

ESTUDO COMPARATIVO DE SOFTWARES GRATUITOS DE GEOPROCESSAMENTO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE ENGENHARIA

Aluno: Bárbara Louise Marques de Paiva

Orientador: Sergio Vicente Denser Pamboukian

Apoio: PIBIC CNPq

Resumo: Observa-se uma demanda crescente para a incorporação de técnicas de geoprocessamento em diversas áreas do conhecimento, seja em saúde, ambiente, geologia ou agronomia, entre outras. As aplicações do geoprocessamento estão se tornando cada vez mais frequentes, em razão da grande disponibilidade e facilidade de acesso aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Além dos sistemas pagos, existem atualmente diversos sistemas disponibilizados de forma gratuita aos usuários e que são capazes de atender às principais demandas do mercado. Neste trabalho é realizado um estudo comparativo entre os dois softwares de geoprocessamento gratuitos mais populares no Brasil, o SPRING, produzido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Quantum GIS, produzido pela *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo). Também são definidas as diretrizes para a avaliação de Sistemas de Informação Geográfica, a fim de identificar qual dos softwares é o mais adequado para ser utilizado em projetos de engenharia. Os resultados mostram que os dois softwares possuem recursos equivalentes, porém no processo de análise o Quantum GIS se mostrou mais intuitivo, fácil de aprender e de utilizar.

Palavras-chave: geoprocessamento, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), softwares gratuitos.

Abstract: Geospatial techniques has suffered a remarkable growing demand in several knowledge areas, such as health, environment, geology and agronomy, and others. Geoprocessing applications are becoming increasingly frequent due to the wide availability and easy access to Geographic Information System (GIS). Beyond the paid systems, there are currently several freeware available and are sufficient for comply with the main market's demands. In this project a comparative study is applied between the two most popular geoprocessing software in Brazil, SPRING, developed by *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais* (INPE), and Quantum GIS, produced by *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo). Guidelines are also defined in order to rate Geographic Information Systems, so it can be possible to identify which software is the most appropriate to be used in engineering projects. The results shows that both software have equivalent resources, although in the analysis process Quantum GIS showed more intuitive, easier to learn and to use.

Key-words: geoprocessing, Geographic Information System (GIS), freeware.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de localização tem se tornado imprescindível para o nosso dia a dia, para qualquer objetivo, sendo este social, econômico ou ambiental. O crescimento dessa necessidade foi expressivamente influenciado principalmente pelo rápido desenvolvimento de recursos na área de geotecnologias. As geotecnologias são um o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de dados ou informações referenciadas espacialmente, as quais são capazes de fornecer automaticamente informações e análises sobre diversas regiões e assuntos de forma estática ou até mesmo em tempo real (PARANÁ, 2013).

Dentre as geotecnologias, estão os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), em inglês, *Geographic Information Systems* (GIS), que permitem a visualização espacial de variáveis, como por exemplo, população de indivíduos, índices de qualidade de vida ou vendas de empresas em uma região. Um SIG é um sistema de hardware, software, informação espacial e procedimentos computacionais que permite a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem (CÂMARA et al., 2013).

As geotecnologias são poderosas ferramentas para a tomada de decisões, logo, são importantes utensílios para profissionais que precisam de resoluções rápidas e eficazes (ESRI, 2013). Segundo Jerry Johnston, da *Environmental Protection Agency* (EPA):

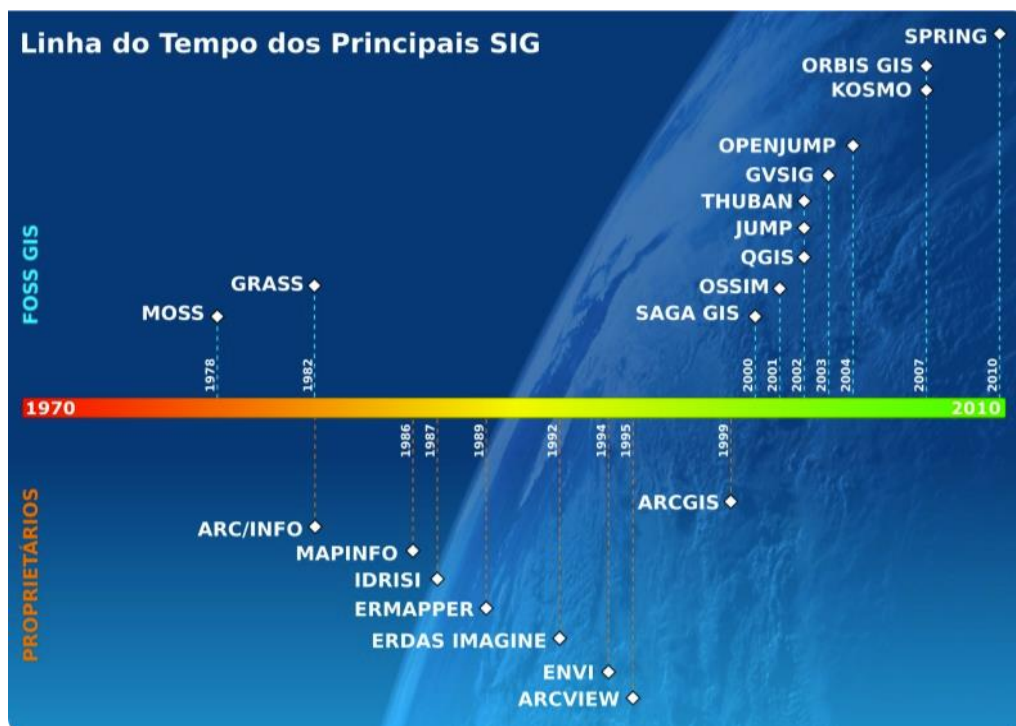
Acredito que o SIG tem uma grande oportunidade, como uma área em crescimento, desenvolvimento e ascensão, para fazer uma grande mudança social, governamental e de colaboração entre diferentes comunidades, proporcionando melhores decisões (ESRI, 2013, p. 3, tradução nossa).

Esse tipo de tecnologia pode ser aplicada em diversas áreas e situações como, por exemplo, conhecer determinadas referências geográficas por meio do *Global Positioning System* (GPS); na biologia para mapeamento de espécies vegetais e classificação de tipos de vegetação; na geologia para prospecção de minérios; na gestão municipal para demarcação de loteamentos urbanos, estudos de escoamento de trânsito, planejamento e gestão do uso do solo, levantamento de áreas de risco; nos serviços públicos de saneamento, energia elétrica, telecomunicações e educação; na engenharia para demarcação de referências em empreendimentos; na saúde para estudos epidemiológicos; na logística para roteamento e clusterização; na computação para localização de endereços, desenvolvimento de geo-browsers e de simuladores baseados em modelos matemáticos; no gerenciamento de fenômenos geográficos como os desastres naturais; no meio ambiente para monitoramento e administração; no agronegócio para monitoramento e previsão de safras, gestão de bacias hidrográficas, tratamento de curvas de nível para plantio e detecção de pragas; entre outras.

