

# O DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA GNSS E SUAS APLICAÇÕES NA TOPOGRAFIA

## 1. INTRODUÇÃO

A necessidade de se posicionar no espaço é uma preocupação do homem desde os primórdios das civilizações. A princípio, o homem dependia apenas da referência dos astros para se orientar, mas conforme era compreendido que ele precisava expandir seus limites territoriais, teve-se a necessidade de desenvolver novos métodos e equipamentos que o ajudassem na localização.

Um dos mais antigos instrumentos de orientação é a bússola e acredita-se que ela foi inventada pela antiga civilização chinesa. Na era das grandes navegações, ela teve um papel fundamental, pois deixou de ser um objeto místico e passou a ser usada no cálculo de rumos e azimutes, o que permitiu a descoberta de novas terras (MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS, 2010). Apesar de toda evolução provocada pela mesma, ela não era suficiente para determinar a localização geográfica (altitude, longitude e latitude), e o seu uso dependia da combinação de instrumentos que funcionavam através observações astronômicas - como o astrolábio, o octante e o sextante - e do cronômetro marinho. Entretanto, mesmo com esse uso combinado, era muito comum as embarcações se perderem nos oceanos (SILVA; SEGANTINE, 2015).

Apesar de outras ferramentas e técnicas de posicionamento serem desenvolvidas ao decorrer dos anos, foi apenas com a era eletrônica que o problema de acurácia da posição, velocidade e tempo foi resolvido através do lançamento de satélites artificiais no espaço que permitiram a localização de um ponto em qualquer parte do mundo. Assim surgiu o *Global Navigation Satellite System* (GNSS) ou Sistema Global de Navegação por Satélite, que revolucionou o conceito de mapeamento, localização e sincronismo de tempo (DELAZARI, 2005). O GNSS determina uma posição geográfica, basicamente, a partir do uso de três satélites que emitem sinais para um receptor. O receptor calcula a distância entre ele e os satélites através do tempo que cada sinal emitido demora para chegar ao receptor (Imagem 1) (McCORMAC; SARASUA; DAVIS, 2016).

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 Sistema de Posicionamento Global - GPS (do inglês, *Global Positioning System*) desenvolvido pelos Estados Unidos, sendo que o último é o mais utilizado. Em oposição à dependência da tecnologia e ao monitoramento estrangeiro, outros países estão desenvolvendo seus próprios sistemas, como GALILEO da Comunidade Europeia e o BEIDOU da China (VAZ; PISSARDINI; FONSECA JUNIOR, 2012).

A Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) também está desenvolvendo um sistema de posicionamento brasileiro, o Geolocal (KAUFMANN et al., 2012).

Imagem 1 – Determinação da posição geográfica através do GNSS



Fonte: (OFICINA DA NET, 2018)

### **1.1. Problema de pesquisa**

O avanço tecnológico trouxe novos desafios para o profissional, uma vez que a necessidade de se adaptar às novas tecnologias é uma exigência do mercado atual, pois elas garantem eficiência e praticidade. A tecnologia GNSS é um exemplo de quanto esse avanço impactou não apenas um mercado específico, mas toda sociedade.

Porém, no ambiente universitário, a falta de divulgação e estudos sobre essa tecnologia acaba limitando o potencial desse sistema de navegação, dificultando o acesso e o entendimento do mesmo. Além de compreender sua função e onde é eficaz aplicá-la, são necessários o estudo de seus equipamentos receptores e o desenvolvimento de materiais de orientação sobre o uso dos mesmos, pois a dificuldade de manuseio dos equipamentos acaba restringindo até mesmo aplicações práticas de conteúdos que poderiam ser trabalhados em sala de aula.

