

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/267808714>

CONSIDERAÇÕES ENVOLVIDAS NO PLANEJAMENTO PARA LOCAÇÃO DE EIXOS DE PONTES

Article · January 2007

CITATIONS

0

READS

531

6 authors, including:



Ivandro Klein

Federal Institute of Santa Catarina

25 PUBLICATIONS 41 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



NEW PROPOSALS ON GEODETIC NETWORK QUALITY CONTROL IN A CONTEXT OF MULTIPLE OUTLIERS [View project](#)



Geomatics applied to Natural Hazard Warning Systems [View project](#)

CONSIDERAÇÕES ENVOLVIDAS NO PLANEJAMENTO PARA LOCAÇÃO DE EIXOS DE PONTES

Fabio Rogério MatiuZZi Rodrigues¹

Gilberto Gagg²

Giovani Brisotto¹

Ivandro Klein¹

Tatiana Pereira¹

¹UFRGS – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Instituto de Geociências – Departamento de Geodésia

Acadêmicos do curso de Engenharia Cartográfica

matiuZZi@hotmail.com

giovane_lord@hotmail.com

ivandroklein@gmail.com

tpereira2005@yahoo.com.br

Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS - Brasil

CEP: 91501-970 / Caixa Postal: 15001

²UFRGS – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Instituto de Geociências – Departamento de Geodésia

profgagg@yahoo.com.br

Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS - Brasil

CEP: 91501-970 / Caixa Postal: 15001

RESUMO

Este artigo apresenta os principais fatores a serem observados no levantamento topográfico para a locação de eixos de pontes, considerando-se a metodologia, os cuidados necessários, os equipamentos, bem como a precisão e a matemática envolvida.

Palavras chaves: Topografia Aplicada, Levantamentos, Locação, Eixo de ponte, Poligonação Topográfica.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo foi apresentado como parte da avaliação curricular na disciplina de Levantamentos II, ministrada do segundo semestre de 2007, tratando das atividades realizadas para a execução da locação de eixos de pontes.

Levantamentos topográficos são operações através das quais se realizam medições, com a finalidade de se determinar a posição relativa de pontos da superfície da Terra no horizonte topográfico. A partir de técnicas de levantamentos como a triangulação (levantamentos planimétricos), juntamente com o nivelamento geométrico (levantamento altimétrico), são medidos em campo os ângulos e distâncias para posteriormente, determinarmos a melhor maneira de implantarmos o projeto.

Estes levantamentos devem ser empregados obedecendo a certos critérios e etapas que dependem basicamente do tamanho da área, do relevo e da

precisão requerida pelo projeto que os comporta.

2. OBJETIVO

O objetivo geral do trabalho é apresentar um estudo que indique o melhor local para a materialização de eixos de pontes. Para isto, seguiremos as etapas de um levantamento topográfico:

2.1 Planejamento

- Estabelecimento de especificações de precisão e controle;
- Análise sobre documentos cartográficos pré-existent;
- Visita preliminar de inspeção;
- Seleção de métodos e instrumentos;
- Seleção dos métodos de cálculo (compensações);

- Seleção da forma de representação e apresentação.

2.2 Execução

- Implantação dos pontos necessários;
- Medições de campo com registro das observações;
- Poderá, eventualmente, haver adaptações do projeto, em função de particularidades não detectadas na fase de planejamento.

2.3 Cálculos/Conclusões/Relatórios

- Execução final dos cálculos e preparação dos dados para desenho;
- Redação de relatório descrevendo todos os passos seguidos no projeto, bem como resultados obtidos.

O objetivo deste estudo não é o de prestar um serviço de levantamento, mas sim de aplicar as diversas técnicas aprendidas durante o semestre letivo, bem como ao longo do curso de Engenharia Cartográfica, tendo portanto um caráter puramente acadêmico.