O acelerado avanço das tecnologias móveis possibilitou a implementação de geotecnologias nos aparelhos portáteis, viabilizando o suporte ao SIG, proporcionando dinâmica e mapeamento mais ágil. O SIG-móvel é o acesso de serviços e dados georreferenciados através de dispositivos móveis pela rede sem fio. As redes sociais têm propiciado o compartilhamento de informações georreferenciadas, isto é, o SIG transformou-se em um meio social efetivo, auxiliando também na grande expansão do geoprocessamento.

Com a evolução da tecnologia de geoprocessamento e de softwares gráficos, vários programas surgiram para as muitas áreas, inclusive para a engenharia, especializados em características exclusivas como processamento de imagens (ERDAS Imagine e PCI Geomatics); análise espacial (ArcGIS e Geomedia); cadastro e geoprocessamento (Bentley Map e AutoCAD Map), entre outras. Alguns são programas livres, podendo ser utilizados de forma gratuita, e outros são programas proprietários, ou seja, precisam ser adquiridos pelos usuários. Alguns exemplos de SIGs gratuitos são Quantum GIS (QGIS), SPRING, gvSIG, Kosmo, OpenJump, entre outros. A evolução dos SIGs gratuitos e proprietários pode ser vista na figura 1.

Figura 1 – Evolução dos Sistemas de Informações Geográficas



Fonte: Andrade, 2011

Para o seu adequado funcionamento, um SIG necessita de informações geográficas, como tabelas de dados georreferenciados ou imagens de satélite, por exemplo. Tais informações podem ser obtidas gratuitamente na internet ou adquiridas de empresas especializadas. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) disponibiliza várias imagens para

download de forma gratuita. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) também disponibiliza várias informações, principalmente relativas ao Censo, além de mapas de várias regiões brasileiras (municípios, distritos, subdistritos, setores censitários, etc.). Outras empresas como a Empresa Brasileira de Estudos de Patrimônio Ltda (EMBRAESP) e a Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (EMPLASA) também fornecem gratuitamente informações e ortofotos.

Uma vez abastecido com informações geoespaciais, os SIGs fornecem uma maneira simples de agrupar tais informações de acordo com suas características e sua localização espacial. Desta forma, é possível efetuar uma análise espacial dos dados, facilitando a visualização dos problemas e auxiliando na formulação das soluções.

1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo comparativo entre os principais softwares gratuitos de geoprocessamento, SPRING e Quantum GIS, analisando as características e recursos disponíveis em cada um e verificando qual dos programas computacionais possui o melhor custo-benefício para ser empregado em projetos de engenharia.

Os objetivos específicos deste projeto são:

- investigar as principais características dos softwares de geoprocessamento gratuitos;
- verificar como as tarefas básicas fundamentais de geoprocessamento são realizadas por cada software;
- avaliar requisitos operacionais como a facilidade de uso e o desempenho de cada software;
- elaborar tabela comparativa dos softwares de acordo com os resultados obtidos nos testes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema de Informação Geográfica

Como foi visto anteriormente, as geotecnologias são um o conjunto de tecnologias utilizadas para coleta, processamento, análise e disponibilização de dados ou informações referenciadas espacialmente, possibilitando a representação digital do espaço geográfico. É formada pela junção de várias tecnologias como Sistema de Posicionamento Global (GPS), Sensoriamento Remoto, Processamento Digital de Imagens (PDI), Cartografia Digital, Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD) e Sistema de Informações Geográficas (SIG). Cada tecnologia possui características específicas que permitem

aquisição, organização, gerenciamento, apresentação e processamento de dados (COUTO, 2009).

A coleta de dados é realizada por meio da cartografia, topografia, sensoriamento remoto, fotogrametria, GPS, radar e satélite. Para o armazenamento de imagens e informações espaciais, pode ser utilizado um Banco de Dados Geográficos (PostGIS, por exemplo). Em um banco de dados podem ser armazenadas informações espaciais como dados de censo, cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno (representação matemática da distribuição espacial de algum aspecto que varia continuamente) (ANGULO FILHO, 2013). Com estes dados podem ser feitas consultas e análises espaciais, as quais consistem em representar as relações espaciais entre diversos dados, utilizando a localização geográfica e os atributos descritivos (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2013). O tratamento e análise das informações geográficas são feitos por meio da modelagem de dados, geoestatística, análise de redes, análise topológica e reclassificação.

O conceito básico das ferramentas computacionais de geoprocessamento é o uso automatizado de informações vinculadas a uma posição no espaço, através de endereço ou coordenadas. As informações geoespaciais se distinguem essencialmente pela componente espacial, que associa a cada entidade ou fenômeno uma localização na Terra, traduzida por um sistema geodésico de referência, em dado instantâneo ou período de tempo. Tais informações podem ser obtidas, por exemplo, através de sistemas globais de posicionamento apoiados por satélites ou através de sensoriamento remoto (INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS, 2013).

As coordenadas das informações espaciais (Latitude, Longitude e Altitude, por exemplo) sempre estão relacionadas a um Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) representada por um Sistema de Projeção e um *Datum*.

As projeções são formas de representação da superfície da Terra no plano, existindo diversos modelos com distorções e regiões valorizadas diferentemente. Alguns exemplos de modelos são as projeções cilíndrica, azimutal e cônica. A projeção mais utilizada em programas de geoprocessamento é a *Universal Transverse Mercator* (UTM), baseada na projeção de Mercator (cilíndrica), na qual os meridianos e paralelos são curvados, com exceção do meridiano central e da linha do equador. Um *Datum* se caracteriza por um conjunto de parâmetros que definem uma superfície de referência posicionada em relação a Terra. O *Datum* é baseado em modelos matemáticos, na forma e dimensão da Terra e em fatores ligados à projeção. Para cada região existe um *Datum* específico, permitindo uma

coerência entre o sistema definido e o materializado (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2014).