### **1.2. Justificativa**

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 adquiriu recentemente um moderno aparelho GNSS topográfico e dois drones que poderiam ser

explorados pelos alunos e docentes, porém não há o devido estudo e divulgação da tecnologia aplicada nesses receptores. Assim, há a necessidade de um estudo dessa ferramenta de forma que além do entendimento do mesmo, haja a demonstração de novas utilidades que resultem em um melhor aproveitamento dos aparelhos e da tecnologia GNSS, podendo assim, serem aplicadas em sala de aula e em futuras pesquisas científicas. O desenvolvimento de material didático (manuais, tutoriais, guias, etc.) pode colaborar para que os alunos e professores da Escola de Engenharia da UPM passem a compreender e utilizar o equipamento de forma plena e sem dificuldades.

### **1.3. Objetivos**

O principal objetivo deste trabalho é realizar um estudo da tecnologia GNSS, detalhando as suas aplicações, discutindo suas vantagens em relação a outros equipamentos e comparando as diferentes técnicas e métodos de posicionamento.

Os objetivos específicos são:

- compreender os diferentes métodos de posicionamento com a tecnologia GNSS;
- analisar a acurácia obtida no georreferenciamento de pontos e comparar com outras técnicas de levantamento em campo;
- comparar os diferentes métodos de correção dos dados levantados pelo aparelho GNSS;
- levantar características do GNSS, como precisão e facilidade de uso, e comparar com a estação total e outros equipamentos topográficos;
- identificar em quais tipos de levantamento a tecnologia GNSS pode ser aplicada;
- sugerir possíveis aplicações da tecnologia GNSS em sala de aula e em projetos de pesquisa;
- gerar material didático (tutoriais) do aparelho estudado de forma que qualquer pessoa tenha acesso e não tenha dificuldades em realizar as funções oferecidas pelo mesmo.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

A origem dos sistemas de navegação por satélite começa no contexto da Guerra Fria, por volta da década de 60, com o lançamento do primeiro satélite artificial, o Sputnik, responsável pelo início da corrida espacial entre os Estados Unidos da América (EUA) e a antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS). Pouco tempo depois, a força área americana lançou o sistema TRANSIT ou NNSS (do inglês, *Navy Navigation Satellite System*), que foi o primeiro sistema de navegação por satélite a ser usado operacionalmente usando os sinais de rádio emitidos por satélites artificiais. (CASACA; MATOS; DIAS, 2010)

Para resolver a deficiência de cobertura espacial e a baixa precisão proporcionada pelo sistema TRANSIT, os EUA desenvolveram o Sistema de Posicionamento Global (GPS), também conhecido pelo acrônimo NAVSTAR (do inglês, *Navigation System with Time And Ranging*). A alternativa da URSS ao GPS foi o GLONASS, que ficou completo na década de 90, mas não possuía cobertura global. Inicialmente, ambos os sistemas de satélites foram desenvolvidos com propósitos estritamente militares, mas conforme os avanços nos estudos e na tecnologia, eles foram incorporados para aplicações civis e hoje possuem, cada sistema, mais de 20 satélites funcionando operacionalmente com alcance mundial (CASACA; MATOS; DIAS, 2010).

A Comunidade Europeia está desenvolvendo o sistema GALILEO, que teve seu primeiro sinal transmitido em 2006, e diferentemente dos outros sistemas, foi concebido com a ideia de uso civil. A proposta é criar um segmento espacial que supere a utilização do sistema GPS. Em 2007, a China também iniciou o programa de lançamento do seu próprio sistema, o BEIDOU, também conhecido por Compass. Futuramente, com a implementação dos novos sistemas, os receptores terão mais benefícios, com a maior disponibilidade de satélites e melhor resultado de exatidão para as observações (McCORMAC; SARASUA; DAVIS, 2016).

O sistema de posicionamento brasileiro, denominado Geolocal, não faz uso de satélites. Ele possui bases em terra (pelo menos 4) e uma repetidora no ar, que pode estar a bordo de um balão, drone, nanosatélite ou qualquer outro tipo de aeronave. Este sistema está sendo desenvolvido pela Universidade Presbiteriana Mackenzie e já deu origem a diversas patentes (KAUFMANN et al., 2012).

