

TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS TOPOGRÁFICOS ATRAVÉS DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS E SOFTWARES DE GEOPROCESSAMENTO

Alicia Yummy Kawai (IC) e Magda Salgueiro Duro (Orientador)

Apoio: PIBIC CNPq

RESUMO

Milhares de pesquisadores, durante a década de 60, enfrentavam a difícil tarefa de analisar dados por meio de desenhos feitos manualmente. Uma tarefa um tanto quanto trabalhosa devido ao fato de sempre surgirem ajustes durante o cruzamento dos dados. As atualizações nos desenhos, resultam em um novo serviço e o custo torna-se elevado e de longa duração. A criação de ferramentas computacionais, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), possibilitou auxiliar na solução desses problemas de retrabalho enfrentados. Houve um avanço exponencial para área das geotecnologias e resulta em alternativas tecnológicas cada vez mais aprimoradas à disposição dos usuários. O presente artigo visa utilizar tais ferramentas e recursos computacionais para análise de dados topográficos, identificando os procedimentos de cálculo da topografia convencional da disciplina de Topografia, além de avaliar os requisitos operacionais dos *softwares* em relação ao geoprocessamento. Tudo isso a partir da realização de levantamentos em campo, a fim de se obter dados para o processamento em *softwares*. Com o intuito de subsidiar e incentivar a utilização dos recursos tecnológicos, que atualmente são pouco utilizados na Escola de Engenharia (EE) da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), a geração de material didático deverá auxiliar o uso desses recursos. Após o estudo teórico dos *softwares* de geoprocessamento, e ainda a análise e comparação dos métodos de estudo (convencional topográfico e com a utilização dos *softwares* de geoprocessamento), verificou-se o quão eficaz e viável é o uso das ferramentas computacionais e dos *softwares* de geoprocessamento. O tratamento computacional demonstra-se vantajoso ao superar os métodos, muitas vezes considerados antigos.

Palavras-chave: Topografia. Geoprocessamento. Softwares topográficos.

ABSTRACT

Thousands of researchers during the 1960s faced the difficult task of analyzing data through hand-drawn drawings. A rather toilsome task due to the fact that adjustments always occur during data crossing. Updates of drawings results in an afresh service and the cost becomes high and long lasting. The creation of computational tools, such as Geographic Information Systems (GIS), made it possible to assist in solving these rework problems. There was an exponential advance in the area of geotechnology and results in increasingly improved technological alternatives available to users. The present article aims to use such computational tools and resources for topographic data analysis, identifying the procedures for conventional topography calculus of the Topography discipline, as well as evaluating the operational requirements of the software related to geoprocessing. All this from the field surveys in order to obtain data for processing in software. In order to subsidize and encourage the use of technological resources, which are slightly used at the Mackenzie Presbyterian University (UPM) School of Engineering (EE) at the moment, generating didactic materials should assist the use of these resources. After the theoretical study of geoprocessing software, as well as the analysis and comparison of the study methods (conventional topographic and the use of geoprocessing software), it was verified how effective and viable is the use of computational tools and software. geoprocessing. The computational treatment proves to be advantageous to surpass the methods, often considered old.

Keywords: Topograph. Geoprocessing. Topographic softwares

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico promoveu mudanças perceptíveis na vida do homem contemporâneo. As novas possibilidades de comunicação surgiram devido às transformações de técnicas e objetos, que conseqüentemente culminaram na “compressão do tempo e espaço”, ou seja, as distâncias encurtaram e o momento de espera diminuiu significativamente.

Com a revolução técnico-científica diversos conceitos foram introduzidos mundialmente, o mais importante deles, que deu origem à tecnologia que utilizamos atualmente, foi a Globalização em cujo período foram criados produtos tecnológicos, meios de transportes e comunicação, e uma infinidade de recursos que facilitam e melhoram o cotidiano de milhares de pessoas ainda hoje.

Neste contexto, o advento da imagem tem sido uma ferramenta essencial para a comunicação e, atrelada às recentes inovações tecnológicas, possibilitam a elaboração de representações cartográficas ainda mais aprimoradas e exatas para nosso uso. A Cartografia tem como principal requisito o uso da Topografia, e é por meio dela que se torna possível a interpretação de mapas e outras representações geográficas a partir da coleta de dados em uma superfície terrestre. Neste sentido, quando um indivíduo se torna “cartograficamente” informado, ele é capaz de buscar contato com novos instrumentos e tecnologias para adquirir, processar e expor informações sob uma perspectiva espacial, habilidade que se torna inerente nos dias atuais (VIEIRA, 2001).

Sustenta-se por esse motivo a relevância deste trabalho. A Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) detém recursos e ferramentas computacionais, os quais não estão sendo totalmente aproveitados e explorados de forma acadêmica, pois não estão em uso atualmente. Esta pesquisa visa demonstrar a utilização dessas ferramentas computacionais em atividades relacionadas à Topografia, ao estimular o uso de *softwares* de geoprocessamento para a análise de dados topográficos, de forma a identificar os principais procedimentos para o desenvolvimento da análise de dados, ao avaliar a facilidade operacional dos *softwares* de geoprocessamento, verificar os mecanismos necessários para a elaboração dos cálculos topográficos, além de gerar material didático relativo aos recursos estudados.

É importante que se demonstre as vantagens e desvantagens do uso de ferramentas computacionais e *softwares* de geoprocessamento, para que o estudante inserido no curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia (EE) perceba o quão é necessário estar rodeado de novas tecnologias, estar em contato com elas e possuir conhecimento sobre as

mesmas. Dessa forma, o futuro engenheiro tem a possibilidade de adaptação e renovação acerca das exigências do mercado de trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção visa definir os principais conceitos sobre Topografia e os Sistema de Informações Geográficas (SIG), realizar o estudo teórico acerca dos *softwares* de geoprocessamento: *TopoGRAPH*, *QGIS* e *DataGeosis*, e em especial este último. Os projetos utilizados no estudo foram selecionados e analisados tendo como base o que foi visto na disciplina de Topografia, são eles: Modelo Digital de Terreno (MDT), cálculo de curvas horizontais e geração de curvas de nível. Também foram feitas análises de dados levantados em campo, através dos projetos: cálculo de poligonal e estudo da correção de dados do *GNSS*.

2.1 TOPOGRAFIA E SIGs

A Topografia constitui-se do estudo e representação de uma pequena porção da superfície terrestre em escala adequada, por meio de informações quantitativas: ângulos, distâncias, cotas, desníveis e análise de informações qualitativas: o que pode existir em certo lugar. Dessa forma, busca-se a obtenção de dados que permitam identificar a geometria da região levantada (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012).

