

ANÁLISE DOS RECURSOS DISPONÍVEIS EM EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS DE ÚLTIMA GERAÇÃO E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE ENGENHARIA

1. INTRODUÇÃO

A topografia (do grego, *topos* significa lugar ou região e *graphein* quer dizer descrever) é a ciência que se ocupa na descrição da superfície de alguma região. Segundo BORGES (1977, p.1), “Ela permite a representação, em planta, dos limites de uma propriedade, dos detalhes que estão em seu interior (cercas, construções, campos cultivados e benfeitorias em geral, córregos, vales, espigões, etc.)”.

Essa ciência tem como objetivo efetuar um levantamento (coleta de dados de medições de ângulos, distâncias e desníveis), de forma que se obtenha uma representação adequada do local estudado em uma escala. A partir das medidas obtidas com a ajuda de equipamentos e métodos topográficos é possível calcular coordenadas, volumes, áreas e representar essas informações em gráficos e mapas (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012).

O estudo topográfico é aplicável em qualquer área da engenharia, mas está extremamente relacionado a Engenharia Civil devido à necessidade de se obter a descrição do relevo com levantamentos de dados plani-altimétricos precisos, um fator importante para a construção de uma obra. Para melhorar a acurácia desses dados, o topógrafo deve trabalhar com aparelhos modernos e estar em constante atualização de novos equipamentos e softwares. Assim, a tecnologia é uma ferramenta fundamental nessa profissão.

1.1. Problema de pesquisa

No Laboratório de Topografia da Escola de Engenharia (EE) da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) existem diversos equipamentos topográficos sofisticados que estão sendo utilizados sem explorar totalmente os recursos disponíveis. Os dados levantados com esses equipamentos poderiam beneficiar diversas disciplinas da Escola de Engenharia como Topografia I, Topografia II, Topografia Campo, Hidrologia, Estradas de Rodagem e Ferrovias, entre outras. Desse modo, faz-se necessário um estudo mais detalhado dos equipamentos disponíveis para que os alunos adquiram mais experiência no meio acadêmico.

Além do não aproveitamento total das funcionalidades dos equipamentos, outro problema é a falta de material de orientação sobre o uso dos mesmos, o que dificulta o manuseio dos equipamentos e restringe aplicações práticas de conteúdos trabalhados em sala de aula. Por isso existe a necessidade da criação de material didático acessível aos docentes e alunos.

1.2. Justificativa

O avanço tecnológico trouxe novos desafios para o profissional, uma vez que a necessidade de se adaptar as novas tecnologias é uma exigência do mercado atual, pois elas garantem eficiência e praticidade.

Assim, é uma preocupação acadêmica que os alunos tenham a consciência de se atualizar e conhecer as ferramentas que serão utilizadas em sua vida profissional. A Universidade Presbiteriana Mackenzie é um exemplo de instituição que oferece apoio nessa questão, disponibilizando meios para que seus alunos se formem com o diferencial de ter a experiência solicitada na hora de atuar em sua área.

Em razão disso, esse projeto tem um valor bastante significativo, pois a instituição possui aparelhos topográficos modernos com funções que não estão sendo utilizadas e poderiam ser mais explorados pelos alunos e docentes. Porém, antes de aplica-las em sala de aula é necessário que se tenha um estudo detalhado dessas ferramentas de forma que se demonstre novas utilidades com fins didáticos e o melhor aproveitamento na utilização dos aparelhos principalmente no Acampamento de Topografia. O desenvolvimento de material didático (manuais, tutoriais, guias, etc.) pode colaborar para que os alunos e professores da EE da UPM passem a utilizar tais equipamentos de forma plena e não encontrem dificuldades.

1.3. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é realizar um estudo comparativo de equipamentos topográficos, detalhando os recursos disponíveis nestes equipamentos e gerando material didático para que alunos e professores consigam utiliza-los em atividades na universidade, como aulas e projetos.

