



Métodos de Levantamentos Aplicados ao Cadastro de Parcelas Territoriais Urbanas

Luciene Ferreira Gama¹, Andréa de Seixas², Michelly Gomes de Araújo³

¹Professora do Curso superior de Tecnologia em Geoprocessamento-IFPB. e-mail: luciene.gama@ifpb.edu.br

²Professora do Curso de Engenharia Cartográfica e Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação-UFPE. e-mail: aseixas@ufpe.br

³Graduanda do Curso de Tecnologia em Geoprocessamento - IFPB. e-mail: michelly_araujo_@hotmail.com

Resumo: Este artigo aborda os métodos de medição mais propícios que deverão ser aplicados aos levantamentos cadastrais de parcelas territoriais urbanas, indo desde os métodos topográficos convencionais aplicados na Antigüidade até os métodos de levantamento do sistema de posicionamento GNSS. Enfatiza também, a importância do GNSS para o Cadastro e sua aplicabilidade na definição de pontos de referência e pontos-objeto como apoio ao levantamento cadastral de parcelas, quando se utiliza os métodos terrestres de medição topográfica.

Palavras-chave: Métodos de Levantamento GNSS, Métodos Terrestres de Medição, GNSS, Levantamentos cadastrais, Parcelas Territoriais Urbanas

1. INTRODUÇÃO:

Os primeiros registros sobre levantamentos cadastrais tiveram início com a divisão do Egito em parcelas territoriais, em 1400 a.C., para fins tributários (cobrança de impostos), por Agrimensores da época. A demarcação de limites dessas parcelas eram desfeitas anualmente pelas enchentes do Rio Nilo e novos levantamentos eram feitos para remarcar os limites as suas margens. Para esta atividade, os agrimensores dispunham de cordas, instrumentos de medição utilizados naquela época (WOLF e GHILANI, 2006).

Devido aos inúmeros levantamentos realizados às margens do Rio Nilo, os pesquisadores Gregos, fizeram buscas por alternativas a fim de solucionar os problemas relacionados a estes levantamentos, tornando-se os pioneiros no desenvolvimento da Ciência Geométrica. No entanto, a Topografia aplicada a levantamentos, foi permitida graças ao surgimento da geometria pelos estudiosos Gregos, sendo eles os primeiros a escrever tratados de Topografia, entre os quais se destacou “Heron”, responsável pela escrita de “The Dioptra” que relata métodos de levantamento de campo, desenhos de plantas e execução de cálculos relacionados a levantamentos (WOLF e GHILANI, 2006).

Em uma visão mais ampla, outros povos também contribuíram para o desenvolvimento da Área de levantamento. De acordo com Espartel (1961) os métodos e instrumentos de medição topográficos foram também concedidos pelos Árabes e Romanos, que embora primitivos, propiciaram descrever, delimitar e avaliar propriedades rurais, com finalidades cadastrais.

Com o passar do tempo, já nos séculos XVIII e XIX, houve avanços significativos na área de levantamentos, devido à necessidade de definição de limites e mapeamento da Inglaterra e a França. Na obtenção destes limites foram exigidas uma precisão e determinação por triangulação. Portanto, para controlar a realização dos levantamentos foi criada em um congresso realizado em 1807, a “Coast Survey”, órgão responsável pelos levantamentos (WOLF e GHILANI, 2006). Com isso, surge a necessidade de aperfeiçoamento e criação de novos instrumentos de medição na Área de mensuração topográfica.

O aperfeiçoamento dos instrumentos topográficos foi concebido graças a estudiosos, entre os quais, pode-se citar: o Engenheiro Suíço Henrique Wild, o Geodesta Italiano Ignazio Porro, e o Alemão Carl Zeiss. Já nos levantamentos topográficos, a evolução foi dada graças a Pothenet e Hansen (ESPARTEL, 1961).

O primeiro método de levantamento topográfico a ser utilizado foi o método da interseção a ré, também denominado problema de “Pothenet”, aplicado aos levantamentos cadastrais desde a criação da geometria, cuja solução era obtida por cálculos manuais.

