (25).

AVALIAÇÃO DA PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA

Para auxiliar na decisão sobre a conduta terapêutica, bem como para analisar de maneira confiável e reprodutiva a evolução dos pacientes, se faz necessário aplicar ao paciente avaliações periódicas. As avaliações clínicas são utilizadas para estabelecer parâmetros classificatórios para o grau de comprometimento da atividade motora da face em repouso e da presença ou na ausência de movimentos faciais previamente estabelecidos (7, 30). Em PFP as avaliações dos pacientes podem ser realizadas a partir das escalas de Sunnybrook (26), Yanagihara, Chevalier (7) e House & Brackmann (9, 10), entre outras.

Dentre as escalas citadas, a escala de House & Brackmann foi primeiramente criada por House, em 1983, e modificada em conjunto com Brackmann em 1985. Padronizada pelo Comitê de Doenças no Nervo Facial da Academia Americana de Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço, a escala de House & Brackmann é um sistema amplamente aceito, simples, sensível, preciso e confiável que avalia a função facial considerando terços diferentes da face (fronte, olho e boca), tanto em repouso como em movimento (10). Essa escala de classificação é constituída de seis graus: I - normal; II - disfunção leve; III - disfunção moderada; IV - disfunção moderadamente severa; V - disfunção severa; VI - paralisia total. A Tabela 1 apresenta os graus e respectivos parâmetros da avaliação da escala de House & Brackmann.

A classificação de House & Brackmann indica o grau de paralisia facial, a descrição da disfunção de pacientes acometidos de PFP. Para determinar o grau da PFP do paciente, o terapeuta deve avaliar o rosto do paciente em repouso (coluna "Em repouso" da Tabela 1) e avaliar a movimentação dos diferentes terços da face, conforme indicações descritas na última coluna da tabela apresentada na coluna "Em movimento".

Tabela 1. Classificação da Escala de House & Brackmann.

Grau	Descrição	Em repouso	Em movimento
I	Normal	Simetria	Função facial normal Frente: função moderada a boa
II	Disfunção leve	Simetria e tônus normais	Olho: fechamento completo com esforço mínimo Boca: assimetria discreta
III	Disfunção moderada	Simetria e tônus normais	Frente: movimento discreto a moderado Olho: fechamento completo com esforço Boca: discreta fraqueza com máximo esforço
IV	Disfunção moderadamente grave	Simetria e tônus normais	Frente: nenhum Olho: fechamento incompleto Boca: assimetria com esforço máximo
V	Disfunção grave	Assimetria	Frente: nenhum Olho: fechamento incompleto Boca: discreto movimento
VI	Paralisia total	Assimetria	Nenhum movimento

Fonte: Fonseca (7).

RECONHECIMENTO FACIAL

A visão computacional é um campo da Ciência da Computação que estuda como sistemas computacionais podem processar, manipular e analisar informações visuais (imagens ou vídeos). O processamento dessas informações visuais se dá a partir do uso de algoritmos computacionais que podem extrair dados significativos dessas informações.

Atualmente, aplicações utilizando visão computacional podem ser usadas na inspeção de produtos em linha de produção (16), no auxílio de diagnósticos de doenças com base na análise de exames médicos de imagens (22), ou na autenticação biométrica por meio de reconhecimento facial.

O reconhecimento facial é um campo da visão computacional em que o modelo de biometria é realizado a partir dos traços e padrões da face. Segundo Diniz (5), embora diferentes, todas as faces possuem características comuns, como boca, olhos e nariz. As técnicas de extração de características, como a análise de componentes principais (PCA - *Principal Components Analysis*), transformam as informações contidas na imagem analisada em um conjunto reduzido de características, preservando os componentes mais significantes (12) necessários para o reconhecimento. A partir da extração dos principais componentes, o reconhecimento é feito inserindo marcos faciais no rosto (ou pontos nodais), que fazem ligações algorítmicas de traços e tamanhos, como,

por exemplo, avaliam a distância entre a boca e o nariz, a distância entre olho e sobrancelhas, entre outros (18).

TECNOLOGIAS USADAS NA REABILITAÇÃO FACIAL

A pesquisa e o desenvolvimento de dispositivos tecnológicos usados para auxiliar na reabilitação têm ganhado atenção e esforços de diversos grupos de pesquisa. Dentre os esforços relacionados ao desenvolvimento de soluções tecnológicas, há grupos de pesquisa que usam a tecnologia *wearable* (6), sistemas de Realidade Virtual (2) e dispositivos portáteis (11). Essas tecnologias têm apresentado resultados satisfatórios no auxílio a terapeutas e na recuperação de pacientes nas mais diversas áreas da reabilitação.

Sobre o uso de tecnologia para auxiliar na reabilitação de pacientes acometidos de PFP, destaca-se o trabalho de Guarin (8) que apresenta as dificuldades para determinar a simetria facial e desenvolveu uma aplicação que permite a localização de marcos faciais e cálculo de medidas faciais. O diferencial da aplicação é o uso de *Machine Learning* para determinar os marcos faciais com objetivo de aumentar a precisão dos cálculos de assimetria facial. Por outro lado, Storey (23) usou técnicas de visão computacional para desenvolver uma ferramenta capaz de criar modelos faciais 3D a partir de imagens 2D (fotos) do paciente. Esses modelos 3D podem ser usados para fornecer uma evidência visual sobre a evolução do paciente ao tratamento.

Martina-Ruiz (17) apresentou uma solução para reabilitação dos músculos faciais com objetivo de melhorar o processo de deglutição, sucção, mastigação e comunicação (fala) de crianças com paralisia cerebral. Nesse trabalho foi desenvolvido o SORIE, um jogo sério que interage com o sensor *Kinect* (sensor de movimento) para detectar a movimentação dos músculos da face da criança. O jogo analisa a capacidade ou incapacidade de realizar um exercício de imitação observando se os músculos faciais responsáveis pelo movimento foram ativados durante a movimentação, o tempo despendido para realização do exercício e se houve compensação com outros grupos musculares.

O projeto *Facial Remote Activity Monitoring Eyewear* (F.R.A.M.E) (29) apresenta uma solução de computação em nuvem em que um dispositivo *wearable* integrado à tecnologia mobile é usado para monitorar pacientes com paralisia de Bell. Nessa solução, sensores de eletromiografia (EMG) integrados a um par de óculos detectam e monitoram a ativação dos principais músculos faciais responsáveis pelas expressões. Após detectar a ativação dos músculos, os óculos transmitem, via *Bluetooth Low Energy* (BLE), os dados aferidos para um aplicativo móvel onde são armazenados antes de serem carregado para um servidor web.

Outro estudo (19) apresentou um jogo desenvolvido em ambiente de Realidade Virtual (RV) imersivo, em que a detecção da movimentação dos músculos da face é realizada por sensores de EMG e de eletroencefalograma (EEG).

FISIOBEM

O Fisiobem é um aplicativo mobile iOS desenvolvido para auxiliar terapeutas na reabilitação de pacientes com PFP. Contemplando todas as etapas do tratamento, o aplicativo auxiliará o terapeuta na avaliação para acompanhamento da evolução do paciente, bem como durante a intervenção terapêutica. A Figura 1 apresenta um diagrama de funcionalidades do Fisiobem.

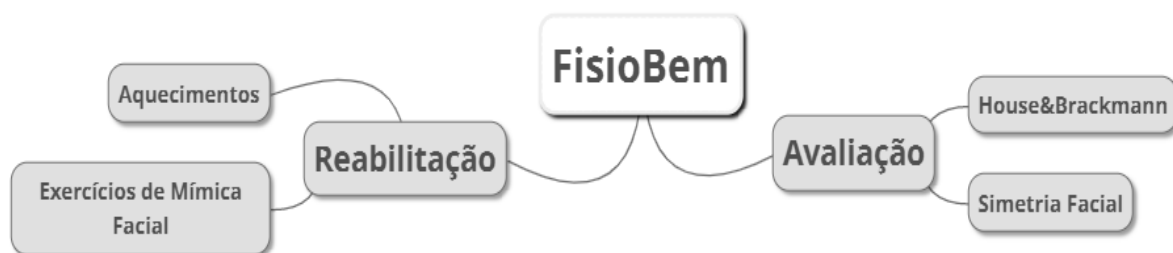


Figura 1. Diagrama de funcionalidades do aplicativo Fisiobem. Fonte: Autor.

Conforme apresentado na Figura 1, o aplicativo pode ajudar pacientes na execução de aquecimento e exercícios de mímica facial (ou expressão facial), e terapeutas na avaliação da resposta do paciente ao tratamento por meio da escala de House & Brackmann, bem como na análise sobre a evolução da simetria facial.

Para executar as funcionalidades apresentadas na Figura 1, o Fisiobem utiliza uma estrutura nativa da *Apple* que, a partir da câmera frontal do celular, possibilita identificar os marcos faciais, bem como verificar as expressões faciais executadas pelo paciente. O desenvolvimento da aplicação foi realizado no ambiente *Xcode 12* com a linguagem *Swift 5*. Na construção do layout foi utilizada a biblioteca *UIKit*, que fornece os objetos principais necessários para construir aplicativos para iOS e gerenciar as interações com o sistema.

Além da biblioteca usada na construção do aplicativo, foram utilizadas as bibliotecas *ARKit* e *Vision*. A biblioteca *Vision* é usada para detecção de pontos de referência, detecção de texto, reconhecimento de código de barras e detecção de rosto. Com a biblioteca *Vision* é possível, a partir de uma observação facial, armazenar informações

das características e informações geométricas 2D de um rosto, assim como realizar o posicionamento de marcos faciais (Figura 2a). A biblioteca ARKit é responsável por criar uma malha 3D que fornece informações do tamanho, forma, topologia e expressão facial do rosto do usuário. A criação dessa malha possibilita rastrear o movimento e as expressões faciais (Figura 2b).

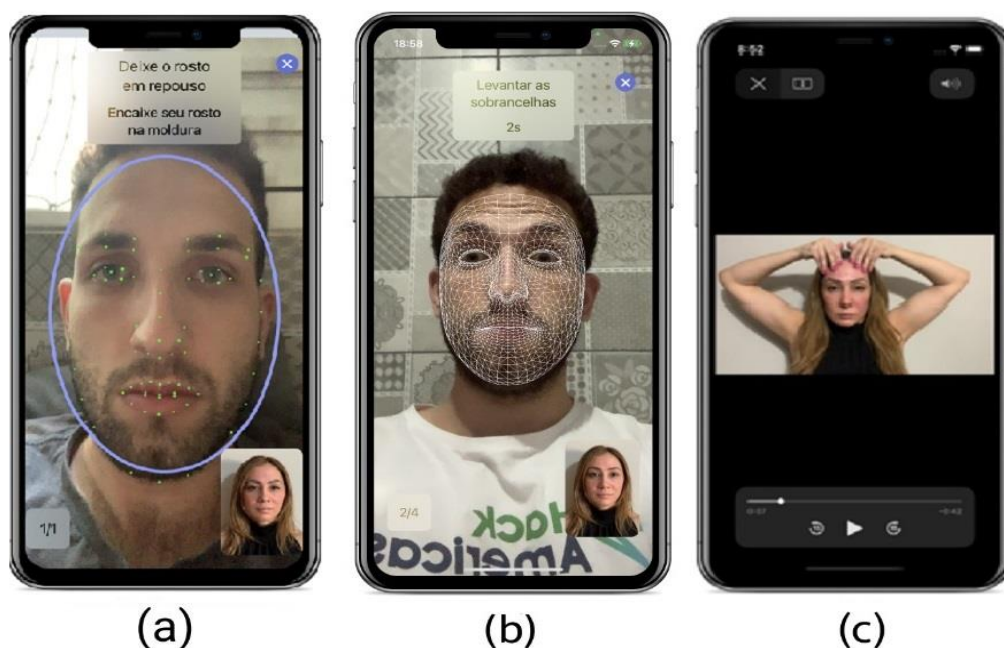


Figura 2. (a) Telas da aplicação apresentando marcadores faciais; (b) malha 3D usada para rastrear movimentos e expressões faciais; (c) tela com vídeo de aquecimento facial.

Fonte: Autor

Após descrever detalhes sobre o desenvolvimento da aplicação, as funcionalidades descritas na Figura 1 serão discutidas nos itens subsequentes.

Aquecimento

O aquecimento é uma forma terapêutica de aumentar a mobilidade dos tecidos musculares possibilitando um funcionamento mais dinâmico do músculo. Está relacionado com os benefícios do aquecimento, o aumento da temperatura e do metabolismo energético, bem como aumento da elasticidade do tecido muscular e do fluxo sanguíneo. Essas mudanças provocam melhoria na fluidez e na eficácia da atividade física, minimizando possíveis problemas musculares relacionados à atividade (1). A mímica

facial é um exercício físico e, pensando nos benefícios proporcionados pelo aquecimento, existe uma tela no FisioBem destinada a ensinar ao paciente como fazer aquecimento dos músculos da face por meio da mímica facial. Sendo habilitada pelo terapeuta, em função da necessidade do paciente, a tela de aquecimento possui um vídeo em que uma modelo demonstra e realiza uma rotina de massagem e aquecimento facial conforme apresentado na Figura 2c.

Mímica facial

A mímica facial é a habilidade de movimentação dos músculos da face possibilitando a gesticulação e a expressão de sentimentos. Como a musculatura responsável pela gesticulação da face é afetada pela PFP, a execução de exercícios de expressão facial é essencial para a reabilitação dos pacientes. Para auxiliar nessa etapa do tratamento, o FisioBem permite ao terapeuta selecionar, por meio de ícones que representam os exercícios (Figura 3a), quais exercícios deverão ser executados pelo paciente. Os exercícios disponíveis para seleção são: levantar as sobrancelhas, franzir as sobrancelhas, franzir o nariz, fechar os olhos, comprimir os lábios, sorrir mostrando os dentes, sorrir com os lábios juntos, soprando e protusão do lábio inferior.

Conforme apresentado na Figura 3b, o programa permite ao fisioterapeuta escolher uma sequência de exercícios de mímica facial que deverá ser executada pelo paciente durante o tratamento. A ordem de execução é indicada na numeração que aparece no ícone após o exercício ser selecionado.

Para cada exercício selecionado, o fisioterapeuta tem opção de recomendar a quantidade de repetições que deverá ser executada, o tempo de duração em que o paciente deve manter o movimento proposto pelo exercício e o grau de dificuldade de execução do exercício, ou seja, a amplitude do movimento durante a execução (opção intensidade). A tela de configuração dos parâmetros do exercício pode ser observada na Figura 3c.

Após o terapeuta preparar a aplicação para auxiliar o paciente na execução dos exercícios, o programa irá para a tela de execução conforme apresentado na Figura 3d. Na tela de execução do exercício há sempre uma janela localizada no canto inferior em que uma modelo apresenta como o exercício deve ser executado. Durante a execução do exercício, a aplicação identifica se o paciente está executando a atividade com o grau de dificuldade desejado e se consegue manter a posição durante o tempo estipulado pelo terapeuta.

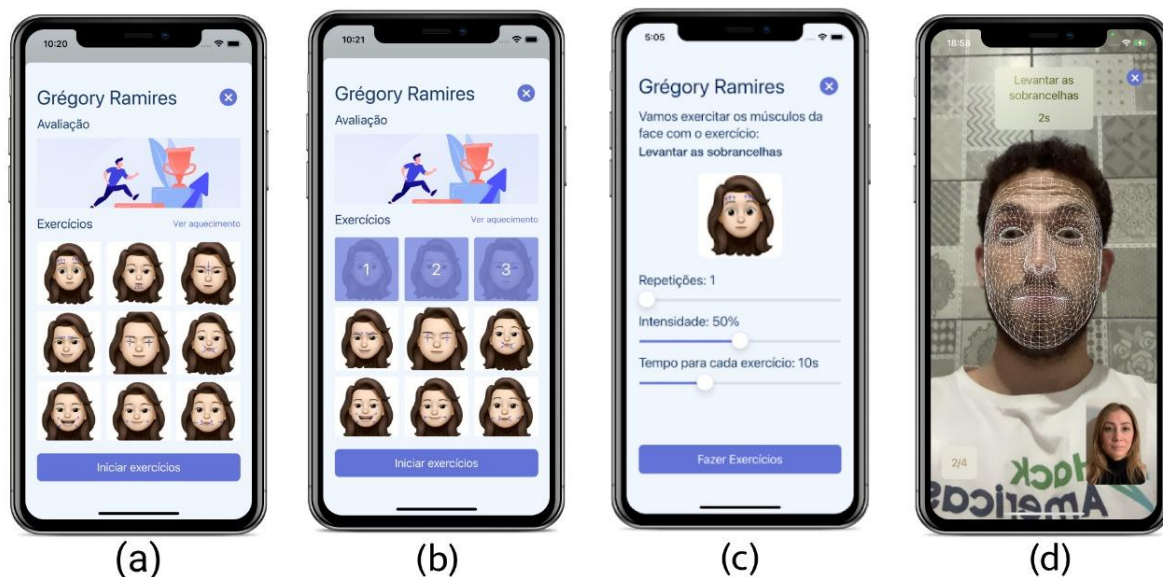


Figura 3. Telas da aplicação FizioBem: (a) tela inicial com opção de realizar exercícios ou avaliação; (b) tela após a seleção de exercícios a ser executada; (c) tela de controle dos parâmetros do exercício que será executado; (d) tela de execução do exercício. Fonte: Autor.

Acompanhamento da simetria facial

A PFP enfraquece os músculos de um lado da face causando uma assimetria entre os lados. Portanto, é possível analisar a diferença de simetria facial comparando ambos os lados. Para executar essa função, o FizioBem realiza uma captura da foto do paciente (Figura 4a) e realiza o cálculo da assimetria facial com base na distância entre marcos faciais.

Para calcular a simetria facial, a aplicação divide a foto do rosto do paciente ao meio no plano sagital e calcula as distâncias entre marcos faciais de maneira isolada entre ambos os lados. Após os cálculos a aplicação compara os resultados obtidos no lado esquerdo da face com os resultados obtidos no lado direito e gera dois gráficos de barra, conforme apresentado na Figura 4b. As barras geradas pelo programa servem como informação visual sobre a diferença entre os dois lados da face do paciente de PFP, ou seja, quanto maior a diferença de tamanho entre as barras, maior será a assimetria facial.

Essa funcionalidade de acompanhamento da simetria facial também permite armazenar um histórico da evolução do paciente ao longo do tratamento permitindo, tanto ao paciente quanto ao terapeuta, comparar de maneira cronológica as fotos tiradas durante o período de tratamento, conforme apresentado na Figura 4c.



Figure 4. Telas de acompanhamento da simetria facial. Fonte: Autor.

Avaliação e grau da paralisia facial periférica

O FísioBem executa uma rotina para classificar os pacientes de acordo com a escala de House & Brackmann e indicar ao terapeuta o grau de PFP no momento da análise. Para realizar a classificação, a aplicação captura algumas fotos do paciente executando movimentos com a boca e os olhos, de acordo com os movimentos propostos pela escala de House & Brackmann. Na Figura 5 são apresentadas as telas com sequência de movimentos solicitados pelo programa para a avaliação do grau de PFP.

Conforme apresentado na Figura 5, a aplicação solicita ao paciente executar os movimentos de sorrir sem mostrar os dentes (Figura 5a), sorrir mostrando os dentes (Figura 5b) e rosto em repouso com os olhos fechados (Figura 5c). Enquanto o paciente realiza os movimentos indicados, o FísioBem realiza a captura das imagens para análise.