Os objetivos específicos são:

- identificar quais são os recursos existentes nos modernos aparelhos topográficos que ainda não são aplicados no meio acadêmico;
- levantar algumas características, como precisão e a facilidade de uso, de equipamentos utilizados para levantamento planimétrico como teodolito mecânico, teodolito eletrônico, estação total e outros;
- efetuar estudo comparativo de equipamentos utilizados para nivelamento geométrico como nível ótico, nível a laser, nível digital (código de barra) e outros;
- analisar a acurácia de um Sistema de Navegação por Satélite (do inglês, *Global Navigation Satellite System - GNSS*) no georreferenciamento de pontos, comparando com os métodos e equipamentos tradicionais e determinando em qual atividades da Engenharia o mesmo pode ser utilizado;

- identificar os principais métodos de levantamentos de dados topográficos ensinados nas disciplinas Topografia I e II e verificar a melhor forma de aplicá-los nos equipamentos estudados;
- gerar material didático (tutoriais) dos aparelhos estudados de forma que qualquer pessoa tenha acesso e não tenha dificuldades em realizar as funções oferecidas pelos mesmos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os equipamentos e ferramentas tecnológicas são fundamentais no desenvolvimento e aprimoramento dos métodos de coleta e processamento de dados em trabalhos da topografia. Em razão disso deve ser destacada a evolução da tecnologia desses equipamentos que, além de importante para o levantamento topográfico, teve um grande impacto para a construção da sociedade.

As antigas civilizações como os egípcios, chineses, gregos, árabes, romanos e babilônicos já utilizavam técnicas e instrumentos topográficos rudimentares na delimitação de propriedades, construção de obras e nos primeiros mapas (FARIA, 2017). Um dos mais antigos vestígios de um aparelho topográfico é o fio de prumo utilizado pela antiga civilização egípcia, cerca de 3000 a.C. Este instrumento, que é constituído basicamente por um fio e um objeto pesado amarrado na parte inferior era utilizado como nivelador na construção de pirâmides. Apesar de uma estrutura simples e com a invenção do nível de bolha, o fio de prumo ainda é utilizado na construção moderna (ABRAHÃO, 2010).

Outro instrumento antigo importante é a bússola magnética. Acredita-se que ela foi inventada pelos chineses por volta de 2000 a.C. Inicialmente sua função era como objeto místico na tomada de decisões e para fazer profecias. Com a sua evolução, a bússola passou a ser utilizada como instrumento de posicionamento e orientação, tendo papel fundamental na era das grandes navegações, permitindo a descoberta de novas terras. Na topografia, ela serve para medir azimutes e rumos. Hoje diversos aparelhos, como o Sistema de Posicionamento Global (do inglês, *Global Positioning System* - GPS), já possuem uma bússola integrada e realizam também outras funções (MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS, 2010a).

Com passar dos tempos, a topografia teve auxílio de várias ferramentas que foram se aprimorando e substituindo os antigos métodos de obtenção de dados. No final do século 19, foi inventado o teodolito mecânico (Imagem 1). O teodolito é um instrumento utilizado em medições de ângulos (horizontais e verticais), e por taqueometria, distâncias. Sua principal aplicação é na determinação de ângulos horizontais em uma poligonal. Para medir um ângulo horizontal, basta posicionar o aparelho de forma que ele fique nivelado e mirar com sua luneta entre dois pontos onde se deseja obter o ângulo. No teodolito mecânico, sua leitura é externa, obtida de forma manual através de uma escala com limbo e nônio, onde se encontram as

divisões angulares do aparelho. Juntamente com este aparelho, utiliza-se uma bússola para leitura de rumos ou azimutes (MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS, 2010b).

Imagem 1 – Teodolito Mecânico



Fonte: Brandalize (2013)

No século 20, com a era eletrônica, os equipamentos topográficos também se modernizaram, destacam-se o teodolito eletrônico, nível a laser, o GPS e a estação total. Eles se tornaram mais práticos e precisos, influenciando na qualidade e no custo final de um levantamento topográfico. O teodolito eletrônico é uma evolução do mecânico e possui o diferencial de realizar as medições de forma automática, com uma precisão muito maior e com leituras mostradas em um visor digital.