Apesar de inúmeras vezes o uso da Topografia ser imperceptível, ela está constantemente presente em diversas situações do cotidiano. E por mais que seu conceito seja simples, a Topografia pode ser desmembrada em dezenas de tópicos distintos, tornando-a complexa pela sua extensa forma de abordagem.

A Topografia, pertence a um dos principais campos das Geociências, que contribui para a análise e estudo da superfície terrestre. Juntamente a este campo, estão: a Geodésia, a Fotogrametria e o Sensoriamento Remoto.

A Topografia é normalmente dividida em Planimetria e Altimetria. A Planimetria é constituída de medições de grandezas no plano horizontal, ou seja, todas aquelas que podem ser representadas em uma superfície e já a Altimetria, não é possível se representar desta maneira, pois constitui-se de medições de grandezas no plano vertical (BORGES, 2013).

Essas medições são coletadas através de equipamentos topográficos, dentre os comumente utilizados, estão: o teodolito, o nível (ótico ou a laser), a estação total e o *Global Navigation Satellite System (GNSS)*.

O teodolito constitui-se de um aparelho medidor de ângulos, existindo a versão mecânica como também a eletrônica, que possibilitam a medição de distâncias verticais e

horizontais de um ponto a outro. Já o nível, como o próprio nome delata sua função, mede o desnível do relevo do terreno, a partir da leitura entre pontos de alturas diferentes através de uma mira numérica, como é o caso do ótico, ou por meio de uma mira de código de barras, como é feito no nível a laser.

A estação total constitui-se de um equipamento que agrega todas as outras funções dos demais equipamentos topográficos apresentados anteriormente. Portanto, é possível medir: ângulos, distâncias, cotas e desníveis. Durante o posicionamento do aparelho é necessário se atentar de que todos os pontos de interesse na área devam ser visualizados.

O GNSS corresponde a um equipamento coletor de dados de posicionamento geográfico (latitude, longitude e altitude, por exemplo), representado pela Figura 1. Composto essencialmente por dois receptores GNSS, base e móvel; um coletor de dados e um rádio de comunicação. Não sendo necessária a visão geral dos pontos de interesse em campo.

Atualmente existem diversas formas de uso do GNSS, as mais conhecidas e utilizadas são: modo RTK (*Real Time Kinematic*) e modo estático. O primeiro método caracteriza-se por fazer a correção dos dados simultaneamente à coleta dos pontos, enquanto que no segundo, há um pós-processamento ou pós-correção desses mesmos dados. A vantagem do modo estático reside em inserir pontos de apoio georreferenciados, que também podem ser utilizados como pontos de controle para processamento de imagens coletadas por meio de um *drone* (FORTUNATO, 2018).

Figura 1 – Receptor GNSS.

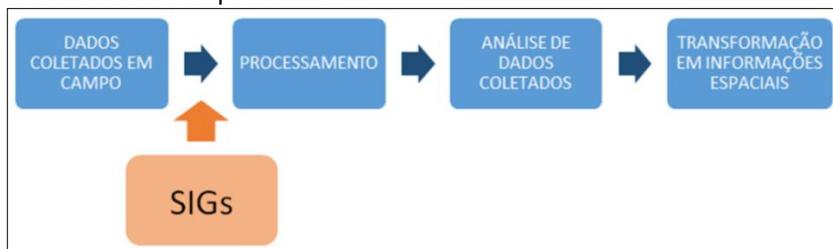


Fonte: ALEZI TEODOLINI (2018)

Após a aquisição dos dados quantitativos, se torna fundamental a etapa de estudo dos dados qualitativos, produzidos através dos *softwares* topográficos. Os SIGs (Sistema de Informações Geográficas) armazenam as informações geográficas e promovem o seu tratamento através de análises matemáticas e computacionais, transformando-as em informações espaciais de forma ágil e com grande precisão. É apresentado durante esse processo, resultados como: mapas altimétricos, curvas de nível, perfil de terreno, modelo

tridimensional, ajuste de curvas (vertical e horizontal) etc., os quais colaborarão para o mapeamento e representação do local de interesse, como ilustrado no Diagrama 1.

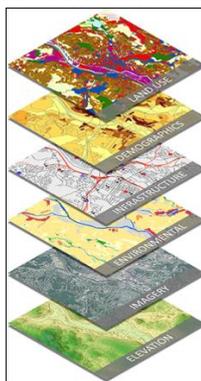
Diagrama 1 – Estudo dos dados qualitativos.



Fonte: elaborada pela autora.

Define-se Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como “um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos” (ROCHA, 2007). Esse sistema pode ser representado através de camadas (*layers*) vetoriais e matriciais sobrepostas umas às outras geograficamente, como representadas na Imagem 1.

Imagem 1 - Camadas de dados representados em um SIG.



Fonte: Chamaleon Geotecnologias (2015)

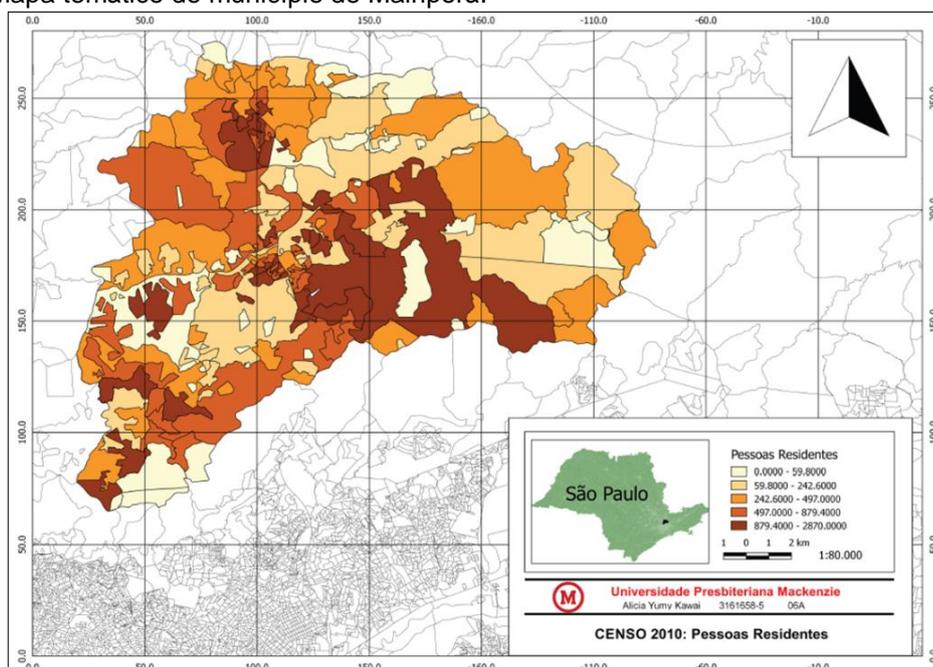
O conjunto dessas camadas por sua vez gera um mapa. As imagens vetoriais são formadas através de feições geométricas, ou seja, pontos, linhas e polígonos, e seu armazenamento é feito em formato *shapefile*. Já as imagens matriciais, ou também denominados *raster*, constituem-se de uma matriz, composta por linhas e colunas, a partir de suas interseções surgem os pixels (*picture cells*), e o armazenamento de uma imagem matricial é feito em formato *Geotiff* (PEREIRA, 2017).