Com o desenvolvimento da geometria e instrumentação topográfica, outros métodos de levantamento planimétrico foram criados, entre os quais, pode-se citar: a triangulação (envolve também os métodos da interseção a ré e a vante) e poligonação. Estes métodos foram aplicados durante muito tempo na densificação de Redes Geodésicas de Referência, fato que começou a mudar na década de 70, com a chegada dos Sistemas de Posicionamento por Satélites em especial o Sistema de Posicionamento Global (GPS), atualmente denominado de Sistema de Posicionamento GNSS.

Neste artigo serão abordados os conceitos de métodos de posicionamento GNSS relativo estático e *Stop and go* e os métodos terrestres de medição topográfico da interseção a vante e a ré, irradiação e poligonação, ressaltando a integração desses métodos em levantamentos cadastrais de parcelas territoriais urbanas e sua conexão com o Sistema Geodésico de referência.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Serão abordados métodos de levantamentos de parcelas territoriais urbanas de forma conceitual sendo eles: métodos de levantamentos de parcelas territoriais urbanas por GNSS e com Estação Total. Para isto foram realizadas leituras que tratam do tema abordado a exemplo de Gama (2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Considerações sobre o GNSS Aplicado ao Cadastro

O GNSS aplicado ao levantamento cadastral urbano é um instrumento bastante produtivo quando combinado com Estação Total. Mas, também cabe salientar que apesar das inúmeras vantagens que o GNSS proporciona como rapidez e precisão na aquisição de dados, este também apresenta limitações.

Por causa da alta exatidão e o curto tempo de observação, o GNSS pode ser empregado economicamente para levantamentos de detalhes em áreas rurais e urbanas. As principais áreas de aplicação estão relacionadas com a instalação ou manutenção de Cadastro Multifinalitário ou Sistemas de Informações Geográficas (SEEBER, 2003).

Um grande problema no levantamento cadastral com GNSS é a perda de sinal causada pelas edificações, árvores, torres, pontes, entre outros. Esta é a razão exclusiva porque o emprego do GNSS no levantamento cadastral está restrito para áreas abertas. Com a presença de tais obstruções, o GNSS será empregado principalmente para determinar os pontos de estação ocupados por taqueômetros eletrônicos (Estações Totais) ou outros instrumentos convencionais utilizados em levantamentos (SEEBER, 2003). A Figura 1 ilustra essa situação.

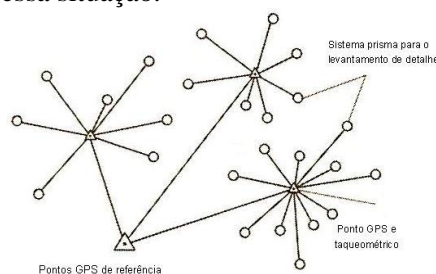


Figura 1 - Combinação de GNSS com um taqueômetro eletrônico. Fonte: Seeber, 2003.

Em áreas urbanas abertas, com ruas largas, prédios baixos e vegetação baixa, podem ser usados métodos GNSS rápidos, em particular a técnica RTK.

Em pesquisa bibliográfica realizada por Gama et al (2007) observou-se que em alguns países, Normas, por exemplo, como a “*Standards and Guidelines for Cadastral Surveys Using Global Positioning System Methods*”, adotada pelo Departamento de Agricultura e Serviço Florestal (FC) e pelo Departamento-Norte Americano de Terra dos EUA, recomenda os métodos e técnicas do Sistema



GNSS Estático, métodos cinemáticos rápidos “Stop-and-Go” e RTK para levantamentos cadastrais. Outros países realizaram e continuam realizando testes, principalmente nos últimos anos, devido ao desenvolvimento das técnicas rápidas de medição, para concretizar suas aplicações no Cadastro. Os testes vêm sendo realizados desde a década de 90 por países como: Dinamarca, Malásia, Brasil, Israel, com resultados satisfatórios em atendimento às tolerâncias posicionais especificadas.

No próximo item é feita uma abordagem sobre os métodos de levantamento aplicados na definição de limites de parcelas territoriais urbanas, retratando o princípio de funcionamento e sua relevância no cadastro urbano.

3.2 Métodos de Levantamento com GNSS

O termo levantamento cadastral adotado é definido por Pinto (2001) como: “procedimentos necessários objetivando a determinação de limites legais de parcelas territoriais. Essa atividade envolve não somente as medições desses limites, mas também os aspectos jurídicos relacionados. Portanto, o levantamento cadastral possui duas características de igual importância. Uma relacionada ao aspecto técnico das medições, e a outra relacionada à garantia jurídica dessas medições”.