O nível a laser serve para medir distâncias verticais ou diferenças de nível. Em geral, este equipamento possui um sistema de auto nivelamento, dispensando o uso do nivelamento por bolha. Seu funcionamento consiste na emissão de feixes de laser para realizar medições de nivelamento de terreno e declividades com maior precisão e de forma instantânea. Como a realização de medições com aparelho é simples e automática, uma pessoa é suficiente em seu manuseio, pois é só posicionar a mira topográfica no local onde se deseja realizar a medição e ligar o aparelho (TEODOL EQUIPAMENTOS DE PRECISÃO, 2014). O nível digital, tem o diferencial de utilizar uma mira código de barra, ao invés da mira tradicional. Este instrumento apresenta uma leitura digital direta, de forma que o usuário não precise ler na mira o valor do desnível do local e os dados obtidos podem ser armazenados internamente pelo próprio aparelho.

O termo *Global Navigation Satellite System* (GNSS) ou Sistema de Navegação por Satélite é utilizado para indicar os sistemas de posicionamento por satélites artificiais com cobertura global. Hoje em dia há apenas dois sistemas de navegação com alcance mundial: o Sistema de Navegação Global por Satélite - GLONASS (do russo, *Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*), desenvolvido pela Rússia e o GPS desenvolvido pelos Estados Unidos, sendo que o último é o mais utilizado, mas em oposição a dependência da tecnologia e o monitoramento estrangeiro, outros países estão desenvolvendo seus próprios sistemas (VAZ; PISSARDINI; FONSECA JUNIOR, 2012).

O GNSS permite a localização geográfica (altitude, longitude e latitude) de um ponto em qualquer parte do mundo através do uso de satélites artificiais. Na topografia, ele pode ser utilizado em trabalhos de levantamento de coordenadas. O GNSS topográfico apresenta uma precisão da ordem de metros, podendo chegar a centímetros se for feita uma correção com a ajuda da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) que possui receptores GNSS de alto desempenho. A RBMC oferece as coordenadas de pontos conhecidos pertencentes ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), o que permite levantamento de dados de lugares de difícil acesso com precisão de alta confiabilidade e qualidade (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017). Os dados coletados pela RBMC são disponibilizados de forma gratuita no site do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE).

A Estação Total ou Taqueômetro é uma evolução de outros equipamentos topográficos como o teodolito e distanciômetro (aparelho de medir distâncias) e serve para medir ângulos e distâncias em um levantamento topográfico com uma precisão muito superior aos antigos aparelhos. Seu funcionamento utiliza um prisma que reflete o feixe de laser emitido pela própria estação total que permite o cálculo de distâncias horizontais e verticais. A medida de ângulos é feita de forma semelhante aos teodolitos. Com este aparelho é possível obter informações como: distância horizontal, desnível entre os pontos, coordenadas dos pontos ocupados pelo prisma; e ajustar informações como altura do prisma e do instrumento de acordo as necessidades do levantamento (TULER, 2013).

Também é importante ressaltar alguns dos acessórios que auxiliam os equipamentos na obtenção de dados: o tripé é um suporte com três pernas e uma base para acoplar o equipamento de medição; a mira topográfica é uma espécie de régua graduada em centímetros utilizada na obtenção dos desníveis do terreno; e a baliza que é uma haste de ferro de quase 2 metros pintada com cores contrastantes geralmente em intervalos de branco com vermelho e serve para manter o alinhamento em medições de ângulos (ALENCAR, 2009).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este projeto de pesquisa será desenvolvido no Laboratório de Geotecnologias e no gabinete de Topografia da Escola de Engenharia, ambos localizados no Prédio 4 do Campus

Higienópolis da Universidade Presbiteriana Mackenzie, onde estarão disponíveis todos os elementos necessários (computadores, softwares de geoprocessamento, equipamentos topográficos etc.). A seguir são descritas as etapas do projeto.

3.1. Revisão de Literatura

A revisão de leitura constituirá no estudo da evolução dos equipamentos topográficos, além do estudo de manuais de instruções originais dos equipamentos e das técnicas utilizadas para o levantamento topográfico.