3. METODOLOGIA

Os levantamentos para locação de obras podem ser de maior ou menor complexidade, dependendo da forma do terreno, da importância da estrutura a ser locada e da amplitude da obra. Entretanto, quatro tipos de trabalhos topográficos se fazem necessários para a locação de obras:

3.1 Levantamento preliminar

Consiste em um levantamento topográfico da superfície que incluirá a estrutura a ser construída. Pode ir de algumas seções transversais nas extremidades da obra até um vôo fotogramétrico com vários quilômetros de cobertura, dependendo da complexidade da obra.

Em alguns casos pode ser necessário um estudo completo da hidrografia do local, considerando-se os efeitos da área de drenagem, das correntezas ou marés envolvidas.

3.2 Levantamento para o projeto

É feito após a definição do local exato da obra. Consiste na obtenção de dados topográficos exatos para o detalhamento e confecção do projeto da obra. Deste levantamento dependem as magnitudes de projeto dos componentes da obra, como vigas e pilares.

3.3 Levantamento de controle

Consiste na obtenção e confirmação de dados que permitam a locação da obra com grande precisão; Neste momento são levantadas as bases de saída e de chegada da poligonização, as quais irão garantir a qualidade do levantamento.

3.4 Materialização – Locação da Obra

Consiste na determinação dos pontos, em campo, que permitirão o início da construção da obra. No levantamento preliminar estes pontos podem ser materializados por simples estacas, mas para o início da obra é necessário utilizar uma forma de materialização mais duradoura para os pontos das bases e das estações.

3.5 Locação de pontes através do processo de triangulação

Segundo Stallivieri, a locação de eixos de pontes deve ser efetuada através do processo da triangulação, controlado a partir de uma ou duas bases. Para vãos de pequena amplitude (menor que 300 metros), a locação do eixo pode ser efetuada medindo-se uma única base, em uma das margens do rio, com erro relativo menor que 1:20.000 (Stallivieri, 2007), conforme a Fig. 1.

Caso não seja possível utilizar uma base próxima da margem deve-se aumentar o número de triangulações, aumentando também a precisão das medidas, conforme a Fig. 2.

Para eixos maiores ou havendo a necessidade de maiores níveis de precisão deve-se utilizar duas bases, a fim de se verificar os erros de fechamento linear e angular, os quais deverão ser distribuídos entre todos os pontos da poligonal. A Fig. 3 ilustra a geometria desta solução.

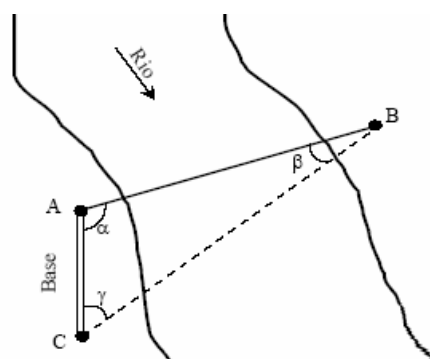


Fig. 1 - Triangulação com uma base próxima.
Fonte: Stalliviere

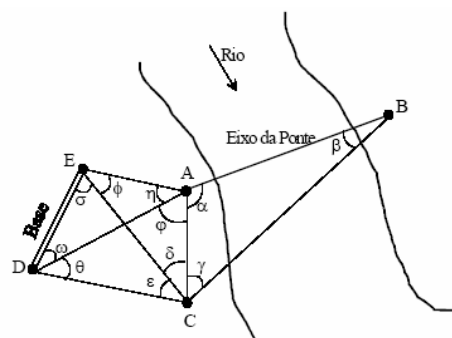


Fig. 2 - Triangulação com uma base distante.
Fonte: Stalliviere

Através do comprimento da base medida em campo e dos ângulos internos, a triangulação possibilitará determinar as coordenadas de cada estação e por fim as coordenadas dos extremos da ponte, permitindo assim calcular o vão.

