

Verificação das Discrepâncias nas Coordenadas de Pontos para o Georreferenciamento de Curso d'Água com Mata nativa ciliar utilizando GPS e Estação Total

José Luiz Montenegro Barbosa ¹
Prof. Ms. Reginaldo Macedônio da Silva ²
Prof. Ms. Adriane Brill Thum ³
Prof. Dr. Maurício Roberto Veronez ⁴
Prof. Dr. Genival Correa de Souza ⁵

¹ Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)
Av. Unisinos nº 950 – Cristo Rei – 93022-000 São Leopoldo RS
e-mail: josembarbosa@brturbo.com.br

² Centro Universitário Feevale
Setor de Arquitetura e Urbanismo – Laboratório de Geoprocessamento
Rodovia RS 239, nº 2755 – 93352-000 Novo Hamburgo RS
e-mail: macedonio@feevale.br

³ Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Curso de Engenharia Civil
Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental-UFRGS
Av. Unisinos, 950 - 93.022-000 São Leopoldo RS
Email: adrianebt@unisinos.br

⁴ Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Programa de Pós-Graduação em Geologia
Laboratório de Sensoriamento Remoto e Cartografia - LASERCA
Av. Unisinos, 950 - 93.022-000 São Leopoldo RS
Email: veronez@unisinos.br

⁵ Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS
Departamento de Tecnologia
Laboratório de Geotecnologias – GEOTEC
Br 116 – km 03 - Campus Universitário -
44031-460 Feira de Santana – BA
Email: gcorrea@uefs.br

Resumo: As observáveis fases da onda portadora e pseudodistância, assim como todas as outras envolvidas nos processos de mensuração, estão sujeitas a erros aleatórios, sistemáticos e grosseiros. Sob condições de mata nativa ciliar arbórea densa e alta, companheira dos cursos d'água, a perda de ciclos inteiros, o multicaminhamento e a obstrução do sinal de um ou mais satélites são fatores limitantes para o uso de receptores GPS. Tendo em vista que no georreferenciamento de imóveis rurais estas condições são frequentemente encontradas, este trabalho se propõe a verificar quais as discrepâncias observadas nas coordenadas UTM-SAD69 dos pontos definidores do curso d'água, quando se comparam os valores obtidos com receptores GPS e os valores obtidos com uso de Estação Total, por desenvolvimento de uma poligonal clássica apoiada em dois (2) pontos de partida para controle geodésico pelo GPS e dois (2) pontos de chegada, também posicionados com receptores do GPS.

Palavras chaves: discrepâncias nas coordenadas, comparativo entre levantamento GPS e poligonal clássica.

Abstract: The observables phase of the wave and the pseudorange, as well as all others involved in the measuring processes, are subjected to random, systemic and outlier errors. Under the conditions of dense and high arboreal native gallery forest, following the watercourses, the loss of entire cycles, the multipath and the obstruction of the signal on one or more satellites are limiting factors to the usage of GPS receivers. Taking into consideration that in georeferencing of rural buildings these are frequently found conditions, this work intends to verify which discrepancies are observed in the UTM-SAD69 coordinates of the defining points of the watercourses, when comparing to GPS receivers obtained values and values obtained with the usage of the Total Station through the development of a classical polygonal supported in two (2) to GPS geodetic starting control points and two (2) of GPS receivers too positioned ending points. This document shows, like an example, the style to be used for all papers for

Keywords: discrepancies of coordinates, comparison between GPS tracking and classical polygonal.

1. INTRODUÇÃO

Com o advento da Lei nº 10.267/01, do Dec. Nº 4.449/02 e posterior publicação da Norma Técnica Para Georreferenciamento de Imóveis Rurais em Novembro de 2003 (INCRA: www.incra.gov.br, fev. 2006), a solução da ambigüidade de fase da portadora é parâmetro obrigatório e essencial. Ocorre que em meio a mata nativa ciliar, esta solução, mesmo fixada no pós-processamento, pode gerar discrepâncias significativas nas coordenadas dos vértices rastreados com receptores GPS, mesmo utilizando-se receptores modernos de baixo nível de ruído de código/fase e dupla frequência. A ocupação com Estação Total dos mesmos vértices rastreados com receptores GPS, nestas condições, obedecendo-se as exigências estabelecidas na referida Norma, visa verificar se o uso destes receptores é viável quando se comparam rapidez e eficiência operacional com a acurácia exigida.