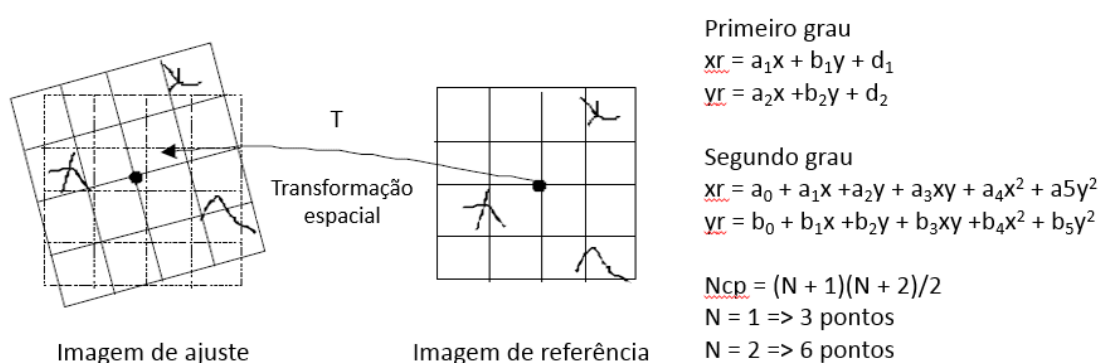
As principais funções de um SIG, descritas a seguir, são o georreferenciamento de imagens, a criação de mosaicos, a manipulação de camadas vetoriais e matriciais, a conexão com banco de dados geográficos e a criação de mapas temáticos, entre outras.

2.1.1 Georreferenciamento

O georreferenciamento ou registro de imagens é a técnica utilizada para apropriar uma figura, tornando-a equivalente e adequada conforme a longitude e latitude do local correspondente, ou seja, é o processo de transformação de diferentes conjuntos de dados em um sistema de coordenadas. O registro é uma operação necessária para fazer a integração de uma imagem à base de dados existente em um SIG (PEREIRA, 2013). Esse processo é realizado a partir de uma transformação geométrica das coordenadas da imagem, a qual elimina distorções existentes na imagem devido a sua formação, seja esta a partir de várias fotos em datas diferentes, imprecisão da plataforma (aeronave ou satélite), entre outras (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2013).

Essa transformação é baseada no ajuste de polinômios e pontos de controle (pontos de coordenadas conhecidas). Quanto maior o grau do polinômio, maior será a precisão no posicionamento da imagem (figura 2). Existem também outros tipos de transformação, porém a citada anteriormente é a mais usual. Existe uma quantidade mínima de pontos de controle que depende do grau do polinômio ajustado, sendo de mínimo três pontos para polinômios de primeiro grau. A precisão depende, não só da quantidade de pontos, mas também do erro, isto é, a diferença da posição correta do ponto e da posição calculada.

Figura 2 – Georreferenciamento de imagens



Fonte: Lopes, 2009

Os pontos de referência podem ser criados de três modos: teclado, tela e mesa. No modo teclado os pontos adicionados são conhecidos, isto é, sabe-se a localização exata e a

coordenada, informando-os ao programa. Já o modo tela baseia-se na comparação com uma imagem já georreferenciada, onde os pontos são escolhidos visualmente. No modo mesa o registro de imagens é feito com um mapa calibrado em uma mesa digitalizadora (LOPES, 2009).

2.1.2 Mosaico

Um mosaico, na arte, consiste em um conjunto de peças que formam um desenho. No geoprocessamento o mosaico funciona de forma análoga, sendo construído com um conjunto de imagens de pequeno e médio formato, criando uma imagem maior, cujo tamanho é delimitado de acordo com as necessidades do usuário (HARTMANN; BULLA; FELLINI, 2010).

As imagens de satélite têm sido muito utilizadas, devido ao fácil acesso, custo relativamente baixo e, principalmente, pela resolução, cada vez mais aperfeiçoada. Em várias circunstâncias, somente uma imagem não é suficiente para cobrir a área do projeto, dessa forma, é necessário combinar duas ou mais fotos em somente uma imagem, formando um mosaico de cenas (TANAKA, 1998).

2.1.3 Edição vetorial

Um projeto SIG é organizado em camadas (*layers*) sobrepostas que podem ser ligadas ou desligadas a critério do usuário para a composição de mapas. Basicamente existem dois tipos de camadas: matriciais (ou *raster*) e vetoriais. As camadas matriciais são compostas, em geral, por imagens de satélite ou de sensoriamento remoto. As camadas vetoriais são constituídas por feições (elementos geométricos) como pontos, linhas e polígonos que representam diversos tipos de informações espaciais como rios, estradas, limites de municípios, localização de pontos de interesse, etc.

Ferramentas de edição vetorial disponíveis nos SIGs permitem a criação ou modificação de imagens vetoriais. Quando a edição vetorial é realizada, a cada feição criada, ou seja, cada ponto, linha ou polígono desenhado, é atribuído um código de identificação (geralmente como o nome ID). Esse ID é inserido em uma tabela de atributos criada automaticamente para cada camada vetorial e será utilizado para a associação a bancos de dados externos, com a finalidade de obter um mapa incorporado a informações.

O formato *shapefile* é um dos mais utilizados nos SIGs para a representação de dados vetoriais, sendo composto por diversos arquivos que representam as feições (arquivos com extensão shp), os dados associados às feições (arquivos com extensão dbf), entre outras informações.

2.1.4 Conexão com banco de dados geográficos

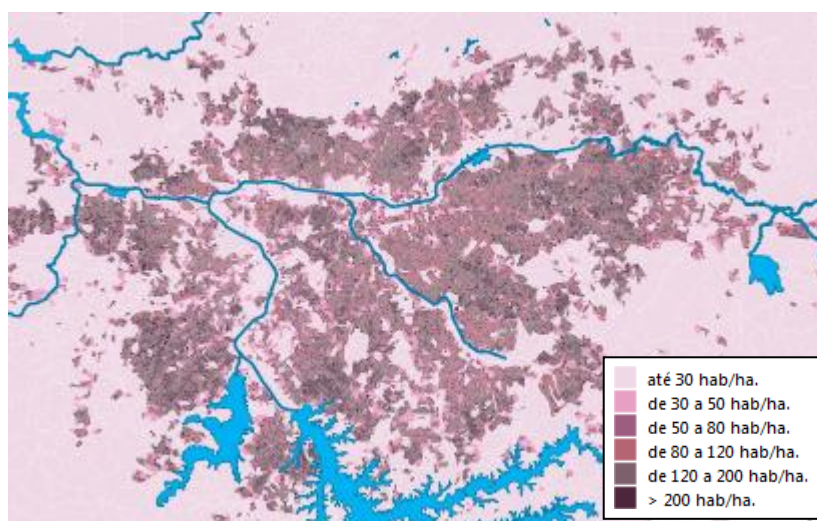
A associação de tabelas (dados externos) às imagens vetoriais possui extrema importância, pois agrega valor às mesmas ao definir, explicar e justificar tais imagens. As tabelas correspondem aos dados referentes às feições da imagem e podem ser obtidos de diversas fontes. Para associar tabelas às imagens vetoriais, o formato deve ser compatível com o programa em questão, contudo, um dos fatores que dificulta essa operação é a falta de padrões estabelecidos para intercâmbio de dados geográficos (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2014). Em geral, utiliza-se o formato de dados separados por vírgulas (arquivos de extensão CSV), ou arquivos de bancos de dados, como o dBase (extensão dbf).