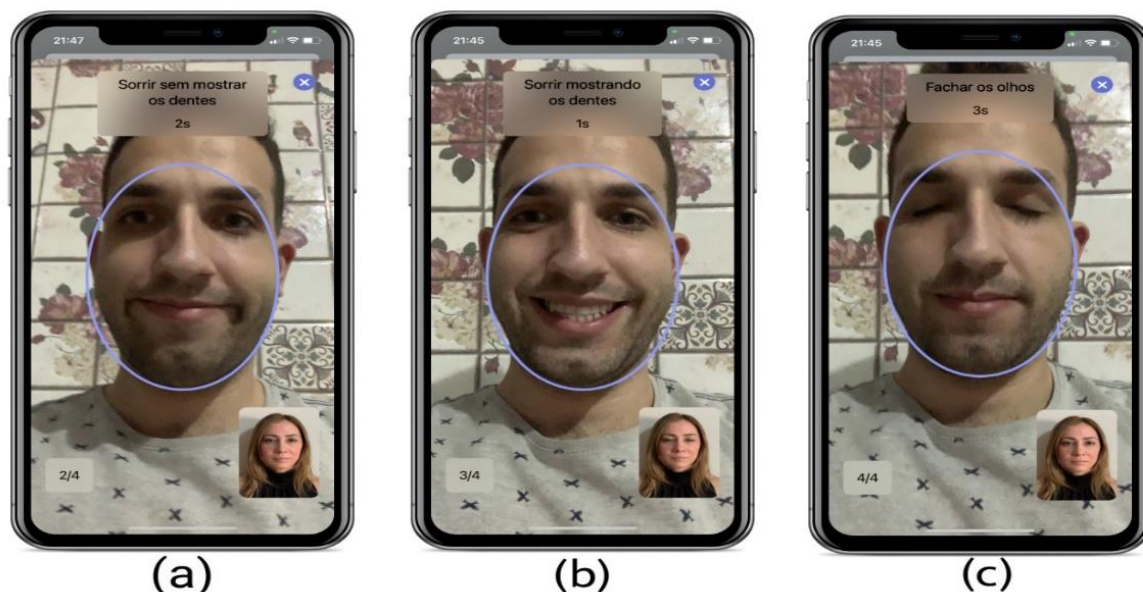


Figure 5. Telas de captura de imagem para avaliação House & Brackmann: (a) captura de foto de sorriso sem mostrar os dentes; (b) captura de foto de sorriso mostrando os dentes; (c) captura de foto de olhos fechados. Fonte: Autor.

Os movimentos executados na Figura 5 e as capturas de imagem não são suficientes para classificar o paciente a partir da escala de House & Brackmann porque não é possível avaliar se o paciente está realizando esforço para fechar o olho, se há algum tipo de sincinesia ou se há algum tipo de movimentação não típica no lado afetado. Para complementar as informações obtidas a partir das imagens, a aplicação apresentará ao terapeuta uma tela com sete questões, conforme apresentado na Figura 6a-b).

Após o questionário ser respondido, o programa calcula o grau de PFP segundo a escala de House & Brackmann e apresenta o resultado ao terapeuta (Figura 6c). Ao verificar o resultado, o terapeuta pode concordar com a avaliação ou não. Caso o terapeuta não concorde, ele irá digitar o grau de PFP do paciente de acordo com sua avaliação.

Finalizada a avaliação, o programa criará um registro com a data da avaliação, o grau de PFP e as fotos capturadas durante o processo avaliativo. Assim, como ocorre no acompanhamento da simetria facial, o registro da avaliação de House & Brackmann executada pela aplicação permitirá ao terapeuta acompanhar, de maneira cronológica, a evolução do paciente, bem como analisar, de maneira visual, a evolução do tratamento a partir do registro de imagens coletadas ao longo do tratamento.

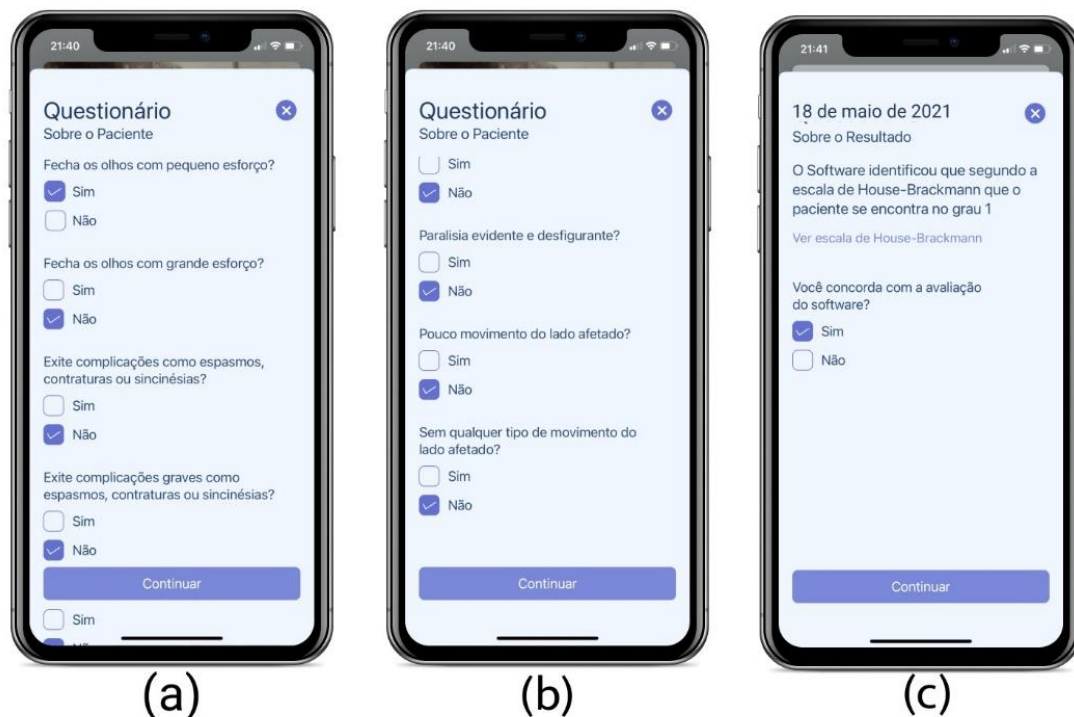


Figure 6. Telas do programa com questionário aplicado ao terapeuta para avaliação de grau de paralisia facial. Fonte: Autor.

DISCUSSÃO

O FísioBem é uma prova de conceito que tem como objetivo fornecer ao terapeuta uma aplicação simples e intuitiva que sirva de suporte no tratamento de pessoas com PFP, permitindo a indicação de exercícios de reabilitação de forma personalizada para a necessidade de cada paciente.

A aplicação pode auxiliar pacientes fornecendo uma compreensão mais detalhada do movimento dos músculos da face, auxiliando no aprendizado e na execução de exercícios específicos, bem como consciência de movimentos normais e anormais.

Pesquisando sobre aplicações desenvolvidas para auxiliar no tratamento de PFP, foi possível identificar dezenas de aplicativos disponíveis tanto na loja de aplicativos do *Google (PlayStore)* quanto na loja de aplicativos da *Apple (AppleStore)*. A grande maioria das aplicações tem como objetivo descrever a PFP, esclarecer dúvidas sobre a doença e apresentar exercícios que podem ser executados para auxiliar na recuperação de pacientes acometidos pela doença. Apesar de muitos aplicativos informarem que o tratamento deve ser realizado por um terapeuta, os aplicativos analisados são abertos, ou seja, qualquer pessoa pode realizar o “baixar” e utilizá-lo. Devido à falta de

conhecimento, os usuários que instalarem esses aplicativos podem eventualmente utilizar as informações contidas no programa sem a supervisão de um terapeuta, executando exercícios de maneira incorreta ou em demasia, o que pode pôr em risco a sua saúde.

Apesar de ainda não estar disponível para “baixar”, o FisioBem tem o intuito de servir como ferramenta de apoio ao terapeuta e não de servir como aplicação de “autoterapia”. Toda a sequência de exercícios bem como a intensidade e grau de dificuldade serão definidos exclusivamente pelo terapeuta, pois a inespecificidade desses exercícios (quando não supervisionados) podem levar a reforço de padrões anormais de movimento (25). Além disso, exercícios sem supervisão podem ser executados de forma diferente dos movimentos faciais sutis e fluidos observados na movimentação facial normal.

Além da pesquisa realizada nas lojas de aplicativos, foi realizada uma pesquisa em base de dados acadêmicos em que os principais trabalhos encontrados foram descritos em tópico anterior. Dentre os trabalhos, são apresentados os de Guarin et al. (8) e Storey et al. (23), que focaram os esforços no desenvolvimento de ferramentas de visão computacional de maneira a adaptar os programas de reconhecimento facial e modelagem 3D às necessidades específicas impostas pelas particularidades existentes na avaliação de simetria facial.

Apesar das bibliotecas de visão computacional utilizadas no desenvolvimento do FisioBem não terem sido desenvolvidas com foco em pacientes de PFP, as dificuldades descritas nos estudos de Guarin et al. (8) e Storey et al. (23) foram contornadas por um sistema de avaliação facial que leva em consideração tanto as informações coletadas a partir das fotos quanto da interação com o terapeuta a partir de um questionário de avaliação. Independentemente de não fornecer uma avaliação totalmente automatizada, essa solução híbrida permitiu uma maior agilidade no desenvolvimento do FisioBem, bem como facilitará o processo de distribuição da solução para terapeutas.

As soluções propostas por Qidwai et al. (19) e Watts et al. (29), embora inovadoras e com ótimos resultados, em ambos os estudos houve necessidade de utilizar sensores de eletromiografia (EMG) para monitorar a ativação dos músculos responsáveis pelas expressões faciais. O uso desses sensores requer a intervenção de um profissional especializado na técnica.

A proposta de Martina-Ruiz et al. (17) também necessita de componentes adicionais ao sistema; no entanto, nesse caso, o componente adicional é um sensor *Kinect*. Embora o uso do *Kinect* não necessite de um profissional especializado, o sistema proposto demanda uma padronização em relação a posicionamento, altura e distância do paciente em relação ao sensor.

Em contraponto, apesar de não realizar as mesmas funções e não gerar uma informação tão precisa quanto as informações geradas pelo EMG ou pelo *Kinect*, o Fisio-

Bem tem como principal objetivo a simplicidade, pois qualquer usuário detentor de um smartphone poderá usar a aplicação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A doença de paralisia facial periférica pode gerar sequelas que terão impactos negativos no aspecto estético e funcional da face gerando consequências para o paciente em relação a imagem corporal, relações sociais e qualidade de vida.

A proposta do FisioBem tem como objetivo auxiliar terapeutas na reabilitação e avaliação de pacientes de PFP, de maneira confortável e confiável, a partir da recomendação de exercícios de mímica facial realizada pelo terapeuta, o paciente poderá executar sua rotina de exercícios sob a supervisão da aplicação de maneira correta e segura.

Além de auxiliar durante a execução dos exercícios de mímica facial, o FisioBem cria um histórico cronológico da evolução do paciente ao tratamento com base em fotos, cálculos de simetria facial e na avaliação de House & Brackmann. Esse histórico serve tanto para o terapeuta definir a conduta terapêutica, baseando-se numa escala completamente difundida e aceita pela comunidade científica, quanto para o paciente como fator motivacional, pois poderá observar sua evolução a partir de parâmetros não técnicos como o registro de imagens coletadas ao longo do tratamento e os gráficos de assimetria.

Como é comum que terapeutas indiquem exercícios para serem realizados em casa pelo paciente (entre as sessões de reabilitação), o desenvolvimento de uma solução simplificada permite que o terapeuta recomende exercícios de maneira controlada e segura em domicílio. A ideia dos desenvolvedores é lançar uma nova versão do FisioBem, no qual paciente e terapeuta terão a aplicação instalada em smartphones pessoais, de maneira que as recomendações de exercícios e o acompanhamento dos pacientes possam ser realizados de forma remota.

REFERÊNCIAS

1. Alencar D, Melo TA, Matias KFS. Princípios fisiológicos do aquecimento e alongamento muscular na atividade esportiva. *Rev Bras Med Esporte*. 2010; 16(3):230-4.
2. Alexandre R, Postolache O. Wearable and IoT technologies application for physical rehabilitation. In *IEEE International Symposium in Sensing and Instrumentation in IoT Era (IS-SI)*. 2018; 1-6.

3. Benítez SS, Danilla ES, Troncoso OE., Kinesióloga AMF, Kinesióloga JMA. Manejo integral de la parálisis facial. *Rev Méd Clín Las Condes*. 2016; 27:22-8.
4. Cardoso JR, Teixeira EC, Moreira MD, Fávero FM, Fontes SV, Oliveira ASB. Effects of exercises on Bell's palsy: systematic review of randomized controlled trials. *Otol Neurotol*. 2008; 4:557-60.
5. Diniz F, Neto FM, Júnior FCL, Fontes LMO. RedFace: um sistema de reconhecimento facial baseado em técnicas de análise de componentes principais e autofaces. *Rev Bras Comp Apl*. 2013; 5(1):42-54. doi: 10.5335/rbca.2013.2627.
6. Ferreira DR, Baptista CK, Rodrigues BS, Siqueira BC, Blascovi-Assis SM, Corrêa AG. Development and Test of a Serious Game for Dorsiflexion and Plantar flexion Exercises of the Feet. *J Interact Syst*. 2021; 12(1):58-68. doi: 10.5753/jis.2021.1916..
7. Fonseca KMO, Mourão AM, Motta AR, Vicente LCC. Scales of degree of facial paralysis: analysis of agreement. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2015; 81(3):288-93.
8. Guarin DL, Dusseldorp J, Hadlock TA, Jowett N. A machine learning approach for automated facial measurements in facial palsy. *JAMA Facial Plast Surg*. 2018; 20(4):335-7. doi: 10.1001/jamafacial.2018.0030.
9. House JW, Brackmann DE. Facial nerve grading system. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1985; 93:146-7.
10. Ianculescu M, Andrei B, Alexandru A. A smart assistance solution for remotely monitoring the orthopaedic rehabilitation process using wearable technology: re. flex System. *Stud Informat Control*. 2019; 28(3):317-26.
11. Kshirsagar VP, Baviskar MR, Gaikwad ME. Face recognition using Eigenfaces. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Computer Research and Development (ICCRD)*. 2011. p. 302-6.
12. Li P, Qiu T, Qin C. Efficacy of acupuncture for Bell's palsy: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One* [internet]. 2015; 10(5):e0121880. doi: 10.1371/journal.pone.0121880.
13. Luijmes RE, Pouwels S, Beurskens CHG, Kleiss IJ, Siemann I, Ingels KJAO. Quality of life before and after different treatment modalities in peripheral facial palsy: a systematic review. *Laryngoscope*. 2017; 127:1044-51.
14. MacIntosh PW, Fay AM. Update on the ophthalmic management of facial paralysis. *Surv Ophthalmol*. 2019; 64:79-89.
15. Malamas EN, Petrakis EGM, Zervakis M, Petit L, Legat JD. A survey on industrial vision systems, applications and tools. *Image Vis Comput*. 2003; 21(2):171-88. doi: 10.1016/S0262-8856(02)00152-X.
16. Martín-Ruiz ML, Máximo-Bocanegra N, Luna-Oliva LA. Virtual Environment to improve the detection of oral-facial malfunction in children with cerebral palsy. *Sensors*. 2016; 16:1-18.
17. Okabe RK, Carro SA. Reconhecimento facial em imagens capturadas por câmeras digitais de rede. *Colloq Exact*. 2015; 7:106-19.
18. Qidwai U, Ajimsha MS, Shakir M. The role of EEG and EMG combined virtual reality gaming system in facial palsy rehabilitation: a case report. *J Bodywork Mov Ther*. 2019; 23:425-31.
19. Quinn R, Cramp F. The efficacy of electrotherapy for Bell's palsy: the systematic review. *Phys Ther Rev*. 2003; 8:151-64.

20. Rath B, Gidudu JF, Anyoti H, Bollweg B, Caubel P, Chen YH et al. Facial nerve palsy including Bell's palsy: case definitions and guidelines for collection, analysis, and presentation of immunisation safety data. *Vaccine*. 2017; 35(15):1972-83.
21. Silva ALR, Santana MA, Lima CL, Andrade JFS, Souza TKS, Almeida MBJ et al. Features selection study for breast cancer diagnosis using thermographic images, genetic algorithms, and particle swarm optimization. *Int J Artif Intell Mach Learn*. 2021; 11(2):1-18.
22. Storey G, Jiang R, Bouridane A. Papel para modelos de rosto 3D gerados por imagem 2D na reabilitação da paralisia facial. *Healthc Technol Lett*. 2017; 4(4):145-148. doi: 10.1049/htl.2017.0023.
23. Valença MM, Valença LPAA, Lima MCM. Bell's idiopathic peripheral facial palsy: about 180 patients. *Arq Neuro-Psiquiatr*. 2001; 59:234-42.
24. van Landingham SWJ, Diels L, Lucarelli MJ. Physical therapy for facial nerve palsy: applications for the physician. *Oculoplastic Orb Surg*. 2018; 29:469-75.
25. van Veen MM, Bruins TE, Artan M, Werker PMN, Dijkstra PU. Curva de aprendizado usando o Sunnybrook Facial Grading System na avaliação da paralisia facial: um estudo observacional em 100 pacientes. *Clin Otolaryngol*. 2020; 45(5):823-6. doi: 10.1111/coa.13574.
26. Vrabec JT, Toh EH, Schaitkin BM, Slattery WH, McMenomey SO, Djalilian HR. Facial nerve disorders committee: controversies in facial paralysis. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2004; 131(2):230. doi:10.1016/j.otohns.2004.06.449.
27. Volk GF, Klingner C, Finkensieper M, Witte OW, Guntinas-Lichius O. Prognostication of recovery time after aguda periférica facial paralisia: a prospective cohort study. *BMJ Open*. 2013; 3(6):e003007. doi: 10.1136/bmjopen-2013-003007.
28. Watts P, Breedon P, Nduka C, Neville C, Venable V, Clarke S. Cloud computing mobile application for remote monitoring of Bell's palsy. *J Med Syst*. 2020; 44:149. doi: 10.1007/s10916-020-01605-7
29. Wenceslau LGC, Sassi FC, Magnani DM, Andrade CRF. Peripheral facial palsy: muscle activity in different onset times. *CoDAS*. 2016; 28(1):3-9.
30. Zhang W, Xu L, Luo T, Wu F, Zhao B, Li X. The etiology of Bell's palsy: a review. *J Neurol*. 2020; 267(7):1896-905. doi: 10.1007/s00415-019-09282-4.



SEÇÃO 5

Desafios dos sistemas de informação em educação e saúde

26

Sistemas de informação em saúde no atendimento clínico

José Muniz Junior

Cristiano da Silva Benites

INTRODUÇÃO

O Brasil possui o terceiro maior sistema de saúde do mundo. O Datasus (4) aponta, atualmente, que existem 44.510 leitos hospitalares (7.059 hospitais). São 336.859 estabelecimentos de saúde, sendo, entre outros, 9.094 postos de saúde, 9.694 policlínicas, 38.575 unidades básicas de saúde, 158.989 consultórios e 50.728 clínicas especializadas ou ambulatórios de especialidades, entre outros.

O cuidado em saúde é multidisciplinar e, por isso, envolve diversos atores. Em 2020, segundo os Conselhos de Classe, havia 502.475 médicos (Conselho Federal de Medicina - CFM), 392.228 psicólogos (Conselho Federal de Psicologia - CFP) e 2.467.710 profissionais de enfermagem (Conselho Federal de Enfermagem - Cofen). Somam-se a esses, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais, fonoaudiólogos, nutricionistas, farmacêuticos, biomédicos, técnicos, administradores etc.

A tomada de decisão em saúde, por seus diversos entes, demanda dados estruturados e organizados que permitam sua transformação em informação e geração de conhecimento. Isso requer um Sistema de Informação em Saúde (SIS) que integre tais informações (geradas por diferentes profissionais e em distintos lugares), o que necessita de padronização dos dados e das informações. Os sistemas distribuídos precisam de interoperabilidade (funcional e semântica) (24); além disso, a necessidade de confidencialidade e segurança dos dados impõe exigências legais e cumprimento dos marcos regulatórios.

O termo Sistema de Informação em Saúde (SIS) remete à ideia genérica de um conjunto articulado de elementos com o propósito de dar acesso a informações em saúde. Segundo a OMS, um Sistema de Informação em Saúde é constituído por componentes inter-relacionados com a finalidade de adquirir, analisar e fornecer informações relacionadas à saúde (gerenciamento, estatística, literatura) com vistas a promover a gestão e o monitoramento de um sistema de saúde (30).

Note-se que um SIS, por um lado, pode ser informatizado ou não e, para alguns, não deve ser confundido com sistemas de informática (25). Por outro lado, considerando a enorme quantidade de dados que compõem um SIS e o desenvolvimento da tecnologia da informação nas últimas décadas, torna-se imperioso que um SIS recorra a essa tecnologia para cumprir seus objetivos.

O SIS pode atender a um país, estado, município ou a uma organização de qualquer porte. A composição do sistema vai atender às necessidades e demandas da organização conforme suas peculiaridades.

Segundo Marin (17), diversos termos têm sido utilizados para descrever os SIS eletrônicos, como Registros Eletrônicos em Saúde (RES) e Registros Médicos Eletrônicos. Destaca-se que a tendência na criação de um SIS eletrônico é a heterogeneidade de

informações que terão origem em diferentes locais e a partir de distintos membros da equipe multidisciplinar; todavia a tendência atual é integrar e disponibilizar essas informações em um sistema mais específico e integrado, usualmente denominado Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP).