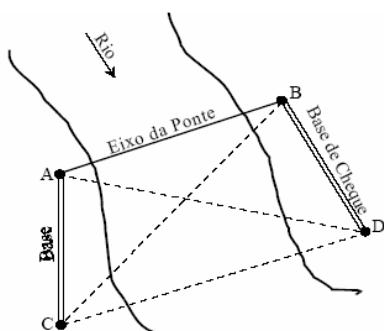


Fig. 3 - Triangulação com duas bases.

Fonte: Stallivieri

Na triangulação ao longo de um rio, para a locação de uma ponte, é importante que a distância ao longo da linha central da estrutura, eixo da ponte, seja determinada com precisão e que seja possível se efetuar uma verificação. A precisão exigida é geralmente de 1:10.000 para as pontes com vãos longos (Stallivieri, 2007).

3.6 Locação dos pilares de uma ponte

A Fig. 4 demonstra uma maneira de se locar os pilares da estrutura a partir dos vértices das triangulações, utilizando-se o método das intersecções. Cada ponto pode ser locado a partir de ambas as bases. Considerando-se esta possibilidade recomenda-se:

- Descartar as configurações de triângulos de má geometria;
- A utilização de técnicas de ajustamento de observações para resolver a redundância de soluções;

Cabe observar que se deve manter o alinhamento entre os pontos locados com a máxima rigidez possível.

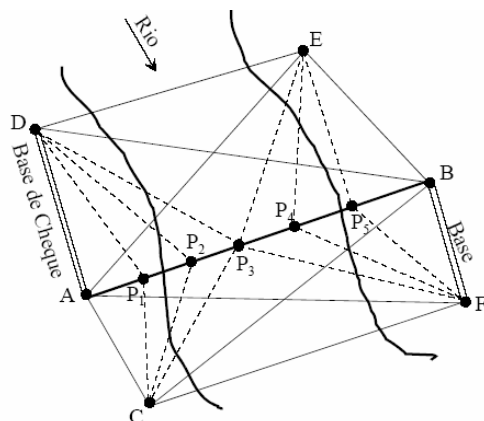


Fig. 4 - Locação dos Pilares da Estrutura.

Fonte: Stallivieri

4. CUIDADOS ESPECIAIS

- Sempre amarrar as triangulações a uma RN – Os trabalhos topográficos de triangulação e de nivelamento deverão ocorrer de forma combinada;
- Uma estação primária deverá ser situada próxima de cada extremidade da obra. Estes pontos serão base para localizar os pilares por intersecção;
- Os vértices e as estações devem ser materializados com segurança, pois serão utilizados constantemente durante os procedimentos de controle e verificação;
- As estações deverão ser colocadas em locais com visada livre para as bases;
- Caso a triangulação ocorra sobre a água será necessária a construção de estaqueamento especial para as estações;

5. PRECISÃO

A locação de pontes exige métodos precisos e equipamentos de alta qualidade, pois se trata de uma estrutura, na maioria das vezes, complexa e cara, onde não há espaços para erros. A obtenção dos dados topográficos para o detalhamento do projeto deve ser exata e requer um bom acompanhamento para se obter uma boa qualidade do levantamento.

No decorrer do projeto, vários cuidados são salientados, como escolher bem as bases da triangulação, materializar com segurança as estações e escolher com cuidado o eixo da ponte, para facilitar e deixar mais precisa a obra.

Aliado ao frequente acompanhamento e aos cuidados necessários para aumentar a precisão do projeto, deve-se utilizar equipamentos de alta precisão para garantir uma boa qualidade dos dados obtidos, como estações totais e níveis digitais.

Cabe ressaltar que a fase de Levantamento Preliminar não requer precisão maior que terceira ordem, porém as fases de Levantamento para Projeto e Levantamento de Controle requerem precisões de primeira ordem.