As informações existentes nas tabelas externas são ligadas às feições da imagem vetorial através de um campo comum, em geral um código de identificação (ID) definido no momento da criação da tabela e das feições.

2.1.5 Mapas temáticos

Os mapas temáticos são representações gráficas de elementos da superfície terrestre, criados com o objetivo de obter análises visuais das informações existentes, as quais podem ser geográficas, políticas, históricas, econômicas, entre outras (Figura 3). Este tipo de mapa é caracterizado como temático, pois as regiões são representadas por cores e hachuras. Para a criação dos mapas temáticos é necessário que a edição vetorial e a conexão com bancos de dados já tenham sido realizadas, pois os atributos que compõem os mapas são derivados do banco de dados e só podem ser associados se houver componentes vetoriais no projeto.

Figura 3 – Densidade Demográfica da Região Metropolitana de São Paulo em 2010



Fonte: elaborado pelo Autor com dados do IBGE

2.1.6 Interoperabilidade

A interoperabilidade é definida pelo nível de interação entre dois sistemas, os quais podem ser informáticos ou não, em que existe a viabilidade de intercambiar dados e informações, cujos formatos são compatíveis aos sistemas.

Devido à grande quantidade de SIGs disponíveis no mercado, existe a necessidade de padrões para troca de informações espaciais. Em geral, as imagens matriciais utilizam o formato GeoTiff (arquivos com extensão tif) e as imagens vetoriais utilizam o padrão shapefile (compostos por diversos arquivos com extensões shp, dbf, shx, entre outros).

2.2 Critério de avaliação de softwares

Avaliar a qualidade de um software é verificar, conferir, através de técnicas e atividades operacionais, o quanto os requisitos são atendidos, definindo as características do programa (TSUKUMO et al., 1997 apud ANJOS; MOURA, 2014).

A avaliação tem extrema importância, pois certifica-se de que o software é utilizável e atinge as expectativas dos usuários. Estes preferem sistemas que sejam fáceis de aprender e utilizar, eficazes, eficientes, seguros, satisfatórios, etc. Além disso, as características físicas também são essenciais, por exemplo, que os softwares sejam agradáveis, atraentes, desafiadores, entre outras coisas (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005).

Existem diversos fatores que influenciam na qualidade de uma interface. O usuário espera que a comunicação dos softwares seja clara e descritiva, que não haja necessidade de compreender termos e conceitos técnicos de informática, ou seja, o usuário não quer que a estrutura interna do programa interfira na interface externa. O usuário espera ter a sensação de que controla o computador e a tarefa. A interface do programa deve estar adequada ao conhecimento do usuário e o uso de metáforas proporciona uma representação visual que facilita o entendimento, simplificando o modelo. Quanto à manipulação de erros, não é esperado que o programa somente os aponte, mas que possa auxiliar na reparação dos mesmos. O usuário deve se preocupar com a tarefa que está tentando executar, não com o mecanismo necessário para a sua execução. Não é esperado que os softwares sejam mais difíceis de entender comparado à tarefa executada por eles, pois pode desmotivar o usuário e levar à desistência (HECKEL, 1993).

Portanto, a avaliação deixa claro qual será a expectativa dos usuários ao utilizarem o produto. A avaliação da interface é, assim, o processo de analisar a usabilidade da mesma e verificar se ela cumpre os requisitos do usuário, dessa forma, ela deve ser parte do processo normal de verificação e validação para sistemas de softwares. Uma avaliação deve ser conduzida em relação a uma especificação de tarefas, com base em seus atributos, e, a partir desses atributos, podem ser criadas medidas de usabilidade.

A usabilidade é definida como a arquitetura da interface que atende às necessidades das pessoas que irão usá-la, levando em consideração todas as expectativas dos usuários (SOMMERVILLE, 2005). Uma definição formal de usabilidade é fornecida por Donahue (1999 apud PRESSMAN, 2006): “usabilidade é uma medida de quanto um sistema de computador facilita o aprendizado; ajuda os aprendizes a lembrar o que aprenderam; reduz a probabilidade de erros; habilita-os a ser eficientes e faz com que fiquem satisfeitos com o sistema”.

Um sistema usável traz diversos benefícios para uma organização, por exemplo, o aumento de vendas e a satisfação dos usuários. Além disso, a usabilidade melhora a qualidade do software. Os fatores que afetam a qualidade do software podem ser medidos diretamente, por exemplo identificação de defeitos, ou medidos indiretamente por usabilidade ou manutenibilidade. Com as medições deve-se chegar a uma indicação da qualidade (PRESSMAN, 2006).

Para determinar o grau de usabilidade de um programa, é necessário conduzir avaliações ou testes. Os testes de usabilidade envolvem medir o desempenho de usuários em tarefas e a satisfação, que pode ser avaliada por meio de questionários e entrevistas, de forma subjetiva. Os testes avaliam o grau em que os usuários podem interagir, determinando o grau de facilidade da interface. Nos questionários, as questões devem ser precisas, não genéricas e com escalas claras. A nota é atribuída através da experiência e conhecimento dos usuários, permitindo verificar se existem problemas com a interface (SOMMERVILLE, 2005).

O método de avaliação utilizado neste trabalho foi baseado em Anjos e Moura (2014) (tabela 1).

Tabela 1 – Principais características analisadas na avaliação de um software

Característica	Significado	Pergunta chave
Funcionalidade	Evidencia o conjunto de funções que atendem às necessidades explícitas e implícitas para a finalidade a que se destina o produto.	Satisfaz às necessidades?
Confiabilidade	Evidencia a capacidade do produto de manter seu desempenho ao longo do tempo e em condições estabelecidas.	É imune a falhas?
Usabilidade	Evidencia a facilidade para a utilização do produto.	É fácil de usar?
Eficiência	Evidencia o relacionamento entre o nível de desempenho do produto e a quantidade de recursos utilizados, sob condições estabelecidas.	É rápido e “enxuto”?
Manutenibilidade	Evidencia o esforço necessário para realizar modificações no produto.	É fácil de modificar?
Portabilidade	Evidencia a capacidade do produto de ser transferido de um ambiente para outro.	É fácil de usar em outro ambiente?

Fonte: Anjos e Moura (2014)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A parte prática desta pesquisa foi realizada no Laboratório de Geotecnologias da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Os softwares Quantum GIS e SPRING, ambos gratuitos, foram instalados em todas as máquinas do laboratório para propiciar o desenvolvimento deste trabalho. As imagens utilizadas foram obtidas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Google Maps.