O objetivo principal deste capítulo é tecer considerações sobre os Sistemas de Informação em Saúde informatizados, também denominados especificamente de Sistema de Registro Eletrônico em Saúde (S-RES), cuja base são os Registros Eletrônicos em Saúde (RES).

REFERENCIAL TEÓRICO

Dado, informação, conhecimento

Os conceitos de dado, informação e conhecimento são o alicerce da Ciência de Dados. Classicamente, a tríade integra uma pirâmide em que o dado é o elemento mais primitivo e está situado na base da estrutura piramidal, referido como elemento concreto, bruto, desprovido de significado por si mesmo.

Da aglutinação de dados relacionados a um significado, portanto já com um colorido significativo atribuído por alguém, tem-se a informação. Por sua vez, a informação aplicada a um contexto, e sob o crivo da reflexão e do método, resultará em conhecimento.

Tem-se, assim, que o dado é o polo mais concreto da tríade; e o conhecimento, o elemento mais abstrato da pirâmide. Para os interessados em aprofundamento na questão semântica e epistemológica, recomenda-se a dissertação de Semidão (27) sobre o tema.

Articulação da teoria com a prática

Se, durante um atendimento médico, auferir-se o peso de um indivíduo e encontrar-se como resultado 52 kg, por exemplo, esse registro bruto é um dado e, por si só, não tem utilidade prática. Contudo, ao articular esse dado com outros do mesmo indivíduo, como, por exemplo, a sua altura que é de 120cm, idade de 11 anos e sexo masculino, será possível calcular seu índice de massa corpórea (IMC), que é dado pela fórmula do peso (kg) dividido pela altura (m) elevada ao quadrado. Aplicando-se a fórmula, tem-se o resultado de 36,11.

O cálculo do IMC para crianças e adolescentes é distinto do utilizado para adultos, mas a agência governamental americana, *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) (8), disponibiliza padrões para essa faixa etária. Segundo essa classificação,

comparando-se o índice de 36,11 com a tabela padrão do CDC para a faixa etária, essa criança fictícia está obesa.

Note-se que o dado inicial do peso foi articulado com altura, idade e sexo e produziu uma informação: uma criança do sexo masculino, de 11 anos, medindo 1,2m de altura. A articulação dessa informação com o conhecimento já adquirido por estudiosos que elaboraram o índice de massa corpórea, viabilizou o cálculo desse índice para esse indivíduo. A comparação dessa nova informação com tabelas de padrões populacionais permitiu classificar tal indivíduo como obeso (conhecimento), o que põe o profissional na condição de formular hipóteses e propor abordagens para aquela condição individual de saúde.

Ainda como exemplo, vamos supor que os dados referentes ao peso, à altura e ao sexo de muitas crianças geraram seus respectivos IMCs, que foram repassados pelas unidades básicas de saúde para os governos estaduais e desses para o governo federal. O processamento dos dados possibilitou verificar que os maiores IMCs estão vinculados aos grandes centros urbanos da Região Sudeste do Brasil, que detém as maiores rendas per capita, e onde a maioria dos pais trabalha fora e as crianças ficam longos períodos em casa vendo televisão ou jogando videogame.

Assim, pode-se formular a hipótese de que a vida sedentária dessas crianças e o consumo de salgadinhos e doces, enquanto assistem a TV ou jogam, podem estar implicados no surgimento da obesidade infantil. A verificação dessa hipótese pode gerar um conhecimento que permitirá ao gestor de saúde formular políticas de saúde pública visando a esse público-alvo: publicidade sobre causas de obesidade infantil, implantação de espaços públicos voltados para atividade física dessa população etc.

Presuma-se que foram implantadas políticas públicas tendo como alvo a redução da obesidade infantil. A entrada de novos dados dessa população nas unidades básicas de saúde, ao longo dos próximos anos, permitirá ao gestor verificar se ocorreu redução nos índices de obesidade infantil e se haverá necessidade de correção das medidas implementadas ou criação de novas medidas.

O exemplo aqui apresentado fornece uma ideia da importância dos registros médicos em saúde (RES) e de um sistema de informação em saúde, quer se trate de um sistema nacional, hospitalar ou mesmo de um sistema individual voltado para o atendimento em um consultório (PEP). Permite, inclusive, deduzir alguns aspectos importantes a serem observados: a entrada de dados deverá ser correta, os dados precisam ser gravados e mantidos íntegros e processáveis e terão de representar características fundamentais da população atendida que permitam o diagnóstico, além de características sociodemográficas de importância em saúde pública.

Por tratar-se de dados sensíveis, que dizem respeito a pessoas que têm direito à privacidade de sua situação de saúde, tais dados individuais só devem estar acessíveis a pessoas diretamente ligadas ao atendimento e precisam ser guardados em segurança

e sigilo, de modo especial aqueles dados registrados no módulo de atendimento clínico, que só poderá estar acessível ao pessoal técnico envolvido no atendimento clínico do paciente.

Por sua vez, dados mais gerais de identificação de cada usuário podem e devem ser registrados por pessoas de apoio, como secretárias, pois elas podem constituir um módulo para esse fim específico, que permita a identificação rápida do usuário, bem como a marcação de consultas em uma agenda e o registro de presenças e faltas que sirvam de apoio à gestão. Esse registro deve comunicar-se com o módulo de atendimento clínico fornecendo, assim, os dados de identificação e outros. Outro subsistema poderá conter informações de custos dos procedimentos e materiais usados neles, e estará destinado ao acesso para setor administrativo da clínica, do hospital, da operadora de saúde ou do órgão gestor.

Pode-se pensar, também, em um módulo para controle de estoque e consumo de material utilizado na unidade, incluindo um processo voltado para o controle de medicação disponibilizado ao setor de farmácia. Da mesma forma, seria importante a existência de estrutura para o registro de exames laboratoriais e sistema específico para o setor de exames de imagem que permita o armazenamento de exames de imagem e a emissão de laudos. A complexidade do sistema estará relacionada com a estrutura funcional da instituição e terá de atender às suas demandas na prestação da assistência aos seus usuários.

Aspectos históricos

Atualmente, o uso de sistemas de informação informatizados é uma realidade em vários segmentos, tais como o sistema bancário, o sistema de votação eletrônica e a atenção em saúde. Essa última tem singularidades especiais em relação às demais, que segundo Leitão-Júnior (16), compreendem a heterogeneidade espacial, temporal, social, administrativa e tecnológica.

Tal heterogeneidade representa um desafio a mais na implantação e evolução desses sistemas na área da saúde na medida em que alinhar esses aspectos é um desafio. Hoje é consenso mundial que o uso de tecnologia da informação e comunicação (TIC) em saúde pode promover vários benefícios para o setor de saúde, o que tem sido denominado *e-Health* (28). Contudo, para chegar a esse consenso, foi necessária uma longa trajetória. Nesse sentido, o mais importante é enfatizar o papel fundamental do desenvolvimento da informática no século XX. Portanto, a tecnologia da informação é uma ferramenta necessária e um multiplicador de métodos estatísticos e de informações em saúde.

Esse desenvolvimento tecnológico desempenha um papel vital nas inovações inerentes ao campo da saúde, tais como a divulgação e a promoção da acessibilidade às

bases de dados de saúde, o surgimento e a divulgação da informática médica ou informática em saúde e a concepção de PEPs. Hipócrates já ensinava a seus discípulos que, para comparar os resultados dos tratamentos propostos aos seus doentes, era necessário ter anotações precisas sobre seus estados de saúde e tratamentos realizados (18).

A evolução do prontuário de saúde do paciente foi lenta até o definitivo reconhecimento de que era um elemento que requeria padronização para facilitar seu uso e cumprir sua missão de oferecer informações cronológicas e seguras sobre o histórico de saúde do paciente. Patrício (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) e outros autores (18, 21) destacam a importância da Clínica Mayo dos Estados Unidos, que, em 1907, adotou um registro individual e cronológico das informações de cada paciente e, em 1920, estabeleceu o conjunto mínimo de dados para registro no prontuário médico que permanece válido até hoje.

Nos Estados Unidos, as primeiras experiências com sistemas informatizados em saúde ocorreram em 1960 e, na década de 1970, surgiram as primeiras experiências com prontuário eletrônico do paciente (PEP), embora pouco estruturado e eficiente. Mas, a partir da década de 1990, o *Institute of Medicine* (USA) passou a ter uma preocupação maior quanto à estruturação do PEP, realizando estudos nessa área e propondo padrões (23).

No Brasil, os primeiros SIS que surgiram datam dos anos de 1970 e eram voltados para as necessidades de faturamento do antigo Inamps. No próprio Inamps coexistiam vários sistemas que eram verticalizados (20). O SUS nasceu com a Constituição de 1988, que direcionou a gestão da saúde de maneira a ser compartilhada pelo governo federal, estados e municípios.

Nessa fase nasceu, também, o Sistema Nacional de Informações em Saúde (SNIS), cuja organização coube ao governo federal em parceria com estados e municípios; por conseguinte, surgiu o Datasus (12), que ainda mantém uma série de SIS e bases de dados verticalizados. Esforços têm sido feitos no sentido de buscar um SIS de modelo descentralizado, com a finalidade de dar suporte à gestão das secretarias estaduais e municipais de saúde.

Se, por um lado, a descentralização das informações e instâncias gerenciais para esferas estaduais e municipais de saúde contribuiu para uma gestão compartilhada, por outro, tem levado a novas fragmentações das informações. Nesse contexto, o Ministério da Saúde propôs a criação do Cartão Nacional de Saúde, no final dos anos de 1990, cuja meta era criar um cadastro nacional dos cidadãos que viabilizasse futuramente a agregação de informações sobre os usuários. Essas informações estão dispersas nos diversos SIS utilizados (12) e o objetivo final é na direção da construção de um RES do cidadão que possa ser disponibilizado em qualquer esfera de atendimento do SUS; porém isso ainda não se concretizou.

A criação das agências reguladoras de saúde, Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS) e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), nos primeiros anos do século XXI, colocou as atividades de informática em saúde sob a regulação dessas agências. Fruto dessa nova estrutura é o padrão de Troca de Informações em Saúde Suplementar (TISS), que é um modelo obrigatório a ser utilizado pelas operadoras de saúde que são regulamentadas pela ANS. Mais recentemente, a TISS foi complementada pela Terminologia Unificada em Saúde Suplementar (TUSS), que padroniza as terminologias e os procedimentos médicos, alinhando-as com a Classificação Brasileira Hierarquizada de Procedimentos Médicos (CBHPM) (12).

No Brasil, segundo Patrício (23), as primeiras tentativas concretas de desenvolvimento de PEP ocorreram nos anos de 1990 e estavam restritas a hospitais universitários de grandes centros urbanos.

Outro marco importante no desenvolvimento da informática em saúde no Brasil foi a criação da Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS), em 1986, durante um seminário realizado sobre Informática em Saúde, por iniciativa do Ministério da Saúde. Em novembro do mesmo ano, a SBIS realizou seu primeiro congresso, que teve como presidente Renato Sabbatini (26).

Marcos brasileiros importantes também estão representados pelas resoluções CFM nº 13.1.638/2002 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) e a CFM nº 1.821/2007 (9). A primeira define o que é prontuário médico e torna obrigatória a constituição de Comissões de Revisão de prontuários nas instituições de saúde. A segunda aprova e versa sobre as normas técnicas a serem observadas para a digitalização e o uso dos sistemas informatizados, bem como a guarda e o manuseio dos documentos constituintes dos prontuários dos pacientes e autoriza a eliminação do suporte em papel e a troca de informação identificada em saúde, uma vez cumpridos os preceitos dessa norma.

Nessa fase, o CFM e a SBIS, em cooperação, com vistas a desenvolver instrumentos e regulamentações que dessem suporte à criação e à certificação de sistemas voltados para registros eletrônicos em saúde, levou o CFM a publicar a Resolução nº 1.639/2002 (11), que estabeleceu "Normas Técnicas para o uso de Sistemas Informatizados para a Guarda e Manuseio do Prontuário Médico", além de dispor sobre tempo de guarda dos prontuários e critérios para certificação dos sistemas de informação.

Nesse período de efervescência de normatização e incentivo à informatização em saúde, foi publicada, em 2004, a Política Nacional de Informação e Informática em Saúde (PNIIS), durante a 12ª Conferência Nacional de Saúde (6). O grande desafio era construir SIS mais integrados e caminhar no sentido da construção de RES que disponibilizasse informações de saúde para os usuários de forma integrada e rápida.

Em 2009, o Ministério da Saúde instituiu o Comitê de Informação e Informática em Saúde (CIINFO/MS), tendo entre suas funções normatizar, dirigir e fiscalizar as

atividades de informática no âmbito desse ministério. Entre suas funções, portanto, está a atualização das PNIIS (12). Na tentativa de facilitar a comunicação entre os SIS, o Ministério da Saúde regulamentou os padrões de interoperabilidade de informação em saúde no ano de 2011. Paradoxalmente, ao fazê-lo, não consultou outras instâncias da sociedade civil, o que é fonte de críticas até hoje (12).

Conquanto exista um consenso mundial de que a implantação de SIS promove enormes benefícios para a área da saúde, sua implantação, de fato, constitui um desafio, quer pela heterogeneidade descrita, quer pela impossibilidade de construir um sistema único que atenda a todas as demandas, como assinalado por Carvalho (7). Entre a utopia de um sistema único e o sistema possível, o objetivo atual tem sido construir sistemas menores, buscando articulá-los e integrá-los entre si, evitando-se, assim, a duplicidade de dados, bem como a coleta desnecessária deles, o que poupa os profissionais implicados na coleta de dados de esforços igualmente desnecessários.

Considerando ainda as dimensões do SUS, composto em âmbitos federal, estadual e municipal de gestão, a coleta de dados deve ser hierarquizada de forma que cada esfera possa contar com dados adequados ao seu escopo de atuação.

Não obstante às dificuldades, a informatização do SUS caminha para a informatização da atenção primária em saúde. Nesse sentido, foi criado o e-SUS APS, que se propõe a ser um sistema concebido para diversos cenários, desde as unidades básicas de saúde (UBS), que não contam com informatização plena e conexão à internet, até aquelas informatizadas e com acesso à internet.

São consideradas duas modalidades de implantação: Prontuário Eletrônico do Cidadão (PEC) (cenário adequado de informatização no serviço de saúde, sendo necessária a disponibilidade, no mínimo, de computadores para os profissionais que trabalham na assistência à saúde e recepção da unidade); e Coleta de Dados Simplificada (CDS) (unidade de saúde que não possui conexão à internet nem computadores suficientes para os profissionais). Nas duas modalidades é possível a comunicação com sistemas preexistentes por meio das tecnologias Apache Thrift ou XML (5).

Definição de RES e S-RES e SIS

A Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS) (14), tomando como base a norma ABNT ISO/TR 20514 (1), conceitua o Registro Eletrônico em Saúde (RES) como “um repositório de informação a respeito da saúde de indivíduos, numa forma processável eletronicamente”.

Com base nos mesmos referenciais (1, 14), o Sistema de Registro Eletrônico em Saúde (S-RES) é definido como “um sistema para registro, recuperação e manipulação das informações de um Registro Eletrônico em Saúde”.

Como já abordado, o Sistema de Informação em Saúde informatizado é aqui utilizado como sinônimo de S-RES. E a SBIS, ainda com base na ABNT ISO/TR 20514 (1), destaca que “qualquer sistema que capture, armazene, apresente, transmita ou imprima informação identificada em saúde, pode ser considerado como sendo um S-RES”. Por informação identificada em saúde, entenda-se aquela vinculada a dados como CPF, RG ou outros dados que permitam identificar um indivíduo.

S-RES de abrangência nacional

Conforme descrito nas considerações históricas, há dificuldades em se ter um SIS único que contemple todas as necessidades de um S-RES nacional. Embora a integração total de sistemas seja, talvez, uma utopia, buscá-la enquanto objetivo pode resultar em grandes benefícios. Considerando-se a atual emergência imposta pela pandemia do SARs-CoV 2 (COVID 19), a possibilidade de contar com dados globais padronizados sobre ocorrência, incidência, curso natural da doença e resposta às intervenções terapêuticas poderia ter poupado muitas vidas ao padronizar medidas profiláticas e terapêuticas eficazes, além de ser um desestímulo a discussões pseudocientíficas sobre tratamentos inadequados.

O Datasus (4) possui diversos aplicativos e bases de dados voltados para a gerência em saúde, seja para aspectos financeiros, de produção ou epidemiológicos. Mas, na atualidade, a estratégia do e-SUS na Atenção Primária (5) é o que melhor representa as tentativas do governo brasileiro de prover informações de saúde por meio eletrônico e de forma integrada nas diferentes esferas da federação.

A estratégia prevê quatro etapas na implantação, contemplando diferentes cenários. A etapa 1 é destinada àqueles municípios que contam com sistemas próprios, desenvolvidos por meios próprios ou adquiridos de terceiros. A integração possível com as demais esferas da administração (estadual, federal), nesse cenário, só é possível em mão única, do município para as demais esferas, e a comunicação é possível por meio de arquivos dos formatos Thrift / XML. A etapa 2 é destinada para aqueles municípios que reúnem pré-requisitos para implantação do e-SUS APS e com infraestrutura para o PEC no âmbito municipal. Nessa etapa, a comunicação com as demais esferas de gestão possibilita a importação de arquivos Thrift / XML, os relatórios de inconsistência e controle da transmissão. A etapa 3 já comporta um sistema centralizador nacional com possibilidade de recebimento e processamento em âmbito nacional. Por último, a etapa 4 comporta relatórios de produção, relatórios estratégicos e Integração de Sistemas da Atenção Básica (SISAB).

Para operação do sistema, o e-SUS fornece um manual de integração, disponível no seu portal na web. O SISAB conta com os aplicativos PEC e CDS para a coleta de dados nas unidades de saúde e com um aplicativo móvel para atenção domiciliar (app AD).

S-RES hospitalar e de atendimento individual

Genericamente, pode-se colocar que os S-RES em âmbito nacional estão mais voltados para aspectos epidemiológicos e da gestão em saúde, salvo a recente experiência do e-SUS na informatização da atenção básica, que segue uma orientação contrária e integradora. Quando se toma como base o usuário do sistema de saúde, seja ele público ou privado, o S-RES deve assumir também as funções de PEP. Mas mesmo a saúde em seu aspecto individual comporta variáveis de custos, consumo, agendamento e disponibilidade de vagas para consulta ou leitos hospitalares etc. Assim, mesmo no seu caráter individual, o PEP deve também contemplar módulos voltados à gestão.

Como observado, o sistema pode ter diferentes graus de complexidade, e pode-se afirmar que, na implantação de um S-RES, um dos fatores importantes na escolha ou no desenvolvimento é ter em mente quais demandas serão atendidas. Um PEP para uso individual em um consultório isolado pode ser concebido com um número mais limitado de módulos e funções do que aquele destinado a um sistema de informação direcionado a uma unidade hospitalar que deverá conter módulos específicos para farmácia, laboratório, sistema de imagens, além de maior desenvolvimento do processo de controle de materiais e custos do atendimento. Da mesma forma, um S-RES voltado para a gestão pública, seja municipal, estadual ou federal, deverá contemplar aspectos específicos e importantes para cada esfera da gestão.

Se em um consultório isolado, um servidor e algumas estações de trabalho fornecem estrutura para a implantação de um S-RES, a complexidade aumenta à medida que crescem as demandas e o alcance desse sistema e, assim, um sistema hospitalar já exige grau maior de complexidade.

Um sistema de gestão de imagens, por exemplo, pode estar localizado não necessariamente dentro do hospital, mas em serviços satélites, por vezes, terceirizados. A imagem pode ser obtida em um setor do hospital e sua análise pode ser feita em outra cidade, onde o profissional emitirá um laudo que deverá estar disponível o mais brevemente possível para os profissionais técnicos envolvidos no atendimento. Isso pode exigir redes complexas e computação distribuída que imponham novos desafios à construção do sistema, bem como acréscimos ao tráfego seguro e armazenagem de informações sensíveis.

Outros sistemas de informação e área da saúde

Além dos SIS propriamente ditos, existem outros tipos de sistemas que, embora não sejam específicos da área de saúde, geralmente são utilizados nas organizações de saúde e podem estar integrados ao S-RES.

Os Sistemas de Processamento de Transações (SPT) são sistemas cujo objetivo está relacionado a coleta, armazenamento e processamento dos dados referentes às transações que ocorrem dentro de uma organização, bem como à distribuição dos referidos dados. Esses sistemas são utilizados para controle de estoque, compras, logística, folha de pagamento, faturamento etc. Pela própria definição, está claro que essa funcionalidade é útil numa organização como uma unidade de saúde ou hospital e podem estar integrados ao S-RES.