3.3 Método de Posicionamento Relativo Estático

A dupla diferença de fase de batimento da onda da portadora é a observável normalmente utilizada no posicionamento relativo estático, embora possa também ser utilizada a dupla diferença da pseudo-distância, ou ambas. Quando são disponibilizadas as duas observáveis, o levantamento proporciona melhores resultados em termos de acurácia (MONICO, 2000).

Para o posicionamento este método fornece a maior precisão atingível e requer um tempo de observação de longa duração (USDA e USDI, 2001), sendo procedida da seguinte forma: dois ou mais receptores rastreiam simultaneamente, os satélites visíveis, permanecendo estáticos durante a realização da medição. O tempo de observação depende do tipo de receptor (uma frequência ou duas frequências), da característica do “software” para o pós-processamento e do comprimento da linha de base (LEICK, 1995). A realização de levantamento aplicando o método estático no contexto de Costa et al (2002) proporciona uma significativa redução de erros do relógio do satélite, das efemérides e da propagação do sinal GPS pela atmosfera.

No posicionamento de parcelas territoriais urbanas, de que trata este trabalho, o método estático foi aplicado para georreferenciar o campo de pontos de referência, implantados nas áreas de estudos.

3.4 Método de Posicionamento Relativo Cinemático Stop-and-go

O princípio de funcionamento do posicionamento relativo Stop-and-go exige a solução do vetor das ambigüidades presentes em uma linha de base a determinar. E isso é alcançado quando a geometria dos satélites e as estações envolvidas na medição são alteradas. Portanto, são coletados dados por dois curtos períodos na mesma estação. As duas coletas devem estar separadas por um intervalo de tempo de 20 a 30 minutos (MONICO, 2000). Outro fato importante a considerar é que não haja perda de ciclos dos satélites durante as ocupações, caso isto venha a acontecer, a última estação ocupada passará a ser a estação base.

3.5 Métodos de Levantamento com Estação Total

Historicamente os métodos terrestres de medição sempre foram aplicados a levantamentos cadastrais por serem métodos tradicionais e capazes de fornecer medidas com precisão considerável, mas apresenta algumas limitações quanto aos demorados procedimentos de aquisição de dados no campo (SOUZA, 2001).

3.6 Método da Interseção a Vante e a Ré

O método da interseção a vante é recomendado em casos como, por exemplo, quando os pontos-objeto não são de fácil acesso fazendo necessária a utilização de métodos trigonométricos para determiná-los (SILVA et al, 2006). No Cadastro Imobiliário Urbano à aplicação deste método têm sua

utilidade na definição de pontos de limites de parcelas territoriais urbanas quando os mesmos apresentam ou não intervisibilidade devido à presença de edificações e árvores.

O método da interseção a vante também pode ser aplicado quando as estações de referência não são intervisíveis entre si, neste caso, utiliza-se um conjunto de 4 pontos de referência para se fazer a visualização do ponto N a ser determinado.

3.7 Solução Geométrica da Interseção a Vante

No método de Interseção a Vante as coordenadas do ponto N são obtidas a partir de pontos de coordenadas conhecidas. Isso é possível quando se tem os ângulos internos dos pontos A e B, β e α respectivamente, como mostra a Figura 2 (KAHMEN e FAIG, 1988).

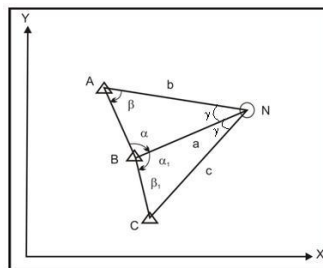


Figura 2 - Exemplo de interseção a Vante com dois ângulos.