Este projeto foi desenvolvido em várias etapas:

- a) análise dos softwares gratuitos que fariam parte do estudo. Foram escolhidos apenas os dois softwares mais populares, o Quantum GIS e o SPRING;
- b) coleta de material didático e de consulta dos programas escolhidos como manuais, livros, apostilas, tutoriais e outras formas de aprendizado, os quais foram facilmente encontrados na internet;
- c) realização de tarefas básicas de geoprocessamento em cada um dos softwares escolhidos e análises dos resultados obtidos, bem como o desempenho dos softwares na realização destas tarefas. As tarefas selecionadas para realizar o estudo comparativo foram:
 - registro de Imagens (georreferenciamento);
 - criação de mosaico;
 - edição vetorial;
 - conexão com bancos de dados geográficos;
 - criação de mapas temáticos;
 - estudo de interoperabilidade;
- d) criação de uma tabela comparativa entre os softwares escolhidos, onde foram analisados, além do desempenho dos softwares e dos resultados obtidos nas tarefas do item c), outros aspectos operacionais como quantidade de recursos disponíveis, facilidade de interação com o usuário, facilidade de aprendizado, desempenho (velocidade, erros e travamentos), precisão dos resultados obtidos, qualidade dos mapas gerados, compatibilidade com outros softwares, etc.

4 ESTUDO COMPARATIVO

Para o estudo comparativo entre os softwares SPRING e QGIS foram realizadas diversas tarefas básicas de geoprocessamento utilizando o mesmo computador e o mesmo conjunto de imagens. As principais tarefas são descritas e comentadas a seguir.

4.1 Execução de tarefas básicas nos softwares SPRING e QGIS

4.1.1 Criação de Projetos e organização das informações

No SPRING, para realização de qualquer trabalho, é obrigatória a definição de um banco de dados para o armazenamento de imagens e informações espaciais como dados de censo, cadastro urbano e rural, imagens de satélites, redes e modelos numéricos de terreno (ANGULO FILHO, 2013). Também é necessária a criação de um projeto dentro do banco de dados com a definição obrigatória de um retângulo envolvente que determina a área do projeto. Muitas vezes, determinar as coordenadas deste retângulo é uma tarefa trabalhosa.

No QGIS, iniciar um projeto é mais simples, não sendo obrigatória a definição de um banco de dados, embora possa ser utilizado um gerenciador de bancos de dados geográficos como o PostGIS, por exemplo. A definição do retângulo envolvente é feita automaticamente de acordo com as camadas de informação espaciais que são inseridas no projeto.

No SPRING, é necessário determinar uma categoria para as imagens a serem manipuladas de acordo com a Modelagem de Dados, isto é, um conjunto de ferramentas usadas para retratar a realidade geográfica na área de trabalho (CÂMARA; MEDEIROS, 2013). É possível representar os dados de acordo com as seguintes categorias: imagens, modelos numéricos de terreno (MNT) (amostras 3D, com base em algoritmos), temático (usado para distribuições espaciais), cadastrais (possuem banco de dados implícitos) e redes (direcionado para informações de serviços de utilidade pública). Também é possível criar novos modelos.

O QGIS trata as camadas de forma mais genérica, dividindo-as basicamente em vetoriais e matriciais.

O SPRING trabalha com formatos próprios de arquivos, principalmente arquivos de extensão spg, que não são reconhecidos pela maioria dos programas de geoprocessamento. Muitas vezes é necessário utilizar o IMPIMA, um software que complementa o SPRING, para a conversão de arquivos.

O QGIS trabalha diretamente com os principais formatos de arquivos utilizados pela maioria dos SIGs (GeoTiff e Shapefile, por exemplo).

4.1.2 Georreferenciamento

Para realizar o georreferenciamento (ou registro) de uma imagem GeoTiff no SPRING o primeiro passo é converter o arquivo .tif para o formato .spg usando o IMPIMA. Em seguida, selecionar uma banda da imagem, R (vermelho, Red), G (verde, Green), B (azul, Blue) ou M (monocromático, tons de cinza) para realizar o registro e o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC). O próximo passo é a criação de pontos de controle, lembrando que quanto maior o número de pontos, maior será a precisão no posicionamento da imagem.

No estudo comparativo, a aquisição de pontos foi realizada no SPRING através do modo teclado, onde as coordenadas conhecidas do ponto de controle devem ser digitadas. Após a criação do ponto, sua localização deve ser corrigida na imagem. Para aumentar a precisão da imagem e definir o mapeamento deve-se avaliar os erros dos pontos e desprezar aqueles com maiores desvios.

No QGIS, utilizando a ferramenta Georreferenciador, pode-se abrir diretamente a imagem GeoTiff a ser georreferenciada. Os pontos de controle podem ser adicionados pelos mesmos três modos que o SPRING: mesa, teclado e tela. Neste estudo, a tarefa foi executada pelos modos teclado e tela. Os erros de posicionamento também são visíveis neste programa, sendo possível ajustá-los arrastando os pontos na tela.

Foi observado que neste quesito ambos os programas realizam as mesmas funções pelos mesmos modos e as principais ferramentas estão presentes. Entretanto a facilidade e rapidez são muito maiores no QGIS comparada ao SPRING. Ocorreram problemas nos dois programas, porém a frequência no SPRING foi mais alta.

4.1.3 Mosaico

No SPRING as imagens que farão parte do mosaico devem ser importadas uma a uma, sendo necessário o ajuste do retângulo envolvente para que a área de projeto possa englobar todas as imagens. Ao serem importadas no SPRING, as imagens são decompostas em suas três bandas (RGB). Os mosaicos devem ser criados separadamente para cada uma das bandas, adicionando-se gradualmente cada uma das imagens que farão parte do mosaico. É um processo manual trabalhoso, pois envolve uma série de passos.

No QGIS o mosaico é elaborado automaticamente, apenas depende do usuário para a seleção dos arquivos de imagem.

Ao realizar o estudo comparativo, observou-se claramente a enorme facilidade de criar o mosaico no QGIS e a dificuldade e complexidade do SPRING para executar a mesma tarefa, ocorrendo diversos problemas e lentidão. A operação no QGIS levou 41.27 segundos, enquanto que no SPRING o tempo tomado foi de 43 minutos e 49 segundos, considerando que ambas foram feitas com tranquilidade, na mesma máquina e com o mesmo conjunto de imagens.

4.1.4 Edição vetorial

No SPRING a janela de edição vetorial é extremamente rica, com diversas ferramentas para criar, adequar, modificar e deletar pontos, linhas e polígonos. É possível, em um mesmo *layer*, misturar feições de diferentes tipos.