Já os Sistemas de Informações Gerenciais (SIG) têm como finalidade colher e processar dados fornecendo relatórios sobre funcionamento e indicadores da organização aos gerentes, com vistas a otimizar o processo gerencial e apoiá-lo em suas decisões administrativas. Da mesma forma, esse processo pode estar integrado ao S-RES e ser muito útil à organização, no cumprimento de seus objetivos e metas (2).

O conceito de Sistemas de Apoio a Decisão (SAD) comporta diferentes definições, mas, genericamente, pode-se dizer que são processos que se baseiam no processamento de um grande volume de dados, sejam eles externos à organização ou da própria organização, além dos dados fornecidos pelo próprio usuário. A partir do processamento desse grande volume de dados oriundos de diferentes fontes, é possível a elaboração de relatórios com alternativas para a tomada de decisão. Essas alternativas estarão vinculadas a diferentes pesos com base em cálculos estatísticos e de probabilidade. Os SAD têm aplicação gerencial nas organizações, mas também podem estar desenhados especificamente para a área médica e integrados ao S-RES. Como exemplo, pode-se citar o programa para calcular risco cirúrgico, dentre muitos existentes (29).

MARCOS LEGAIS NO BRASIL

Os profissionais de saúde devem cumprir muitos aspectos éticos e de segurança dos registros eletrônicos em saúde (RES). Como é de conhecimento geral, os RES são compilações confidenciais de dados relacionados ao histórico pessoal de saúde, incluindo condições médicas passadas e atuais, doenças e métodos de tratamento, com foco em eventos específicos que afetam os pacientes no período de atendimento atual.

Como citado na evolução histórica, a regulamentação do prontuário médico nacional ocorreu, primeiramente, em 2002, por meio da Resolução CFM nº 13.1.638/2002 (10), que definiu claramente, em seu artigo 1º, o que é o prontuário médico do paciente.

Contemporânea dessa primeira resolução sobre o tema é a Resolução CFM nº 1.639/2002 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) sobre normas técnicas para o uso de SIS e guarda e manuseio do prontuário médico. Ela nasceu da parceria entre CFM e SBIS e incluía os critérios para certificação de sistemas de informação.

Ainda como fruto de tal parceria, tem-se a Resolução CFM nº 1.821/2007 (9), que estabeleceu normas técnicas para a digitalização e o uso dos S-RES, bem como a guarda e o manuseio dos documentos constituintes dos prontuários dos pacientes e autorizou a eliminação do suporte em papel desde que fossem cumpridos os requisitos específicos para isso, inclusive, a assinatura digital. Também regulamentou a troca de informação identificada em saúde, uma vez cumpridos os preceitos dessa norma.

Nasceu, assim, o processo de certificação da SBIS que, basicamente, consiste em verificar se um S-RES atende aos critérios de confidencialidade, integridade e segurança dos dados constantes do S-RES.

O Manual de Certificação da SBIS, atualmente em sua versão 5.1 de 2021 (14), estabelece uma série de requisitos e metodologia de testes, aos quais o S-RES que está sendo auditado deve ser submetido. Se cumprir os requisitos, o sistema recebe um selo de certificação que funciona como uma garantia de que o sistema atende aos pré-requisitos éticos do CFM e está em conformidade com a legislação quanto à integridade, confidencialidade e segurança dos dados.

O processo de certificação é voluntário, mas como referido, é uma garantia de conformidade com a legislação vigente. O CFM só exige a conformidade dos S-RES e não necessariamente que seja submetido ao processo de certificação da SBIS. O CFM e o SBIS mantiveram, no início do processo evolutivo dos S-RES, certa hegemonia na construção da normatização sobre PEP / S-RES e sua certificação.

A construção do SUS trouxe consigo uma visão de saúde mais centrada na abordagem multidisciplinar e com foco no cidadão, verificando-se essas mudanças até mesmo na nomenclatura do prontuário, que inicialmente era denominado “prontuário médico” e, hoje, é denominado “prontuário do paciente”.

Nessa mesma linha, a instituição da PNIIS (6) e a instituição do Comitê de Informação e Informática em Saúde pelo Ministério da Saúde (CIINFO/MS) representaram uma tomada de responsabilidade do governo federal para com o processo de informatização da saúde na esfera pública. Esse processo culminou com a padronização de interoperabilidade de informação em saúde pelo Ministério da Saúde, em 2011.

Em 2018, foi promulgada a Lei Geral de Proteção de Dados (3). Em novembro do mesmo ano, o CFM baixou a Resolução nº 2.218/2018, que revogou o artigo 10º da Resolução nº 1.821/2007, antecipando-se na conformidade com a Lei nº 13.787, de 27 de dezembro de 2018, norma essa que dispõe sobre a digitalização e a utilização de sistemas informatizados para guarda, armazenamento e manuseio de prontuário de paciente. Assim, as questões relativas à digitalização e guarda de documentos do PEP deixaram de ser esfera exclusiva do CFM e passaram a contar com legislação federal em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados, que está em vigor.

O conhecimento dos marcos legais, anteriormente elencados, é condição importante para quem pretende desenvolver S-RES, visto que ele deve estar em conformidade com a legislação a fim de assegurar privacidade, confidencialidade e integridade dos dados dos usuários do sistema de saúde. Para os profissionais e instituições que utilizam S-RES, o conhecimento desses marcos e sistema de certificação trazem segurança na escolha e utilização do sistema.

PADRÕES EM SIS E INTEROPERABILIDADE

Ao longo deste capítulo, repetiu-se o quanto os S-RES em uso no Brasil foram construídos de forma verticalizada, e espera-se que reste claro que se conta com inúmeros sistemas em funcionamento tanto nas esferas pública quanto privada. A quantidade de dados em saúde gerada em diferentes locais e instâncias é enorme e comportaria a estrutura de um “data lake”.

Também, abordou-se sobre o quanto a geração de dados em saúde ocorre de forma dispersa do ponto de vista geográfico e o quanto o cuidado em saúde envolve diferentes atores, tais como médicos, enfermeiros, farmacêuticos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais, psicólogos, administradores e outros.

Uma questão que precisa ainda ser assinalada é a de que os dados em saúde não são dados concretos, meramente numéricos. Ao contrário, na maioria das vezes, esses dados são conceituais. Como exemplo, vejam-se as formas de atendimento: atendimento eletivo, atendimento de urgência, e atendimento de emergência. Embora se possa ter uma ideia do que essas entidades representem, só é possível ter certeza do que cada uma de fato representa se estiver precisamente definida e documentada. Da mesma forma, uma doença como a pneumonia, por exemplo, precisa ser claramente definida e codificada para que os médicos, ao trocar informações, estejam seguros de que estão falando de uma mesma entidade clínica. No caso da classificação das doenças, temos sistemas conceituais bem definidos, como a CID-10, mas existem situações em que esses conceitos nem sempre são tão claros ou definidos.

Considere-se, então, em conjunto, todos esses elementos: muitos S-RES, dados em grande dimensão, dados sendo gerados por equipes multidisciplinares, e dados conceituais. Acredita-se estar diante dos elementos de “uma tempestade perfeita”, da “Torre de Babel”, em que ninguém se entende ou se comunica caso não se estabeleçam padrões. E aqui, tem-se de considerar padrões para os diversos níveis: na construção dos S-RES, na coleta e registro dos dados, nas terminologias utilizadas na área de saúde.

Foge ao escopo deste capítulo tecer considerações pormenorizadas sobre padrões em informática em saúde, porém considera-se importante, pelo menos, fazer citações de caráter geral, buscando chamar a atenção para o assunto.

Petry (24) define interoperabilidade funcional e semântica com base nas definições da ISO (13). Tem-se que “interoperabilidade funcional se refere à capacidade de dois ou mais sistemas para trocarem informações entre si tendo como base um conjunto de regras definidas”. Já a “interoperabilidade semântica se refere à capacidade dos sistemas de compartilharem informações compreendidas através da definição de conceitos de domínio”.

Em 2011, o Ministério da Saúde do Brasil publicou a Portaria nº 2.073 (19), que traz um ousado menu de padrões voltados para a informática em saúde, no âmbito público, em seus três níveis (federal, estadual e municipal) e para os sistemas de saúde privados e de saúde suplementar. A referida portaria define os padrões de interoperabilidade brasileiros, que devem ser abertos e sem custos de royalties.

Propõe um catálogo de serviços assim definidos: 1) tecnologia *Web Service*, no padrão SOAP 1 para a interoperabilidade entre os sistemas do SUS; 2) padrão *WS-Security* para criptografia e assinatura digital das informações para garantia da segurança e integridade das informações; e 3) URI (*Uniform Resource Identifier*) descritos e definidos usando WSDL (*Web Service Description Language*) para identificação dos *Web Services*.

Quanto aos padrões, a Portaria nº 2.073 (19) também disponibiliza um rol para atender ao segmento de informática em saúde: XML e XML Schemas; OpenEHR para definir RES (<http://www.openehr.org/home.html>); padrão HL7 - Health Level 7 para interoperabilidade e integração entre solicitação e resultados de exames; tecnologia SNOMED-CT (<http://www.ihtsdo.org/snomed-ct>) para mapeamento e codificação de termos clínicos nacionais e internacionais em uso no país, visando à interoperabilidade semântica; TISS (Troca de Informações em Saúde Suplementar) para interoperabilidade com sistemas da saúde suplementar; padrão HL7 CDA para definição da arquitetura do documento clínico; padrão DICOM para representação da informação de exames de imagem; padrão LOINC para exames laboratoriais; norma ISBT 128 para codificação de dados das etiquetas de produtos relativos a sangue humano, células, tecidos e órgãos; padrão ISO 13606-2 para interoperabilidade de modelos de conhecimento, arquétipos, *templates* e metodologias de gestão; especificação de integração IHE-PIX (*Patient Identifier Cross-Referencing*) para o cruzamento de identificadores de pacientes em diferentes SIS; outras como CID, CIAP-2 (Atenção primária de saúde), TUSS e CBHPM (Classificação Brasileira Hierarquizada de Procedimentos Médicos) e tabela de procedimentos do SUS.

Esse cenário aponta para progressos, mas há um longo caminho a trilhar na busca da e-Saúde, **de fato**, pois, para tanto, além de definir padrões, é necessário definições de governança e financiamento (15).

VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PRONTUÁRIO ELETRÔNICO DO PACIENTE (PEP)

O PEP se presta para coleta e armazenamento de dados de saúde do paciente e tem a função de distribuir esses dados aos setores envolvidos na assistência, sendo que o compartilhamento ocorrerá de acordo com os direitos de acesso por categoria envolvida no atendimento.

Pode ser elencadas várias vantagens na implantação de um PEP (22, 23), como maior segurança dos dados do que o suporte em papel, posto que a conformidade com padrões de certificação impõe criptografia, assinatura eletrônica e gravação em banco de dados. Isso também oferece a possibilidade de maior confidencialidade dos dados do que o modelo em suporte de papel. Ademais, parece claro que ter um texto digitado em tela durante o atendimento do paciente facilita muito a compreensão e leitura dos dados.

Outras características importantes consistem na possibilidade de acesso remoto e simultâneo às informações de saúde do paciente, na possibilidade de integração com outros sistemas de informação, no processamento contínuo de dados e na possibilidade de captura automática deles a partir de dispositivos de leitura específicos em enfermarias e unidade de terapia intensiva, por exemplo.

O PEP oferece, ainda, a flexibilidade de layout para anotação e apresentação dos dados do paciente, além de uma atualização permanente desses dados. O fato de diferentes membros da equipe multidisciplinar poderem realizar suas anotações em um mesmo suporte facilita o acesso e a integração das diferentes visões sobre o paciente, além de facilitar a acessibilidade a todo histórico de saúde do paciente. Isso otimiza e melhora o atendimento, por conseguinte, aumentando a segurança do paciente, além de facilitar a construção de importante banco de dados para dar suporte a pesquisas.

No entanto, o PEP não é feito só por facilidades e vantagens (22, 23). Por tudo que já se elencou desde o início, está implícito que sua implantação exige investimentos de hardware e software, além de treinamento adequado dos usuários. A prática nas últimas décadas tem mostrado que a implantação dessa tecnologia vem sendo lenta e marcada também por fracassos.

Os usuários podem ter dificuldades próprias para adequar-se ao uso de sistemas informatizados e oferecer resistência à sua implantação. Falhas no desenvolvimento podem comprometer a usabilidade e a implantação. Quem usa esse tipo de tecnologia sabe das dificuldades criadas quando falha o hardware ou o software, quando ocorrem falhas nas comunicações de rede e internet, situações que podem paralisar os atendimentos criando mais dificuldades.

Outro item que não pode ser esquecido é que a comprovação dos resultados positivos do investimento, geralmente, não é observada em curto prazo, o que gera frustrações e pode comprometer a implantação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por tudo que foi descrito, espera-se ter evidenciado, para quem pretende desenvolver S-RES (PEP) ou implantá-lo em sua rotina de trabalho, que é necessário considerar que não se trata de ter computadores e um processador de textos para registrar dados dos pacientes e sistemas para arquivá-los.

A Informática em Saúde é uma área específica dentro da tecnologia da informação. Embora guarde similaridade com outras áreas afins, tem peculiaridades que são ditadas pela heterogeneidade espacial, temporal, social, administrativa e tecnológica próprias da área de saúde. Por lidar com dados sensíveis das pessoas, sobre suas condições de saúde e demais dados pessoais, impõe regras éticas rígidas sobre todos os profissionais envolvidos na assistência, desde a coleta, gravação e recuperação dos dados.

O conhecimento sobre banco de dados, segurança da informação e padrões em informática em saúde é condição mínima necessária para desenvolvedores de S-RES. Não restam dúvidas de que a construção da e-Saúde é uma necessidade atual, seja para o âmbito da saúde pública ou privada. Por sua vez, há de se ter em mente que isso é um processo e, como tal, comporta diversas fases, que principiam pelo estudo da necessidade, passam pela concepção e pelo desenvolvimento dos sistemas e chegam à sua completa implantação.

Para alguns profissionais mais antigos da área de saúde, não estão assim tão longe as lembranças dos sistemas de registro do prontuário em suporte de papel, da descontinuidade das anotações, folhas perdidas, da dificuldade de localizar prontuários arquivados erroneamente, mesmo nos serviços com comissões de revisão de prontuário e relativamente organizados. O cheiro de mofo do papel ainda pode ser rapidamente evocado! Perante a complexidade de conceitos, marcos legais e padrões em informática em saúde, como o usuário final pode orientar-se para implantar um PEP para uso pessoal em seu consultório? Como essa, muitas questões devem ser levadas em conta. Entretanto, fica o princípio geral de se evitarem soluções milagrosas e fáceis, muitas vezes aparentemente baratas, mas que geralmente não oferecem funcionalidade, segurança e respaldo legal para seu uso em situações de atendimento em saúde.

Conquanto a certificação pela SBIS não seja obrigatória, a escolha de sistemas certificados é, pelo menos, uma garantia de que ele foi homologado e comporta os padrões mínimos de conformidade com as questões éticas e legais demandadas para construção e uso desses sistemas. Espera-se que o uso maciço dessas tecnologias em

saúde resulte, num futuro próximo, em maior eficiência dos serviços de saúde e maior segurança para os usuários. A construção de grandes bancos de dados, sobre condições de saúde e tratamentos realizados, apontam para a possibilidade de geração de novos conhecimentos na área a partir da mineração de dados, tendo como base a estatística clássica, o emprego de técnicas de inteligência artificial e *Machine Learning*.

REFERÊNCIAS

1. ABNT ISO/TR 20.514. Informática em saúde - Registro eletrônico de saúde - Definição, escopo e contexto. Brasília: ABNT; 2008 [acesso 5 jun 2021]. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=6598>
2. Andrade S. Um olhar sobre os sistemas de informação gerenciais com foco na utilidade, disponibilidade e usabilidade. [Monografia]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; 2013.
3. Brasil. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais. Diário Oficial da União. 2018; 1:1.
4. Brasil. Ministério da Saúde. Datasus. 2008 [acesso 5 jun 2021]. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>.
5. Brasil. Ministério da Saúde. Estratégia e-SUS Atenção Primária 2021 [acesso 5 jun 2021]. Disponível em: <https://sisaps.saude.gov.br/esus/>.
6. Brasil. Ministério da Saúde. A construção da política nacional de informação e informática em saúde: proposta versão 2.0.2004 [acesso 5 jun 2021]. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/PoliticaInformacaoSaude29_03_2004.
7. Carvalho AOE. Sistemas de informação em saúde para municípios. São Paulo: Faculdade de Saúde pública da Universidade de São Paulo; 1998 [acesso 5 jun 2021]. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_cidadania_volume06.pdf.
8. Center for Disease Control and Prevention (CDC) [homepage]. U.S.A. U.S. Department of Health & Human Services. Growth Charts [acesso 5 jun 2021]. Disponível em: <https://www.cdc.gov/growthcharts/>.
9. Conselho Federal de Medicina. Resolução CFM n.º 1.821/2007. Aprova as normas técnicas concernentes à digitalização e uso dos sistemas informatizados para a guarda e manuseio dos documentos dos prontuários dos pacientes, autorizando a eliminação do papel e a troca de informação identificada em saúde. Diário Oficial da União. 2007 nov 23; I:252.
10. Conselho Federal de Medicina. Resolução CFM n.º 13. 1.638/2002. Define prontuário médico e torna obrigatória a criação da Comissão de Revisão de Prontuários nas instituições de saúde. Diário Oficial da União. 2002 ago 9; I:184-5.
11. Conselho Federal de Medicina. Resolução CFM n.º 1.639/2002. Aprova as "Normas Técnicas para o uso de sistemas informatizados para a guarda e manuseio do prontuário médico", dispõe sobre tempo de guarda dos prontuários, estabelece critérios para certificação dos sistemas de informação e dá outras providências. Diário Oficial da União. 2002 ago 12; 1:124-5.
12. Fornazin M. A informatização da saúde no Brasil: uma análise multi-paper inspirada na teoria ator-rede. Rio de Janeiro: Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Centro de Formação Acadêmica e Pesquisa da Fundação Getulio Vargas; 2015.

13. ISO/TR 20514:2005. Health informatics - Electronic health record - Definition, scope and context [acesso 5 jun 2021]. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/39525.html>.
14. Kiatake LGG, Virgínio Jr LA, Silva, Sanzonovo OAC. Manual de Certificação de Sistemas de Registro Eletrônico em Saúde Versão 5.1. São Paulo: Sociedade Brasileira de Informática em Saúde; 2021. Disponível em: http://novosite.sbis.org.br/certificacao/Manual_Certificacao_SRES_SBIS_v5.1.pdf.
15. Leão BF. O desafio brasileiro para o uso de padrões em Informática em Saúde. *J Health Inform.* 2017; 9(2). Disponível em: <http://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/article/view/577/311>.
16. Leitão-Júnior OS, Lucena FN, Braga RD, Neira RAQ. Regulação de segurança da informação eletrônica em saúde: visão geral. *J Health Inform.* 2016; 8(4):148-55.
17. Marin HF. Sistemas de informação em saúde: considerações gerais. *J Health Inform.* 2010; 2(1):20-4.
18. Marin HF, Azevedo Neto RS. Prontuário eletrônico do paciente: definições e conceitos. In: Massad EMH, Azevedo Neto RS, editors. *O prontuário eletrônico do paciente na assistência, informação e conhecimento médico*. São Paulo: USP; 2003. p.1-20.
19. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.073, de 31 de agosto de 2011. Regulamenta o uso de padrões de interoperabilidade e informação em saúde para sistemas de informação em saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde, nos níveis Municipal, Distrital, Estadual e Federal, e para os sistemas privados e do setor de saúde suplementar. *Diário Oficial da União*. 2011 ago 31; 1-27.
20. Moraes IHS. *Informações em saúde: da prática fragmentada ao exercício da cidadania*. São Paulo / Rio de Janeiro: Hucitec / ABRASCO; 1994.
21. Mota FRL. Mudança no processo de organização, arquivamento da informação e registro dos pacientes: o PEP em questão. In: *Anais do X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*. Florianópolis: SBIS; 2006.
22. Oliveira HPGC, Meirelles FS, Cortez da Cunha MAV. TI em saúde: vantagens e desvantagens na utilização do Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP). In: *Proceedings of the 13th International Conference on Information Systems & Technology Management*. São Paulo: CONTECSI; 2016.
23. Patrício CM, Maia MM, Machiavelli JL, Navaes MA. O prontuário eletrônico do paciente no sistema de saúde brasileiro: uma realidade para os médicos? *Scient Med.* 2011; 3:121-31.
24. Petry KL, Lopes PMA, Wangenheim A. Padrões para a interoperabilidade na saúde. [Monografia]. Florianópolis: Universidade de Federal de Santa Catarina; 2006 [acesso 5 jun 2021]. Disponível em: <https://docplayer.com.br/6202440-Padrees-para-a-interoperabilidade-na-saude.html>.
25. Pinto VBS, Elias M. *Informação para a área da saúde: prontuário do paciente, ontologia de imagem, terminologia, legislação e gerenciamento eletrônico de documentos*. [Monografia]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; 2010.
26. Sabbatini RME. História da Informática em Saúde no Brasil. *Informát Méd* [internet]. 1998 [acesso 5 jun 2021]; 1(5). Disponível em: <http://www.informaticamedica.org.br/informaticamedica/n0105/sabbatini.htm>.