As coordenadas aproximadas X_0 e Y_0 do ponto N representado na Figura 2 são calculadas conforme a formulação matemática (HÄBLER e WACHSMUTH, 1984) dadas pelas equações (1) e (2):

$$X_0 = \frac{X_2 \cdot \tan \beta + X_1 \cdot \tan \alpha - \Delta X \cdot \tan \alpha \cdot \tan \beta}{\tan \alpha + \tan \beta} \quad e, \quad (1)$$

$$Y_0 = \frac{Y_2 \cdot \tan \beta + Y_1 \cdot \tan \alpha + \Delta Y \cdot \tan \alpha \cdot \tan \beta}{\tan \alpha + \tan \beta} \quad (2)$$

Onde,

X_0 e Y_0 são as coordenadas aproximadas do ponto N;

α e β são os ângulos internos e;

Δx e Δy são as diferenças de coordenada dos pontos de referência A e B.

As coordenadas precisas do ponto N podem ser obtidas a partir de várias direções com base nos pontos fixos na Figura 2: A, B e C, com coordenadas determinadas a este ponto (N), aplicando o ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados (KAHMEN e FAIG, 1988).

3.8 Solução Geométrica da Interseção a Ré

O método planimétrico denominado Interseção a Ré, tem solução geométrica baseada no conhecimento na lei da igualdade dos ângulos inscritos em arcos iguais (PEÑA, 2002).

O método planimétrico topográfico da Interseção a Ré consiste na determinação das coordenadas X e Y que definem a posição planimétrica de pontos, mediante observações de ângulos feitas destes pontos a no mínimo três pontos geodésicos com coordenadas conhecidas (PEÑA, 2002). A posição do ponto desejado é determinada pela medição de dois ângulos entre outros pontos (KAHMEN & FAIG, 1988).

O instrumento deve ser instalado em um ponto onde convenientemente exista uma excelente visibilidade para todo trabalho. Conforme pode ser observado na Figura 3, no caso mais geral da Interseção a Ré, são disponibilizados três pontos: A, B e C, com coordenadas conhecidas e a pretensão é determinar a posição do ponto N.

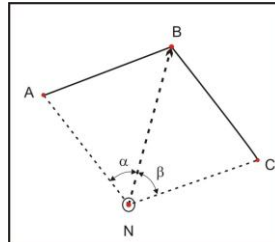


Figura 3 – Caso geral da Interseção a Ré. Fonte: Peña (2002).

Para determinar a posição de um ponto N, estaciona-se uma Estação Total sobre N como mostra a Figura 4, e medem-se os ângulos α e β com linhas de visadas direcionadas aos três pontos de referência (A, B e C). Dessa forma, o ponto N será determinado pela interseção dos arcos formados entre os ângulos α (no segmento AB) e β (no segmento BC) e $\alpha + \beta$ (sobre o segmento AC).

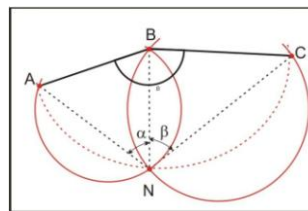


Figura 4 – Representação geométrica da medição por Interseção a Ré.

O problema terá a solução conforme Peña (2002) sempre que o ponto N não estiver na chamada “circunferência perigosa”, definida por Ramos et al (2007) como a circunferência que passa pelos três pontos de apoio (A, B e C).

3.9 Método da Irradiação

A irradiação é um processo utilizado em levantamentos cadastrais de parcelas territoriais urbanas para georreferenciar os pontos de limites destas a um Sistema de Referência por meio de medição de coordenadas polares (ângulos e distâncias). A amarração ao Sistema de Referência é realizada através de dois pontos que integrem o sistema ou por um ponto e um azimute. A Figura 5 mostra o método da irradiação.

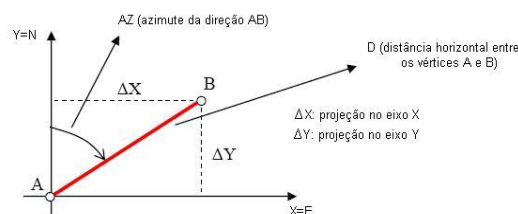


Figura 5 – Método da Irradiação. Adaptado de Veiga et al (2007).