No QGIS a edição vetorial não possui tantas opções, modos e ferramentas. Neste programa não é permitido misturar diferentes tipos de feições em uma mesma camada. Desta forma, para poder visualizar pontos, linhas e polígonos simultaneamente, deve-se ter três camadas,

cada uma com um tipo de feição. Neste procedimento foi observado que o SPRING é o software que possui mais recursos para executar esta tarefa. Porém, observou-se que o QGIS, embora tenha um conjunto menor de ferramentas, as mesmas são mais intuitivas do que as do SPRING.

4.1.5 *Conexão com bancos de dados geográficos*

Muitas vezes as feições criadas em uma camada vetorial possuem informações adicionais localizadas em uma tabela ou banco de dados externo. Para que as consultas possam ser realizadas e os mapas temáticos possam ser criados, existe a necessidade de união destas informações com as feições presentes na camada vetorial. A conexão é feita através de um campo de controle (ID).

O SPRING é um programa limitado em relação à importação de tabelas e somente aceita três tipos de formatos de arquivo para importação de tabelas: dBase (formato de banco de dados que pode ser acessado por diversos softwares), SpaceStat (formato padrão do software de mesmo nome) e ASCII-SPRING (formato próprio do SPRING). Se a tabela a qual se pretende usar não está em algum dos formatos citados, faz-se fundamental realizar a conversão. Em geral as tabelas de dados são criadas no Microsoft Excel e convertidas para o formato dBase através do Microsoft Access para poderem ser abertas no SPRING. Contudo, a partir da versão 2013 do pacote Microsoft Office, o Access deixou de trabalhar com arquivos dBase, sendo necessário o uso de outros softwares para a conversão. Para a realização desta tarefa neste projeto, foi utilizada a versão 2010 do Access. Desta maneira tornou-se viável transformar a tabela para o formato dBase e, assim, importa-la no SPRING. Uma vez importada a tabela para dentro do SPRING faz-se a associação do atributo ID desta tabela com o atributo ID presente em cada feição da camada vetorial.

No QGIS, a importação de uma tabela é bem mais simples. A tabela de dados do Excel pode ser exportada para o formato csv (separado por vírgulas) e importado diretamente pela ferramenta “Adicionar camada de Texto Delimitado” do QGIS. A Associação dos IDs é feita de forma análoga ao SPRING.

Ao realizar esta tarefa, verificou-se que ambos os softwares utilizam o mesmo conceito, porém no SPRING o processo é mais trabalhoso, pois envolve diversas etapas e softwares e no Quantum, é executado de maneira mais simples e rápida.

4.1.6 *Mapas temáticos*

A operação de criação de mapas temáticos, geralmente, começa com a duplicação de uma camada vetorial para preservar os dados originais. Esta camada (*layer*) duplicada será modificada e adaptada conforme o propósito do mapa temático.

Tanto no SPRING quanto no QGIS, os procedimentos são muito parecidos. Inicialmente, pode-se filtrar os dados da camada através de algum atributo para deixar visíveis apenas as feições que devem fazer parte do mapa temático. Em seguida, estas feições podem ser agrupadas, com o auxílio de um ou mais atributos, de diversas formas: através de categorias, através de regras com expressões lógicas, entre outras.

Nesta operação foi observado que ambos os softwares possuem ferramentas adequadas para a criação de mapas temáticos. O SPRING e o QGIS são bastante eficientes no procedimento e fáceis de operar, entretanto no QGIS as operações são feitas com mais clareza devido à melhor compreensão da interface pelo usuário.

4.1.7 Interoperabilidade

O SPRING possui recursos para importar e exportar dados vetoriais e matriciais em diversos formatos como Shapefile, JPEG, GeoTIFF, entre outros. Porém, na maioria das vezes, trabalha com formatos próprios como o spg e o dsc. A interoperabilidade no SPRING é insuficiente somente no quesito de importação de tabelas, pois somente aceita três formatos, dBase, ASCII_SPRING e SpaceStat, como citado anteriormente.

No QGIS a interoperabilidade é excelente. Para a importação de camadas raster aceita 71 tipos de arquivos, entre eles GeoTIFF (*.tif, *.tiff); Erdas Imagine Images (*.img); Portable Network Graphics (*.png); JPEG JFIF (*.jpg;*.jpeg) e Geospacial PDF (*.pdf). Para exportação de raster somente suporta o formato GeoTIFF. Para importação e exportação de dados vetoriais a interoperabilidade é muito boa, sendo compatível com até 21 formatos, inclusive arquivos shape ESRI (*.shp) e SQLite (*.sqlite, *.db). A importação de tabelas suporta os seguintes formatos de arquivo: *.txt; *.csv; *.dat; *.wkt.

Além dos recursos para importação e exportação de vários formatos, o QGIS permite também o acesso às imagens de satélite online (Google e Bing, por exemplo) através do plug-in OpenLayers.

4.2 Avaliação dos softwares

Para realizar uma comparação mais precisa entre o SPRING e o QGIS, foram elaboradas tabelas comparativas de características presentes nos dois softwares, baseado em conceitos vistos na Engenharia de Software. Cada característica foi avaliada usando a seguinte escala: 1: Muito ruim; 2: Ruim; 3: Regular; 4: Bom; 5: Muito bom.

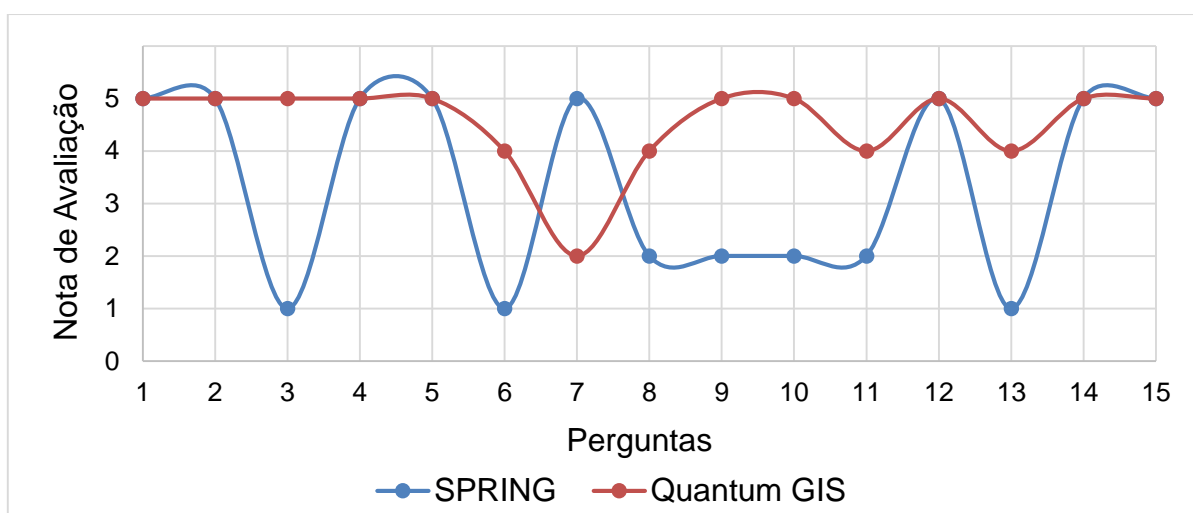
A tabela 2 e o gráfico 1 se referem a um conjunto de perguntas relacionados a softwares genéricos. A tabela 3 e o gráfico 2 correspondem a um conjunto de perguntas destinados especificamente a Sistemas de Informação Geográfica.