27. Semidão RAM. Dados, informação e conhecimento enquanto elementos de compreensão do universo conceitual da ciência da informação: contribuições teóricas. [Dissertação]. Marília: Universidade Estadual Paulista; 2014.
28. Serviços Partilhados do Ministério da Saúde (SPMS S-SPMdS). Relatório Think-Thank - eHealth em Portugal - Visão 2020. Lisboa: SPMS; 2015.
29. Silva BR, Melo MC, Ribeiro MDA, Borges L. Sistemas de apoio a decisão médica (SADM). Rev Ele Sist Inform Gestão Technol. 2013; 3(1):1-11.
30. World Health Organization (WHO). Health information systems development and strengthening: guidance on needs assessment for national health information systems development. Geneva: WHO; 2000 [acesso 18 jun 2021]. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66203>.

27

**Gestação de risco e prematuridade:
aplicativos móveis disponíveis
na web para o sistema Android**

Ligia Maria da Costa Canellas Tropiano

Gisela Rosa Franco Salerno

Silvana Blascovi-Assis

Ana Grasielle Dionísio Corrêa

INTRODUÇÃO

De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (33), é considerado um recém-nascido prematuro, o bebê nascido antes de completar 37 e 6/7 semanas de gestação, sendo considerado prematuro moderado a tardio aquele nascido entre 32 e 37 semanas de gestação, muito prematuro, aquele com 28 a 32 semanas, e prematuro extremo os nascidos com menos de 28 semanas. Fator diretamente relacionado com a prematuridade é o peso ao nascimento, classificado como: extremo baixo peso, bebê com peso menor que 1.000g; muito baixo peso, de 1.000g a 1.499g, e baixo peso, de 1.500g a 2.490g. Assim, a literatura descreve que quanto mais prematuro (idade gestacional) e mais baixo peso, maior risco de complicações neonatais (21, 33).

A verdadeira prevalência de nascimentos prematuros não é conhecida devido à falta de dados reais em muitos países, especialmente aqueles em categorias de baixa renda. Porém, estimativas de nascimentos de crianças pré-termo em 184 países mostraram que aproximadamente 15 milhões de bebês nascem prematuros anualmente em todo o mundo, indicando uma taxa global de nascimentos de cerca de 11% em relação ao bebê a termo, o que representa mais do que um em cada 10 nascimentos (8, 32). No Brasil, 340 mil bebês nascem antes da 37ª semana de gestação todo ano, o equivalente a 931 por dia ou a seis prematuros a cada 10 minutos (9).

Diversos fatores colocam mulheres em maior risco na ocorrência de parto prematuro, sendo assim, Almeida e Reis (2) dividiram esses fatores em grupos que se relacionam com a história clínica, condições da gravidez atual e condições socioeconômicas. Entre os fatores da história clínica estão cirurgias uterinas e partos prematuros anteriores; no subgrupo das condições da gravidez atual estão placenta prévia, descolamento prematuro de placenta, sangramentos genitais e alterações sanguíneas maternas; em condições socioeconômicas estão fadiga ocupacional, uso de cigarro, álcool e drogas ilícitas, além da gestação nos extremos de idade, menor que 16 e maior que 35 anos (13, 17, 21, 25).

Na literatura, os extremos de idades são apontados como tendo a maior associação com a ocorrência de parto prematuro, devido à maior facilidade para o desenvolvimento da pré-eclâmpsia. Além disso, deve-se considerar o nível socioeconômico da mulher, escolaridade, acesso e hábitos de saúde, pois é descrito que a maioria das gestantes adolescentes possuem um número insuficiente de consultas pré-natais, o que agrava o risco de prematuridade (14, 29).

Melhorias marcantes nas taxas de sobrevivência de nascimentos prematuros foram feitas nos últimos 10 anos com o avanço da terapia intensiva. Todavia, apesar do aumento da sobrevivência, esse avanço não exclui a possibilidade do desenvolvimento de morbidades nos bebês prematuros, em especial aqueles submetidos a cuidados intensivos, o que pode interferir na qualidade de vida dessas crianças e de suas mães (1, 6, 10, 16).

Aproximadamente um milhão de crianças morrem a cada ano devido a complicações de parto prematuro, sendo o nascimento prematuro uma das principais causas de mortalidade de menores de 5 anos de idade e de comprometimento do neurodesenvolvimento em todo o mundo; assim, é um grande problema de saúde pública (15, 30).

O risco de complicações neonatais é inversamente proporcional à idade gestacional (IG), ou seja, nos prematuros com idade gestacional menor ou igual a 25 semanas, a frequência de distúrbios neurossensoriais graves e do desenvolvimento cognitivo pode atingir quase 50% (11, 12, 18, 31). À medida que as crianças crescem, a vigilância deve aumentar devido a fatores que podem alterar o desenvolvimento neuropsicomotor, sendo necessário o empoderamento dos pais e responsáveis quanto ao que devem estar atentos, visando ao precoce direcionamento terapêutico.

Entre as principais preocupações dos pais de bebês prematuros se encontra a insegurança e o medo de não conseguirem prestar os cuidados necessários ou de haver complicações decorrentes da imaturidade dos bebês; esses sentimentos são ainda mais evidentes entre os pais que têm o primeiro filho (23, 28).

Sendo assim, para a promoção da saúde materno-infantil é necessário que os pais aprendam a conviver com a possibilidade de que a gravidez possa ser interrompida precocemente. O tema prematuridade, a eventual necessidade de cuidados específicos e terapias auxiliares devem ser discutidos a fim de emponderá-los para o enfrentamento de situações de risco iminente (5, 25). Diversas estratégias vêm sendo utilizadas para fortalecer a educação em saúde, focando no favorecimento da autonomia para identificação, manejo e tomada de decisões pela família; nesse sentido, percebe-se a tecnologia como produtos ou processos que auxiliam na prestação do cuidado ao usuário e no desenvolvimento do processo de educação em saúde, contribuindo para o fornecimento de informações relevantes ao público-alvo.

Dentre as tecnologias desenvolvidas para o contexto da saúde, as mais predominantes foram as tecnologias educacionais em forma de manuais e cartilhas eletrônicas, vídeos e aplicativos, e, na maioria dos casos em que foram aplicadas, proporcionaram maior engajamento do público-alvo (26, 27). Existem aplicativos móveis (Apps) disponíveis voltados para a promoção da saúde materno-infantil, porém as iniciativas voltadas para as gestações de risco, que podem resultar em um parto prematuro e para a prematuridade em si, são escassas.

Considerando que os apps na área de saúde têm se mostrado uma relevante fonte de informação e educação em saúde, é preciso, portanto, ampliar o olhar acerca desses instrumentos, justificando um levantamento quantitativo e qualitativo na literatura e na *App Store* e *Google Play Store* sobre o que há disponível ao público brasileiro. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi realizar um levantamento quantitativo e qualitativo nas lojas de aplicativos sobre os apps focados nos temas gestação de risco e prematuridade, que são disponibilizados às famílias que enfrentam essas condições.

LEVANTAMENTO DE DADOS SOBRE APPs

O levantamento de dados sobre os aplicativos para gestação de risco e prematuridade foi realizado a partir dos seguintes passos: 1) planejamento do levantamento, que incluiu a criação das questões de pesquisa e a revisão do sistema de classificação; 2) realização do levantamento nas bases de dados, que incluiu busca, seleção, extração e síntese dos dados; e 3) discussão sobre os dados encontrados.

Três questões nortearam esse levantamento de apps: 1) Quais aplicativos estão disponíveis sobre o tema gestação de alto risco e prematuridade? 2) A que público o conteúdo é direcionado? 3) Qual é o principal conteúdo abordado nesses aplicativos?

Para conduzir esse levantamento de aplicativos, foi feita uma pesquisa na base de dados *Google Play Store*. A escolha por essa loja de aplicativos pode ser justificada pela maior acessibilidade da comunidade ao sistema Android, considerando-se o custo dos aparelhos (celulares ou tablets) que são comercializados no Brasil. Outro fator que influenciou a escolha foi um levantamento paralelo, a partir do qual se observou que o *Google Play Store* disponibiliza, ainda que em número reduzido, alguns apps na Língua portuguesa, facilitando, assim, o acesso no idioma corrente.

A busca foi realizada entre maio e agosto de 2021, e os aplicativos foram catalogados e selecionados a partir do seguinte critério de inclusão: conter exatamente as palavras “gestação de risco” e/ou “prematuro/prematuridade” em português, e “*high risk pregnancy*” e/ou “*preterm*” em inglês, no título do aplicativo ou em sua descrição / especificação definida pelo fabricante. Os critérios de exclusão foram: a) não ter potencial de uso em educação ou saúde; b) estar disponível em qualquer outra língua que não o português.

APPs voltados à gestação de risco e à prematuridade

Foram encontrados 12 aplicativos para Android, nove destinados a prematuridade e três a gestação de alto risco. Em relação ao idioma, três estão disponíveis na Língua portuguesa e nove, na Língua inglesa (Quadro 1).

Dos aplicativos com foco em prematuridade, três são voltados para pais visando ao acompanhamento e desenvolvimento dos bebês prematuros; três para cálculo da idade corrigida (sendo um deles direcionado à gravidez gemelar); um é direcionado para profissionais de saúde, com objetivo de supervisão do recém-nascidos prematuros e, por último, dois aplicativos se reportam ao ambiente hospitalar, por meio do qual os pais podem acompanhar os sinais vitais de bebês prematuros com fornecimento de informações em tempo real da criança na UTI, como frequência cardíaca, nível de oxigênio, alimentação e informações genéricas da saúde do bebê, com alerta de emergência aos pais.

Quadro 1. Aplicativos classificados e selecionados para plataforma Android.

APP	FINALIDADE
Meu bebê prematuro	App direcionado a orientar cuidadores de bebês prematuros, desenvolvido por fisioterapeutas, com estratégias que estimulam o desenvolvimento motor típico de 0 a 1 ano de idade. O app calcula a IG corrigida e propõe atividades motoras para estimular o bebê, segundo a faixa de idade em que se encontra, por meio de vídeos.
Universo prematuro	App direcionado ao acompanhamento longitudinal para prematuros, no período pós-alta hospitalar, considerando-se que os primeiros anos de vida se configuram como o período-alvo para o desenvolvimento das habilidades motoras, cognitivas e psicossociais. Está disponível para download, porém não é possível fazer login; a orientação dos programadores é que ainda está em fase de teste.
<i>My Premie app</i>	App direcionado às necessidades das famílias de bebês prematuros, possui diário de controle de peso e comprimento com as referências dos gráficos de crescimento da criança pré-termo. Sua proposta é ser um guia de bolso sobre prematuridade oferecendo respostas para as perguntas mais frequentes dos pais e cuidadores. Contém perguntas sugeridas para ajudá-los a dialogar com os médicos e dispõe de um sistema de comunidade vinculado ao Facebook para facilitar a aproximação dos pais e familiares.
<i>Intensive preterm baby care app</i>	App para pais acompanharem os sinais vitais de bebês prematuros internados na UTI. O app pode ser conectado aos monitores da UTI e, dessa forma, pode fornecer informações como frequência cardíaca, nível de oxigênio, alimentação, dados gerais da saúde do bebê, com alerta de emergência aos pais e/ou profissionais da saúde em tempo real.
<i>Premie mom care</i>	Fornecer informações de apoio às mães de bebê prematuros hospitalizados à medida que participam dos cuidados dos seus bebês. Apresenta dicas de amamentação, dicionário para termos médicos, respostas para dúvidas sobre os equipamentos e medicações utilizadas na UTI.
<i>Preterm corrected age calculator</i>	App direcionado a verificar a idade corrigida com a utilização da calculadora.
<i>Corrected Age calculator for preterm babies</i>	App direcionado a verificar a idade corrigida com a utilização da calculadora.
<i>Follow up planner for preterm babies</i>	App direcionado a profissionais (médicos, enfermeiros, fisioterapeutas) que atuam no cuidado do bebê prematuro destinado para supervisão de recém-nascidos hospitalizados.
<i>Twin preterm birth calculator</i>	App direcionado a avaliar o risco de parto prematuro para pacientes com gestações gemelares com a utilização de calculadora
<i>High risk pregnancy</i>	App direcionado a gravidez que cursa com risco e traz dicas em textos curtos e informativos de como lidar com esses riscos.
<i>Our Journey through high risk pregnancy</i>	App que ajuda as famílias a se sentirem mais preparadas para o nascimento de seu filho durante uma gravidez de risco. Esse app foi projetado para facilitar a conversa entre famílias e equipe de saúde e se propõe a identificar o que os pais precisam saber para se preparar com segurança para o nascimento do bebê prematuro, minimizando a frustração que os pais podem sentir por falta de informações ou por não entender termos médicos.
Canguru	App gerenciador de riscos para as futuras mães, destinado à comunidade com orientações gerais sobre a gestação normal.

Dos três aplicativos encontrados visando à gestação de risco, um deles traz dicas em textos curtos e informativos direcionados às mães sobre como lidar com esses riscos; um foi projetado para facilitar a conversa entre famílias e equipe de saúde e se propõe a identificar o que os pais precisam saber para se preparar com segurança para o nascimento do bebê prematuro, minimizando a frustração que podem sentir por falta de informações ou por não entenderem termos médicos; e, por último, o único app que está disponível na Língua portuguesa, destinado a todas as gestantes, faz uma interface para o alto risco, sinalizando os possíveis sintomas de alerta que a paciente possa apresentar no decorrer da gestação e que mereçam cuidados especiais e busca de auxílio médico (Figura 1).

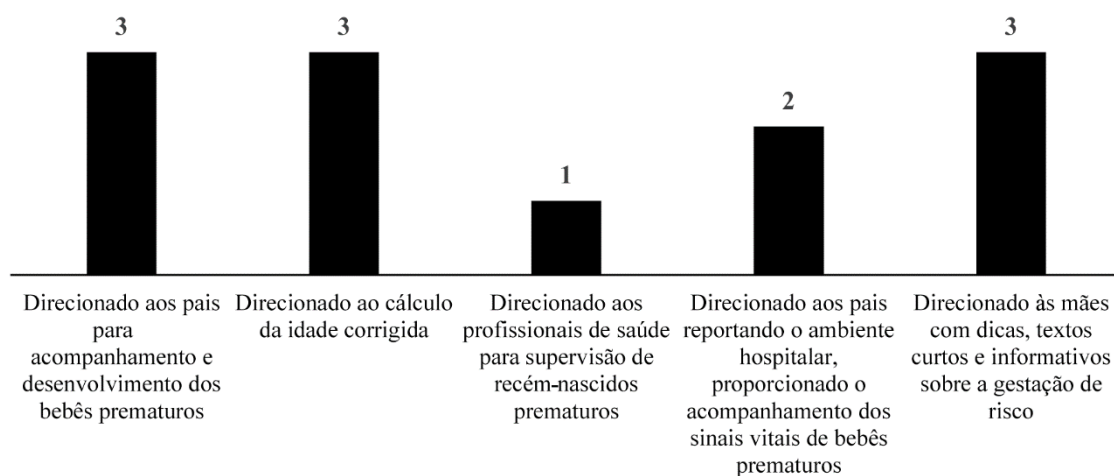


Figura 1. Representação gráfica dos aplicativos encontrados na *Google Play Store*.

Observou-se que a maioria dos aplicativos (66,5%) teve sua última atualização no ano de 2019 e 2020, o que demonstra que vem crescendo o interesse em se desenvolverem aplicativos voltados a prematuridade e gestação de risco. Outro dado que corrobora com o crescente interesse na área é a disponibilização de apps voltados à temática da gestação de alto risco e prematuridade em maior número a partir de 2019.

A maioria dos aplicativos para Android está disponível para uso gratuito, porém alguns apresentam-se com excesso de propagandas publicitárias e conteúdo limitado na versão *freemium*. Geralmente, esses aplicativos gratuitos oferecem opções de compra aos usuários, ou seja, compra de recursos extras e opções adicionais que podem acrescentar uma camada de usabilidade e complexidade, dependendo da natureza do aplicativo, o que ajuda a aumentar o engajamento e a melhorar a experiência do usuário. A vantagem de disponibilizar uma versão gratuita é possibilitar que as pessoas

experimentem e conheçam melhor o aplicativo, se familiarizem com ele e, posteriormente, comprem a versão paga com mais funcionalidades.

A avaliação dos aplicativos, considerando a pontuação informada nas resenhas individuais dos usuários, disponíveis na loja de aplicativos (considerando um número superior ou igual a 10 avaliações e pontuação de 0 a 5), mostra que dois deles foram bem avaliados: *Intensive Preterm baby care* com pontuação 4,6 de 226 avaliações, e *Corrected Age calculator for preterm babies* com pontuação 4,1 de 12 avaliações. Cinco aplicativos não possuíam nenhum tipo de avaliação até a data da coleta de dados e cinco foram avaliados por menos de 10 usuários. Os aplicativos menos pontuados na avaliação dos usuários foram: Universo prematuro, por não estar completamente disponível, encontrando-se restrito ao público geral; *My premiee*, possivelmente, devido à dificuldade relatada pelos usuários de imputar os dados no App.

DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prematuridade é uma situação que traz ansiedade e necessita cuidados e atenção, uma vez que é cercada de expectativas e riscos. O nascimento de um bebê prematuro é uma situação pela qual os pais não esperam e traz consigo um cenário de incertezas (27). Frente à realidade do recém-nascido prematuro, restrito, em grande parte das vezes, a uma incubadora, pequeno e envolto por tubos, a preocupação vai além da saúde do bebê e da possibilidade de complicações relacionadas ao processo de internação. O risco de sequelas em diversos sistemas, tais como retinopatia da prematuridade, sequelas pulmonares e alterações relacionadas à própria imaturidade do sistema nervoso central, resultando em sequelas cognitivas e motoras, transformam esse momento tão esperado em uma vivência repleta de novos desafios.

As mulheres que passaram por intercorrências que culminaram em gestação de risco e, conseqüente, parto prematuro relatam que angústia, preocupação e medo não são restritos ao evento do nascimento (28). O desconhecimento do processo, a falta de informação clara por parte da equipe de saúde, acompanhado do sentimento de insegurança, inadequação, ambivalência afetiva, culpa e medo de perder o bebê são sentimentos identificados em diversos estudos (3, 19, 23, 28) que buscam compreender o que significa para a mulher gerar um filho numa situação de alto risco.

A complexidade do processo de gestação de risco associado a um modelo de saúde intervencionista e atividades educativas fragmentadas, a preocupação com o processo de internação do bebê prematuro, o medo, bem como os riscos no desenvolvimento neuropsicomotor de crianças nascidas pré-termo enfatizados pela literatura nacional e estrangeira (11, 31), apontam para a necessidade de acolhimento e informação com linguagem acessível (6, 19).

Esse cenário norteou nossas investigações no sentido de levantar aplicativos voltados para essa população, considerando que eles podem ser ferramentas disponíveis para o alcance de informações. Diversas estratégias vêm sendo utilizadas para fortalecer a educação em saúde e, reconhecidamente, os apps são um caminho, cada vez mais acessível e rotineiro, para busca de conteúdo e informação.

A busca aos apps retornou resultados numericamente escassos, e uma das razões pode ter sido a restrição ao sistema Android; além disso, notou-se que aplicativos voltados para a promoção da saúde materno-infantil, desenvolvimento infantil e cuidados com as crianças prematuras, de uma forma geral, são um nicho em crescimento, porém ainda pouco explorado. Percebeu-se que os apps disponíveis em Língua portuguesa são ainda menos frequentes; observou-se, também, que há apps disponíveis para os profissionais que atuam no cuidado neonatal, dessa forma, nota-se que nem todas as iniciativas foram pensadas para as famílias.

Em relação aos aplicativos voltados para gestação de risco, percebeu-se que há muitas iniciativas voltadas para gestação saudável e típica, como calculadoras de semanas de gravidez, diários de gestação que oferecem à gestante possibilidade de acompanhar de forma gradual o desenvolvimento intraútero do seu bebê, porém apenas três encontrados eram direcionados às gestantes que cursam com algum tipo de risco, ressaltando somente um app disponível na Língua portuguesa.