O surgimento dos SIGs é datado da década de 1960, porém foi de fato, na década de 1970, que houve o começo de sua utilização. E em 1980, foi o período de comercialização e propagação desta ferramenta mundialmente (CASTANHO; TEODORO; SILVA, 2012). Contudo, somente em 1980, que a geotecnologia foi introduzida em terras

brasileiras, e posteriormente motivou grandes grupos de pesquisas interessados na criação e desenvolvimento dessa ciência, de acordo com Ortiz (2017).

Tem-se como exemplo o Mapa 1, no qual é retratado o mapa temático elaborado ao longo da disciplina de Geoprocessamento da EE na UPM por meio do *software* QGIS, com a finalidade de representar de forma categorizada as pessoas residentes no município de Mairiporã a partir do banco de dados disponibilizado na página do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), durante o Censo Demográfico de 2010.

Mapa 1 – Mapa temático do município de Mairiporã.



Fonte: elaborado pela autora.

Para que haja a representação da superfície terrestre, é característico de um SIG o uso de projeções cartográficas. Elas são escolhidas com base nos critérios de interesse de cada estudo geográfico. E vale ressaltar que não existem projeções cartográficas livres de deformações ou distorções, pelo fato de se querer demonstrar uma superfície esférica em uma superfície plana (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012).

A projeção cartográfica mais usual nos estudos de Geoprocessamento é a denominada UTM (Universal Transversa de Mercator), que corresponde à projeção cilíndrica da Terra pela divisão em 60 fusos, ou zonas, de 6° de longitude cada e a divisão da latitude em zonas de 4° cada.

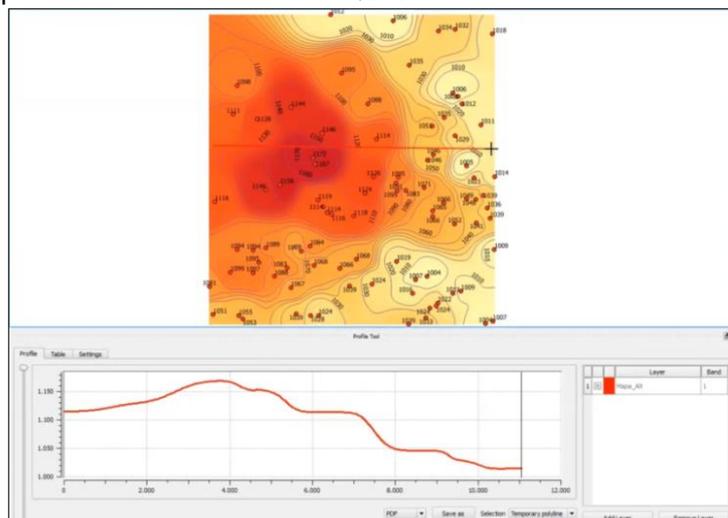
Tendo em vista a crescente diversidade de *softwares* disponíveis no mercado para o estudo do geoprocessamento, será utilizado neste artigo o *software* DataGeosis Office como ferramenta de processamento. E servirá de recurso para comparação entre os métodos atualizados dos métodos convencionais topográficos.

2.2 QGIS

O Quantum Geographic Information System (QGIS) é um sistema gratuito e de código aberto, o que significa que o código do *software* está disponível para instalação por qualquer pessoa, de modo que existe a colaboração por participantes e desenvolvedores do *software*, possibilitando um maior registro de atualizações de acordo com os problemas encontrados por cada usuário-participante. Ele foi desenvolvido pela *Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)*. O QGIS pode ser instalado em sistemas operacionais como: *Linux, BSD, MAC OSX, Windows e Android* (QUANTUM GIS, 2018).

Dentre os principais recursos deste *software* estão: a interpolação de dados, a construção de mapas altimétricos, a geração de curvas de nível e a criação de perfis de terreno, representado pela Tela 1.

Tela 1 – Projeto de perfil de terreno no *software* QGIS.



Fonte: elaborado pela autora.

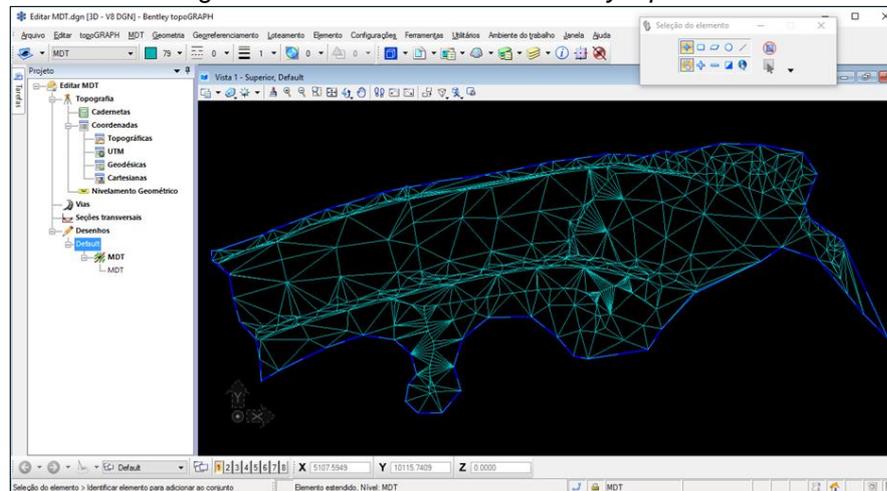
2.3 TOPOGRAPH

O sistema *topoGRAPH* é pago, havendo um gerenciamento de licença. Ele foi desenvolvido por uma empresa topográfica nacional, porém obteve destaque no mercado, de modo que foi adquirido pela *Bentley Systems*. O *Bentley topoGRAPH* pode ser instalado apenas no sistema operacional *Windows*, sendo eles *Windows 7* ou superior (exceto *Windows NT, Windows 9x series* não são suportadas), de acordo com o website *Bentley Communities*, criado para sanar as dúvidas dos usuários e contribuir no suporte técnico do *software*, além de disponibilizar gratuitamente tutoriais em vídeo de projetos topográficos com a nova atualização do *Bentley topoGRAPH* em seu *website*.