Para se estabelecer quatro (4) marcos de apoio imediato de controle geodésico dentro da área de estudo, utilizou-se o método do posicionamento relativo estático e três (3) receptores de dupla frequência. Nos vértices cadastrais, definidores do curso d'água, um destes receptores foi utilizado simultaneamente com os outros dois, no posicionamento pelo método relativo rápido estático.

As duplas diferenças (DD) de fase das portadoras foram as observáveis básicas utilizadas na transferência de coordenadas a partir das estações de controle da rede homologada pelo IBGE, uma vez que os receptores rastrearam os mesmos satélites no mesmo instante t (Monico, 1997).

2. OBJETIVOS

Conciliando-se o caráter investigatório com aquele relacionado com os procedimentos técnicos de automação, com situações bastante comuns do dia a dia do georreferenciamento de imóveis rurais, este estudo visa basicamente:

- mostrar as discrepâncias nas coordenadas UTM / SAD69-Brasil apuradas no pós-processamento com dupla vetorização para cada vértice do curso d'água, obtidas com receptores de dupla frequência, quando comparadas com as coordenadas transferidas por desenvolvimento poligonal clássico com o uso de Estação Total;
- verificar, com o uso dos equipamentos e sistemas de automação ora disponíveis no mercado, se as exigências da Norma Técnica podem ser flexibilizadas mediante o confronto dos resultados obtidos;
- propiciar a tomada de decisão quanto a escolha do equipamento adequado para utilizar no georreferenciamento de vértices sob mata nativa densa e alta, tendo em vista a acurácia exigida pela Norma Técnica / INCRA para se atingir a precisão planimétrica posicional menor que 500 mm (probabilidade de 68,7 % para 1σ : P 3, sendo σ o desvio padrão e P3 a classe de precisão).

3. ÁREA DE ESTUDO

Os dados de campo foram obtidos em uma área suburbana localizada no Município de Viamão, RS, no entorno do ponto de coordenadas geográficas 30° 03' 02" de latitude sul (S) e 51° 01' 32" de longitude a oeste (W) de Gr., no sistema de referência SAD-69. Situa-se no Beco dos Mendanha, localidade distante três (3) quilômetros do centro da cidade sede do município. Tem acesso pela Estrada dos Mendanha, lado oposto ao nº 3510. Apresenta relevo ondulado, com altitudes no entorno de 45,0 a 55,0 metros acima do nível do mar (Fig. 1).



Figura 1 : Foto da área de estudo. Em primeiro plano o marco de apoio AP3. Ao fundo a mata nativa ciliar.
Fonte: barbosa, 2006.

4. EQUIPAMENTOS E APLICATIVOS UTILIZADOS

- três (3) receptores Topcon HiPer L1eL2 (GPS e Glonass), com quarenta (40) canais paralelos e precisão horizontal (Phz) posicional de 3 mm + 1 ppm;
- um (1) gerenciador Trimble Recon /GPS;
- um (1) bastão de fibra de carbono com 4,60 m para o conjunto antena/receptor móvel;
- dois (2) tripés para os receptores fixos;
- uma (1) Estação Total marca Topcon, Mod. 229 com precisão angular de 9 segundos e linear de 3 mm + 3 ppm * D, onde D é a distância medida em quilômetros e ppm é partes por milhão;
- dois (2) bastões com bolhas de nível tipo cantoneira;
- dois (2) prismas simples;
- dois (2) bipés para os bastões;
- *software* Topcon Tools, V 5.04;
- *software* Sistema TopoGRAPH, V. 3.5, da Charpoiter Tecnologia;
- um (1) *notebook* e um (1) microcomputador.