Possivelmente, o reduzido número de aplicativos desenvolvidos com base nos problemas que envolvem uma gestação de risco se justifique pelo fato de que algumas situações que ocorrem durante a gestação podem ter seu início como um processo normal e, no decorrer do caminho, evoluir para situações que resultem no alto risco. Pensando nessa situação como algo inesperado e possivelmente evitável, o desenvolvimento de apps para essa população se torna necessário.

Em relação à prematuridade, os resultados apresentados encontraram nove aplicativos voltados para essa temática. Ao se investigar o público-alvo e conteúdo, percebeu-se que apenas um foi construído com o objetivo de facilitar o entendimento dos pais quanto às particularidades dos processos de internação na UTI neonatal e desmistificação da linguagem médica e dos termos técnicos. Em relação à alta e desenvolvimento neuropsicomotor, foram encontrados três apps destinados a essa temática.

Uma das hipóteses que despertaram o interesse na pesquisa foi a elaboração do conteúdo dos apps. É fato reconhecido pelos profissionais da área que, para que a tecnologia educacional atinja o objetivo de fornecer conhecimento, é preciso que a linguagem seja de fácil compreensão e que seu conteúdo esteja pautado na realidade do público-alvo, além de abordar as necessidades de aprendizado destacados por eles (6, 7). Nesse sentido, se faz imprescindível discutir estratégias e tecnologias de educação acessíveis que envolvam a comunidade e confirmem a ela um papel ativo e essencial na construção de conhecimentos; pressupõe-se que tanto as gestantes de risco quanto os

pais de prematuros precisem ser ouvidos quanto às suas necessidades antes da construção de uma ferramenta voltada para eles.

Promover a maternidade segura é compromisso dos órgãos governamentais e de todos os profissionais envolvidos na saúde materno-infantil. Além de garantir o pré-natal e humanizar o atendimento, entre outras ações, é preciso dedicar atenção especial às mulheres grávidas que são portadoras de comorbidades agravadas durante a gestação ou desencadeadas nesse período (4), pois muitos fatores que podem desencadear uma gestação de risco podem ser manejados no nível primário, por intermédio de medidas educativas.

O conteúdo abordado merece atenção especial e estudos são necessários para conhecer quais as necessidades e expectativas dos principais envolvidos, os pais. Em se tratando da orientação sobre os prematuros, estudos (5, 26, 27) relatam que é fundamental que as orientações sejam mais detalhadas para evitar que os pais se sintam inseguros e para permitir que eles possam compreender o crescimento de seus filhos, bem como a importância do acompanhamento, algo que demanda tempo e um processo de ensino e aprendizagem eficaz, que atenda às necessidades da família e possa ser executado satisfatoriamente.

Sendo assim, a equipe que deseja elaborar apps ou outros materiais educativos e de suporte aos pais deve estar atenta para reconhecer as reais necessidades de aprendizagem da família, no que tange ao empoderamento nos cuidados de seu próprio filho e ao acompanhamento sistemático no período de maior desenvolvimento, os primeiros dois anos de vida. Dessa forma, apps mais estruturados e com boa usabilidade voltados aos pais podem funcionar como programas de educação em saúde e, além de auxiliá-los nas principais dúvidas, poderão reduzir angústias quanto ao desenvolvimento de suas crianças, fornecendo suporte na estimulação dos bebês e auxiliando na detecção de possíveis atrasos.

No quesito usabilidade, esses testes são importantes porque permitem aos desenvolvedores verificar a facilidade que o software possui de ser claramente compreendido e manipulado pelo usuário (20). A avaliação de usabilidade pode ser realizada em duas etapas, primeiramente realizada por especialistas e, em um segundo momento, caracterizada pelo perfil dos participantes. Essas avaliações podem funcionar como guia para detectar e corrigir possíveis problemas que podem repercutir na interação dos usuários e posterior pontuação do app na loja de dispositivos.

As avaliações dos apps são realizadas por meio de atribuição de notas de 1 a 5 (estrelas). Essa nota se torna muito relevante para os usuários, uma vez que eles tendem a baixar os apps com boas avaliações. Por exemplo, muitos usuários de aplicativos analisam os comentários e as avaliações dos outros usuários que já usaram o app antes de optar por baixá-lo e usá-lo. Para o desenvolvedor, a vantagem das avaliações positivas é que o app pode aparecer no topo das buscas nas lojas dos aplicativos, que ocorre,

porque as lojas de apps consideram o *rating app* nos algoritmos de busca, ou seja, os apps que possuem boas avaliações irão aparecer sempre no topo das buscas.

Os motivos que levam um aplicativo a ter avaliações negativas podem ser vários: abertura irritante de um *pop-up* que interrompe o uso (a coleta da opinião dos usuários é muito importante, mas deve ser feita de forma a não atrapalhar a experiência dos usuários); falta de interação do desenvolvedor com os usuários (é imprescindível que o desenvolvedor responda as mensagens para garantir uma relação positiva e saudável com os clientes); bugs e falhas que impedem a boa experiência de uso (os desenvolvedores devem corrigir rapidamente e responder às falhas de maneira sincera, indicando um prazo para correção e sempre mantendo os usuários atualizados sobre novas versões do app).

Diversos autores (5, 7, 26, 27) reconhecem a necessidade de criar atividades educativas embasadas nas metodologias ativas de aprendizagem, auxiliadas por materiais educacionais e que facilitem a inserção dos pais de bebês pré-termo na unidade neonatal e nos cuidados com seu filho, suprimindo as necessidades de educação em saúde da família, empoderando e potencializando sua autonomia.

Ademais, na construção de materiais e programas com foco na educação em saúde são considerados: pesquisa em literatura científica, livros, sites especializados em desenvolvimento infantil e materiais já existentes voltados para grupos de pais (22). Mas a percepção é que ouvir as gestantes e os pais que passaram pela experiência de filhos prematuros seria preciosa. O uso de dispositivos móveis já é uma realidade no cotidiano da comunidade em geral, e sua aplicação em educação voltada à saúde pode ser um grande trunfo para modernizar, dinamizar, ampliar e enriquecer as experiências das famílias.

Nesse propósito, ratificamos o desenvolvimento de iniciativas de novos aplicativos que possam orientar gestantes de alto risco propensas a partos prematuros e pais de bebês prematuros, considerando suas necessidades e demandas. Recomenda-se a exploração e desenvolvimento de projetos dessa natureza, pelo potencial da aplicação da tecnologia, mais especificamente de aplicativos móveis para o fortalecimento da educação em saúde e o cuidado centrado na família, tendo como tema a prematuridade e gestação de alto risco, que são problemas de saúde pública.

REFERÊNCIAS

1. Aagaard H, Uhrenfeldt L, Spliid M, Fegran L. Parents' experiences of transition when their infants are discharged from the Neonatal Intensive Care Unit: a systematic review protocol. *JBI Database System Rev Implement Rep* [internet]. 2015; 13:10:123-32. doi: 10.11124/jbisrir-2015-2287.

2. Almeida LP, Reis AT. Enfermagem na prática materno-neonatal. Rio de Janeiro: Grupo GEN; 2021.
3. Antoniazzi MA, Siqueira AC, Farias CP. Aspectos psicológicos de uma gestação de alto risco em primigestas antes e depois do parto. *Pensando Fam.* 2019; 23(2):191-207.
4. Brasil. Ministério da Saúde. Gestação de alto risco. Manual técnico. 5. ed. Brasília: MS; 2010.
5. Carvalho AT, Oliveira GM. Tecnologias cuidativo-educacionais: uma possibilidade para o empoderamento do(a) enfermeiro(a). Porto Alegre: Moriá; 2014. *Rev Rene.* 2014; 15(1):185-6.
6. Chiodi LC, Aredes ND'A, Scochi . Educação em saúde e a família do bebê prematuro: uma revisão integrativa. *Acta Paul Enferm.* 2012; 25(6):969-74.
7. Costa CH, Molini-Avejonas DR. A construção de um aplicativo para uso dos pais na intervenção fonoaudiológica. *CoDAS.* 2020; 32(5):e20190123. doi: 10.1590/2317-1782/20202019123.
8. Crump C. Preterm birth and mortality in adulthood: a systematic review. *J Perinatol.* 2020 Jun;40(6):833-843. doi: 10.1038/s41372-019-0563-y.
9. Datasus [homepage]. Publicação de 20 de novembro de 2020. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/ultimas-noticias/3358-juntos-para-os-bebes-nascidos-muito-cedo-cuidando-do-futuro-17-11-dia-mundial-da-prematuridade>. Acesso 3 jun 2021.
10. Edwards K, Impey L. Extreme preterm birth in the right place: a quality improvement project. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* [internet]. 2020; 105(4):445-8. doi: 10.1136/archdischild-2019-317741.
11. Formiga CKMR, Vieira MEB, Fagundes RR, Linhares MBM. Predictive models of early motor development in preterm infants: a longitudinal-prospective study. *J Hum Growth Dev* [internet]. 2017 [cited 2021 jun 3]; 27(2):189-97. doi: <http://dx.doi.org/10.7322/jhgd.111288>.
12. Glass HC, Costarino AT, Stayer SA, Brett CM, Cladis F, Davis PJ. Outcomes for extremely premature infants. *Anesth Analg* [internet]. 2015; 120(6):1337-51. doi: 10.1213/ANE.0000000000000705.
13. Gomes LX. Desenvolvimento motor de recém-nascidos prematuros. [Monografia]. Universidade Federal da Paraíba: João Pessoa; 2018.
14. Gravena AAF, Paula MG, Marcon SS, Carvalho MDB, Pelloso SM. Idade materna e fatores associados a resultados perinatais. *Acta Paul Enferm.* 2013; 26(2):130-5.
15. Liu L, Oza S, Hogan D, Chu Y, Perin J, Zhu J et al. Global, regional, and national causes of under-5 mortality in 2000-15: an updated systematic analysis with implications for the Sustainable Development Goals. *Lancet* [internet]. 2016; 388(10063):3027-35. doi: 10.1016/S0140-6736(16)31593-8.
16. Manley Brett J, Doyle LW, Davies MW, Davis PG. Fifty years in neonatology. *J Paediatr Child Health* [internet]. 2015; 51(1):118-21. doi: 10.1111/jpc.12798.
17. Martins MG, Santos GHN, Sousa MS, Costa JEFB, Simões VMF. Associação de gravidez na adolescência e prematuridade. *Rev Bras Ginecol Obstet* [internet]. 2011 [acesso 3 jun 2021]; 33(11):354-60. doi: 10.1590/S0100-72032011001100006.
18. Natarajan G, Shankaran S. Short- and long-term outcomes of moderate and late preterm infants. *Am J Perinatol* [internet]. 2016; 33:305-17. doi: 10.1055/s-0035-1571150.
19. Nazareth IV, Santos IMM, Silva LR, Moraes SRL, Silva IR. Riscos gestacionais e o nascimento prematuro: enfrentamento para a maternagem. *Rev Enferm UFPE* [internet]. 2019; 13(4):1030-9. doi: 10.5205/1981-8963-v13i4a237885p1030-1039-2019.

20. Nielsen J. How to Conduct a heuristic evaluation. 1994. Nielsen Norman Group [homepage]. Acesso 28 dez. 2020. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/how-to-conduct-a-heuristic-evaluation/>.
21. Oliveira LL, Gonçalves AC, Costa JSD, Bonilha ALL. Fatores maternos e neonatais relacionados à prematuridade. *Rev Esc Enferm USP*. 2016; 50(3):382-9.
22. O'Meagher S, Kemp N, Norris K, Anderson P, Skilbeck C. Risk factors for executive function difficulties in preschool and early school-age preterm children. *Acta Paediatr* [internet]. 2017; 106(9):1468-73. doi: 10.1111/apa.13915. Epub 2017 Jul 21. PMID: 28502114.
23. Riccioppo MRPL, Almohalha L. A percepção materna sobre os sinais neurocomportamentais de bebês pré-termo internados na enfermaria pediátrica. *REFACS* [internet]. 2017; 6(1):35-44. doi: 10.18554/refacs.v6i1.1853.
24. Santos MLC, Moraes GA, Vasconcellos MGL, Araújo EC. Sentimentos de pais diante do nascimento de um recém-nascido prematuro. *Rev Enferm UFPE* [internet]. 2007; 1(2):140-9.
25. Santos NLAC, Costa MCO, Amaral MTR, Vieira GO, Bacelar EB, Almeida AHV. Gravidez na adolescência: análise de fatores de risco para baixo peso, prematuridade e cesariana. *Ciênc Saúde Colet* [internet]. 2014 [acesso 3 jun 2021]; 19(3):719-26. doi: 10.1590/1413-81232014193.18352013.
26. Silva DML, Carreiro FA, Mello R. Tecnologias educacionais na assistência de enfermagem em educação em saúde: revisão integrativa. *Rev Enferm UFPE* [internet]. 2017; 11(2):1044-51. doi: 10.5205/1981-8963-v11i2a13475p1044-1051-2017.
27. Silva NVN, Pontes CM, Sousa NFC, Vasconcelos MGL. Tecnologias em saúde e suas contribuições para a promoção do aleitamento materno: revisão integrativa da literatura. *Ciênc Saúde Colet* [internet]. 2019 [acesso 9 jan 2021]; 24(2):589-602. doi: 10.1590/1413-81232018242.03022017.
28. Silva RMM, Cardoso LL, França AFO. Vivências de famílias de neonatos prematuros hospitalizados em unidade de terapia intensiva neonatal: revisão integrativa. *Rev Enferm Centro O Mineiro* [internet]. 2016; 6(2):2258-70. doi: 10.19175/recom.v6i2.940.
29. Teixeira MCTV, Alckmin-Carvalho F, Emerich DR, Cevallos PV, Paula CS. Indicadores de atraso no desenvolvimento em crianças de creche advindas de famílias de baixa renda. *Estud Pesqui Psicol* [internet]. 2017 [acesso 3 jun 2021]; 17(3):1042-62. Disponível em: http://pep-sic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-42812017000300014&lng=pt&tlng=pt.
30. Torchin H, Ancel PY. Epidemiology and risk factors of preterm birth. *J Gynecol Obstet Biol Reprod* [internet]. 2016; 45(10):1213-30. doi: 10.1016/j.jgyn.2016.09.013.
31. Vanin LK, Zatti H, Soncini T, Nunes RD, Siqueira LBS. Fatores de risco materno-fetais associados à prematuridade tardia. *Rev Paul Pediatr* [internet]. 2020 [cited 2021 jun 3]; 38:e2018136. doi: 10.1590/1984-0462/2020/38/2018136.
32. Walani SR. Global burden of preterm birth. *Int J Gynecol Obstet* 2020; 150: 31–33.
33. World Health Organization [homepage]. Born too soon: the global action report on preterm birth. Geneva: WHO; 2012 [cited 2021 Jun 3]. Available from: http://www.who.int/pmnch/media/news/2012/201204_borntoosoon-report.pdf.

28

Desafios da COVID-19 na educação: o cuidado e a educação

Alessandra Ferreira de Brito

Cláudio Aparecido Sant'Ana

INTRODUÇÃO

A Educação, em todas as modalidades de ensino, busca correlacionar currículos, programas e intervenções que atendam às necessidades de uma época. No atual contexto de transformações sociais, econômicas e tecnológicas, a velocidade do uso da informação por meios tecnológicos torna os conhecimentos voláteis no que concerne à dinamização do processo educativo, o que, conseqüentemente, exige políticas educacionais que se constituam de forma híbrida às transformações contextuais da humanidade.

A partir do processo de Globalização dos anos de 1990, instituições globais de fundo monetário e de Educação e Cultura passaram a incluir a escola como formadora para o século XXI, não só no que concerne à esfera acadêmica. Para tanto, deve contemplar as competências necessárias para a formação do ser social por meio dos quatro Pilares da Educação para o século XXI: aprender a conhecer (como aprender e construir o conhecimento); aprender a fazer (partindo do conhecimento teórico e relacionando ao cotidiano da vida); aprender a conviver (saber conviver em sociedade); aprender a ser (desenvolver habilidades comportamentais) (14, 31, 36, 37).

Surge a partir dessas intervenções globais e dos quatro pilares da educação para o século XXI, o conceito de Educação por Competências, que passa a ser a proposta de dinamização do currículo em países europeus e latinos, e que enfatiza os conhecimentos necessários para a formação global do estudante contemplando a formação acadêmica, social e de habilidades necessárias para a inserção no mercado de trabalho. Nesse sentido, a escola passa a ser compreendida como um instrumento de equalização social (9, 22, 31, 35, 36, 39, 54).

Ao centralizar a escola como equalizadora social para países desenvolvidos e em desenvolvimento (31), o conceito das competências necessárias para a formação integral do estudante passa a protagonizar pesquisas para mensuração de resultados escolares e, por consequência, subsídios para a criação de políticas públicas que promovam a equidade de oportunidades (26, 31, 35, 39, 44, 45).

Por meio de evidências empíricas do desempenho de estudantes em avaliações de aproveitamento escolar em larga escala, sugere-se que altos níveis de competências que correlacionam conhecimentos ao saber prático podem ser indicativo de maiores e melhores resultados acadêmicos. Entretanto, o saber e a relação prática do conhecimento não constituem todas as bases necessárias para uma educação que contemple a globalidade de conceitos iminentes para o século XXI (20, 22, 26, 31, 39, 44, 54).

Entre as competências e habilidades a serem contempladas no ambiente escolar, as habilidades socioemocionais foram evidenciadas por estudos globais como predito-

ras para o aumento do rendimento escolar, associado a qualidade de vida, saúde, permanência na escola e inserção ao Ensino Superior (20, 22, 26, 31, 39, 44, 54).

No contexto brasileiro, um dos marcos educacionais foi a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), de 2017, que incluiu questões socioemocionais de forma intencional nas abordagens curriculares, por meio dos cinco construtos: Abertura a novas experiências (tendência a ser aberto a novas experiências estéticas, culturais e intelectuais); Conscienciosidade (tendência a ser organizado, esforçado e responsável); Extroversão (interesses voltados para o mundo externo ao contrário do mundo interno); Amabilidade (tendência a agir coletivamente e não egoisticamente); Estabilidade emocional (previsibilidade e consciência de reações emocionais, sem mudanças bruscas de humor) (9, 22, 40).

Nessa preconização de competências e habilidades a serem desenvolvidas no ambiente escolar por meio de práticas e intervenções, possivelmente, a inclusão da estabilidade emocional como um dos fatores que possibilitam ou não a aprendizagem tenha sido uma iniciativa para enfatizar políticas de saúde mental nos currículos e programas educacionais, com o objetivo de promover futuras políticas de associação entre o cuidado e a educação para saúde e qualidade de vida durante o período escolar, estendendo-se à vida adulta (31).

No sentido de discutir e promover propostas que correlacionem Educação e Saúde, tornando-as um binômio para a promoção de educação, saúde e bem-estar social, faz-se necessário que sejam realizados mais estudos e intervenções para a promoção de uma educação global, inclusiva e que tenha como base a equidade nas relações de inserção, permanência e continuidade nos estudos em nível superior (31, 35).

SAÚDE MENTAL E EDUCAÇÃO

A etiologia de transtornos em saúde mental é complexa e constituída por fatores de vulnerabilidades biológicas e eventos da vida cotidiana que contribuem para a prevalência e diagnósticos. Esses eventos da vida cotidiana podem ser definidos como: precariedade educacional; pobreza; desemprego; violência; e falta de atendimento em saúde (24, 32).

Se existem fatores biológicos e do cotidiano como preditores de diagnósticos em saúde mental, nos parece evidente sua complexidade. Nesse sentido, a Organização Mundial da Saúde (OMS) considera que o bem-estar é uma das estratégias para a saúde mental (17, 43).

Ao considerar que o conceito de bem-estar é uma estratégia para a saúde mental, a OMS considera que não existe a possibilidade de sistematização de uma definição de

bem-estar, entretanto, é possível correlacionar construtos que determinam ou não o estado de bem-estar. Nessa abordagem, a OMS define que saúde mental é o estado de bem-estar em que o indivíduo percebe suas habilidades, pode lidar com o estresse do cotidiano e contribuir de forma produtiva no contexto dos grupos sociais e de seus pares (16, 17, 28, 43).

Como proposta, a OMS reconhece que a sensibilização da habilidade socioemocional de resiliência, sendo abordada por meio de estratégias educacionais, midiáticas e em programas de saúde no trabalho, pode ser uma alternativa para que o indivíduo passe a lidar com fatores estressores da vida cotidiana, tenha capacidade de aumentar o controle de suas emoções e tenha melhorias em sua saúde. Assim, reconhecendo os sintomas e buscando alternativas no cotidiano por meio de acompanhamento especializado, quando necessário, é possível lidar com os desafios diários e transitar entre os grupos de convivência (16, 17).