Na aplicação do método da irradiação, a transformação das coordenadas polares em retangulares é realizada da seguinte maneira: uma vez conhecidas as coordenadas de um ponto (A) e o azimute do alinhamento dos pontos A e B, a posição de (B) é determinado pela equação (3) e (4) dada por (PINTO, 1992):

$$X_B = X_A + D_{AB} \cdot \text{sen}(AZ_{AB}) \quad (3)$$

$$Y_B = Y_A + D_{AB} \cdot \text{cos}(AZ_{AB}) \quad (4)$$

Onde,

X_B e Y_B são as coordenadas retangulares do ponto B;

X_A e Y_A são as coordenadas conhecidas do ponto A;

D_{AB} é a distância entre os pontos A e B e;

AZ_{AB} é a azimute do alinhamento \overline{AB} .

3.10 Método da Poligonação

A poligonação consiste no estabelecimento de um campo de vértices de poligonais, observação e cálculo dessas poligonais, formadas por um conjunto de segmentos de reta contíguos, que formam uma linha poligonal, dos quais são medidos a extensão dos lados e a amplitude dos ângulos por eles formados (FONTE et al, 2007). Cabe salientar que estas poligonais devem ser conectadas a um campo de pontos geodésicos de referência, georreferenciados ao Sistema de Referência Geodésico Brasileiro (SIRGAS 2000).

Um dos elementos necessários para a definição de uma poligonal são os ângulos formados por seus lados. A medição destes ângulos pode ser feita utilizando técnicas como pares conjugados, repetição, ou outra forma de medição de ângulos. Normalmente são determinados os ângulos externos ou internos da poligonal (VEIGA et al, 2007).

As Poligonais segundo SOUZA (2005) são classificadas em três tipos: poligonais abertas, poligonais apoiadas e Poligonais fechadas

Uma poligonal é denominada fechada, quando se parte de um ponto e as linhas retornam a este ponto formando um polígono.

Uma poligonal fechada pode ser apoiada quando se parte de um ponto com coordenadas conhecidas e o lado da poligonal a partir deste ponto é referenciado a um outro ponto de coordenadas conhecidas (Figura 6). Esses pontos de chegada e saída das poligonais são chamados de pontos de referência (WOLF e GHILANI, 2006).

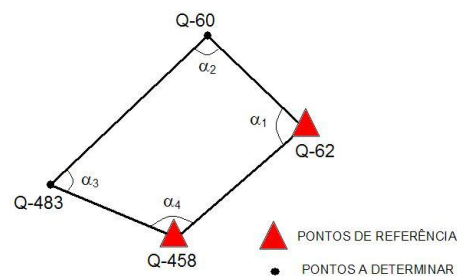


Figura 6 – Poligonal fechada apoiada.

Uma poligonal aberta poderá estar apoiada em quatro pontos de coordenadas conhecidas (Figura 7). Este tipo de poligonal é a mais utilizada em caminhamentos longitudinais. Embora seja geometricamente aberta, ela é matematicamente fechada, pois os pontos de coordenadas conhecidas BVM, MR, IGRM e ART permitem os cálculos de azimutes e assim, dos ângulos internos α e β do polígono que não poderá ser medido. Este tipo de poligonal é denominada de poligonal apoiada e enquadrada. A Figura 7 é um exemplo desse tipo de poligonal.

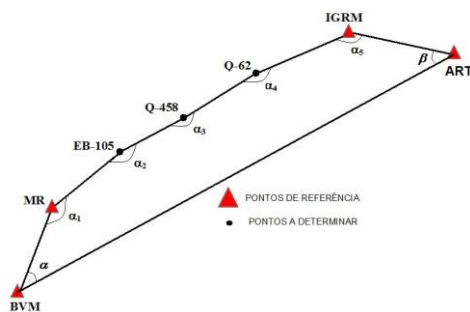


Figura 7 – Poligonal apoiada e enquadrada.

O método da poligonização é o método mais utilizado para apoiar os levantamentos topográficos cadastrais de pontos de limites de parcelas territoriais urbanas e sua aplicabilidade é regulamentada pela a Norma NBR: 13.133/1994.

Os critérios de aceitação e rejeição das poligonais são realizadas conforme o procedimento mostrado a seguir:

Determinação da orientação da poligonal; Cálculo do erro de fechamento angular; Distribuição do erro de fechamento angular; Cálculo dos Azimutes; Cálculo das coordenadas parciais (X, Y); Cálculo do erro de fechamento linear; Cálculo das coordenadas definitivas (XC, YC).