5.1 Nivelamento Geométrico

O nivelamento geométrico é um método de levantamento geodésico no qual a medição fundamental é a diferença de altitude (desníveis) determinada por visadas horizontais entre pontos próximos ocupados por um par de miras. Segundo o Boletim de Serviço do IBGE nº 1602 a que se considerar:

- Diferença máxima aceitável entre o nivelamento e o contra-nivelamento de uma seção: **3 mm $\sqrt{k}$**
- Diferença máxima aceitável entre o nivelamento e o contra-nivelamento de uma linha: **4 mm $\sqrt{k}$**
- Valor máximo para a razão entre a discrepância acumulada e o perímetro do circuito: **0,5 mm/km**

- Erro padrão máximo aceitável para uma linha após o ajustamento: **2 mm $\sqrt{k}$**

5.2 Triangulação

A triangulação é um método em que se obtém figuras geométricas a partir de triângulos, justapostos ou sobrepostos, formados através da medição dos ângulos subtendidos pelos vértices (IBGE, 1983). Segundo o Boletim de Serviço do IBGE nº 1602 a que se considerar:

- Número de posições por série: **16PD/16 PI**
- Limite de rejeição para uma posição em relação à média da série: **4,00"**
- Número mínimo de posições, por série, após a rejeição: **14PD/14PI**
- Erro padrão relativo máximo aceitável entre quaisquer duas estações após o ajustamento: **1/100.000**

5.3 Poligonação

Na poligonação medem-se ângulos e distâncias entre pontos adjacentes que formam linhas poligonais ou polígonos. Segundo o Boletim de Serviço do IBGE nº 1602 a que se considerar:

- Número de posições por série: **16PD/16PI**
- Limite de rejeição para uma posição em relação à média da série: **4,00"**
- Número mínimo de posições por série, após a rejeição: **14PD/14PI**
- Diferença máxima aceitável entre resultados de séries: **15 mm + 1 ppm*D**
- Valor máximo para o erro padrão em coordenadas após a compensação em azimuth: **0,04 m $\sqrt{L}$**
- Erro padrão relativo máximo aceitável entre quaisquer duas estações após o ajustamento: **1/100.000**

5.4 Equipamentos

Atualmente recomenda-se a utilização de estação total e de níveis ópticos de última geração, como os apresentados nas Figuras 5 e 6.



Fig. 5 - Estação total LEICA série TPS1200



Fig. 6 - Nível Automático LEICA NA730

6. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

A matemática envolvida não será vista com grande nível de detalhes, uma vez que este não é o foco deste artigo, além de a técnica de Poligonação Topográfica ser amplamente conhecida. Utiliza-se a técnica de cálculo de Poligonais Abertas Apoiadas, como a da Fig. 7, a partir da medição em campo de ângulos e distâncias horizontais:

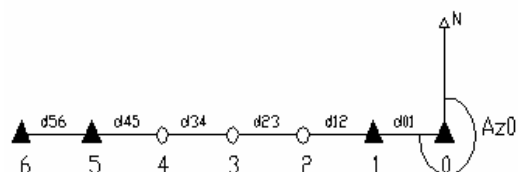


Fig. 7 - Poligonal aberta apoiada

6.1 Cálculo do Azimute inicial conhecido:

Inicialmente calcula-se o azimuth da base de saída, conforme a Equação (1) e a respectiva análise de quadrantes:

$$Az_{0,1} = ArcTg \frac{(E_1 - E_0)}{(N_1 - N_0)} \quad (1)$$

6.2 Cálculo dos demais Azimutes:

A partir do azimute inicial e dos ângulos medidos em campo calcula-se os azimutes dos demais alinhamentos, utilizando-se as equações como a (2) e a (3) abaixo:

$$Az_{1,2} = Az_{0,1} + \alpha_{0,1,2} \pm 180^\circ \quad (2)$$

$$Az_{2,3} = Az_{1,2} + \alpha_{1,2,3} \pm 180^\circ \quad (3)$$

Como os pontos 5 e 6 são conhecidos, podemos comparar o azimute Az_{56} transportado, obtido pela sequência das Equações (2) e (3) acima, com o azimute Az_{56} conhecido, calculado através das coordenadas conhecidas e da Equação (1).