O *software* possibilita ao usuário utilizar ferramentas como: cálculos de poligonais e irradiações, nivelamento geométrico, desenho de planimetria, modelo digital de terreno

(MDT) representado pela Tela 2, geração de curvas de nível, módulo gráfico – CAD 3D, entre outras.

Tela 2 – Projeto de modelo digital de terreno no *software Bentley topoGRAPH*.



Fonte: BENTLEY SYSTEMS INCORPORATED (2018)

2.4 DATAGEOSIS OFFICE

É um sistema pago, por meio da compra da chave de licenciamento. Foi desenvolvido pela Alezi Teodolini, uma empresa nacional. O *DataGeosis Office* possui diversas versões de *softwares*, sendo utilizada a versão de Demonstração neste trabalho, e de acordo com o website da Alezi Teodolini o *software* pode ser instalado apenas no ambiente *Windows*, aceitando *Windows 95/98* ou versões superiores. O *DataGeosis Office* disponibiliza gratuitamente tutoriais em vídeo de projetos topográficos na plataforma Youtube. Esta ferramenta possui funções que estão diretamente relacionadas ao conteúdo da disciplina de Topografia, são algumas delas: cálculos de poligonais, criação de Modelo Digital de Terreno (MDT), cálculo de curvas horizontais, geração de curvas de nível etc.

Os projetos foram selecionados a partir do critério de atendimento do *software DataGeosis Office*, baseados nos temas de projetos vistos nas disciplinas de Topografia e durante o Acampamento de Topografia, realizadas na 5ª etapa do curso de Engenharia Civil, de modo que foi feita a comparação entre os métodos convencionais topográficos e os métodos em que o uso de um *software* de geoprocessamento é necessário.

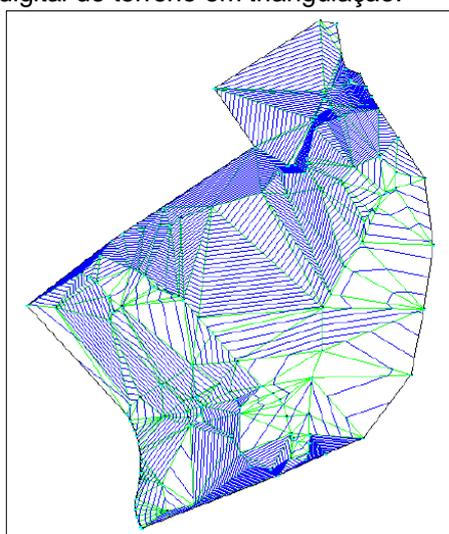
2.4.1 Modelo Digital de Terreno (MDT)

Neste tópico será abordada a geração do modelo digital de terreno (MDT), técnica unicamente aplicável através da utilização do *software* de geoprocessamento. Esta etapa é indispensável para a obtenção dos demais projetos utilizando-se o *software DataGeosis Office*.

A geração do MDT é necessário para que possam ser realizados os projetos de curvas horizontais e curvas de nível, ao gerar os cálculos de áreas superficiais, os cálculos de volume, os mapas de declividades e os perfis de terreno.

A determinação do MDT é feita através do método de triangulação de atributos e feições a partir de uma tabela de pontos, levando em consideração um Sistema de Referência de Coordenadas (SRC). De acordo com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (2013), “a determinação de coordenadas, a partir do método da triangulação, é obtida por meio da observação de ângulos formados entre os alinhamentos de vértices intervisíveis de uma rede de triângulos”, ilustrada pela Imagem 2.

Imagem 2 – Projeto de modelo digital de terreno em triangulação.



Fonte: Adaptado de *DataGeosis* (2018)

2.4.2 Cálculo de Curvas Horizontais

O conceito de curva horizontal está diretamente relacionado à construção de estradas de rodagem e rodovias. Um aspecto importante para a criação das mesmas é o chamado traçado geométrico horizontal, que consiste em estabelecer o formato para o eixo da estrada ou rodovia, conciliando as características técnicas (velocidade da via de projeto, declividade da via, superelevação máxima etc.) formalizadas no projeto, a fim de gerar um conjunto de dados topográficos que facilite o reconhecimento do local e assim, contribua para a locação em campo.

O método convencional topográfico para o cálculo de curvas horizontais requer um mapa cartográfico local ou carta geográfica, obtido através de um instituto que disponha de um banco de dados geográficos, como exemplo o IBGE, para que assim, possa ser desenhado o traçado geométrico no mapa cartográfico, e para que as coordenadas geográficas a partir da projeção UTM sejam reconhecidas. A declinação magnética deve ser levada em consideração, se for o caso da utilização de uma carta geográfica desatualizada.

Por meio do desenho do traçado geométrico, o usuário deve obter dados, como: identificação de estacas, determinação dos elementos geométricos da curva e das coordenadas de pontos notáveis (ponto de início da curva circular, ponto de inflexão da curva circular, ponto de origem do raio da curva, ponto final da curva circular, ponto inicial da curva de transição, ponto final da curva de transição etc.).

Enquanto no método atualizado com *software DataGeosis Office*, o mapa cartográfico local pode ser substituído pelo modelo digital de terreno, o qual armazena as coordenadas registradas em campo, e assim gera um projeto em triangulação baseado no conjunto de dados (filtros, atributos, feições etc.) dos pontos. A abertura desse projeto é realizada na plataforma CAD do *software* de geoprocessamento.

A partir do MDT, cria-se então o desenho do traçado geométrico para a curva horizontal de interesse. Adotando-se um Ponto de Inflexão Horizontal (PIH), e admitindo-se características técnicas previamente formalizadas no projeto: velocidade da via de projeto (Km/h), superelevação máxima (%) e coeficiente de atrito transversal da via. Essas características técnicas representam os fatores de influência para o valor do raio mínimo da curva horizontal circular.

É preciso retratar que o método convencional de se obter os cálculos da curva horizontal requer a experiência profissional do engenheiro incumbido no projeto. A determinação do raio mínimo da curva representaria uma das etapas que requer uma maior experiência do engenheiro para a determinação do raio. Diferentemente do método convencional, o método com a utilização do *software* de geoprocessamento oferece somente um valor de raio mínimo, dependente das características técnicas formalizadas no projeto. Além dessa vantagem, outra seria a possibilidade de escolha de parâmetros relacionados à curva, optando-se entre uma curva circular, curva circular composta, curva de transição ou uma curva de transição composta. Além de caracteriza-la como sendo simétrica ou assimétrica, aspecto este que seria inviável ao método convencional topográfico, já que no início dos cálculos é admitido uma curva inteiramente simétrica.