Apesar da tecnologia GNSS ser popularmente explorada pelo GPS de automóveis, que oferece mapas e rotas para se chegar ao destino desejado, ela pode ser empregada em diversas áreas e possuir diferentes tipos de receptores. Atualmente, a utilização da técnica de levantamento em tempo real RTK (do inglês, *Real Time Kinematic*) garante ainda mais precisão geográfica do equipamento e o conhecimento instantâneo das coordenadas levantadas. Por este motivo, o uso de sistemas de navegação está sendo cada vez mais integrado em veículos aéreos não tripulados – VANTs como, por exemplo, os drones (DELAMURA, 2016).

Os drones são instrumentos aéreos que podem ser utilizados em múltiplas funções, como em atividades de recreação, pesquisa ou comércio, e no monitoramento de lugares que não se consegue alcançar com facilidade. Exemplo disso foi o acidente de Fukushima no Japão em 2011, onde os drones foram enviados com câmeras especiais instaladas para capturarem imagens do interior dos reatores danificados em um local onde o homem não conseguiria chegar devido ao alto risco de contaminação radioativa (GARRET, 2018).

Na topografia, os drones (Imagem 2) são utilizados para realizar levantamentos planialtimétricos e o GNSS é utilizado para determinar as coordenadas de pontos de controle

(detalhes do terreno estudado) que serão identificados posteriormente nas imagens aéreas feitas pelos drones para o georreferenciamento das mesmas. No mercado, é cada vez mais crescente a quantidade de drones que suportam a tecnologia GNSS, pois ela é responsável por executar o planejamento de voo, gravar a posição geográfica onde cada imagem foi capturada e processar os dados. Assim, o uso do drone se torna mais eficiente do que realizar um levantamento com uma equipe utilizando um GNSS topográfico (SILVA NETO, 2014)

Imagem 2 – Drones no levantamento topográfico



Fonte: BRASILAGRO (2018)

### **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 estão disponíveis todos os elementos necessários (GNSS, drones, computadores, softwares de geoprocessamento, equipamentos topográficos etc.). A seguir são descritas as etapas do projeto.

#### **3.1. Revisão de Literatura**

A revisão da literatura 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. 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, por exemplo, Sensoriamento

Remoto (SR), Sistema de Informação Geográfica (SIG), Sistemas de Referência de Coordenadas (SRC) e Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC).

### 3.3. Estudo da tecnologia GNSS

A tecnologia GNSS não é usada somente para o levantamento e o mapeamento de campo na Topografia e Cartografia, ela pode ser implementada em diferentes receptores e áreas de estudo como meio ambiente, aviação civil, telecomunicações, entre outros. O foco desse estudo é conceituar e identificar as diferentes aplicações dessa tecnologia e o estudo dela em receptores como o GNSS topográfico e os drones.

### 3.4. Estudo dos aparelhos que compõem o receptor GNSS topográfico

O GNSS topográfico (Imagem 3) é composto por dois receptores (base e *rover*) e um coletor de dados (Imagem 4).

Imagem 3 – GNSS topográfico



Fonte: AGROTERRA (2018)

Imagem 4 - Coletor de dados



Fonte: ALEZI TEODOLINI (2018)

O que diferencia a base do *rover* (ou receptor móvel) é a configuração, pois os aparelhos são idênticos, mas enquanto a base é uma estação de referência e deve se manter fixa em um ponto, o *rover* estará em movimento. O coletor é um aparelho que possui um software específico para realizar todas funções de levantamentos e locações topográficas, processamento de dados e configurações. Atualmente, existem aplicativos para celulares que substituem esse aparelho.

O estudo desses aparelhos é de extrema importância, pois assim será possível realizar os estudos propostos e explorar as funções disponíveis.