3.2. Revisão dos conceitos básicos da topografia

É necessário que se tenha conhecimento de conceitos básicos de topografia, revisando os conteúdos adquiridos nas disciplinas de Topografia I e II e durante o Acampamento de Topografia, com o fim de realizar o estudo dos equipamentos.

Também é preciso revisar os projetos vistos nas disciplinas de Topografia I e II com o objetivo de selecioná-los e aplicá-los no levantamento topográfico.

Na disciplina de Topografia I foram trabalhados os seguintes projetos: escalas, cálculo de rumos e azimutes pelo rumo ré, cálculo de rumos e azimutes por deflexão, cálculo de uma poligonal através das coordenadas parciais, cálculo de coordenadas parciais corrigidas, erros e distribuição de erros, cálculo da área de polígono por duplas distâncias meridianas, cálculo da área de polígono pelo método das coordenadas dos vértices, desenho da poligonal, nivelamento, taqueometria e cálculo das distâncias horizontal e vertical entre dois pontos

Em Topografia II: curvas de nível, terraplanagem, cálculo dos elementos da curva horizontal, locação de curva horizontal de deflexão, cálculo de curva horizontal com ponto de mudança e cálculo de curva horizontal pelo método das ordenadas à tangente

3.3. Estudo de conceitos básicos de geoprocessamento

Para o desenvolvimento do projeto será realizado o estudo do geoprocessamento através das tecnologias que são englobadas nesta concepção como: o Sensoriamento Remoto (SR), o Sistema de Informação Geográfica (SIG), Sistemas de Referência de Coordenadas (SRC) e a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC).

3.4. Estudo da Estação Total

Um dos principais objetos de estudo do projeto é a Estação Total (Fotografia 1), pois é um aparelho que possui diversas funções que ainda não foram devidamente aplicadas no meio acadêmico. Entre elas, a utilização da tecnologia dos Medidores Eletrônicos de Distância (do inglês, *Electronic Distance Measurement* - EDM) que permite o levantamento de dados em áreas pequenas ou de difícil acesso sem a utilização de um prisma (SILVEIRA; RIBEIRO, 2008); a aplicação do nivelamento automático, o que torna o nivelamento do aparelho mais preciso; o levantamento de áreas de forma que os dados obtidos sejam gravados no cartão

micro SD e descarregados diretamente no computador, substituindo a caderneta tradicional, entre outros.

A ideia é que, a partir do estudo destas funcionalidades, seja possível aplica-las em antigas formas de manuseio ou criando novas utilidades com fins didáticos de forma pratica e eficiente. Seu estudo também será para demonstrar a evolução, mudanças nas formas de uso, praticidade e sua acurácia em relação ao teodolito mecânico e eletrônico em um levantamento planimétrico.

Fotografia 1 – Estação Total



Fonte: o autor (2017)

3.5. Estudo do GNSS

O estudo proposto com o GNSS topográfico (Imagem 2) é realizar um levantamento de coordenadas e cálculo de área, comparando os resultados com os obtidos por dados levantados por uma estação total. Apesar de uma precisão muito maior que um sistema de navegação comum, o GNSS topográfico apresenta uma precisão na ordem de centímetros, quando feita a correção de coordenadas com a ajuda da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). Assim, depois de corrigidos os dados do GNSS, deverá ser realizada a comparação entre a estação total e o GNSS.

Imagem 2 - GNSS Topográfico



Fonte: Detalhe Virtual (2017)

3.6. Estudo de outros equipamentos

O estudo do nível a laser (digital) serve para fazer um comparativo com os dados obtidos dos outros aparelhos em projetos de nivelamento geométrico. O nível digital ainda não foi utilizado em atividade acadêmica, e como o seu manuseio é prático, seu estudo poderá ser realizado em atividades como forma de comparar os resultados obtidos com o nível a laser.

3.7. Proposta de Geração e Atualização de Projetos

A partir do estudo dos aparelhos e dos principais métodos de levantamento topográfico, será realizado um questionamento para verificar a possibilidade de se criar novos e/ou aprimorar alguns projetos de topografia que podem ser aplicados principalmente no Acampamento de Topografia com as novas funcionalidades exploradas. Um exemplo disso seria a substituição de anotações na caderneta de campo, pelo armazenamento dos dados obtidos pelo levantamento diretamente em um cartão de memória. Assim, os alunos poderiam aprender a utilizar a estação total de forma mais eficiente, utilizando recursos e técnicas que são aplicados na vida profissional.