Tabela 2 – Características de softwares genéricos

Característica	Subcaracterística		Pergunta chave para a subcaracterística	SPRING	QGIS
Funcionalidade	Adequação	1	O software é apropriado para sua função?	5	5
	Acurácia	2	O software cumpre sua função de forma correta?	5	5
	Interoperabilidade	3	Há interação com outros sistemas?	1	5
	Conformidade	4	Está de acordo com normas, leis, etc?	5	5
	Segurança	5	Evita acesso não autorizado aos dados?	5	5
Confiabilidade	Maturidade	6	Frequência que apresenta falhas? (Muito ruim = Muitas falhas)	1	4
	Recuperabilidade	7	É capaz de recuperar dados em caso de falha?	5	2
Usabilidade	Inteligibilidade	8	O conceito e aplicação são fáceis de entender?	2	4
	Apreensibilidade	9	É fácil usar? (Muito bom = Muito fácil)	2	5
	Operacionalidade	10	É fácil operar e controlar? (Muito bom = Muito fácil)	2	5
Eficiência	Tempo	11	Como é o tempo de resposta?	2	4
	Recursos	12	Os recursos são suficientes para as tarefas?	5	5
Portabilidade	Adaptabilidade	13	É adaptável à diferentes sistemas operacionais?	1	4
	Instalação	14	É fácil instalar e desinstalar? (Muito bom = Muito fácil)	5	5
	Requisitos	15	Os requisitos mínimos são muito exigentes? (Muito bom = Pouco exigente)	5	5

Fonte: adaptado de Anjos e Moura (2014); Pressman (2006)

Gráfico 1 – Características de softwares genéricos



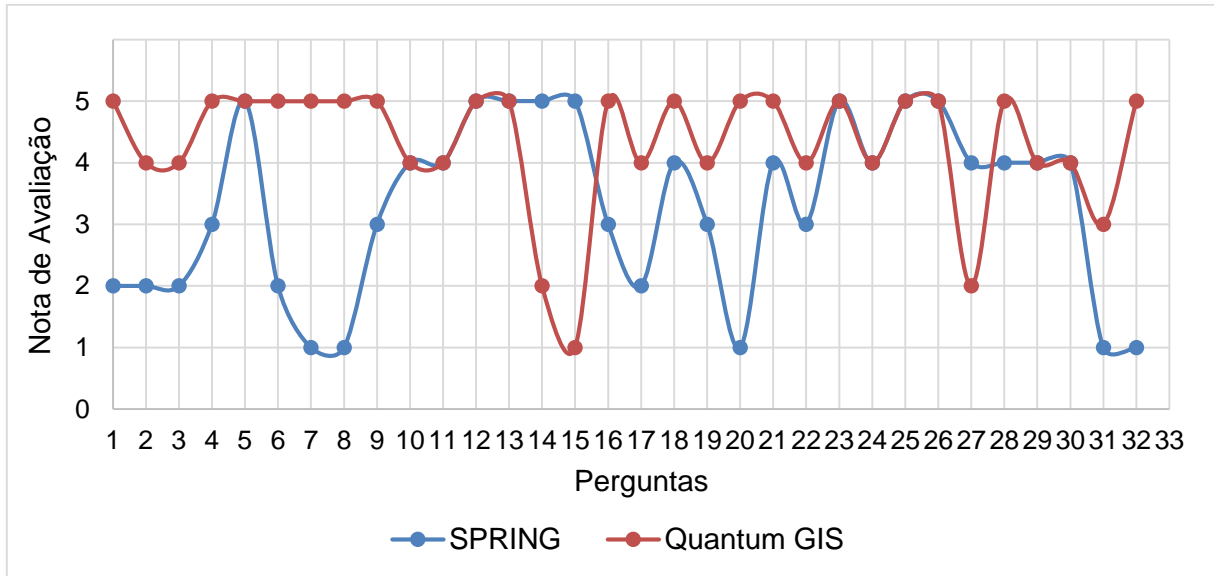
Fonte: autoria própria

Tabela 3 – Características de Sistemas de Informação Geográfica

Tarefa	Pergunta chave		SPRING	QGIS
Georreferenciamento	1	É fácil de realizar a tarefa?	2	5
	2	É preciso muitas etapas? (Muito ruim = Muitos etapas)	2	4
	3	Como foi o tempo de resposta?	2	4
	4	É fácil de compreender o processo? (Muito bom = Muito fácil)	3	5
	5	É possível realizar dos 3 modos? (Muito bom = Sim / Muito ruim = Não)	5	5
Mosaico	6	É fácil de realizar a tarefa?	2	5
	7	É preciso muitas etapas? (Muito ruim = Muitos etapas)	1	5
	8	Como foi o tempo de resposta?	1	5
	9	É fácil de compreender o processo? (Muito bom = Muito fácil)	3	5
Edição vetorial	10	É fácil de realizar a tarefa?	4	4
	11	É preciso muitas etapas? (Muito ruim = Muitos etapas)	4	4
	12	Como foi o tempo de resposta?	5	5
	13	É fácil de compreender o processo? (Muito bom = Muito fácil)	5	5
	14	As ferramentas disponíveis são suficientes? (Muito bom = Muito satisfatório)	5	2
	15	É possível criar uma camada com todas opções de desenho? (Muito bom = Sim / Muito ruim = Não)	5	1
Conexão com bancos de dados geográficos	16	É fácil de realizar a tarefa?	3	5
	17	É preciso muitas etapas? (Muito ruim = Muitos etapas)	2	4
	18	Como foi o tempo de resposta?	4	5
	19	É fácil de compreender o processo? (Muito bom = Muito fácil)	3	4
	20	O software aceita importação de dados de diversos formatos? (Muito bom = Muitos formatos)	1	5
Mapas Temáticos	21	É fácil de realizar a tarefa?	4	5
	22	É preciso muitas etapas? (Muito ruim = Muitos etapas)	3	4
	23	Como foi o tempo de resposta?	5	5
	24	É fácil de compreender o processo? (Muito bom = Muito fácil)	4	4
	25	As ferramentas disponíveis são suficientes? (Muito bom = Muito satisfatório)	5	5
	26	Estão disponíveis vários modos para realizar a classificação? (Muito bom = Muitos modos)	5	5
Interoperabilidade	27	Há diversidade de formatos para exportar dados matriciais?	4	2
	28	Há diversidade de formatos para importar dados matriciais?	4	5
	29	Há diversidade de formatos para exportar dados vetoriais?	4	4
	30	Há diversidade de formatos para importar dados vetoriais?	4	4
	31	Há diversidade de formatos para importar tabelas?	1	3
	32	É possível interagir com outros aplicativos? (Muito bom = Sim / Muito ruim = Não)	1	5
	33	É fácil de importar e exportar dados? (Muito bom = Muito fácil)	5	5

