

INFLUÊNCIA DOS MÉTODOS DE COMPENSAÇÃO DO ERRO LINEAR NO CÁLCULO DA ÁREA DE POLIGONAIS TOPOGRÁFICAS EM TERRENO ONDULADO

LINEAR ERROR METHODS INFLUENCED ON TOPOGRAPHIC AREA CALCULATION UNDER WAVY LANDSCAPE

Attus Pereira Moreira¹ Enio Giotto²

RESUMO

Os métodos mais conhecidos e utilizados no cálculo da compensação do erro linear, para a obtenção das projeções compensadas e das coordenadas, com a finalidade de calcular-se a área de uma poligonal, são: (1) compensação pelos lados da poligonal, medidos diretamente no terreno; (2) compensação pelas projeções naturais, calculadas em função das distâncias medidas e dos senos e cossenos dos rumos ou azimutes. O objetivo deste trabalho foi quantificar a diferença na área calculada pelos dois métodos de compensação do erro linear e comparar com os valores máximos admissíveis pelo critério de JORDAN (1957), para terreno ondulado. O uso corrente de um ou outro método não diz, a priori, qual o mais exato. No entanto, mostra que a diferença entre as áreas calculadas, por ambos os métodos, é muito inferior ao valor máximo para o erro em área, estabelecido. Os resultados obtidos para as áreas das poligonais, permitem concluir, que os métodos de compensação estudados, não diferem entre si, de acordo com os critérios normatizados em Topografia.

Palavras-chave: erro linear, compensação, lados, projeções.

SUMMARY

Linear error compensation methods mainly used compensated projections and coordinates acquisition for polygons area calculation were: (1) polygons sides compensation, directly measured on terrain; (2) natural projections calculated with measured distances an sine and cosine of courses or azimuthes. The purpose of our study was quantify differences on calculated

area by two linear error compensation method and to compare with JORDAN's criteria (1957) values for wavy landscape. Use doesn't show which is the most correct method. However differences between calculated area by both methods are a lot of lower area error values tolerable. Poligons areas results demonstrated two different compensation methods can be used accord Topographic standartized criteria.

Key words: linear error, compensation, sides, projection.

INTRODUÇÃO

Em Topografia, trata-se o erro linear como accidental, visto que, ao realizar-se trabalhos de campo, os erros grosseiros são facilmente percebidos e eliminados; sendo os erros sistemáticos já constatados antes, quando da aferição dos instrumentos.

O erro linear é um erro accidental, e, portanto, função de elementos inteiramente aleatórios, que dependem das condições atmosféricas, da acuidade dos sentidos do operador e das condições operacionais dos equipamentos utilizados. Este erro apresenta-se ora positivo, ora negativo, devido à precisão com que foram medidos os lados da poligonal levantada, que apresentam falta ou excesso em relação ao seu valor exato.

¹Engenheiro Civil, MsC, Professor Assistente, Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

²Engenheiro Florestal, Dr, Professor Titular, Departamento de Engenharia Rural, CCR, UFSM, 97119-900, Santa Maria, RS. Autor para correspondência.

Com o desenvolvimento da Ciência da Mensuração, tornou-se imprescindível uma padronização dos levantamentos topográficos, bem como uma definição da tolerância do erro aceitável em função das áreas nestes levantamentos. Esta uniformização da tolerância aceitável (t) é apresentada por JORDAN (1957).

No cálculo da planilha topográfica um dos pontos mais discutidos entre os usuários refere-se aos métodos de compensação do erro linear. Os métodos mais conhecidos e utilizados para a obtenção das projeções compensadas e das coordenadas são: (1) compensação pelos lados da poligonal, medidos diretamente no terreno; (2) compensação pelas projeções naturais, calculadas em função das distâncias medidas e dos senos e cossenos dos rumos ou azimutes.

ESPARTEL (1949) utiliza o método de compensação pelos lados da poligonal, embora cite o método de compensação pelas projeções calculadas. Entretanto, SILVEIRA (1989) utiliza o método de compensação pelas projeções.

O presente trabalho tem como objetivos: (1) quantificação da diferença na área calculada, pelos dois métodos de compensação do erro linear; e (2) comparação das diferenças obtidas como os valores máximos admissíveis pelo critério de JORDAN (1957).

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Campus da Universidade Federal de Santa Maria, em local denominado "Área Nova", dentro de um retângulo de 710 x 760m, entre as latitudes 29°43'26"S e 29°43'39"S e longitudes 53°44'29"WGR e 53°44'54"WGR.

