Pesquisas em Geociências
http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias

Cálculo da redução dos ângulos horizontais ao centro da estação

Iran Carlos Stalliviere Corrêa, Clovis Carlos Carraro
Pesquisas em Geociências, 20 (20): 41-47, jan./abr., 1987.

Versão online disponível em:
http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21671

Publicado por
Instituto de Geociências

Data de publicação - jan./abr., 1987.
Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Cálculo da redução dos ângulos horizontais ao centro da estação

Iran Carlos Stalliviere Corrêa *
Clovis Carlos Carraro *

RESUMO

O presente trabalho tem a finalidade de apresentar, de forma simplificada, o cálculo da redução dos ângulos horizontais ao centro da estação quando a mesma não pode ser ocupada para a medida dos ângulos.

O trabalho apresenta a obtenção das fórmulas fundamentais e auxiliares para o cálculo dos ângulos horizontais, o grau de precisão, os cuidados a serem observados durante as medidas das grandezas bem como o método de comprovação dos cálculos.

ABSTRACT

The work presents the method of computation to reduction to center of horizontal angles measured from an accentric station.

In addition to the fundamental equations needed for the computation of the horizontal angles it's included the field method of measuring angles, the confirmation of the computation and the precision obtained.

INTRODUÇÃO

Em muitos casos, nos levantamentos geodésicos e mesmo topográficos, pode ocorrer que um dos pontos escolhidos como vértice de uma triangulação não possa ser ocupado pelo motivo de ser inacessível. Este motivo não acarreta na desistência da utilização deste ponto como estação vértice da triangulação. É possível utilizar-se um ponto auxiliar excêntrico à triangulação original, mas próximo desta, e a partir do qual se observa os demais pontos.

---

* *Professores Titulares do Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências da UFRGS.*

Após a obtenção dos ângulos horizontais e efetuados os cálculos apropriados obteremos os valores angulares que seriam lidos caso o vértice original da triangulação tivesse sido efetivamente ocupado.

A esta operação denominamos de *Redução ao Centro da Estação*.

OBTENÇÃO DOS DADOS E CÁLCULO DOS ÂNGULOS δ

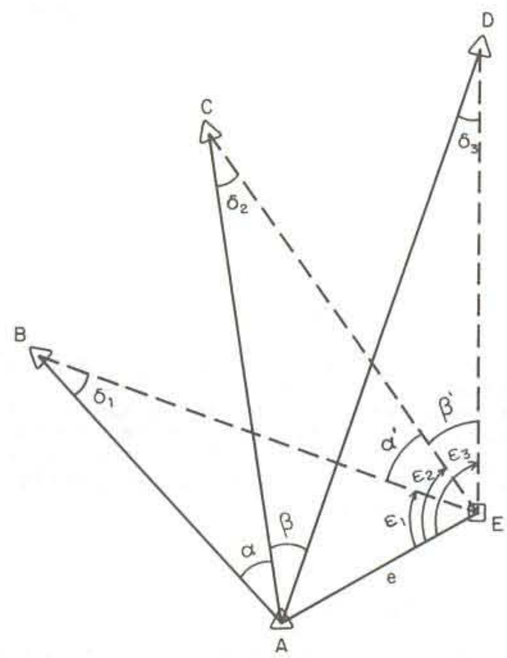

FIG. 1

Dados:

Pontos A,B,C e D - vértices de uma triangulação

Ponto E - estação excêntrica

Seja o vértice A (Fig 1) um vértice de uma triangulação que por qualquer motivo não possa ser ocupado para se efetuar as medidas dos ângulos α e β.

O vértice E é um ponto localizado nas proximidades do vértice A e a partir do qual podemos visualizar os demais vértices da triangulação e assim medir os ângulos α' e β'.

A partir do alinhamento AE são medidos os ângulos ε_1, ε_2 e ε_3 respectivamente com os alinhamentos EB, EC e ED.

Mede-se a seguir, com boa precisão, a distância "e" entre os vértices A e E.