5. METODOLOGIA

5.1 Estações de Controle Geodésico

Para atender as exigências da Norma Técnica, as condicionantes do presente estudo e a localização da área, optou-se em utilizar como pontos de controle de primeira ordem (P1: ± 100 mm), a Estação Porto Alegre – POAL / RBMC / IBGE, Código Internacional nº 91850 e, a Estação Manfra – São Leopoldo, identificada como EMFL, Código Internacional nº 93645, também homologada pelo IBGE. A partir destas estações, ambas de monitoramento contínuo, a mais distante a trinta e dois (32) quilômetros da área de estudo, efetuou-se o transporte de coordenadas para quatro (4) marcos de apoio imediato com precisão esperada melhor que a da classe P2: ± 200 mm, para controle geodésico, objetivando apoio ao levantamento da poligonal e rastreamento dos vértices do curso d'água com o receptor do GPS e Glonass.

Para o pós-processamento dos marcos de apoio adotou-se os seguintes dados da rede geodésica homologada / IBGE (www.ibge.gov.br, 2005):

TABELA 1 – COORDENADAS OFICIAIS. POAL-GEODÉSICAS E UTM-SAD 69

Latitude	30° 04' 24,7580" S	Sigma	0,010 m
Longitude	51° 07' 09,2863" W	Sigma	0,032 m
Alt. Elips.	73,91 m	Sigma	0,020 m
Alt. Orto.:	72,71 m	Mapgeo/IBGE	
UTM (N):	6.673.047,825 m		
UTM (E):	488.507,424 m		
MC:	- 51° (ou 51° W Gr.)		

TABELA 2 – COORDENADAS OFICIAIS. EMFL – GEODÉSICAS E UTM-SAD 69

Latitude	29° 47' 32,9894" S	Sigma	0,008 m
Longitude	51° 09' 06,8680" W	Sigma	0,014 m
Alt. Elips.	80,08 m	Sigma	-----
Alt. Orto.:	78,65 m	Mapgeo/IBGE	
UTM (N):	6.704.186,203 m		
UTM (E):	485.318,397 m		
MC:	- 51° (ou 51° W Gr.)		

5.2 Exigências da Norma Técnica. Valores Observados ou Realizados

5.2.1 Marcos de Controle Geodésico – Georreferenciados no Sistema do GPS e GLONASS

Constituído pelos marcos de apoio imediato AP1, AP2, AP3 e AP4 (Fig. 2). Os marcos AP1 e AP4 foram rastreados a partir dos marcos AP2 e AP3.

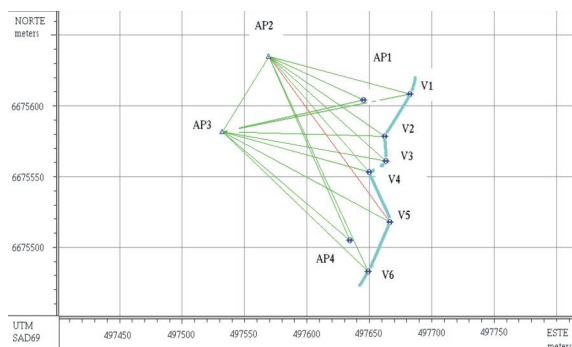


Figura 2 : Situação de marcos e vértices. Duplas vetorizações. Topcon Tools (pós-processamento).

Exigências da Norma Técnica:

- precisão posicional tolerável: na classe P2 (≤ 200 mm (para 68,7% e desvio padrão de 1σ);
- método de posicionamento: relativo estático;
- tempo de observação: exigência mínima: 120 minutos para os marcos AP2 e AP3; realizado : $03:56:00 \leq \text{tempo de observação} \leq 04:04:45$; (horas:minutos:segundos); para os marcos AP1 e AP4 observou-se o tempo de 30 minutos;
- intervalos entre as observações: até 15 segundos; adotado: 5 segundos;
- GDOP máximo: dentro da tolerância fornecida pelo fabricante; observado: < 8 ;
- horizonte mínimo de rastreamento (máscara de elevação): 15° ; exigido e observado;
- razão sinal/ruído mínima do sinal GPS: > 6 ; observado: > 8 ;
- pós-processamento e ajustamento: utilizou-se o software Topcon Tools 5.04, com dupla vetorização e ajustamento pelo método dos mínimos quadrados (MMQ);
- número mínimo de satélites rastreados simultaneamente durante o tempo de observações: ≥ 4 ; melhor é ≥ 5 ; número médio observado: onze (11) do GPS e três (3) do Glonass;
- tipo de solução de ambigüidade (pós-processamento): DD Fix;
- desvio padrão da linha de base processada : $< 1 \text{ cm} + 2 \text{ ppm} * D$, sendo D a dimensão da linha

- base em quilômetros;
- desvio padrão de cada uma das componentes da base d (diferença em, delta) X , dY e dZ ou dN , dE e dh ;
- especificação do teste de hipótese de igualdade entre variâncias de referência *a priori* e *a posteriori* (teste *chi* quadrado);
- apresentação da matriz variância-covariância das observações;
- especificação do Erro Médio Quadrático dos resíduos da fase da portadora.

5.2.2 Vértices Cadastrais Definidores Do Curso D'Água Georreferenciados no Sistema do GPS e GLONASS

Constituídos dos vértices V1, V2, V3, V4, V5 e V6 (Fig. 2), com precisão posicional tolerável em 68,7% (1σ) na Classe P3 (± 500 mm). As exigências básicas e realizações a campo foram as seguintes, para o método do posicionamento relativo rápido-estático adotado:

- distância máxima tolerável das estações de referência (no caso marcos AP2 e AP3): 15 quilômetros; realizado: < 200 m;
- PDOP máximo: < 6 ; observado: < 5 ;
- razão sinal/ruído mínima do sinal GPS: > 6 ; observado: > 8
- horizonte mínimo de rastreamento: exigido e realizado: 15° ;
- operar sempre no modo 3D, sendo necessários no mínimo 5 satélites rastreados simultaneamente para a inicialização e, manutenção de um mínimo de 4 satélites durante a execução do levantamento; observado: sempre um mínimo de 8 satélites;
- usar receptores com no mínimo 8 canais; utilizado: 40 canais;
- devem ser seguidos os períodos de rastreamento indicados pelos fabricantes;
- tempo de observações deverá ser de no mínimo o que permita armazenar 5 minutos de dados íntegros, sem interferência de perdas de ciclos: realizado: 00:10:05 $<$ tempo de observação $<$ 00:13:10;
- a taxa de gravação deverá ser de 10 segundos, podendo ser reduzido para 5 segundos; realizado: taxa de gravação de 5 segundos;
- particularmente, para este estudo, a altura da antena foi mantida constante: 4,60 m.

5.2.3 Exigências Normativas Para o Desenvolvimento Poligonal com Estação Total

Refere-se ao levantamento com Estação Total dos vértices à margem esquerda do curso d'água, à montante, com ocupação inicial no marco de apoio geodésico AP1, com visada à ré no marco de apoio e referência geodésica AP2 e vante no vértice V1 (Fig. 2).

Sucessivamente, ocuparam-se os vértices V1, V2, V3, V4, V5, V6 e o marco de apoio geodésico AP4, com visada à ré no vértice V6 e vante no marco de apoio e referência geodésica AP3, formando assim, respectivamente, as direções de controle de saída e chegada de uma poligonal fechada Tipo 3 (ABNT / NBR 13.133 / 94).