Dessa forma obtemos o erro de fechamento angular, conforme a equação (4):

$$ErroAngular = Az_{Transportado} - Az_{Conhecido} \quad (4)$$

Aplica-se então uma correção para cada azimute calculado, com a finalidade de distribuir o erro angular entre os alinhamentos. Esta correção é dada pela equação (5):

$$Correção = \frac{(Erro\ Angular)}{(N^o\ de\ Ângulos)} \quad (5)$$

Depois de calcular os ângulos e azimutes compensados do erro de fechamento angular deve-se calcular as coordenadas dos pontos, aplicando-se as equações (6) e (7) para cada ponto:

$$E_2 = E_1 + \alpha_{1,2} \cdot Sen(Az_{1,2}) \quad (6)$$

$$N_2 = N_1 + \alpha_{1,2} \cdot Cos(Az_{1,2}) \quad (7)$$

Como as coordenadas da base de chegada são conhecidas, pode-se fazer a comparação entre a coordenada transportada e a conhecida, obtendo o erro de fechamento linear:

$$Erro(E) = E6_{Transportado} - E6_{Conhecido} \quad (8)$$

$$Erro(N) = N6_{Transportado} - N6_{Conhecido} \quad (9)$$

O último passo é distribuir o erro de fechamento linear entre todos os pontos, obtendo-se as coordenadas finais, devendo-se calcular novamente as distâncias e os azimutes de cada alinhamento.

7. EXEMPLO DE PONTE

Como exemplo podemos citar uma famosa ponte norte americana, a qual cruza a Baía de Tampa, na Flórida.

Originalmente concluída em 1954, passou por uma duplicação concluída em 1989. Em 1980 foi atingida por um navio, tendo um de seus vãos derrubados, causando a morte de 35 pessoas.

Outra curiosidade é que ao longo de sua história 96 pessoas cometeram suicídio pulando de seu vão central.

A TABELA 1 resume algumas curiosidades sobre esta famosa ponte, enquanto a Fig. 8 mostra uma fotografia atual do maior vão da Sunshine Skyway Bridge.



Fig. 8 - Sunshine Skyway Bridge.
Fonte: Wikipedia

TABELA 1 - Curiosidades sobre a ponte da Baía de Tampa. Fonte: Wikipedia

Official name	The Bob Graham Sunshine Skyway Bridge
Carries	4 general purpose lanes (I-275 and US 19)
Crosses	Tampa Bay
Locale	South of St. Petersburg and north of Terra Ceia, Florida
Maintained by	Florida Department of Transportation
Design	Continuous pre-stressed concrete cable-stayed bridge
Longest span	365.8 meters (1200 feet)
Total length	8851.392 meters (5.5 miles)
Width	28.7 meters (94 feet)
Vertical clearance	58.8 meters (193 feet)
Opening date	April 20, 1987
Toll	\$1 for passenger cars or \$0.75 with SunPass

Na Fig. 9 é possível ver os três faróis que serviram de base para os ensaios da triangulação inicial (marcados com círculos). Os triângulos indicam os locais ocupados pelas estações e níveis.