Sejam δ_1, δ_2 e δ_3 os ângulos formados respectivamente pelas direções BA-BE, CA-CE e DA-DE

Do triângulo ABE temos:

$$\frac{e}{\text{sen } \delta_1} = \frac{AB}{\text{sen } \varepsilon_1}$$

donde:

$$\text{sen } \delta_1 = \frac{e}{AB} \cdot \text{sen } \varepsilon_1$$

sendo δ_1 um ângulo muito pequeno podemos dizer que:

$$\text{sen } \delta_1 = \delta_1 \text{ rad}$$

logo temos:

$$\delta_1 \text{ rad} = \frac{e}{AB} \cdot \text{sen } \varepsilon_1$$

$$\delta_1'' = \frac{e}{AB} \cdot \text{sen } \varepsilon_1 \cdot \left(\frac{1}{\text{arco } 1''} \right)$$

ou

$$\delta_1'' = \frac{e}{AB} \cdot \text{sen } \varepsilon_1 \cdot 206\ 264{,}81 \quad (1)$$

Analogamente:

Do triângulo CAE temos:

$$\frac{e}{\text{sen}\delta_2} = \frac{AC}{\text{sen } \varepsilon_2}$$

$$\delta_2'' = \frac{e}{AC} \cdot \text{sen } \varepsilon_2 \cdot 206\ 264{,}81 \quad (2)$$

Do triângulo DAE temos:

$$\frac{e}{\text{sen}\delta_3} = \frac{AD}{\text{sen } \varepsilon_3}$$

$$\delta_3'' = \frac{e}{AD} \cdot \text{sen } \varepsilon_3 \cdot 206\ 264{,}81 \quad (3)$$

CÁLCULO DAS DISTÂNCIAS

Para o cálculo do comprimento dos alinhamentos AB, AC e AD (Fig1) necessitamos conhecer o comprimento dos alinhamentos EB, EC e ED.

Os alinhamentos EB, EC e ED (Fig 1) podem ser determinados a partir da triangulação efetuada com o auxílio da estação E e dos demais pontos ou, se conchecermos as coordenadas geográficas ou UTM dos pontos B, C e D podemos efetuar o cálculo através do *Problema dos Três Pontos* ou também chamado *Solução de Pothenot*.

Obtidas estas distâncias utilizamos as fórmulas trigonométricas para triângulos quaisquer, para o cálculo dos demais lados:

$$AB^2 = EB^2 + AE^2 - 2.EB.AE.\cos \varepsilon_1$$

$$AC^2 = EC^2 + AE^2 - 2.EC.AE.\cos \varepsilon_2$$

$$AD^2 = ED^2 + AE^2 - 2.ED.AE.\cos \varepsilon_3$$

CÁLCULO DOS ÂNGULOS

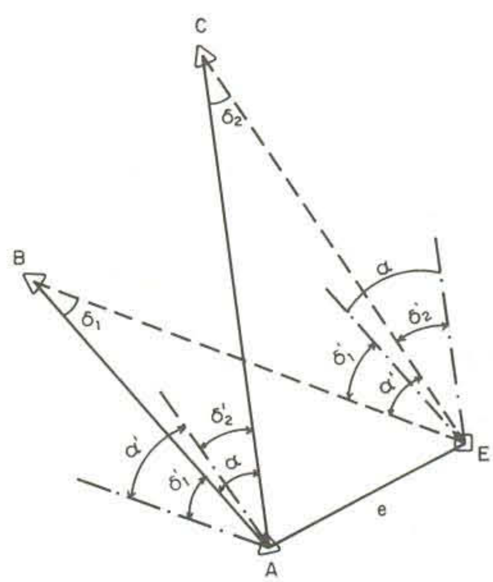

FIG. 2

Se a partir do vértice E (Fig 2) traçarmos paralelas aos alinhamentos AB e AC, observaremos que por construção os ângulos δ_1 e δ_2 são respectivamente iguais a δ_1' e δ_2'

Logo:

$$\alpha = \alpha' - \delta_1' + \delta_2'$$

ou

$$\alpha = \alpha' - \delta_1 + \delta_2$$

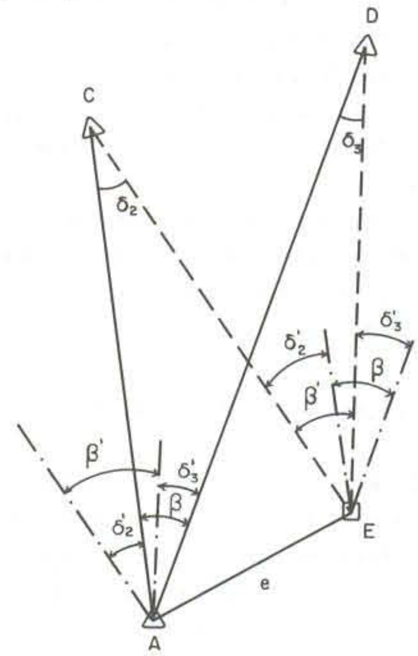

FIG. 3

Analogamente (Fig 3) podemos dizer que δ_2 e δ_3 são respectivamente iguais a δ_2' e δ_3'.