2.4.3 Geração de Curvas de Nível

De acordo com Ghilani e Wolf (2015) uma curva de nível “é uma linha que conecta pontos de mesma elevação”. O seu uso é comumente visto em projetos de mapeamento, pois a principal característica de interesse nesses projetos são os relevos.

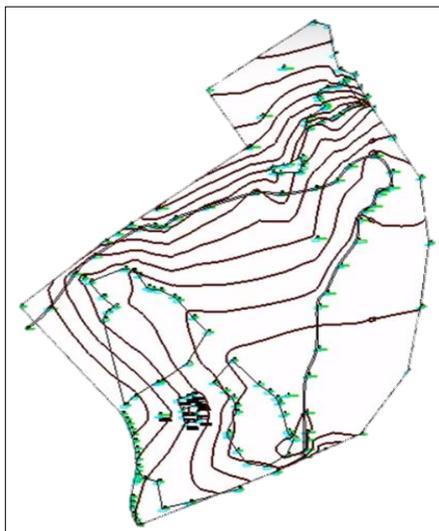
Como para o cálculo das curvas horizontais, a geração de curvas de nível por meio do método convencional topográfico também requer de um mapa cartográfico local, cuja projeção da região de interesse, estão presentes as curvas de nível. No entanto, o usuário do método convencional deve sempre estar atento e ciente para interpretar os elementos

presentes na carta topográfica. Como da existência de residências em áreas urbanas, residências em áreas rurais, a presença de rios ou córregos e mesmo de represas e barragens, muitas vezes existindo autoestradas, estradas pavimentadas, estradas sem pavimentação até mesmo estradas de ferro.

Enquanto que para os adeptos do método atualizado com *software* de geoprocessamento, assim como no cálculo das curvas horizontais, é necessária a criação prévia do modelo digital de terreno, o qual funcionará como pré-requisito para a geração das curvas de nível na área de interesse. Utiliza-se então a ferramenta modelagem para se criar as curvas de nível.

As curvas de nível retratam a topografia do terreno e permitem identificar a superfície do terreno levantado, como representada na Imagem 3. A modelagem é obtida através do registro de pontos ou mesmo de uma caderneta virtual que contenha os atributos necessários, ou seja, os elementos técnicos descritos. Esses atributos são agregados a partir da semelhança de feições e assim, são dispostos em camadas diferentes para serem interpretados.

Imagem 3 – Projeto de curvas de nível do terreno.



Fonte: Adaptado de *DataGeosis* (2018)

As camadas podem ser configuradas como: camadas das linhas de fronteira, em que se determina o limite desejado para o terreno de interesse, e camadas das linhas de exclusão, onde não se deseja gerar curvas de nível, pela presença de algum elemento técnico. Durante o processo de modelagem é possível inserir as cotas das curvas de nível, mediante a triangulação das coordenadas, realizada pelo modelo digital de terreno.

É importante ressaltar que existe o desprendimento de aspectos, se comparado ao método convencional topográfico, como da total atenção do usuário por parte dos elementos

presentes em um modelo digital de terreno, bastando o conhecimento de conceitos como: área limite e área de exclusão, para o terreno de interesse.

Para o desenvolvimento dos projetos foram utilizados:

- *software DataGeosis e software GNSS Solutions* que correspondem aos *softwares* de geoprocessamento de dados, disponibilizados no Laboratório de Geotecnologias (LABGEO);
- estação total, RUIDE R2, cedida pelo Gabinete de Topografia da EE e utilizada na obtenção de dados medidos dentro do campus Higienópolis;
- GNSS cedido pelo LABGEO e utilizado na obtenção de dados medidos dentro do campus Higienópolis como forma de comparação entre aparelhos;
- bancos de dados da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS), disponibilizados gratuitamente pelo IBGE.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Ghilani e Wolf (2015) “uma poligonação é uma série de alinhamentos consecutivos cujos vértices foram marcados no campo e cujos comprimentos e direções foram determinados a partir de observações”.

Neste estudo foi feita a adoção dos dados do projeto executado em campo durante o Acampamento de Topografia, no qual era proposto o levantamento planimétrico de uma poligonal com estação total.

De acordo com o método convencional topográfico, foi necessário o registro de dados através de uma caderneta de campo, coletando-se informações como: estaca, ponto visado, ângulo horizontal à direita, distância entre estacas e rumos. A partir disso, foram calculadas as coordenadas parciais, verificando-se o erro de fechamento angular e propondo a distribuição do erro pelas menores distâncias entre estacas. Verificou-se o erro de fechamento linear que posteriormente foi distribuído e então as coordenadas parciais foram corrigidas. Foi necessário que se obtivesse o ponto mais a oeste, assim as coordenadas totais foram calculadas.

Para realizar o cálculo de área foram apresentadas 2 formas, durante o curso de Topografia, através do: cálculo por Duplas Distâncias Meridianas (DDM) ou do cálculo pelo método das coordenadas dos vértices. E somente na presença destes dados seria possível desenhar a poligonal, de forma que ela estivesse totalmente corrigida.

Contrariamente ao método convencional topográfico, ao se fazer uso do método com auxílio do *software* de geoprocessamento, o registro de dados pode ser feito diretamente no