Basicamente a Norma Técnica / INCRA faz as seguintes exigências:

- espaçamento entre estações: recomendável: até 500 m; realizado: máximo de 39,000 m;
- comprimento máximo do desenvolvimento: 15 km; realizado: 211,024 m;
- instrumento ótico/eletrônico (classificação ABNT/NBR nº 13.133): precisão baixa (angular ≤ 30 segundos e linear de $5 \text{ mm} + 10 \text{ ppm} \cdot D$); utilizado: precisão angular (desvio padrão): ≤ 9 segundos e precisão linear: $3 \text{ mm} + 3 \text{ ppm} \cdot D$;
- edição angular horizontal e vertical: método: das direções; número de séries: 1; nº de repetições PD e PI por série: 2; onde PD refere-se à posição direta da luneta e PI à posição inversa; realizado: uma série com duas repetições;
- medição dos lados: nº mínimo de séries de leituras recíprocas: 2 leituras válidas; realizado: 2 leituras à ré (uma PD e uma PI) e 2 à vante (uma PD e uma PI);
- controle azimutal: nº máximo de lados sem controle: 15; realizado sem controle: 7
- erro de fechamento máximo em azimute para direções de controle: 1 minuto;
- fechamentos: angular: $1 \text{ min} \cdot N^{1/2}$; linear (coordenadas): valor máximo para o erro relativo em coordenadas após a compensação em azimute: 1:2000. Onde N é o número de lados;

O TopoGRAPH trabalha com os parâmetros exigidos pela ABNT (NBR 13133/94, Itens 6.5.1 a 6.5.8), a começar com a edição angular (PD e PI) na formatação da caderneta eletrônica dos dados de campo. Este aplicativo também solicita os coeficientes necessários para a verificação das tolerâncias dos erros angular, transversal e longitudinal do desenvolvimento poligonal, para o devido ajustamento e distribuição dos erros cometidos.

6. RESULTADOS OBTIDOS

As coordenadas UTM-SAD69 obtidas são resultado do uso dos aplicativos já arrolados, tanto na automação de procedimentos a partir dos dados brutos dos receptores do GPS e Glonass através do Topcon Tools, como no uso do Sistema Topograph no trato dos dados de campo do levantamento da poligonal com Estação Total. Os dados brutos dos receptores GPS e Glonass, no formato RINEX estão disponíveis em arquivo virtual em (josembarbosa@brturbo.com.br), assim como as planilhas do Topcon Tools do pós-processamento. Também os relatórios do TopoGRAPH na distribuição de erros, transformações de coordenadas e ajustamento do desenvolvimento poligonal estão disponíveis no mesmo endereço eletrônico.

6.1 Coordenadas UTM-SAD69 Obtidas com Receptores do GPS e GLONASS

A Tab. 3 mostra, resumidamente, os valores obtidos para os vetores ajustados das linhas de base, dN (delta N) e dE (delta E), no transporte para os marcos georreferenciados de apoio imediato, com respectiva precisão e tipo de solução.

TABELA 3 – PÓS-PROCESSAMENTO. DUPLAS VETORIZAÇÕES. TOPCON TOOLS

Vetores Base→Pto	dN (m)	dE (m)	PHz* (m)	Sol. **
EMFL-AP3	-28604,522	12214,112	0,010	fixo
EMFL-AP2	-28551,411	12251,190	0,010	fixo
Poal-AP3	-2533,862	-9025,075	0,009	fixo
Poal-AP2	-2586,972	-9062,154	0,010	fixo
AP3-AP1	22,418	112,933	0,001	fixo
AP3-AP4	-76,827	101,758	0,001	fixo
AP2-AP1	-30,691	75,855	0,001	fixo
AP2-AP4	-129,933	64,677	0,001	fixo

Obs.: * precisão horizontal; ** solução de ambigüidade

A Tab. 4 mostra os valores obtidos para os vetores ajustados das linhas de base, dN e dE, no transporte de coordenadas para os vértices do curso d'água, a partir dos marcos de apoio AP2 e AP3, no posicionamento relativo rápido estático.