Foram materializados no campo quatro (4) poligonais base, partindo todas elas de um ponto comum (vértice 1), com dez (10) vértices cada uma (Figura 1). A poligonal "A" está situada internamente às demais. A poligonal "B" envolve a poligonal "A". Todos os vértices da poligonal "B", a partir do número dois (2) estão afastados dos respectivos vértices da poligonal "A" com distâncias que variam de cinco (5) até dez (10) m. A poligonal "C" envolve as poligonais "A" e "B". Todos os vértices da poligonal "C", a partir do número dois (2) estão afastados dos respectivos vértices da poligonal "A", com distâncias máximas de cinquenta (50) m. A poligonal "D" envolve as três anteriores. Todos os vértices da poligonal "D", a partir do número dois (2), estão afastados dos respectivos vértices da poligonal "A", com distâncias que variam entre cinquenta (50) e cem (100) m.

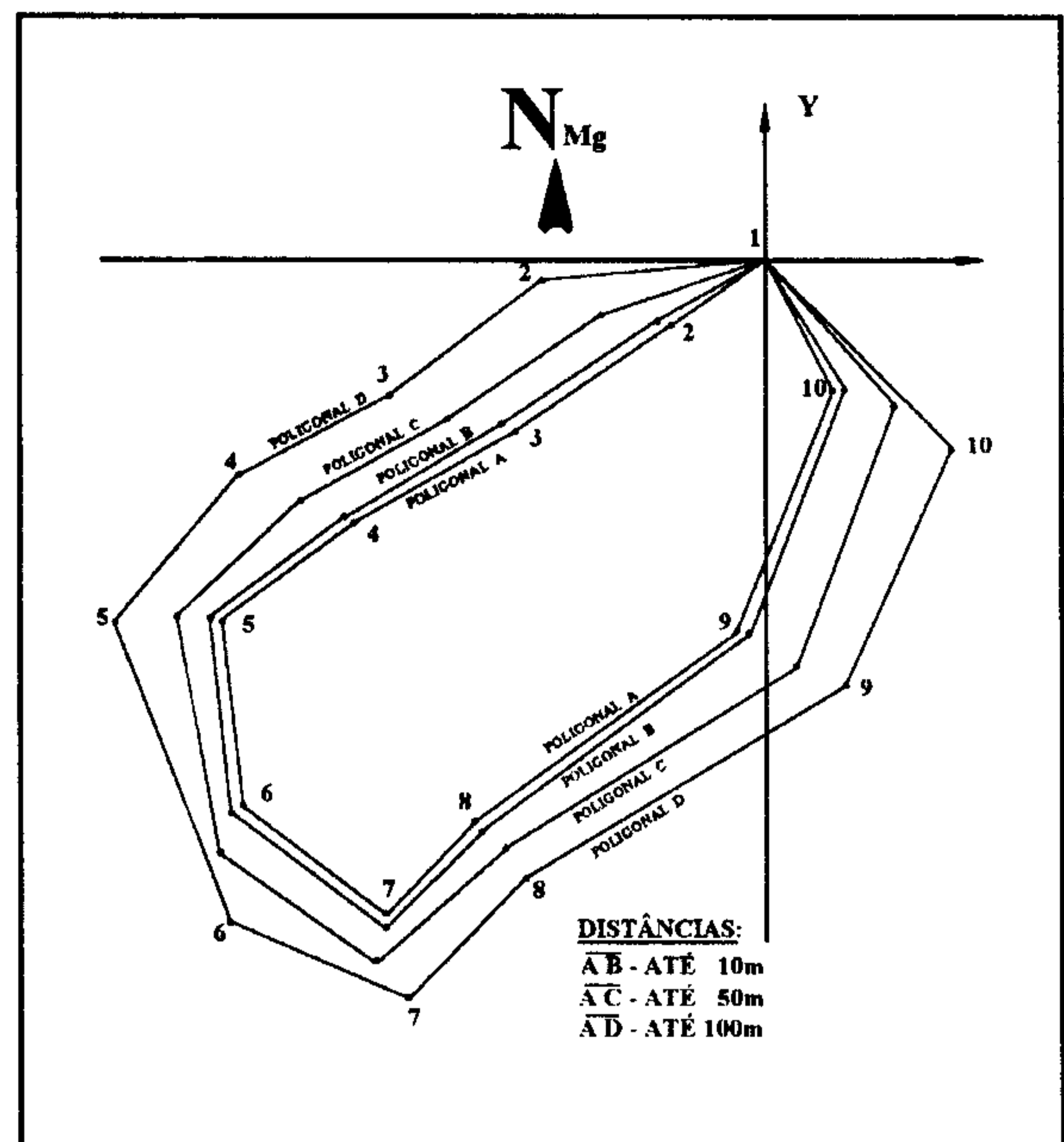


Figura 1. Croqui das poligonais levantadas a campo.