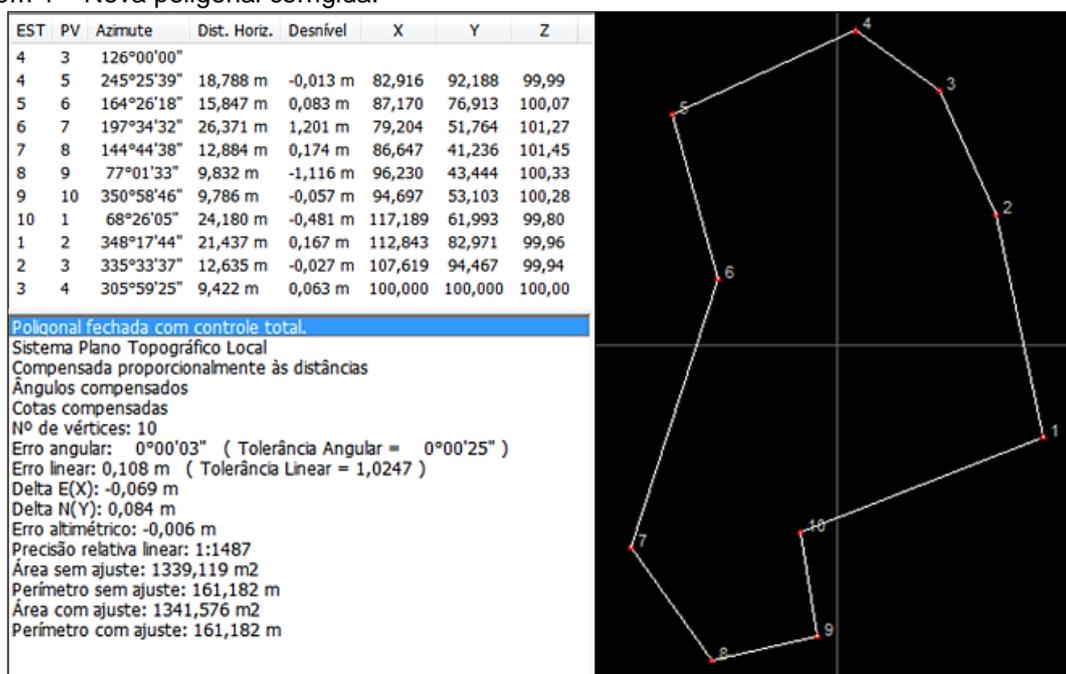
aparelho, no qual se cria um memorial de trabalho, que passa a receber os dados de campo a partir dos comandos e atributos inseridos pelo usuário. Desta forma, existem 2 maneiras para se promover a exportação do memorial de trabalho realizado em campo, são elas: através de um cartão de memória SD ou através de um cabo serial, cujo equipamento é diretamente conectado a um computador, maneira escolhida para esta pesquisa.

Foi utilizado o *software DataGeosis Office* para o processamento de dados. Ao ser criado um novo projeto, a exportação do memorial de trabalho pode ser feita através do recebimento de dados, gerando uma caderneta de campo virtual. Durante a exportação do memorial, é importante que o equipamento utilizado em campo seja selecionado no *software* para que os dados em exportação sejam interpretados na caderneta de campo de forma correta.

Após ser criada a caderneta de campo, o recurso poligonal pode ser selecionado, o próprio *software* dará alternativas de sequência para os pontos, a partir da interpretação dos possíveis tipos de poligonal.

O método de ajustamento da poligonal escolhido foi proporcional às distâncias, gerando-se assim uma nova janela com as compensações (linear e angular) revisadas e criando-se a nova poligonal corrigida, como representada pela Imagem 4.

Imagem 4 – Nova poligonal corrigida.



Fonte: elaborada pela autora.

Portanto, o método para utilização do *software* topográfico, mostra-se mais eficaz do que o convencional local, já que pode informar uma quantidade maior de resultados em

curto período de tempo, são eles: erro de fechamento angular, linear, linear relativo e altimétrico; erro de eixo X (delta E); erro de eixo Y (delta N); perímetro e área.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O GNSS é um instrumento geográfico que possui a capacidade de captar sinais transmitidos por um conjunto de satélites no espaço, assim se obtém dados referentes ao posicionamento e temporização de um determinado ponto tanto na superfície terrestre quanto no ar. É normalmente utilizado em projetos de levantamentos planialtimétricos, no entanto durante a coleta dos pontos, o GNSS pode apresentar grandes erros se comparado aos aparelhos topográficos convencionais (no caso, estação total). Neste sentido, tendo em vista os erros obtidos em campo, é possível realizar a correção das coordenadas desses pontos por meio do banco de dados do IBGE, utilizando-se a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC).

Para este estudo foi proposta a etapa de comparação entre dados adquiridos pela estação total, pelo GNSS (sem correção de dados) e pelo GNSS com as coordenadas corrigidas com base nas estações da RBMC. Desta maneira foram coletados dados dos pontos localizados no campus Higienópolis da UPM, na área externa do Centro de Rádio-Astronomia e Astrofísica Mackenzie (CRAAM). Inicialmente foram coletados os pontos através da estação total, com o auxílio do registro de caderneta de campo, representada pela Tabela 1.

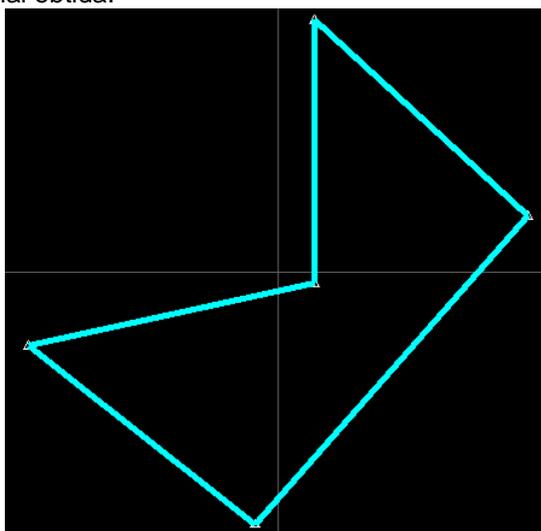
Tabela 1 – Levantamento de pontos através da estação total.

ESTACA	ALTURA INSTRUMENTO (m)	ÂNGULO HORIZONTAL	ÂNGULO VERTICAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL (m)	DISTÂNCIA VERTICAL (m)	N (Y)	E (X)	Z	DESNÍVEL (m)	COTA
5										
1	1,51	257°42'50"	89°53'25"			-3,023	-13,882	0,027		
2				14,207	0,027				0,037	0
1										
2	1,51	50°47'15"	89°44'40"			8,831	10,823	0,062		
3				13,969	0,062				0,072	0,037
2										
3	1,51	92°51'50"	91°01'00"			-1,003	20,047	-0,356		
4				20,072	-0,356				-0,346	0,109
3										
4	1,51	91°21'40"	89°30'00"			-0,334	14,051	0,122		
5				14,055	0,122				0,132	-0,237
4										
5	1,5	47°09'50"	89°31'50"			8,742	9,429	0,105		
1				12,858	0,105				0,105	-0,105
										0

Fonte: elaborada pela autora.

A partir do *software* de geoprocessamento *DataGeosis Office* foi elaborado o projeto de cálculo de poligonal, para se obter os erros correspondentes às coordenadas levantadas com a estação total e também o desenho da poligonal. representada pela Tela 3. Inicialmente configurou-se o equipamento, utilizado em campo, no *software* de acordo com as especificações técnicas presentes no manual, foram inseridos os valores de precisão total do equipamento e sua precisão linear.

Tela 3 – Formato da poligonal obtida.



Fonte: elaborada pela autora.

Os dados dos pontos coletados em campo foram inseridos manualmente na caderneta de campo do *software*. O recurso “poligonal” foi utilizado, mediante descrição no tópico Cálculo de Poligonal neste mesmo artigo. A poligonal foi compensada proporcionalmente às distâncias, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 – Correção dos pontos de levantamento pelo *software DataGeosis Office*.