### **3.5. Estudo dos diferentes métodos de posicionamento com a tecnologia GNSS**

O posicionamento por GNSS determina as coordenadas de um objeto em relação a um referencial determinado. Existem diferentes classificações para os métodos de posicionamento, mas eles podem ser classificados basicamente em três tipos: Posicionamento Absoluto, Posicionamento Relativo e Posicionamento Diferencial.

O Posicionamento Absoluto funciona baseado na medição da distância de um conjunto de observações de pelo menos 4 sinais de satélites obtidos por uma única antena receptora. Devido à baixa acurácia desse método (precisão da ordem de metros), foi desenvolvida uma variante denominada método de Posicionamento Absoluto Preciso – PPP (do inglês, *Precise Point Positioning*) que possui uma precisão na ordem dos centímetros (SILVA; SEGANTINE, 2015).

Já o Posicionamento Relativo necessita de, no mínimo, dois receptores GNSS rastreando o mesmo satélite, e consiste em utilizar um ponto de coordenadas conhecidas para determinar o ponto de interesse. O último método, Posicionamento Diferencial, possui as mesmas características do relativo, a diferença é que as coordenadas calculadas são determinadas em tempo real, enquanto o outro depende de um programa de pós-processamento (SILVA; SEGANTINE, 2015).

O estudo mais detalhado de cada método de posicionamento é fundamental para compreender a evolução da tecnologia GNSS e como ela pode ser aplicada. A partir dos estudos desses métodos será possível estudar as suas técnicas e fazer um comparativo de acurácia e facilidade de uso entre elas.

### **3.6. Estudo das diferentes técnicas de levantamentos de campo com a tecnologia GNSS**

Após compreender os tipos de posicionamento, serão estudadas algumas das técnicas de levantamento de campo desenvolvidas para medição topográfica, com objetivo de analisar e comparar as diferenças de acurácia, facilidade de uso e onde é mais adequado usar determinada técnica através do levantamento de pontos.

Algumas das principais técnicas de levantamento são: Relativo Estático, Relativo Cinemático, Diferencial baseado na Medição da Pseudodistância – DGPS (do inglês, *Differential GPS*) e Diferencial baseado na Medição da Fase – RTK.

### **3.7. Correção dos dados levantados**

O GNSS topográfico apresenta uma precisão da ordem de metros, podendo chegar a centímetros se for feita uma correção. Há diferentes formas de se corrigir a acurácia, o mais usual é com a ajuda da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). A RBMC oferece as coordenadas de pontos conhecidos pertencentes ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), o que permite levantamento de dados de lugares de difíceis acesso com precisão de alta confiabilidade e qualidade (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017).

Após os levantamentos de dados, haverá a correção dos mesmos através da RBMC utilizando um software de pós-processamento dos dados e pelo IBGE-PPP que é um serviço *online* gratuito. O objetivo é fazer o comparativo dos dados sem correção e com os recursos de correção utilizados.

### **3.8. Estudo comparativo do GNSS em relação a Estação Total**

A Estação Total é uma evolução de outros equipamentos topográficos como o teodolito, o distanciômetro (aparelho de medir distâncias) e o nível (aparelho para determinar cotas) e serve para medir ângulos e distâncias em um levantamento topográfico com uma precisão muito superior aos antigos aparelhos.

O estudo proposto com a Estação Total é realizar um levantamento de coordenadas e cálculo de área, comparando os resultados com os obtidos por dados levantados por algumas das técnicas estudadas do GNSS.

### **3.9. Proposta de Geração e Atualização de Projetos**

A partir do estudo da tecnologia GNSS, será realizado um questionamento para verificar a possibilidade de se criar novos ou aprimorar alguns projetos de topografia que podem ser aplicados principalmente no Acampamento de Topografia, realizado no curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da UPM, com as funcionalidades exploradas pela tecnologia GNSS.