TABELA 4 – PÓS-PROCESSAMENTO. DUPLAS VETORIZAÇÕES. TOPCON TOOLS

Vetores Base→Pto	dN (m)	dE (m)	PHz (m)	Sol.
AP3-V1	26,847	150,033	0,004	Fixo
AP3-V2	-3,071	130,061	0,008	fixo
AP3-V3	-20,620	130,916	0,013	fixo
AP3-V4	-28,403	117,608	0,011	fixo
AP3-V5	-63,861	134,173	0,007	fixo
AP3-V6	-98,510	116,432	0,007	fixo
AP2-V1	-26,262	112,953	0,005	fixo
AP2-V2	-55,982	93,083	0,110	float
AP2-V3	-73,722	93,956	0,101	fixo
AP2-V4	-81,506	80,528	0,015	fixo
AP2-V5	-116,881	97,777	0,284	float
AP2-V6	-151,627	79,344	0,018	Fixo

A Tab. 5 mostra os valores obtidos para as coordenadas, em UTM-SAD69, de todos os marcos e vértices, com respectivos desvios padrão (σ).

TABELA 5 – COORDENADAS N e E, UTM-SAD69, AJUSTADAS. TOPCON TOOLS.

Vért	MalhaN (m)	MalhaE (m)	σ (N) (m)	σ (E) (m)
AP1	6675604,103	497645,437	0,001	0,001
AP2	6675634,793	497569,582	0,004	0,003
AP3	6675581,686	497532,503	0,004	0,003
AP4	6675504,860	497634,260	0,001	0,001
V1	6675608,532	497682,536	0,003	0,003
V2	6675578,617	497662,564	0,007	0,006
V3	6675561,064	497663,420	0,009	0,012
V4	6675553,284	497650,111	0,007	0,007
V5	6675517,825	497666,677	0,005	0,007
V6	6675483,174	497648,933	0,005	0,006

A Tab. 6 mostra as coordenadas geodésicas-SAD69 dos marcos georreferenciados de apoio imediato.

TABELA 6 – COORDENADAS GEODÉSICAS-SAD69 AJUSTADAS. TOPCON TOOLS

Vért	Latitude (S)	Longitude (W)	σ^* (N)	σ^* (E)
AP1	30°03'01,8957"	51°01'27,9305"	0,001	0,001
AP2	30°03'00,8980"	51°01'30,7630"	0,006	0,005
AP3	30°03'02,6233"	51°01'32,1482"	0,006	0,005
AP4	30°03'05,1197"	51°01'28,3487"	0,001	0,001

Obs.: σ^* : desvio padrão em metros (m)

6.2 Coordenadas Obtidas em UTM-SAD69 dos Vértices do Curso D'Água com Uso de Estação Total

O uso do Sistema TopoGRAPH propiciou os cálculos do ajustamento da poligonal tipo 3, mediante os seguintes procedimentos exigidos pelo aplicativo, configurado de acordo com a NBR 13133/94:

- elaboração da caderneta de campo eletrônica por digitalização dos dados obtidos com a Estação Total, neste estudo via teclado, com edição angular com uma (1) série de leituras PD e PI, com duas repetições, pelo método das direções, com respectivas distâncias horizontais;
- informações dos valores das coordenadas do marco de saída (AP1) e de referência (AP2), assim como dos marcos de chegada (AP4) e de referência (AP3);
- realizou-se a transformação de coordenadas UTM-SAD69 para Plano Local dos marcos de apoio, informando-se o MC (meridiano central), no caso -51° e o datum (SAD69). Adotou-se os valores de 150.000,00 m para x e 250.000,00 m para y, no marco inicial AP1;
- informou-se os parâmetros referentes às tolerâncias para o erro de fechamento angular, longitudinal e transversal, face as equações:

$$T\alpha \leq a + b * N^{1/2}, \quad (1)$$

$$Tl \leq c + f * L^{1/2}; \text{ sendo L em metros,} \quad (2)$$

$$Tt \leq c + e * L(\text{km}) * (N-1)^{1/2}, \quad (3)$$

onde:

$T\alpha$ - tolerância para o erro angular ;

Tl - tolerância para o erro de fechamento
longitudinal;

Tt - tolerância para o erro de fechamento
transversal.