4. CONCLUSÕES

A aplicação dos métodos de levantamentos cadastrais citados neste artigo pode alcançar resultados promissores quando aplicados na definição de limites de parcelas territoriais urbanas, principalmente em áreas urbanas densamente ocupadas. Salienta-se a importância da integração entre os métodos de posicionamento GNSS e métodos terrestres de medição, uma vez que quando se realiza levantamentos cadastrais nem sempre se consegue empregar apenas métodos de posicionamento GNSS, sendo quase sempre necessário integrá-los a métodos terrestres de medição. Por outro lado, quando se aplica os métodos terrestres de medição é necessário partir de no mínimo dois pontos medidos com GNSS, para que o levantamento não realizado de forma isolada, e sim georreferenciado a um Sistema Geodésico de referência.

REFERÊNCIAS

COSTA, M. F.; LAGO, L. F.; PRADO, A. **Análise do processamento de dados GPS em Função das Diferentes Condições de Rastreo**. Boletim. Ciências Geodésicas, V.8, nº 1. P. 17-24. 2002.

ESPARTEL, Lélis. **Curso de Topografia**. Editora Globo. Rio Grande do Sul. 1961.

FONTE, C. M. P.; VICENTE, M.A.F. **Textos de apoio de Topografia**. Departamento de Matemática Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra. 2006/2007.

GAMA, L.F. **Experimentos e Análises Metodológicas do Desempenho de Estruturas Geodésicas Planimétricas Implantadas com GPS e Estação Total: Aplicações em Levantamentos Cadastrais Urbanos**. Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação da UFPE. Recife. 2008.

GAMA, L.F.; CARNEIRO, A.F.T., SEIXAS, A. **Normalização da Aplicação do Posicionamento GPS em Levantamentos Cadastrais**. II Simpósio Brasileiro de Geomática V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. Presidente Prudente. 2007. P.

HÄBLER, J.; WACHSMUTH. **Vermessungs beruf**. 1984.



HASENACK, Markus. **Originais de levantamento topográfico cadastral imobiliário: possibilidade de sua utilização para a garantia dos limites geométricos dos bens imóveis.** Florianópolis, 2000. 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

KAHMEN, H.; FAIG, W. **Surveying.** Berlin. 1988. Ed. de Gruyter.

LEICK, A. **GPS: Satellite surveying.** 2. ed. New York: J.Wiley. 1995. 560p.

MONICO, J. F. Galera. **Posicionamento pelo NAVSTAR – GPS: Descrição, Fundamentos e Aplicações.** Editora UNESP – São Paulo. 2000.

PINTO, L.E.K. **Curso de Topografia.** Centro Editorial e Didático da UFBA. 2º edição. Salvador. 1992.

PINTO, M.M.R. **O Profissional com Procuração Pública como Responsável Técnico pelo Cadastro Imobiliário para fins de Registro Público.** Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFSC. Florianópolis, 2001.

PENÃ, J. S. **La Intersección Inversa: Método Geométrico, Topográfico Y Cartográfico.** XIV Congreso Internacional de Ingenieria Grafica, Santander, Espana – 5-7 junio de 2002.

RAMOS, F. F.; RODRIGUES, D. D.; R. J. O Andrade. **Avaliação da Precisão de Posicionamentos por Interseção Angular a Ré.** II Simpósio Brasileiro de Geomática Presidente Prudente - SP, 24-27 de julho de 2007 V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. P. 263-268.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy: Foundations, Methods and Applications.** Berlin, New York: Walter de Gruyter, 2003.

SEGANTINE, P.C.L. **Sistema de Posicionamento Global - GPS.** São Carlos. Editora da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2002. 316 p.

SILVA, A.G. O.; AZEVEDO, V.W. B.; SEIXAS, A. **Métodos de Levantamentos Topográficos Planimétricos para o Georreferenciamento de imóveis rurais.** Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande. 939-948 P. 2006.

VEIGA, L.A.K.; ZANETTI, M.A.Z.; GAGGION, P.L. **Fundamentos de Topografia.** 2007.

SOUZA, G.C. **Análise de Metodologia no Levantamento de dados Espaciais para o Cadastro Urbano.** Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos – USP. 122 P. 2001.

WOLF, P. R.; GHILANI, C. D.: **Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics.** 3th. New York: John Wiley & Sons Inc., 2006. 564p.