Foram empregados três processos para o levantamento das medidas lineares: (1) trena com fibra de vidro de vinte (20) m, com dupla trenada; (2) por estadimetria, com leitura dos três fios estadimétricos e do ângulo zenital, com taqueômetro normal; e, (3) com distanciômetro eletrônico TOPCON Modelo DM-S3.

O levantamento angular das quatro poligonais base foi executado com teodolito TOPCON Modelo TL-10DE, de vinte segundos (20"), pelo método do caminhamento perimétrico, à direita.

O erro do fechamento angular nas poligonais levantadas foi verificado de acordo com ESPARTEL (1977):

A compensação de cada ângulo interno, individualmente, foi determinada por:

$$A_{ic} = A_i \pm \left[\left(\frac{A_i}{D_i} \cdot K \right) \cdot E_a \right] \quad (1)$$

onde:

- A_{ic} - Ângulo interno corrigido;
- A_i - Ângulo interno lido;
- D_i - Distância entre os vértices V_i e V_{i+1} ;
- A_i/D_i - Quociente entre o ângulo interno lido pela distância ao vértice subsequente;
- E_a - Erro angular do levantamento;
- K - Constante definida por:

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{D_i} \quad (2)$$

A compensação do erro linear pelo critério de correção pelos lados foi executada de acordo com ESPARTEL (1977):

$$\frac{C_x}{l} = \frac{\sum x}{\sum l} \quad \text{ou} \quad C_x = l \cdot \frac{\sum x}{\sum l} \quad (3)$$

e, também,

$$C_y = l \frac{\sum y}{\sum l} \quad (4)$$

em que C_x e C_y são as correções a considerar nas projeções x' e y' , onde:

l - comprimento do lado;

$\sum x$ - soma algébrica das projeções sobre o eixo das abscissas;

$\sum y$ - soma algébrica das projeções sobre o eixo das ordenadas;

$\sum l$ - o perímetro, soma de todos os lados.

As projeções compensadas foram obtidas somando-se algebricamente às projeções naturais com suas respectivas correções, que têm sempre o sinal contrário do erro linear ocorrido em cada eixo.

A compensação do erro linear pelo critério de correção pelas projeções naturais foi executada segundo SILVEIRA (1989):

$$x' = d \cdot \text{sen } Az_n \quad (5)$$

.

$$Y' = d \cdot \text{cos } Az_n \quad (6)$$

onde:

x' - projeção natural sobre o eixo das abscissas;

y' - projeção natural sobre o eixo das ordenadas;

Az_n - azimute do alinhamento;

d - distância entre as estações.

Considerando:

Δx - erro das projeções naturais sobre o eixo das abscissas;

Δy - erro das projeções naturais sobre o eixo das ordenadas;

Teremos:

$$C_x = \frac{(\Delta X)}{[|\sum(-X')| + |\sum(+X')|]} \quad (7)$$

$$C_y = \frac{(\Delta Y)}{[|\sum(-Y')| + |\sum(+Y')|]} \quad (8)$$

$$X'_c = X' \pm X' \cdot C_x \quad (9)$$

$$Y'_c = Y' \pm Y' \cdot C_y \quad (10)$$

onde:

X'_c - projeção corrigida sobre o eixo das abscissas;

Y'_c - projeção corrigida sobre o eixo das ordenadas.

A correção, em cada eixo, terá sempre o sinal contrário aos erros: $\pm \Delta x$ e $\pm \Delta y$. Ela será somada algebricamente às projeções naturais x' e y' , respeitando-se sempre os sinais.

O erro tolerável máximo em áreas, de acordo com JORDAN (1957), segue a seguinte expressão:

$$t = 0,30 \cdot \sqrt{S} + 0,00060 \cdot S \quad (11)$$

onde:

t - erro máximo tolerável, em área;

S - área total da poligonal.

Realizou-se a diferença entre as áreas calculadas com a compensação pelas projeções e as áreas calculadas com a compensação pelos lados.

O suporte computacional para a realização do presente trabalho foi o programa TP0 - Cálculo e Processamento de Levantamentos Planimétricos, desenvolvido pelo Prof. Enio Giotto do Departamento de Engenharia Rural, CCR/UFSM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam, respectivamente, os resultados referentes às superfícies

levantadas pelos processos de medida com trena, estadimetria e eletrônica. São apresentados nestas Tabelas, os intervalos máximos de erros admissíveis, de acordo com o critério de JORDAN (1957).