Adotou-se os seguintes valores para os coeficientes das equações (1), (2) e (3): $a = 0,6 * 2^{1/2} = 0,8$ segundos sexagesimais; $b = 20$ segundos sexagesimais, Classe III P (NBR), ou P3 (Norma / INCRA); $c =$

0,0085 m, valor calculado em função da precisão dos pontos de apoio geodésico com receptores GPS, ou seja, $6 \text{ mm} \cdot 2\frac{1}{2}$; e = 0,06 m e, para f = 0,15 m. A letra N significa o número de vértices poligonais, incluindo o de partida e o de chegada. A letra L refere-se à extensão da poligonal em metros.

Estes coeficientes e suas respectivas significâncias se encontram nos Itens 6.5.5, 6.5.6, 6.5.7, 6.5.7.1 e 6.5.7.2 e 6.5.8., com valores nas Tabelas 10 e 11 da NBR 13133/94.

Nos relatórios de saída do TopoGRAPH são especificados os valores dos erros longitudinal, transversal, em azimute, o de fechamento angular de caderneta, em coordenadas e o erro cometido no azimute de chegada. Os desvios padrão angular e linear das observações PD e PI a campo situaram-se dentro da tolerância especificada pelo fabricante do instrumento ótico. A qualidade das coordenadas também é especificada com o ajustamento realizado.

Os valores obtidos para as coordenadas UTM-SAD69, já ajustadas, dos vértices definidores do curso d'água, através do levantamento da poligonal tipo 3 com o uso de Estação Total, se encontram na Tab. 7, acima, obtidas no Sistema TopoGRAPH.

TABELA 7 – DISCREPÂNCIAS OBSERVADAS NAS COORDENADAS UTM-SAD69 DOS VÉRTICES DEFINIDORES DO CURSO D'ÁGUA OBTIDAS POR DIFERENTES PROCESSOS DE LEVANTAMENTO.

Malha N	V1 (m)	V2 (m)	V3 (m)	V4 (m)	V5 (m)	V6 (m)
GPS e Glonass	6.675.608,532	6.675.578,617	6.675.561,064	6.675.553,284	6.675.517,825	6.675.483,174
Estação Total	6.675.608,449	6.675.578,678	6.675.560,966	6.675.553,329	6.675.517,793	6.675.483,181
Discrepâncias	0,083	0,061	0,098	0,045	0,032	0,007
Malha E						
GPS e Glonass	497.682,536	497.662,564	497.663,420	497.650,111	497.666,677	497.648,933
Estação Total	497.682,653	497.662,400	497.663,343	497.650,075	497.666,829	497.648,893
Discrepâncias	0,117	0,164	0,077	0,036	0,152	0,040
RMS	0,143	0,175	0,125	0,058	0,155	0,041
Solução	fixa	Float (1 vetor)	fixa	fixa	Float (1 vetor)	fixa

7. CONFRONTO DE RESULTADOS. DISCREPÂNCIAS

A análise dos resultados mostra as diferenças obtidas entre as coordenadas oriundas de procedimentos totalmente diferentes, com o uso de equipamentos de mensuração também distintos. Estes processos de mensuração, nesta investigação, tem a propriedade principal de mostrar qual a exatidão (acurácia) posicional das coordenadas obtidas com o receptor do GPS e Glonass em meio a mata nativa.

Em toda a investigação de técnicas de procedimentos e uso de equipamentos, as variáveis envolvidas e os resultados obtidos, são peculiares e função daquele tipo e forma de pesquisa adotada, o que não invalida as conclusões, ainda que pendentes de estudos mais amplos para situações e equipamentos diferentes.

As discrepâncias podem ser observadas na Tab. 7, acima, para os vértices definidores da divisa natural.

Na análise dos resultados observou-se que a magnitude das discrepâncias é maior para os vértices V2 e V5, justamente onde um dos vetores da linha base, para cada um destes vértices, apresentou solução *float* (flutuante). Em termos de precisão posicional relativa em coordenadas, também encontrou-se valores maiores para estes mesmos vértices.