Logo:

$$\beta = \beta' - \delta_2' + \delta_3'$$

ou

$$\beta = \beta' - \delta_2 + \delta_3$$

PRECISÃO NA REDUÇÃO AO CENTRO DA ESTAÇÃO

A redução ao centro da estação deverá ser feita com tal precisão que os erros que por ventura possam ocorrer sejam desprezíveis em comparação com os de medida ou de leitura angular, para os quais a excentricidade "e" (distância AE, Fig 1) será medida com 1 mm de aproximação e os ângulos "ε" serão determinados com toda a exatidão.

Para as triangulações topográficas, com lados da ordem de 2 km, 1mm na medida da distância "e" corresponde a um ângulo de 0,1" e nas triangulações geodésicas de 1º e 2º ordem com lados de 20 km, corresponde a um ângulo de 0,01"

Por esta razão não é necessário na prática, tratando-se de triangulações de grandes lados, obter-se a excentricidade com mais de 1cm de aproximação. Se os lados forem pequenos necessitaremos a excentricidade com 1mm de aproximação.

CUIDADOS A SEREM OBSERVADOS

A estação de montagem do teodolito não deverá sofrer modificação durante o processo de medida dos ângulos pelo método do giro dos horizontes. Deverão ser efetuadas, no mínimo, três reiterações com leituras na posição direta (PD) e posição inversa (PI) da luneta. Deverá ser determinada, através dos mínimos quadrados, a precisão destas medidas. As medidas de distâncias deverão ser efetuadas, no mínimo, duas vezes e observando-se a precisão do levantamento. É aconselhavel efetuar-se um croqui de orientação.

Devemos estar sempre atentos à verticalidade do aparelho em relação à estação. Este controle poderá ser efetuado através de um fio a prumo ou através dos prumos ópticos.

Um ponto fundamental, para a diminuição do erro no cálculo dos ângulos "α", é a escolha da posição da estação excêntrica (E) em relação aos pontos a serem visados a partir desta. Devemos escolher uma posição tal para a estação excêntrica (E) de tal maneira que os ângulos "ε" (Fig 1) medidos a partir desta tenham valores próximos de 90º.

Observando-se as fórmulas (1), (2) e (3) temos que ε=f(sen) e sabemos que o seno de um ângulo pequeno varia mais que o seno de um ângulo grande ou próximo de 90º. Desta maneira um erro residual que por ventura ocorra na medida dos ângulos "ε" acarretará um erro maior na determinação dos ângulos "δ" se os ângulos "ε" forem ângulos pequenos do que se estes fossem próximos de 90º.

A simplicidade e o caráter acessório destas operações têm causado descuidos por parte dos operadores e têm sido a causa de inúmeros erros.

COMPROVAÇÃO DOS CÁLCULOS

A redução ao centro da estação deverá sempre ser comprovada sendo o melhor procedimento a repetição dos cálculos.

Podemos também utilizar, muito facilmente, o processo gráfico da determinação do produto "e.senε", para o que basta desenhar o croqui em grande escala, onde a distância do extremo de "e" ao ponto observado dará o valor do produto "e.senε".

Se tomarmos "e=AE" (Fig 1) como diâmetro e descrevermos o circulo que passa por seus extremos, o valor de "e.senε" dará diretamente a distância de "A" ao ponto de intersecção de cada visada com o circulo (Fig 4).

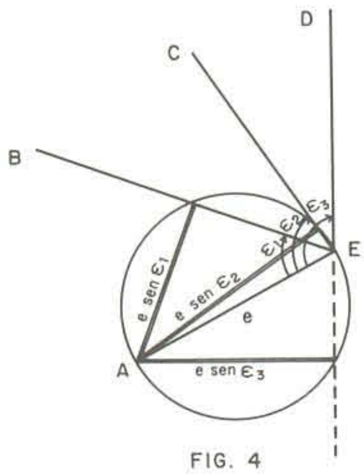

FIG. 4

BIBLIOGRAFIA

CAILLEMER,A. 1971. *Astronomie de Position,Géodésie*.Publications de l'Institut Français du Pétrole.Paris.Societé des Editions Techniq.

CORRÊA,I.C.S. 1980. *Curso Especial de Geodésia*.Porto Alegre-RS.Instituto de Geociências-UFRGS, Departamento de Geodésia.*96p. Inédito*.

JORDAM,W. 1944. *Tratado General de Topografia*. Barcelona. Editorial Gustavo Gili SA. *v.1*.