A correlação das estratégias propostas entre a OMS (33, 43) e as políticas educacionais que contemplam as habilidades socioemocionais como mobilizadoras do desenvolvimento global de estudantes (12, 22, 26, 29, 39, 54, 49) parece ser um investimento para as futuras gerações, no que concerne a educação, saúde e bem-estar social (31). O ambiente escolar, por ser um ambiente de aprendizagem e socialização da infância até o final da adolescência, pode ser um campo fértil para realizar diagnósticos precoces e intervenções por decorrência de problemas de saúde mental, incluindo problemas emocionais (41).

Entretanto, as possíveis associações de estudos e pesquisa entre saúde mental e desempenho acadêmico de estudantes da Educação Básicas ao Ensino Superior são escassos em âmbito global, e as evidências não são consensuais pela multiplicidade de valores implícitos e explícitos de cada contexto cultural (3, 15, 17, 32, 33, 34, 43, 55).

A ausência de consensualidade pode estar intimamente ligada a fatores como método, instrumentos de pesquisa, coleta, mensuração de dados, faixa etária, e às condições socioeconômica, demográfica, cultural, entre outras.

Alguns estudos podem ilustrar a necessidade de aumento de estudos sistematizados e longitudinais, entretanto, em seu cerne possuem evidências dos impactos da saúde mental no desempenho escolar. Um estudo realizado na região metropolitana de São Paulo, com 333 estudantes de 9º ano, investigou possíveis associações entre altos índices de competências socioemocionais e desempenhos satisfatórios em português, matemática e ciências. Esse não era um estudo voltado para saúde mental, mas estudantes que pontuaram baixos índices de equilíbrio emocional obtiveram desempenhos ruins em português e ciências. No entanto, o desempenho em matemática se manteve na média, que era de 50% de acertos (10).

No que concerne à visão de pais e educadores, um estudo chileno, com mais de 11 estudantes de 11 a 15 anos, evidenciou por meio de questionários e entrevistas que

estudantes que possuem uma boa saúde mental possuem bons níveis de resultados e aproveitamento de estudos em língua materna, matemática e ciências. Além disso, dos resultados evidenciados em relação ao desempenho escolar, a maioria dos jovens da amostra não possuía problemas de interação social com os pares no ambiente escolar.

Um estudo sueco, desenvolvido para mensurar a saúde mental e desempenho acadêmico de 1.700 estudantes de 12 a 20 anos, evidencia que uma boa saúde mental está associada, na maioria dos entrevistados, a desempenhos escolares satisfatórios e, por consequência, impacta de maneira positiva a interação entre os pares no ambiente escolar e em outros grupos de convivência (3).

Em países como a Coreia, que possui 16,8% dos casos de depressão diagnosticados entre jovens de 11 a 18 anos de idade, o status econômico das famílias e a escolaridade dos pais foram fatores predominantes e, possivelmente, estão correlacionados a problemas de saúde mental e desempenhos escolares insatisfatórios (24, 53).

Quanto ao gênero, na Coreia, a maior predominância de problemas de saúde mental é no sexo feminino (5). As mulheres possuem risco aumentado de cometer suicídio (24, 53).

Nessa abordagem sobre gênero, no México, o suicídio entre estudantes do Ensino Médio ocorre em 4,2%. A prevalência maior desse índice está entre jovens do sexo feminino que precisam se dedicar parcialmente aos estudos para gerar renda familiar, que possuem múltiplas repetências e baixos rendimentos escolares (32).

Por meio dos estudos analisados, é possível concluir que existem evidências de que os anos de escolarização básica podem mobilizar as competências necessárias para a vida social, econômica, constituição de identidade, cidadania, noção de pertencimento, continuidade de estudos no Ensino Superior, melhores oportunidades de inserção no mercado de trabalho e, por consequência, promover a saúde mental na escola e contribuir para os construtos necessários para a vida adulta (22, 31, 32, 35, 43, 45, 52, 53).

No entanto, ao considerarmos essas evidências empíricas da promoção da saúde mental e o período de escolarização, é necessário considerar as variáveis étnicas, culturais, arranjos familiares, sexo, idade e as economias locais e globais (41).

Essas variáveis passaram a ser intensificadas a partir do início do período pandêmico da COVID-19. Todos os países passaram a ter os mesmos desafios que impactam os setores da saúde e da economia global e, por consequência, a todos os grupos sociais, incluindo a escola.

IMPACTOS DA COVID - 19

Em 31 de dezembro de 2019, a OMS foi alertada sobre casos de pneumonia desconhecidas. Em 12 de janeiro de 2020, a China havia compartilhado a sequência genética de um novo Coronavírus, que, mais tarde, foi denominado como agente etiológico da Doença Coronavírus-19. Até 2020 o vírus se espalhou para mais de 200 países, causando mais de 1,5 milhão de casos e mais de 100.000 mortes (10).

Nesse cenário, o mundo está enfrentando uma crise global de saúde pública com a pandemia da COVID-19. Os impactos são de casos fatais da COVID-19, socioeconômicos, políticos e psicossociais significativos e imensuráveis. Bilhões de pessoas estão em quarentena em suas casas, enquanto nações se fecham para implementar o distanciamento social como medida para conter a propagação da doença (18, 38).

As estratégias para conter a disseminação da doença são as mesmas para todos os países, segundo as recomendações da OMS. No entanto, os desafios parecem ser mais expressivos para alguns países. As paralisações econômicas afetam a economia global, especialmente, seus impactos são mais expressivos em países que possuem precariedade de serviços de saúde e elevada vulnerabilidade econômica (28).

As estimativas de casos da COVID-19 no mundo são mensuradas e divulgadas pelos meios de comunicação em massa à população. A previsibilidade dos impactos econômicos pode ser prospectável e mensurável. O que possivelmente a humanidade não pode prever são as consequências e os impactos: do temor iminente do contágio por uma doença que pode ser letal, do luto, da privação de serviços especializados em saúde, do número excessivo de horas de uso de tecnologias, e da impossibilidade de interação social.

Estudos têm sugerido que o medo de ser infectado por um vírus com potencial de letalidade e de rápida disseminação, cuja origem são pouco conhecidas, está afetando a saúde e bem-estar psicológico de pessoas. Sintomas de depressão, ansiedade e estresse foram identificados na população em geral, além dos casos de suicídio potencialmente associados a COVID-19 (25, 28).

Com o intuito de fornecer dados relacionando a prevalência global de problemas de saúde mental em tempos de pandemia pela COVID-19, destacamos um estudo de revisão sistemática, a partir de estudos de bancos eletrônicos realizados entre os dias 1º de janeiro de 2020 a 16 de junho de 2020. As informações são de 32 países diferentes e com 398.771 participantes. A prevalência de problemas de saúde mental em meio a pandemia variou amplamente em todos os países e regiões e foi maior do que a prevalência em relatórios anteriores. A estimativa de prevalência global foi de 28% para depressão; 26,9% para ansiedade; 24,1% para sintomas de estresse pós-traumático;

36,5% para estresse; 50% para sofrimento psíquico; 27,6% para problemas do sono (28).

Embora os estudos tenham evidenciado os efeitos da COVID-19 sobre a saúde mental de adultos, existem poucos estudos sobre crianças e jovens (4, 42). A pandemia expôs crianças e jovens a riscos conhecidos para psicopatologias pela percepção de ameaças de uma doença drástica com consequências inimagináveis e a interrupção de suas rotinas, isolamento social, desnutrição para os menos favorecidos economicamente, níveis reduzidos de atividade física. Os jovens têm sido acometidos por fatores estressores familiares, como: abuso; negligência; e luto (48).

Entre os períodos de 2009-2019, foi realizada uma pesquisa representativa realizada nos Estados Unidos com estudantes do Ensino Médio que indicou a prevalência de 26%, em 2009, de estudantes que declaravam sentir tristeza e desespero constantemente; e, em 2019, esse percentual foi de 37%. Os relatos sobre considerar o suicídio como opção, em 2009, eram de 14%; e, em 2019, de 19%. Quanto ao plano de suicídio de 11% em 2009, houve uma crescente para 16%; e a tentativa de suicídio foi de 6% para 9%. Os grupos de maior risco eram mulheres e alunos que representam minorias, como lésbicas, gays e bissexuais (27).

Antes do período pandêmico pela COVID-19 foram evidenciados, por meio de estudos em vários países, a escassez de estudos relacionados a saúde mental e saúde mental relacionada a educação (3, 15, 17, 32, 33, 34, 43, 55).

Em suma, se até o ano de 2019 estudos indicavam a necessidade do aumento de estudos relacionados a saúde mental (3, 15, 17, 32, 33, 34, 43, 55), nos parece que existe, de forma mais latente, a ênfase de estudos voltados para o ambiente escolar, considerando que a escola sofre com impactos externos, no que concerne à economia, às transformações sociais e ao uso de novas tecnologias (13, 14, 22, 23, 31, 37, 54), impactando de forma mais significativa a faixa etária em idade escolar que são crianças, adolescentes e grupos em vulnerabilidade social (27).

COVID-19: A RELAÇÃO ENTRE O CUIDADO E A EDUCAÇÃO

Em 25 de março de 2020, 150 países fecharam escolas, faculdades e universidades, impactando mais de 80% da população estudantil no mundo e que passaram a ser atendidos de forma online (18, 28).

Esse fechamento abrangeu todos os espaços de interações sociais entre crianças, jovens e adolescente como bibliotecas e ambientes abertos como parques e áreas verdes, intensificando as fragilidades de grupos sociais distintos e, em especial, os que possuem maior vulnerabilidade social. Os ambientes que promovem educação, cultura

e bem-estar estão diretamente ligados a promoção de interação entre as diversidades étnicas, econômicas, culturais e de gênero (48).

A abordagem adotada para suprir as lacunas de aprendizagem foi por meio do ensino online. Notoriamente, as tecnologias digitais têm desempenhado um papel crucial nos últimos meses para garantir a diminuição da contaminação (21).

Nesse contexto, é conhecido que os riscos de letalidade do vírus da COVID-19 não têm a mesma incidência em crianças e jovens como em adultos. No entanto, os impactos sociais, econômicos e de saúde mental são mais intensos em jovens do que em adultos (21).

A intensificação de impactos em crianças e adolescentes ocorre exclusivamente por questões econômicas, mas se estendem a outras nuances que podem ser definidas como construtos básicos para a aprendizagem: privação de contato social, adaptação de recursos e métodos para atendimento a estudantes com distúrbios de aprendizagem, portadores de necessidades especiais e aos que possuem sintomas ou diagnóstico em saúde mental (1, 21).

A Educação online, possivelmente, deixará inúmeros alunos para trás, especialmente porque nem todos possuem recursos necessários para acessibilidade à tecnologia e aos instrumentos necessários para a inclusão nesse período (21, 48).

Diante dos desafios inclusivos, sociais, econômicos, de acessibilidade e permanência na escola, gestores governamentais e institucionais, no primeiro momento, buscam atender às nuances multifacetadas de estudantes da Educação Básica. Entretanto, as consequências cognitivas, emocionais e de interações sociais são imensuráveis. Ações que versem pelo levantamento de dados sobre as necessidades dos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem possibilitam estratégias institucionais que abranjam o cuidado e a educação de crianças, jovens e adultos.

POLÍTICAS DE ATENDIMENTO EM EDUCAÇÃO

A educação brasileira se confronta com desafios da globalidade no atual contexto pandêmico quanto à acessibilidade a serviços de saúde para a comunidade escolar, vulnerabilidades econômicas geradas pelos impactos do período da quarenta, inclusão a meios digitais, formação de profissionais da educação para ressignificar as práticas docentes e inclusão digital.

Se, de um lado, a educação brasileira se confronta com desafios de equidade de acesso à escolarização de nível básico, por outro, existem legislações vigentes que legitimam os direitos constituídos por meio de políticas públicas de acesso e permanência na escola.

Como prevê a Constituição Federal de 1988, em seu art. 205, a educação [...] é direito de todos e dever do Estado e da família e será promovida e incentivada pela colaboração da sociedade, visando pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho (30). A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), em seu art. 3º, dá providências sobre os princípios de igualdade de condições e permanência na escola e garantindo o padrão de qualidade (11), e o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) regulamenta que a criança e o adolescente gozem de todos os direitos fundamentais inerentes à pessoa humana, sem prejuízo da proteção integral, assegurando-lhes, por lei ou por outro meio, todas as oportunidades e facilidades, a fim de lhes facultar o desenvolvimento físico, mental, moral, espiritual e social em condições de liberdade e de dignidade, sem discriminação de nascimento, situação familiar, idade, sexo, raça, etnia, ou cor, crença, deficiência, condição pessoal de desenvolvimento e aprendizagem, condição econômica, ambiente social, e local de moradia (2).

Para tanto, ações governamentais em âmbitos federais, estaduais e municipais, têm sido desenvolvidas para diminuir o abismo colocado entre as especificidades das necessidades individuais e coletivas de crianças, jovens e adolescentes ao acesso à escolarização por meio do ensino remoto.

As estratégias adotadas preliminarmente foram de suspensão das aulas presenciais com o objetivo de preservar o distanciamento social para conter o contágio pela COVID-19, a criação de protocolos sanitários para favorecer a retomada de atividades presenciais ou ao atendimento aos estudantes em situação de vulnerabilidade social, a disponibilização de chips de dados e meios de comunicação em massa para buscar suprir as necessidades de acesso (6).

Entretanto, os impactos de acessibilidade à escolarização não se restringem ao acesso ao mundo letrado ou desenvolvimento de competências previstas pelas regulamentações e políticas curriculares, mas se estendem ao atendimento de saúde pública da comunidade escolar.

O USO DA INFORMAÇÃO PARA O CUIDADO E EDUCAÇÃO

Por meio do Decreto nº 64.881, de 22 de março de 2020, fica instituído o Sistema de Informação e Monitoramento da Educação para COVID-19 (SIMED COVID-19) (6, 8).

O SIMED COVID-19 é uma interface da plataforma da Secretaria Escolar Digital (SED) e é disponibilizado também pelo sistema operacional de dispositivos android. A SED é personalizada com os usuários de pais ou cuidadores e estudantes, com o intuito de divulgação de dados da vida escolar dos estudantes, disponível no site <https://sed.educacao.sp.gov.br> (8).

A função da plataforma digital é o registro de ocorrências de casos suspeitos e confirmados de COVID-19. Sua abrangência é, em âmbito estadual, a todas as escolas que são submetidas à jurisdição do Conselho Estadual de Educação. É de responsabilidade das unidades de ensino de Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio manter o banco de dados atualizado (6). Os dados atualizados pelas escolas estão disponíveis para consulta por meio de Boletins Epidemiológicos (7, 46).

O sistema abrange casos suspeitos e confirmados de COVID-19, saúde mental e indicação da Unidade Básica de Saúde (UBS) mais próxima da unidade escolar. Para ambas as situações, são realizadas escutas ativas e levantamento de necessidades de encaminhamento para o serviço de saúde especializado. São atendidos por meio do sistema toda a comunidade escolar: professores, equipes de coordenação, funcionários administrativos e prestadores de serviços (8).

Para os casos relatados de COVID-19, é realizada uma escuta ativa sobre início de sintomas, casos suspeitos e confirmados e se o estudante está recebendo atendimento médico especializado. Quanto a problemas de saúde mental, a escuta é realizada com o intuito de levantar início sintomas, tipos de sintomas e se está em acompanhamento e possíveis intervenções medicamentosas. Para ambos os casos, a recomendação é de que se o estudante ou demais membros da comunidade escolar não estiverem recebendo atendimento especializado, o SIMED indica a Unidade Básica de Saúde (UBS) mais próxima da escola para prestação de atendimento (8).

A proposta do SIMED não se restringe ao levantamento de dados estatísticos de casos de COVID-19 e problemas de saúde mental; sua extensão mobiliza as unidades escolares para a escuta ativa e acompanhamento da comunidade escolar. Entretanto, para que exista eficácia de dados para atendimento às necessidades dos envolvidos no processo de escolarização, a comunidade escolar deve ser mobilizada com o intuito de promover melhores condições de acesso e permanência na escola.

SIMED – ESCOLA:

MOBILIZAÇÃO, AÇÃO E ATENDIMENTO HUMANIZADO EM EDUCAÇÃO

Os recursos tecnológicos como plataformas digitais e aplicativos não devem ser compreendidos como um fim, mas como um meio de correlacionar as necessidades da comunidade escolar, no sentido de formação, educação e de interface para promover a equidade de oportunidades de inserção e permanência na escola, em especial, no atual contexto social de isolamento social.

Nesse sentido, o relato de experiência deste trabalho é fundamentado por ações desenvolvidas em uma Escola Técnica Estadual na Zona Norte do município de São Paulo. A escola tem administração autárquica pelo Centro Paula Souza.

Com base nos estudantes em curso e ingressantes do 1º semestre de 2021, a escola registrou 966 alunos, distribuídos nos cursos de Ensino Médio com habilitação profissional em Design de Interiores e Eventos e nos cursos modulares de Canto, Dança, Design de interiores, Regência, Paisagismo e Processos fotográficos.

O levantamento de dados socioeconômicos da comunidade escolar foi colhido por questionários de autorrelato. Por meio dos dados é possível obter a prevalência da faixa etária dos estudantes, sexo, renda, familiares que residem com o estudante, etnia e origem da escolaridade egressa: a renda mais prevalente entre os estudantes é de três a cinco salários mínimos, com 26,9%; seguido de dois a três salários-mínimos, com 26,7%. Estudantes que autodeclararam sexo feminino compõe a maioria, totalizando 71,6%, e homens, com 28,3%. A maior faixa de idade está entre 17 e 21 anos, com 46,2%; seguido de 22 a 26 anos com 19,1%; e 27 a 31 anos com 10,9%. Oriundos de escolaridade pública totalizam 72,9%; e de escolaridade particular, 27,4%. Quanto à etnia, 60,5% autodeclararam afrodescendentes; e 39,4% não se reconheceram com essa origem étnica. Quanto à estrutura familiar, 49,1% declaram que residem com quatro a seis pessoas em suas residências; e 45,7%, com uma a três pessoas.

Por meio dos dados coletados da comunidade escolar e contrastando aos estudos em saúde mental, logo é possível observar, nessa unidade, possíveis riscos em saúde mental. Atualmente a maior prevalência de problemas relacionados a saúde mental é na faixa etária entre a adolescência e transição à fase adulta, como sugerido em referenciais teóricos (21, 25, 28).

Estudantes que requerem atenção são público feminino e afrodescendentes, que totalizam os maiores grupos sociais, e que pela literatura também representam riscos de desenvolver problemas de saúde mental (24, 32, 53).

A renda familiar ou status econômico também foi evidenciado na literatura como um fator estressor para o desenvolvimento de problemas de saúde mental na educação (3, 55). Na população analisada, os maiores percentuais de renda estão entre 2 a 3, e 4 e 5 salários mínimos, entretanto, segundo o relato dos estudantes, a maioria das estruturas familiares é de uma a seis pessoas. Contudo, esses dados carecem de mais informações no que concerne ao número de pessoas que constituem a família ou que residem com os estudantes.

Frente aos conhecimentos expostos e possíveis riscos de saúde mental na unidade escolar, ações pedagógicas / institucionais foram desenvolvidas para mapear o maior número de pessoas com relato de casos suspeitos e confirmados de COVID-19 e saúde mental na comunidade escolar.

As estratégias utilizadas pela gestão escolar foram mobilização de representantes discentes, de coordenações de curso e pedagógica, e comunicados institucionais, para disseminar a necessidade de notificação à escola quanto aos casos de COVID-19 e saúde mental.

A Orientação e Apoio Educacional e Secretaria Acadêmica ficou com as atribuições de entrevistas por meio de escuta ativa, acompanhamento dos casos de COVID-19 e saúde mental, registro no SIMED–Escola, e encaminhamento a atendimento especializado em caso de necessidade.

As amostras dos dados foram coletadas entre o período de 17 de março de 2021 a 31 de maio de 2021. O total de casos confirmados foi de 14 e um caso suspeito. Todos os estudantes relataram que cumpriram o período de quarentena e que possivelmente contraíram de familiares que são da área de saúde, ou de outras áreas produtivas, que não cumpriram integralmente a quarentena e de familiares que residem no mesmo ambiente que contraíram o vírus por meio de contatos com outras pessoas em interações sociais diversas.

A faixa etária dos estudantes contaminados ou casos suspeitos é de 15 a 40 anos de idade. Dois casos apresentaram sequelas pós-COVID-19, desenvolvendo problemas na região das vias aéreas e estão em acompanhamento médico. Duas estudantes solicitaram o trancamento por questões relacionadas a problemas familiares ou por dificuldades de conciliar trabalho e atividades acadêmicas.