8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Baseando-se nos resultados obtidos e admitindo-se que as ambigüidades para os marcos de apoio imediato tenham sido corretamente fixadas no ajustamento, verificou-se que, para as linhas de base deste estudo, as discrepâncias, ainda que significativas, situaram-se dentro da exigência posicional da Norma Técnica / INCRA. Ou seja, os valores se posicionaram, em termos de acurácia planimétrica, a menor do que 500 mm (P3) por vértice, a nível de probabilidade de 68,7 % e 1σ (um desvio padrão).

Para este estudo ficou comprovado que as duplas diferenças de fase das ondas portadoras são mais precisas sob condições de mata nativa ciliar densa e alta. Como os marcos de apoio imediato estão próximos dos vértices do curso d'água, com as combinações das DD, minimiza-se o erro relativo à falta de sincronismo entre os relógios do receptor e do satélite, ao mesmo tempo em que se reduzem os efeitos da ionosfera e troposfera (Mônico, 1997).

Daí a vantagem do uso de receptores de dupla frequência. Os receptores de uma frequência (L1) com código C/A (*Coarse Acquisition* – fácil aquisição), que utilizam a pseudodistância, apresentam precisão bem menor. Justamente pelo fato de que a utilização desta observável, sob densa vegetação, apresenta um nível de multicaminhamento muito maior (Mônico, 2000).

A densidade, as espécies arbóreas e a altura dos espécimes das comunidades vegetacionais no entorno de cada vértice do curso d'água são variáveis de fundamental importância, uma vez que tem correlação direta com a solução de ambigüidades e outras fontes de erros, devido ao multicaminhamento e obstrução do sinal. Ocorre que em meio a mata nativa ciliar, estas variáveis ambientais potencializam as fontes de erros, mormente no que se refere a perda de sinal de um ou mais satélites e possibilidade de perda da contagem do número inteiro de ciclos medidos no receptor (Mônico, 2000).

Bastões extensíveis, até 8,0 a 10,0 metros, podem ser utilizados para melhorar as condições de recepção dos sinais dos satélites pela elevação da antena, desde que sejam utilizados em condições de pouco vento e que favoreça posição de menor densidade de vegetação.

Quanto maior for o número de lados e as extensões entre eles no desenvolvimento poligonal clássico, maiores serão as discrepâncias entre os dois procedimentos, tendo em vista a propagação de erros inerentes aos procedimentos na coleta de elementos lineares e angulares com instrumento ótico. Daí a limitação imposta pela Norma Técnica /INCRA em quinze (15) lados da poligonal sem controle azimutal. Também é de fundamental importância a exigência desta mesma Norma Técnica quanto a edição angular pelo método das direções em posições direta e inversa da luneta do instrumento ótico.

Os cuidados na edição angular e sua correta entrada nos aplicativos topográficos comerciais, bem como a digitalização dos valores dos coeficientes exigidos por este tipo de poligonal, são de relevante importância.

A qualidade (desvio padrão) das coordenadas dos marcos de apoio geodésico de partida e chegada deve ser utilizada com total segurança para definir os valores dos coeficientes “a” e “c”.

Novos estudos com receptores de dupla frequência utilizando-se linhas de base mais longas podem ser executados, objetivando-se verificar a existência de discrepâncias em coordenadas entre os dois procedimentos sob condições de mata nativa ciliar.

O rastreamento dos vértices do curso d'água com receptores de uma frequência e código suavizado, a partir de marcos georreferenciados com receptores de dupla frequência, nestas condições, deve ser investigado em novos estudos objetivando a análise de resultados em coordenadas.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). *Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais*. Disponível em www.incra.gov.br. Acessado em fev. 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em www.ibge.gov.br. Acessado em dez. 2005.

Machado, W. C.; Monico, J. F. G. *Solução rápida das ambigüidades GPS utilizando o software GPSeq*. Tese de Mestrado – UNESP – Presidente Prudente, SP. 1997.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *Execução de levantamento topográfico*. NBR 13.133. Rio de Janeiro, RJ. 1994. 35 p.

Monico, J. F. G., *Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações*. São Paulo, SP. Ed. UNESP/FEU, 2000. 287p.