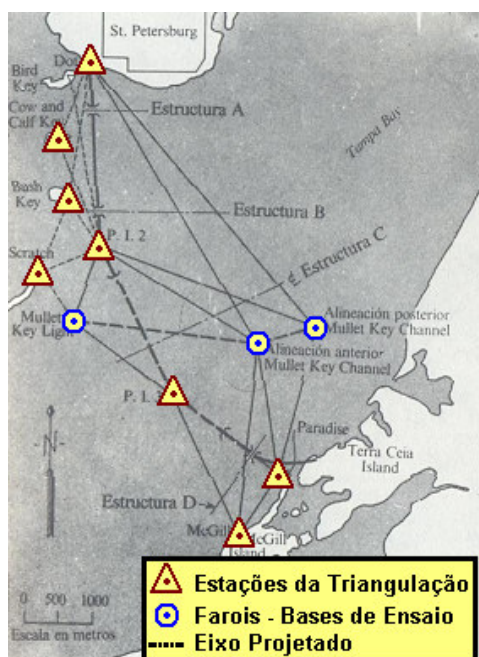


Fig. 9 - Triangulação Preliminar da Sunshine Skyway Bridge. Fonte: Kissam

8. CONCLUSÕES

Ao término do trabalho, concluímos que a locação de pontes se concretiza por meio de levantamentos planimétricos e altimétricos, como triangulação, poligonação e nivelamento geométrico, e a precisão desses métodos sempre deve ser aperfeiçoada, pois se trata de uma estrutura grande, complexa e cara.

Antes de qualquer coleta de dado, sempre será necessário analisar o terreno, área envolvida e a amplitude da obra, para poder se ter uma noção da complexidade do projeto.

Alguns detalhes podem fazer muita diferença durante a locação, sendo necessário sempre analisar cada situação com cuidado, bem como escolher o melhor método a utilizar. Deve-se utilizar equipamentos adequados para esse tipo de obra, estações totais e níveis de última geração e também freqüente acompanhamento técnico para garantir a qualidade do projeto.

A Fig. 10 resume os principais processos a serem considerados sob o ponto de vista cartográfico. Cabe ressaltar a importância dos Levantamentos de Controle durante todas as fases do projeto.

Mesmo após a conclusão da obra pode-se utilizar técnicas de topografia para realizar procedimentos de análise de stress, verificação de capacidade e monitoramento de deformações. Dada a idade da grande maioria das pontes existentes, esta atividade pode configurar um bom filão de trabalho para os profissionais de Engenharia Cartográfica.

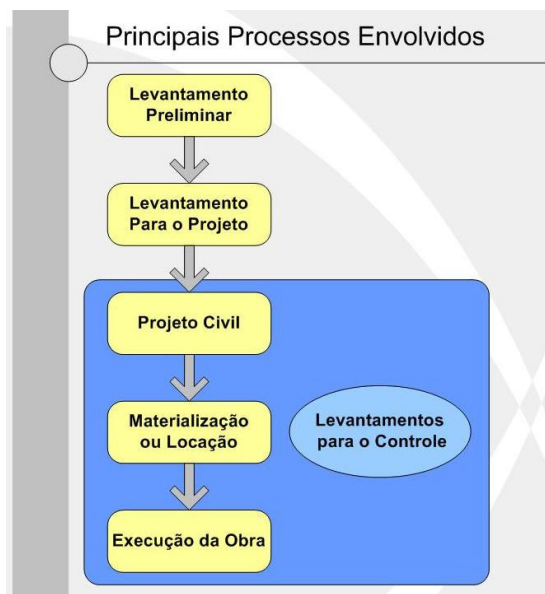


Fig. 8 - Principais Processos Envolvidos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR6023**: Informação e documentação – Referências – Elaboração.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Boletim de Serviço do IBGE nº 1602**. 01/08/1983.

LEVANTAMENTOS I – NOTAS DE AULA – ENGENHARIA CARTOGRÁFICA, UFRGS, 2006

KISSAM, PHILIP. **TOPOGRAFIA PARA INGENIEROS**. México : McGraw-Hill, 1976. 663 p. : il.

STALLIVIERE CORRÊA, I. C. **Topografia aplicada à Engenharia Civil**. 9ª Ed 2007 – UFRGS - IGEO

WIKIPEDIA, THE FREE ENCYCLOPEDIA. **Sunshine Skyway Bridge**. Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Sunshine_Skyway> Acesso: 6 de outubro 2007.