ESTACA	ALTURA INSTRUMENTO (m)	ÂNGULO HORIZONTAL	ÂNGULO VERTICAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL (m)	DISTÂNCIA VERTICAL (m)	N (Y)	E (X)	Z	DESNÍVEL (m)	COTA
5										
1	1,51	257°43'22"	89°53'25"			-3,023	-13,882	0,027		
2				14,207	0,027				0,037	0
1										
2	1,51	50°50'30"	89°44'40"			8,831	10,823	0,062		
3				13,969	0,062				0,072	0,037
2										
3	1,51	92°52'08"	91°01'00"			-1,003	20,047	-0,356		
4				20,072	-0,356				-0,346	0,109
3										
4	1,51	91°21'42"	89°30'00"			-0,334	14,051	0,122		
5				14,055	0,122				0,132	-0,237
4										
5	1,5	47°12'18"	89°31'50"			8,742	9,429	0,105		
1				12,858	0,105				0,105	-0,105
		540°00'00"								0

Fonte: elaborada pela autora.

Comparando as Tabelas 1 e 2, é possível observar, que as maiores diferenças do valor absoluto angular estão presentes nas menores distâncias horizontais.

Portanto, as distâncias horizontais entre estacas tanto para o projeto sem correção quanto para o projeto corrigido permanecem as mesmas, de modo que são alterados somente os ângulos horizontais.

É importante ressaltar a diferença de sistemas de coordenadas para a comparação de dados entre a estação total e o *GNSS*. A estação total é definida em um Plano Topográfico Local (PTL), no qual utiliza-se um Sistema de Coordenadas Terrestres Local, enquanto que o equipamento *GNSS*, é definido a partir da Geodésia Espacial, no qual faz

uso do Sistema de Coordenadas Geodésico Cartesiano Tridimensional ou Sistema de Referência de Coordenadas, considerando-se a curvatura terrestre, a qual implica em deformidades nas projeções, erros sistemáticos e “[...] conduz a distorções incompatíveis com a exatidão requerida em muitos trabalhos de engenharia” (DAL’FORNO, 2010).

Todavia, os erros, as deformidades e distorções, tornam-se ferramentas de aprimoramento de estudo por alternativas tecnológicas, transformando-os em dados passíveis de correção. Desta forma, nesta parte do artigo, desenvolveu-se a correção de dados do mesmo levantamento realizado pelo GNSS através das estações da RBMC pertencentes ao IBGE.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018), a RBMC constitui-se de um “conjunto de estações geodésicas, equipadas com receptores GNSS de alto desempenho, que proporcionam, uma vez ao dia ou em tempo real, observações para a determinação de coordenadas”. O IBGE disponibiliza gratuitamente o acesso ao registro dessas estações, que permanecem fixas e possuem posicionamento bem definido, o que confere dados de alta precisão, por meio do cadastro no website, no qual é possível se fazer o *download* de dados baseado nas estações operacionais mais próximas da região de estudo.

Durante o estudo do GNSS, foi realizado um levantamento por posicionamento relativo estático nas dependências do CRAAM. No posicionamento relativo estático é necessário que se tenha os dados da coordenada do chamado vértice de referência, para se obter a coordenada do vértice de interesse, de modo que os receptores, alocados no vértice de referência e no vértice de interesse, permaneçam estáticos durante a sessão de rastreamento. É característico que este tipo de levantamento se estenda por um longo período de tempo (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, 2013).

Através da tabela fornecida pelo INCRA, denominada Características Técnicas para Posicionamento Relativo Estático (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, 2013), pode ser estimado o tempo necessário para a sessão de posicionamento em função da distância entre o vértice de referência e os locais das estações da RBMC.

O registro das coordenadas foi extraído através de um dos receptores do GNSS denominado base, posicionado no vértice de referência. Foi feito o *download* dos arquivos convertidos para o estado bruto do levantamento realizado.

Para que o arquivo bruto fosse interpretado, foi necessária a utilização do *software* GNSS Solutions. Durante o processamento no *software*, somente um ponto foi inserido, o qual representaria o posicionamento do receptor do GNSS de base, ou seja, o vértice de

referência. Uma vez ajustada a posição do vértice de referência, todos os demais vértices são deslocados igualmente.

É necessário para a correção de dados por meio da RBMC, o conceito de triangulação de bases, o qual constitui-se de três vértices de referência, sendo um deles representado pela coordenada de posicionamento do receptor base do GNSS, e as outras duas representam as estações operacionais pertencentes à RBMC dispostas pela região de interesse. Verificou-se as estações operacionais mais próximas, e foram escolhidas: São Paulo – POLI e a São Paulo – EACH, representado pela Imagem 5, mediante o período de tempo de coleta dos pontos.

Imagem 5 – Triangulação dos vértices de referência.



Fonte: elaborada pela autora.

Desta maneira, foram realizados os *downloads* dos registros de dados e os relatórios das estações, respectivos ao dia do levantamento em campo, 05 de Setembro de 2018. Estão contidos no arquivo de registro os dados referentes a cada estação, os dados das estações foram inseridos no *software* de geoprocessamento, *GNSS Solutions*.

A partir do projeto criado, foi possível realizar um relatório descritivo, o qual apresentava informações como: o posicionamento das estações operacionais, interpretadas como pontos de controle, a correção da coordenada de posicionamento do receptor base do GNSS, assim como o seu erro escalado para 95%, etc. Mediante a comparação de dados, representada pela Tabela 3, verificou-se que a maior diferença absoluta está presente na coordenada Z, ou então interpretada como cota do terreno. A variação em termos das coordenadas N e E, permanecem na casa dos centímetros, e mesmo admitindo-se 95% de erro em relação às coordenadas corrigidas, o valor numérico do erro ainda permanece desprezível.

Tabela 3 – Comparação de dados do GNSS sem correção e com correção pela RBMC.

COORD. ESTACA BASE	SEM CORREÇÃO (m)	COM CORREÇÃO RBMC (m)	DIFERENÇA ABSOLUTA (m)	95% DE ERRO	DESVIO MÉDIO (%)
N	7.394.909,138	7.394.908,358	0,780	0,009	0,000011
E	331.361,907	331.362,397	0,490	0,006	0,000148
Z	803,388	806,982	3,594	0,013	0,445363

Fonte: elaborada pela autora.

Os resultados obtidos representam para a conclusão desta parte da pesquisa, que as condições apresentadas através dos dados coletados pelo GNSS sendo corrigidos pela

RBMC não influenciam o formato geométrico da poligonal e sim, partem do princípio de que a correção dos erros é distribuída nos demais vértices da poligonal, de modo que o posicionamento total do polígono é alterado, havendo o completo deslocamento do desenho, no entanto permanecendo o seu formato inicial.