### **3.10. Produção de Material Didático**

Durante o estudo será gerado material didático com imagens explicativas e roteiros detalhados do funcionamento do equipamento utilizado. A ideia é que os futuros usuários consigam compreender melhor o funcionamento e a utilidade do aparelho, 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								
Estudo de conceitos básicos de geoprocessamento		X	X									
Estudo da tecnologia GNSS		X	X	X	X	X						
Estudo dos aparelhos que compõem o receptor GNSS topográfico		X	X	X	X	X	X	X	X			
Estudo dos diferentes métodos de posicionamento com a tecnologia GNSS			X	X	X	X	X					
Estudo das diferentes técnicas de levantamentos de campo com a tecnologia GNSS						X	X	X	X			
Correção dos dados levantados							X	X	X			
Estudo comparativo do GNSS em relação a Estação Total								X	X			
Proposta de geração e atualização de projetos								X	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

AGROTERRA. **Receptor GNSS Gps Stonex S9 220 Canales**. Disponível em: <<https://www.agroterra.com/p/receptor-gnss-gps-stonex-s9-220-canales-desde-malaga-24219/24219>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

ALEZI TEODOLINI. **GPS GIS / MAPEAMENTO STONEX S4HII**. Disponível em: <<https://www.aleziteodolini.com/gis-mapeamento/gps-gis-mapeamento-stonex-s4hii/>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

BRASILAGRO. **Drones podem aumentar a produtividade e reduzir custos na agricultura**. Disponível em: <<https://brasilagro.wordpress.com/2015/07/07/drones-podem-aumentar-a-produtividade-e-reduzir-custos-na-agricultura/>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

CASACA, João Martins; MATOS, João Luís de; DIAS, José Miguel Baio. **Topografia geral**. 4. ed. atual. e aum. Rio de Janeiro: LTC, 2010. v, 208 p. ISBN 9788521615613.

DELAMURA, Deyse. **Artigo: Entenda sobre a integração de drones com GPS E RTK**, 2016. Disponível em: <http://mundogeo.com/blog/2016/07/28/artigo-entenda-sobre-a-integracao-de-drones-com-gps-e-rtk/>. Acesso em: 27 mar. 2018.

DELAZARI, Luciene Stamato. **GNSS muito além do mapeamento**, 2005. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2005/06/30/gnss-muito-alem-do-mapeamento/>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

GARRET, Filipe. **O que é drone e para que serve? Tecnologia invade o espaço aéreo**. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/10/o-que-sao-e-para-que-servem-os-drones-tecnologia-invade-o-espaco-aereo.html>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

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. 2018.

KAUFMANN, P.; KAUFMANN, P.L.; PAMBOUKIAN, S.V D.; DE MORAES, R.V. Signal Transceiver Transit Times and Propagation Delay Corrections for Ranging and Georeferencing Applications. **Mathematical Problems in Engineering**. Volume 2012, Article ID 595823, 15 pages. doi:10.1155/2012/595823. Disponível em: <<http://labgeo.mackenzie.br>>. Acesso em: 27 mar. 2018.

McCORMAC, Jack; SARASUA, Wayne; DAVIS, William. **Topografia**, 6ª edição. 2016 [Minha Biblioteca]. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521630807/>>. Acesso em: 27 mar. 2018.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). **Bússola**, 2010. Disponível em: <[http://www.mast.br/multimedia\\_instrumentos/teodolito\\_atualidade.html](http://www.mast.br/multimedia_instrumentos/teodolito_atualidade.html)>. Acesso em: 12 fev. 2018.

SILVA NETO, Manoel. **Topografia com Drones: A evolução tecnológica**, 2014. Disponível em: <http://blog.droneng.com.br/author/manoel/>. Acesso em: 27 mar. 2018.

OFICINA DA NET. **Como funciona o GPS?** Disponível em:

<<https://www.oficinadanet.com.br/post/12406-como-funciona-o-gps>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

SILVA, Irineu da; SEGANTINE, Paulo Cesar Lima. **Topografia para engenharia: teoria e prática de geomática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 412 p. ISBN 9788535277487.

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. 2018.