Tabela 1. Áreas calculadas com compensação pelas distâncias e pelas projeções, suas respectivas diferenças e o critério de JORDAN para as poligonais levantadas com trena.

Poligo- nais*	P/Distâncias Áreas (m ²)	P/Projeções Área (m ²)	Diferenças (m ²)	JORDAN (±m ²)
A	101.660,1217	101.659,1933	0,9284	156,6486
B	109.601,9808	109.601,5041	0,4767	165,0798
C	146.903,0498	146.901,0877	1,9621	203,1256
D	193.796,1084	193.801,4838	-5,3754	-248,3445

* Poligonais conforme Figura 1.

Tabela 2. Áreas cultivadas com compensação pelas distâncias e pelas projeções, suas respectivas diferenças e o critério de JORDAN para as poligonais levantadas com estadimetria.

Poligo- nais*	P/Distâncias Áreas (m ²)	P/Projeções Área (m ²)	Diferenças (m ²)	JORDAN (±m ²)
A	101.263,6098	101.261,4218	2,1880	156,2240
B	109.726,4969	109.726,5017	0,0048	165,2109
C	146.475,5270	146.477,6630	-2,1360	202,7017
D	193.212,8573	193.213,9900	-1,1327	247,7957

* Poligonais conformẽ Figura 1.

Analisando-se a Tabela 1, que apresenta os resultados referentes às medidas com trena verifica-se que para as quatro (4) poligonais levantadas não há diferenças expressivas entre os métodos de compensação empregados. Conforme exposto nas Tabelas 2 e 3, comportamento semelhante ocorre nos demais processos de levantamento de medidas lineares. Na situação mais desfavorável, a variação encontrada foi de 2,16% do erro máximo admissível.

Tabela 3. Áreas calculadas com compensação pelas distâncias e pelas projeções, suas respectivas diferenças e o critério de JORDAN para as poligonais levantadas com distanciômetro eletrônico.

Poligo- nais*	P/Distâncias Áreas (m ²)	P/Projeções Área (m ²)	Diferenças (m ²)	JORDAN (±m ²)
A	101.868,9256	101.868,6383	1,2873	156,8732
B	109.795,9035	109.796,0694	-0,1659	165,2839
C	147.145,9870	147.145,4828	0,5042	203,3664
D	194.038,6611	194.037,7680	0,8931	248,5727

* Poligonais conforme Figura 1.

Os critérios de compensação do erro linear nas poligonais topográficas, empregados nesta pesquisa, não causam variações no valor da área poligonal final. Para isto, considerou-se a metodologia adotada por JORDAN (1957) na avaliação do erro máximo admissível em levantamentos de poligonais topográficas. Mesmo que as precisões das medidas de campo sejam variáveis, devido ao emprego de diversos processos de levantamento (trena, estadimetria ou distanciômetro), a diferença entre as áreas poligonais calculadas, pelos dois critérios de compensação, dentro de cada processo de levantamento, não apresentaram diferenças expressivas.

CONCLUSÕES

Os dois critérios de compensação do erro linear em poligonais topográficas, empregados no presente trabalho, não causaram variações no valor final nas áreas levantadas. Para isto considerou-se a metodologia adotada por JORDAN (1957), na avaliação do erro máximo admissível para as áreas de poligonais topográficas em terreno plano ou levemente ondulado.

Mesmo que as precisões das medidas de campo sejam diferentes, devido ao emprego de diversos processos de levantamento (trena, estadimetria ou distanciômetro eletrônico), a diferença entre as áreas poligonais calculadas, pelos dois critérios de compensação, dentro de cada processo de levantamento, não apresentaram diferenças fora da tolerância aceitável (JORDAN, 1957). Pelo acima exposto, pode-se usar, indistintamente, ambos os critérios de compensação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ESPARTEL, Lélis. **Caderneta de Campo**. Rio de Janeiro, RJ: Globo, 1949. 470p.
- ESPARTEL, Lélis. **Curso de Topografia**. Porto Alegre, RS: Globo, 1977. 655p.
- JORDAN, W. **Tratado General de Topografia - I**. 9. ed. Barcelona, Espanha: Gustavo Gili, 1957. 529p.
- SILVEIRA, Luiz Carlos. **Alternativas para melhorar a precisão dos levantamentos topográficos**. Criciúma, SC: UEC, 1989. 12p.

Ciência Rural, v. 26, n. 2, 1996