Fonte: autoria própria

Gráfico 2 - Curva de aprendizado de características específicas



Fonte: autoria própria

5 CONCLUSÃO

Com as análises realizadas a partir das comparações entre os softwares gratuitos SPRING e Quantum GIS foi possível demonstrar e ilustrar através de tabelas e gráficos uma avaliação crítica de algumas tarefas básicas.

Com isso, pode-se concluir que o SPRING é um programa mais técnico, exige que o operador saiba um pouco acerca de geoprocessamento para executar as tarefas e compreendê-las. Enquanto que o QGIS é um programa mais intuitivo, com maior facilidade de entendimento e de realizar operações, indicado para pessoas com pouco conhecimento na área, como a maioria dos profissionais de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo.

O SPRING possui uma quantidade de recursos maior do que o QGIS, principalmente no que se refere ao Processamento de Imagens Digitais e Análise de Dados, sendo indicado para tarefas mais específicas. Apesar do QGIS possuir um conjunto de ferramentas menor, alguns recursos adicionais podem ser incluídos no mesmo através de bibliotecas externas (GRASS, Orfeo e SAGA, entre outras) e diversos plugins.

Neste trabalho, foram analisadas somente tarefas básicas realizadas pelos programas de geoprocessamento, entretanto seria importante comparar procedimentos mais avançados em ambos os softwares, a fim de estimar qual é mais apropriado para projetos de engenharia.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. L. Redescobrimos os SIG com software livre. **Revista FOSSGIS: Georreferenciando o conhecimento**. n. 1, p. 19-22, mar/2011. Disponível em: <http://fossGISbrasil.com.br/wp-content/downloads/Revista_FOSSGIS_Brasil_01_Marco2011.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2013.
- ANGULO FILHO, R. **MNT: Modelagem Numérica de Terreno**. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Topo/leb450/Fiorio/LER450MNT_New.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2013.
- ANJOS, L. A. M.; MOURA, H. P. **Um Modelo para Avaliação de Produtos de Software**. Disponível em: <<http://www.cin.ufpe.br/hermano/laps/download/laps-um-modelo-para-avaliacao-de-produtos-de-software.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2014.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Modelagem de Dados em Geoprocessamento**. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/2modelo.pdf>. Acesso em: 18 set. 2013.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.; FUCKS, S. D.; CARVALHO, M. S. **Análise Espacial e Geoprocessamento**. Disponível em: <<http://www.geosenso.com/arquivos/cap1-intro.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2013.
- COUTO, L. C. O. **Geoprocessamento: Conceito e Prática**, 2009. Disponível em: <<http://www.passeidireto.com/arquivo/2045138/geoprocessamento-e-aplicacoes>>. Acesso em: 06 jun. 2014.
- ESRI. **Maps Improve Government 2.0**. Disponível em: <<http://www.esri.com/~media/Files/Pdfs/industries/gov20/pdfs/maps-improve-gov.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2013.
- HARTMANN, C.; BULLA, L. A. S.; FELLINI, B. D. **Emprego de Mosaico de médio formato e do Geoprocessamento na definição dos limites técnicos para a extração da areia do baixo rio Jacuí – RS, Brasil**. Nov/2010. Disponível em <<http://repositorio.furg.br:8080/jspui/bitstream/1/3095/1/Emprego%20de%20Mosaico%20de%20m%C3%A9dio%20formato%20e%20do%20geoprocessamento%20na%20defini%C3%A7%C3%A3o%20dos%20limites%20t%C3%A9cnicos%20para%20extra%C3%A7%C3%A3o%20de%20areia%20do%20baixo%20rio%20Jacu%C3%AD-RS%2c%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2013.
- HECKEL, P. **Software Amigável: Técnicas de projeto de software para uma melhor interface com o usuário**. Rio de Janeiro: CAMPUS, 1993. 312p.

INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS (INDE). **SIG Brasil – o portal brasileiro de dados geoespaciais - FAQ**. Disponível em: <http://www.inde.gov.br/?page_id=86#4_1> . Acesso em: 05 abr. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Divisão de processamento de imagens (DPI). **Introdução ao Geoprocessamento**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html>. Acesso em: 20 abr. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/ascii.html>>. Acesso em 04 de junho de 2014.

LOPES, E. S. S. **Tutorial 10 aulas Spring 5.1**. São José dos Campos: INPE, 2009. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>>. Acesso em: 10 jul. 2013.

PARANÁ (Estado). Secretaria da Educação. **Geotecnologias**. Disponível em: <<http://www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=116>>. Acesso em 29 out. 2013.

PREECE, J.; ROGERS, YVONNE; SHARP, H. **Design de Interação: Além da interação homem-computador**. São Paulo: Bookman Companhia, 2005. 548p.

PEREIRA, A. C. F. **Georreferenciamento ou Registro de Imagens**. Disponível em: <<http://www4.fct.unesp.br/docentes/cartoadriana/Foto&Senso/>>. Acesso em: 15 abr. 2013.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software**, 6ª edição. São Paulo: McGraw-Hill Interamericana do Brasil Ltda, 2006. 720p.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**, 6ª edição. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2005. 592p.

TANAKA, T. **Avaliação da plataforma de Geoprocessamento, ERDAS IMAGINE, na produção de mosaico de múltiplas imagens**. Set/1998. Disponível em <http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.09.16.02/doc/7_139p.pdf>. Acesso em: 22 out. 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Conceitos Cartográficos**. Disponível em: <<http://www.ufscar.br/~debe/geo/geoprocessamento.htm>>. Acesso em: 06 jun. 2014.

E-MAIL PARA CONTATO

Aluno: Bárbara Louise Marques de Paiva (ba.louise@hotmail.com)

Orientador: Sergio Vicente Denser Pamboukian (sergio.pamboukian@gmail.com)