Quanto aos casos relacionados a saúde mental, a coleta de casos foi realizada por diferentes canais: encaminhamentos de professores, representantes de sala, coordenadores de curso e/ou pedagógico, colegas de curso e busca por informações ou auxílio da Orientação e Apoio Educacional.

A faixa etária dos estudantes é de 15 a 39 anos, e totalizaram 10 casos. Entre eles, seis têm acompanhamento especializado em saúde mental e relataram que os sintomas se intensificaram durante o período pandêmico; quatro relataram que passaram a sentir sintomas relacionados a estresse e ansiedade durante o período pandêmico; um dos casos buscou informações sobre possível apoio psicológico ofertado pela escola, entretanto, informou que possui recursos próprios e irá se dedicar a buscar auxílio especializado; dois casos em fase de efetivação de contato; e um caso encaminhado via SIMED para atendimento em UBS.

Entre os casos de saúde mental, somente um solicitou o trancamento e não houve registro de evasão em ambos os casos registrados, seja pela contaminação de COVID-19 ou por problemas de saúde mental.

Contudo, periodicamente são acompanhadas as frequências e rendimento dos estudantes por meio de contatos via chat institucional, e-mail e telefone. Nesse sentido, o atendimento versa pela escuta humanizada e intervenções no processo de ensino-

aprendizagem com objetivos primordiais de acesso e permanência nos cursos ofertados na unidade escolar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidencia, por meio de seu referencial, os desafios globais que envolvem a saúde mental no mundo: a escassez de estudos em saúde mental nos períodos que antecedem e durante a pandemia de COVID-19; causas ou fatores estressores que causam problemas de saúde mental, como renda, prevalência em grupos étnicos, de gênero e diversidades culturais.

No que concerne à escolarização ou educação escolar, as respostas dos países ao atenderem uma das necessidades básicas, que é a escolarização, têm impactos diferentes, que estão relacionados: às condições de acesso e permanência ao modelo de educação online, inacessível para parte da população global; e às necessidades de políticas públicas que contemplem as demandas individuais e coletivas.

Para tanto, são necessárias ações governamentais e institucionais para o enfrentamento dos impactos socioemocionais durante o período pandêmico e pós-pandemia, e os recursos tecnológicos não podem ser definidos como fim para a educação ou como meio para segregar grupos sociais que têm acesso a recursos tecnológicos daqueles que não possuem.

É possível, por meio de recursos tecnológicos, a coleta e o uso das informações para que se multipliquem conhecimentos coletivos de enfrentamento às desigualdades no ambiente escolar e se amplie a mobilização de competências pessoais e profissionais, para o atendimento das necessidades do público, como descrito pelo relato de experiência de uma escola técnica estadual que tornou um recurso institucional em ações coletivas de sensibilização, provendo, assim, as relações de pertencimento e humanização da educação em tempos de pandemia.

REFERÊNCIAS

1. Abed ALZ. O desenvolvimento das habilidades socioemocionais como caminho para a aprendizagem e o sucesso escolar de alunos da educação básica. *Constr Psicopedag.* 2016; 24(25):8-27.
2. Achdut N, Refaeli T. Unemployment and psychological distress among young people during the covid-19 pandemic: psychological resources and risk factors. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17(19):1-21.
3. Agnafors S, Barmark M, Sydsjö G. Mental health and academic performance: a study on

- selection and causation effects from childhood to early adulthood. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol* [internet]. 2021; 56(5):857-66. doi: 10.1007/s00127-020-01934-5.
4. Banerjee D, Rai M. Social isolation in COVID-19: the impact of loneliness. *Int J Soc Psychiatry*. 2020; 66(6):525-7.
 5. Bortes C, Ragnarsson S, Strandh M, Petersen S. The bidirectional relationship between subjective well-being and academic achievement in adolescence. *J Youth Adolesc* [internet]. 2021; 50(5):992-1002. doi: 10.1007/s10964-021-01413-3.
 6. Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal; 1988.
 7. Brasil. Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA). Brasil: Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos; 1990.
 8. Brasil. Ministério da Educação. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da União*. 1996 dez 12; 1:27833. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf.
 9. Brasil. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Brasília: MEC; 2018.
 10. Brito AF. Competências socioemocionais: influência no desempenho de estudantes da rede pública de São Caetano do Sul. [Dissertação]. São Caetano do Sul; USCS; 2019.
 11. Caffo E, Scandroglio F, Asta L. Debate: COVID-19 and psychological well-being of children and adolescents in Italy. *Child Adolesc Ment Health*. 2020; 25(3):167-8.
 12. Carvalho RS, Silva RRD. Currículos socioemocionais, habilidades do século XXI e o investimento econômico na educação: as novas políticas curriculares em exame. *Educ Rev*. 2017; (63). doi: 10.1590/0104-4060.44451.
 13. Danese A, Smith P. Debate: recognising and responding to the mental health needs of young people in the era of COVID-19. *Child Adolesc Ment Health*. 2020; 25(3):169-70.
 14. Delors J, Al-Mufti I, Amagi I, Carneiro R, Chung F, Geremek B et al. Educação: um tesouro a descobrir. Relatório para UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. São Paulo / Brasília: Cortez / UNESCO; 2010.
 15. Dix KL, Slee PT, Lawson MJ, Keeves JP. Implementation quality of whole-school mental health promotion and students' academic performance. *Child Adolesc Ment Health*. 2012; 17(1):45-51.
 16. Fleitlich-Bilyk B, Goodman R. Prevalence of child and adolescent psychiatric disorders in southeast Brazil. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*. 2004; 43(6):727-34.
 17. Fusar-Poli P, Pablo GS, Micheli A, Nieman DH, Correll CU, Kessing LV et al. What is good mental health? A scoping review. *Eur Neuropsychopharmacol* [internet]. 2020; 31:33-46. doi: 10.1016/j.euroneuro.2019.12.105.
 18. Garcia JM. Saúde mental na escola: o que os educadores devem saber. *Psico-USF*. 2016; 21(2):423-5.
 19. Excluída do texto.
 20. Heckman JJ, Kautz T. Hard evidence on soft skills. *Labour Econ*. 2012; 19(4):451-64.
 21. Hertz MF, Barrios LC. Adolescent mental health, COVID-19, and the value of school-community partnerships. *Inj Prev*. 2021; 27(1):85-6.

22. Instituto Ayrton Senna (IAS), UNESCO. Competências socioemocionais: material de discussão. 2013. Available from: http://educacaosec21.org.br/wp-content/uploads/2013/07/COMPETÊNCIAS-SOCIOEMOCIONAIS_MATERIAL-DE-DISCUSSÃO_IAS_v2.pdf.
23. Jones B, Woolfenden S, Pengilly S, Breen C, Cohn R, Biviano L et al. COVID-19 pandemic: the impact on vulnerable children and young people in Australia. *J Paediatr Child Health*. 2020; 56(12):1851-5.
24. Kim KM, Kim D, Chung US. Investigation of the trend in adolescent mental health and its related social factors: A multi-year cross-sectional study for 13 years. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(15):1-14.
25. Meda N, Pardini S, Slongo I, Bodini L, Zordan MA, Rigobello P et al. Students' mental health problems before, during, and after COVID-19 lockdown in Italy. *J Psychiatr Res*. 2021; 134:69-77.
26. Nakano TC, Moraes IDT, Oliveira AW. Relação entre inteligência e competências socioemocionais em crianças e adolescentes. *Rev Psicol*. 2019; 37(2):407-21.
27. Newlove-Delgado T, McManus S, Sadler K, Thandi S, Vizard T, Cartwright C et al. Child mental health in England before and during the COVID-19 lockdown. *Lancet Psychiatry* [internet]. 2021; 8(5):353-4. doi: 10.1016/S2215-0366(20)30570-8.
28. Nochaiwong S, Ruengorn C, Thavorn K, Hutton B, Awiphan R, Phosuya C et al. Global prevalence of mental health issues among the general population during the coronavirus disease-2019 pandemic: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep* [internet]. 2021; 11(1):1-18. doi: 10.1038/s41598-021-89700-8.
29. OECD [homepage]. PISA 2015 Technical Report. 2015. <https://www.oecd.org/pisa/data/2015-technical-report/>.
30. Oliveira ME. Os desafios da implementação das competências socioemocionais na sala de aula. In: VI CONEDU; 2019. Fortaleza: CONEDU; 2019.
31. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômicos (OCDE). Estudos da OCDE sobre competências: competências para o progresso social: o poder das competências socioemocionais. São Paulo: Fundação Santillana; 2015.
32. Orozco R, Benjet C, Borges G, Arce MFM, Ito DF, Fleiz C et al. Association between attempted suicide and academic performance indicators among middle and high school students in Mexico: results from a national survey. *Child Adolesc Psychiatry Ment Health* [internet]. 2018;12(1):1-10. doi: 10.1186/s13034-018-0215-6.
33. Pablo GS, Micheli A, Nieman DH, Correll CU, Kessing LV, Pfennig A et al. Universal and selective interventions to promote good mental health in young people: systematic review and meta-analysis. *Eur Neuropsychopharmacol*. 2020; 41:28-39.
34. Paula CS, Bordin IAS, Mari JJ, Velasque L, Rohde LA, Coutinho ESF. The mental health care gap among children and adolescents: data from an epidemiological survey from four Brazilian regions. *PLoS One*. 2014; 9(2):e88241. doi: 10.1371/journal.pone.0088241.
35. Pereira RS. Avaliação de sistemas e política de competências e habilidades da OCDE. *Prax Educ*. 2018; 13(1):107-27.
36. Perrenoud P. 10 novas competências para ensinar. Porto Alegre: Artmed; 2000.
37. Perrenoud P. Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar. Barcelona: Colofón; 2001.

38. Primi R. Avaliação psicológica no século XXI: de onde viemos e para onde vamos. *Psicol Ciênc Prof.* 2018; 38(esp.):87-7.
39. Primi R, Santos DD, Hauck N, Fruyt F, John OP. Mapeando instrumentos de autorrelato de competências socioemocionais: O que eles medem? *Estud Psicol.* 2019; 36. doi: 10.1590/1982-0275201936e180138.
40. Rosendo D, Lapa FB. Educação e(m) direitos humanos e BNCC: competências socioemocionais e ética ambiental. *Rev Espaço Currículo.* 2018; 11(3):470-83.
41. Sagatun Å, Heyerdahl S, Wentzel-Larsen T, Lien L. Mental health problems in the 10th grade and non-completion of upper secondary school: the mediating role of grades in a population-based longitudinal study. *BMC Public Health.* 2014; 14:16. doi: 10.1186/1471-2458-14-16.
42. Sahu P. Closure of universities due to coronavirus disease 2019 (COVID-19): impact on education and mental health of students and academic staff. *Cureus.* 2020; 2019(4):4-9.
43. Sancassiani F, Pintus E, Holte A, Paulus P, Moro MF, Cossu G et al. Enhancing the emotional and social skills of the youth to promote their wellbeing and positive development: a systematic review of universal school-based randomized controlled trials. *Clin Pract Epidemiol Ment Health.* 2015; 11(1):21-40.
44. Santos DD, Berlinger MM, Castilho RB. Habilidades socioemocionais e aprendizado escolar: evidências a partir de um estudo em larga escala. Ribeirão Preto: ANPEC; 2017.
45. Santos MV, Silva TF, Spadari GF, Nakano TC. Competências socioemocionais: análise da produção científica nacional e internacional. *Gerais Rev Interinst Psicol.* 2018; 11(1):4-10.
46. São Paulo (Estado). Resolução SEDUC 11, de 26-01-2021. Dispõe sobre a retomada das aulas e atividades presenciais nas instituições de educação básica para o ano letivo de 2021, nos termos do Decreto Estadual 65.384/2020, e dá providências correlatas. DOE. 2021; 1-2.
47. São Paulo (Estado). Sistema de Informação e Monitoramento da Educação para COVID-19 (SIMED). 2020.
48. Silva Junior FJG, Sales JCES, Monteiro CFDS, Costa APC, Campos LRB, Miranda PIG et al. Impact of COVID-19 pandemic on mental health of young people and adults: a systematic review protocol of observational studies. *BMJ Open.* 2020; 10(7):1-6.
49. Soares Junior W. Competências socioemocionais e sua importância no desempenho escolar, mercado de trabalho, violência e saúde. *Rev Santa Cruz.* 2016; 10:42-62.
50. Excluída do texto.
51. Excluída do texto.
52. Toscano-Hermoso MD, Ruiz-Frutos C, Fagundo-Rivera J, Gómez-Salgado J, García-Iglesias JJ, Romero-Martín M. Emotional intelligence and its relationship with emotional well-being and academic performance: the vision of high school students. *Children.* 2020; 7(12):310.
53. van Loon AWG, Creemers HE, Beumer WY, Okorn A, Vogelaar S, Saab N et al. Can schools reduce adolescent psychological stress? A multilevel meta-analysis of the effectiveness of school-based intervention programs. *J Youth Adolesc [internet].* 2020; 49(6):1127-45. doi: 10.1007/s10964-020-01201-5.
54. Vizzotto L, Corsetti B. A parceria do Instituto Ayrton Aenna (IAS) na configuração da educação municipal de Chapecó (SC). *Teor Prát Educ.* 2018; 21(3). doi: 10.0000/rtp.e.v21i3.45407.

55. Wickersham A, Sugg HVR, Epstein S, Stewart R, Ford T, Downs J. Systematic review and meta-analysis: the association between child and adolescent depression and later educational attainment. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* [internet]. 2021; 60(1):105-18. doi: 10.1016/j.jaac.2020.10.008.

Índice remissivo

Acessibilidade: 39, 43, 44, 63, 64, 68, 69, 71-77, 107, 135, 166, 169, 175, 176, 429, 439, 447, 463, 464

- **Acessibilidade linguística:** 89

Android: 107, 447, 451, 464

Aplicativo(s): 40-46, 58, 81, 84, 85, 91, 97, 99-102, 107-111, 113, 116, 138, 140, 153, 175, 248, 365, 412, 413, 419, 420, 433, 446-453, 465

- **Aplicativo móvel:** 43, 44, 412, 433

Aprendizagem: 152, 182, 183, 199, 200, 205, 207, 225-229, 240-242, 259, 267, 291, 302, 307, 308, 311, 315, 317, 327, 331, 332, 334, 342, 348, 354, 356, 366, 368, 376, 458, 459, 463, 464

- **Alterações, déficits, dificuldades, problemas de aprendizagem:** 33, 70, 86, 90, 109, 201, 205, 225, 241, 317, 376, 463

- **Aprendizagem de máquina:** 151, 152, 159

- **Estratégias de aprendizagem:** 97, 230

- **Ferramentas de aprendizagem:** 107

- **Processo(s) de aprendizagem:** 51-53, 66, 67, 200, 228, 239, 241, 254, 317, 328, 331-333, 348, 372, 373, 375

Árvore de decisão: 151-159

Autismo: 37-42, 96-99, 103, 107, 127, 130-132, 104, 205, 298, 313, 318, 364, 387-389, 394-396, 400

Avaliação neuropsicológica: 52, 81, 85, 86, 88, 90, 91, 135, 147, 155, 159

Cérebro em desenvolvimento: 270

Comunicação alternativa: 96, 98-100, 167, 381, 386, 390

Condutância: 301, 325, 327, 328, 330, 334

COVID-19: 116, 132, 165, 171, 175, 192, 211, 219, 316, 317, 433, 460-468

Cuidados de saúde: 109, 218

Deficiência intelectual: 32, 33, 44, 97, 137, 224, 241, 264, 318, 368, 386

Desenho Universal para Aprendizagem: 66

Desenvolvimento infantil: 88, 107, 121, 198, 266, 267, 269, 296, 451, 453

Design instrucional: 63-65, 75, 77

Diagnóstico dimensional: 277

Dislexia: 43, 44, 316, 317, 319, 371, 372

Distúrbios do desenvolvimento: 115, 228, 294, 298, 366, 368, 376, 390

Ecosistema: 27, 64, 67, 78

Educação em saúde: 185, 247, 446, 451-453

Educação especial: 41, 45, 226

Eletrocardiografia: 301, 325, 328

Eletroencefalografia: 186, 193, 203, 265, 282, 283, 294, 299, 306-310, 317

Emoções: 99, 227-232, 268, 314, 326-335, 364, 386, 389, 396, 398-401, 459

Ensino-Aprendizagem: 32, 34, 46, 64, 66, 240, 291, 296, 302, 335, 463, 468

Esforço cognitivo: 334, 372, 375, 376, 385

Espectroscopia funcional por infravermelho próximo: 260, 274-276, 280, 290, 291

Estimulação Magnética Transcraniana: 340-342, 345

Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua: 340-342

Estratégias de ensino: 65, 97

Eye-tracking: 368, 369, 380, 386-390

Ferramentas tecnológicas: 41, 51, 54, 121

Funções executivas: 53, 54, 59, 136-138, 155, 158, 198-200, 205, 207, 233, 240-243, 253, 254, 267, 298, 316, 317, 350, 351, 356, 375

Gestão de risco: 444, 446-452

Habilidades sociais: 109, 200, 205, 206, 228, 234

Hemodinâmica cerebral: 260, 265, 293, 295, 296

Informática em saúde: 430-432, 436-438, 440

Inteligência: 33, 88, 155, 203, 206, 242

- Testes de inteligências: 366, 368, 369, 376

iOS: 107, 138, 413

Jogos digitais: 47, 51, 54, 58, 181, 182, 198, 227, 243, 247

Jogos eletrônicos: 181, 182, 198-200, 225-228, 234, 235

Jogos em saúde: 184

Jogos sérios: 179-183, 187, 190-194, 199-203, 240-245, 248-250, 254, 255

Leitura: 44, 45, 84, 87, 88, 110, 122, 176, 203, 205, 233, 240, 316, 369-376

Linguagem: 41, 85, 95, 107-109, 116, 102-123, 127, 137, 168, 170, 205, 231, 242, 294, 316, 318, 351

- Alterações, Atraso, Déficits, Distúrbios de linguagem: 86-88, 108, 109, 120, 167, 318, 319, 396
- Aquisição de linguagem: 87, 88, 98, 108, 228
- Desenvolvimento de linguagem: 83, 86, 90, 97, 109, 317
- Estimulação de linguagem: 27, 106
- Intervenção de linguagem: 108, 120, 122, 131
- Linguagem receptiva: 89

Machine learning: 151, 276, 412, 441

Mobile: 38, 110, 111, 113, 244, 247, 249, 251, 252, 412, 413

Neuroimagem: 260, 264, 275, 280, 282, 283, 285, 286, 291-295, 302, 207, 308, 319, 320, 341

Neuromodulação: 341-343, 348, 351-357

Paralisia facial: 409, 410, 417, 419, 421

Pares mínimos: 122, 123, 127, 128, 131

Pessoas com deficiência: 81, 163, 165, 386

Prematuridade: 389-395, 445-451, 453

Primeira infância: 109, 121, 204, 205, 242, 259, 270, 381

Processos cognitivos: 59, 136, 199, 229, 279, 307, 308, 312, 313, 315, 318, 320, 327, 328, 341, 345, 348, 350, 351, 356, 366, 368, 369, 373, 385, 386

Prontuário Eletrônico do Paciente: 185, 214, 427, 430, 439

Raciocínio: 85, 205, 229, 344, 366, 368

Reabilitação: 81, 83, 109, 122, 168, 169, 171, 184-194, 211-216, 219, 409-419, 421

- **Reabilitação cognitiva:** 184
- **Reabilitação facial:** 412-419
- **Reabilitação neuropsicológica:** 198, 207

Realidade Virtual: 52, 182, 184-188, 193, 212-216, 232, 412, 413

Reconhecimento facial: 135, 205, 298, 318, 411, 420

Recursos digitais: 47, 198

SELI: 64, 67-69, 71, 77

Síndrome de Rett: 381, 386, 387

Sistemas de Informação em Saúde: 427

Surdez: 82-88

TDAH: 51-59, 151-159, 198-204, 240-243, 267, 275-280, 283-286, 294, 316

Tecnologia assistiva: 81, 83, 84, 90, 165-168, 176, 226, 227, 235

Teleatendimento: 165, 171-175, 211

Transtorno do Espectro do Autismo: 107, 122, 135, 198, 224, 226, 241, 294, 313

Transtorno Específico de Aprendizagem: 371

Transtornos do neurodesenvolvimento: 138, 198-200, 204, 207, 224, 264, 280-282

Videogame(s): 51, 54, 55, 58, 135, 182, 199-203, 206, 212-215, 217-219, 226, 233, 240, 243, 428