3.8. Produção de Material Didático

Durante o estudo será gerado material didático com imagens explicativas e roteiros detalhados do funcionamento dos equipamentos trabalhados. A ideia é que os futuros usuários consigam compreender melhor o funcionamento e utilidade dos aparelhos, de modo que eles apliquem novos conceitos em trabalhos em sala de aula e realizem desde as funções mais simples até projetos mais complexos.

4. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Atividades/mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisão de Literatura	X	X	X	X								
Revisão dos conceitos básicos da topografia		X	X									
Estudo de conceitos básicos de geoprocessamento		X	X									
Estudo da Estação Total			X	X	X	X	X	X				
Estudo do GNSS				X	X	X	X					
Estudo de outros equipamentos					X	X	X					
Proposta de Geração e Atualização de Projetos								X	X			
Produção de Material Didático		X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Produção de artigo para congresso											X	X
Redação e entrega da do relatório final												X

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, Rafael. *A evolução da topografia através dos tempos*. Disponível em: <http://geoeasy.com.br/blog/?p=1202_>. Acesso em 12 fev. 2017.

ALENCAR, Humberto. *Instrumentos e acessórios topográficos*, 2009. Disponível em: <<https://reativarambiental.blogspot.com.br/2015/02/instrumentos-acessorios-topograficos.html>>. Acesso em 24 fev. 2017.

BORGES, Alberto de Campos. *Topografia Aplicada à Engenharia Civil*, v.1, São Paulo, Edgard Blücher, 1977.

BRANDALIZE, Maria Cecília Bonato. *Topografia*, 2013. Disponível em <[http://www2.uefs.br/geotec/topografia/apostilas/topografia\(5\).htm](http://www2.uefs.br/geotec/topografia/apostilas/topografia(5).htm)>. Acesso em 26 fev. 2017.

DETALHE VIRTUAL. *SOUTH S82TGNSS*. Disponível em: <http://www.detalhevirtual.pt/PT/produto_SOUTH_S82TGNSS_>. Acesso em 08 mar. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS*, 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm?c=7>>. Acesso em 09 mar. 2017.

FARIA, Caroline. *Topografia*, 2017. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/cartografia/topografia/>>. Acesso em 12 fev. 2017.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). *Bússola*, 2010a. Disponível em: <http://www.mast.br/multimedia_instrumentos/teodolito_atualidade.html>. Acesso em 12 fev. 2017.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). *Teodolito: Atualidade*, 2010b. Disponível em: <http://www.mast.br/multimedia_instrumentos/teodolito_atualidade.html>. Acesso em 12 fev. 2017.

SILVEIRA, Gustavo Cruz; RIBEIRO, Fernando César Dias. *Estações totais com medição sem prisma*, 2008. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2008/10/16/estacoes-totais-com-medicao-sem-prisma/>>. Acesso em 02 mar. 2017.

TEODOL EQUIPAMENTOS DE PRECISÃO. *Saiba qual Nível Laser Comprar*, 2014. Disponível em: <<http://nivellaser.blogspot.com.br/>>. Acesso em 24 fev. 2017.

TULER, Marcelo. *Fundamentos de topografia*. 1. Porto Alegre Bookman, 2013, 1 recurso online ISBN 9788582601204.

VAZ, J. A.; PISSARDINI, R. S.; FONSECA JUNIOR, E. S. *Comparação da cobertura e acurácia entre os sistemas GLONASS e GPS obtidas de uma estação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo*, 2012. Disponível em: <<https://docs.google.com/file/d/0B5HVeVPEsz5YV0dqMS10bmQ5NW8/edit>>. Acesso em: 08 mar. 2017.

VEIGA, L.A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P.L. *Fundamentos de Topografia*. Universidade Federal do Paraná, 2012. Disponível em: http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf. Acesso em: 10 fev. 2017