A tabela 4 ilustra um comparativo entre os levantamentos realizados com a Estação Total e GNSS.

Tabela 4 – Comparativo de resultados do levantamento da Estação Total e GNSS.

ESTACA	Correção ET CRAAM		Correção GNSS CRAAM		$\Delta\theta$ ÂNGULO HORIZONTAL	Δd DISTÂNCIA HORIZONTAL (m)
	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL (m)	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA HORIZONTAL (m)		
5						
1	257°43'22"		256°15'30"		01°27'52"	
2		14,207		14,203		0,004
1						
2	50°50'30"		51°01'22"		00°10'52"	
3		13,969		13,898		0,071
2						
3	92°52'08"		93°09'45"		00°17'37"	
4		20,072		20,084		0,012
3						
4	91°21'42"		92°12'57"		00°51'15"	
5		14,055		13,993		0,062
4						
5	47°12'18"		47°20'26"		00°08'08"	
1		12,858		12,975		0,117

Fonte: elaborada pela autora.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo apresentou a importância da utilização de ferramentas computacionais e *softwares* de geoprocessamento para a análise de dados topográficos. Durante o desenvolvimento deste trabalho à medida que foram utilizados os roteiros, projetos topográficos e as comparações entre os métodos convencionais e os métodos com o auxílio do *software* de geoprocessamento foram desenvolvidos. Os resultados apontados demonstram a relevância em pensar a questão da atualização de projetos e ainda, a geração de novos projetos topográficos que utilizassem os novos equipamentos e recursos computacionais disponíveis no Laboratório de Geotecnologias (LABGEO).

Após a análise dos resultados do levantamento realizado com os equipamentos Estação Total e GNSS, de acordo com a tabela 4, notou-se uma grande proximidade nos valores das distâncias horizontais obtidas para a poligonal estudada. No entanto, notou-se diferença significativa em termos de ângulo horizontal.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foi elaborado material didático relativo aos *softwares* com o objetivo auxiliar docentes e discentes da EE no tratamento e análise de dados topográficos. Alguns roteiros elaborados foram:

- exportação de dados coletados em campo através da estação total por intermédio do cartão de memória SD ou pelo cabo serial;
- importação dos dados de levantamento através da Estação Total e do GNSS para os softwares de geoprocessamento;
- elaboração de Modelos Digitais de Terreno (MDT), geração de curvas horizontais, criação das curvas de nível, entre outros;
- interpretação de dados registrados em campo da estação total, como também do GNSS;
- correção de dados de levantamento pela RMBC;
- entre outros.

Também sugere-se como trabalho futuro, um levantamento em uma área maior, utilizando uma poligonal como uma quantidade maior de vértices, para se comprovar o resultado aqui encontrado.

Outra sugestão é efetuar um levantamento em uma área com elementos de interferência, como árvores e edificações, e comparar com uma área livre de interferências.

6. REFERÊNCIAS

ALEZI TEODOLINI. Receptor GNSS STONEX S800. Disponível em: <<https://www.aleziteodolini.com/receptor-gnss/receptor-gnss-stonex-s800/>>. Acesso em: 04 jun. 2018

BENTLEY COMMUNITIES. Como criar e editar um MDT. Disponível em: <https://communities.bentley.com/communities/user_communities/bim_infraestrutura_brasil/w/topograph/29937/como-criar-e-editar-um-mdt >. Acesso em: 04 jun. 2018

BORGES, Alberto de Campos. Topografia Aplicada A Engenharia. 3. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 2013. 211 p.

CHAMALEON GEOTECNOLOGIAS. Geoprocessamento. 2015. Disponível em: <<http://chamaeleon.com.br/geoprocessamento/>>. Acesso em: 25 fev. 2017

CASTANHO R. B; TEODORO M.A; SILVA A.L. Geotecnologias e práxis no limiar do século XXI, 2012. Universidade Federal de Uberlândia. Acesso em: 26 ago. 2018

DAL'FORNO, Gelson Lauro et al. Transformação de Coordenadas Geodésicas em Coordenadas no Plano Topográfico Local pelos Métodos da Norma NBR 14166:1998 e o de Rotações e Translações. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 3, 2010, Santa Maria. Anais. Recife: Universidade Federal de Santa Maria, 2010. p. 1 - 7. Disponível em: <https://www3.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/Cad_Geod_Agrim/Geodesia%20e%20Agrimensura/A_62.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2018.

DATAGEOSIS OFFICE. Versões: DEMO. Disponível em:
<<http://www.datageosis.com/versao.cfm?id=7>>. Acesso em: 04 jun. 2018

FORTUNATO, J. C. Comparação entre topografia com Drones x topografia tradicional. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2018/06/26/artigo-comparacao-entre-topografia-com-drones-x-topografia-tradicional/>>. Acesso em: 27 jun. 2018

GHILANI, Charles D.; WOLF, Paul R. **Geomática**. 13. ed. São Paulo: Editora Pearson, 2015. 720 p.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). Manual Técnico de Posicionamento: georreferenciamento de imóveis rurais. 1ª. ed. 2013. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/certificacao-de-imoveis-rurais/manual_tecnico_de_posicionamento_1_edicao.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2018

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Atlas Geográfico Escolar. Capítulo 2 - Introdução à Cartografia. 6ª. ed. 2012. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv44152_cap2.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS – RBMC. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/rede-geodesica/16258-rede-brasileira-de-monitoramento-contiuo-dos-sistemas-gnss-rbmc.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 23 fev. 2018.

ORTIZ, J. O. Conceitos Básicos em Ciência da Informação. Disponível em: <ess.inpe.br/courses/lib/exe/fetch.php?media=cst-312-popea:aula1_cst.ppt>. Acesso em: 20 fev. 2017

PEREIRA, L. R. Utilização da Base de Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), 2017. Disponível em: <<http://labgeo.mackenzie.br/29233.html>>. Acesso em: 20 jul. 2018

QUANTUM GIS (QGIS). QGIS - A liderança do SIG de código aberto. Disponível em: <https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/index.html>. Acesso em: 04 jun. 2018

ROCHA, Cezar Henrique Barra. **Geoprocessamento - Tecnologia Transdisciplinar**. 3. ed. Juiz de Fora: Cezar Henrique, 2007. 220 p.

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

VIEIRA, E.F.C. **Produção de material didático utilizando ferramentas de Geoprocessamento**. 2001. 38p. Monografia (Curso de Especialização em Geoprocessamento)- Universidade Federal de Minas Gerais.

Contatos: aliciakawai@hotmail.com e magda.duro@mackenzie.br