

QUALIDADE EM LEVANTAMENTOS COM GPS ATRAVÉS DA MODELAGEM DA ACURÁCIA E DA PRECISÃO

QUALITY IN GPS SURVEYS THROUGH MODELING ACCURACY AND PRECISION

*Alexandre ten Caten¹, Delcio Jesus Colin Benvegnu², Adroaldo Dias Robaina³

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo desenvolver modelos que estimassem a qualidade de um levantamento através do Sistema de Posicionamento Global (GPS), em função do tempo de coleta e a distância entre pontos rastreados. Foram utilizados seis diferentes distâncias de base 7, 77, 250, 380, 440 e 450 km, com tempos de rastreio de 1, 2, 3, 4, 5, 10 e 15 minutos, com uma taxa de gravação de 5 segundos no método relativo estático. Os dados obtidos do sistema GPS através do receptor da marca TRIMBLE modelo Pro XR, foram comparados com um polígono topográfico determinado por caminhamento perimétrico com Estação Total segundo a NBR13133, a fim de se determinar a acurácia dos rastreios. As precisões foram determinadas a partir dos desvios padrões obtidos dos relatórios de pós-processamento. Foram desenvolvidos modelos para a acurácia e a precisão nos levantamentos executados, associando a duração da sessão de rastreio e a distância entre antenas. O modelo proposto foi eficiente para a estimativa da precisão, embora a estimativa da acurácia não tenha sido possível a partir de dados oriundos da solução do tipo FLOAT da ambigüidade.

Palavras chave: desvio padrão, sistema de posicionamento global, NBR13133.

ABSTRACT

The objective of the present study was to develop a model to estimate quality in a Global Positioning System (GPS) survey as a function of session and base line length. Six (6) different base distances were used: 7, 77, 250, 380, 440 and 450 km, with times of side occupation at 1, 2, 3, 4, 5, 10 and 15 minutes, with a recording rate of 5 seconds in a static relative method. Data obtained with a GPS receiver from TRIMBLE model Pro XR were compared with a test area, which was established through conventional topography, according to NBR 13133 using a Total Station, as to define the accuracy of the survey. Precision was obtained from the standard deviation in the post processing reports. Models were proposed to estimate the accuracy and precision of the surveys as a function of session and base line length. Good results were achieved in modeling precision, although, the FLOAT type of data did not allow to model the accuracy.

Key words: standard deviation, global positioning system, NBR13133.

INTRODUÇÃO

A utilização da tecnologia do Sistema de Posicionamento Global (GPS) provocou uma verdadeira revolução nas atividades de navegação e posicionamento. Nas aplicações geodésicas do GPS está implícita a utilização do método relativo estático, isto é, ao menos uma estação de coordenadas conhecidas deve ser ocupada simultaneamente aos demais pontos. A principal vantagem deste método em

relação aos demais, é a sua maior precisão, porém, apresenta como desvantagem, para uso em levantamentos topográficos, o tempo de permanência para o registro dos dados CORSEUIL & ROBAINA (2003).

Para a aplicação da tecnologia GPS no posicionamento com grau de acurácia satisfatório, devem ser levados em consideração a relação entre o tempo de permanência no local a ser rastreado e a distância entre as antenas dos receptores base e móvel. Tempo e distância são tabelados pela literatura, em função da aplicação a ser dada aos resultados. HOFMANN-WELENHOF et al. (2001) afirmam que em observações estáticas, deveriam ser observados os tempos de permanência de 30 minutos + 3 minutos km⁻¹ para receptores L1 e, tempos de 20 minutos + 2 minutos km⁻¹ para rastreios com aparelhos de dupla frequência. Segundo os autores, esta formulação apesar de conservadora, irá garantir a solução do tipo FIXED da ambigüidade e um nível adequado de acurácia. SEEBER (2003) discute que a duração da sessão depende da aplicação a qual será dada aos resultados, e que há a necessidade da solução tipo FIXED para o número de ciclos da portadora, para que se atinja um nível mais elevado de acurácia, sendo esta solução função do comprimento do vetor entre receptores e tempo de coleta das observáveis. O autor indica tempos de permanência de 15 a 30 minutos para linhas de base de até 10 km.

SOKKIA (2004) em seu manual do fabricante traz a acurácia horizontal a ser atingida com o uso do receptor STRATUS em levantamentos relativos estáticos, definida pela fórmula: valor mm + X ppm x D. O fabricante especifica ainda que para tal, o tempo da sessão de rastreio deve ser maior que uma hora, com taxa de aquisição de 30 segundos e um mínimo de quatro satélites sendo recebidos. THALES NAVIGATION (2005) disponibiliza junto à ficha técnica dos receptores PROMARK II, os níveis de qualidade a serem esperados de seus equipamentos, quando utilizados em condições específicas de uso como a disponibilidade de no mínimo 5 satélites em rastreios de 20 a 60 minutos. Salientando que a má geometria dos satélites e áreas propensas ao multicaminhamento degradam a qualidade da acurácia. Segundo a empresa a acurácia plana do levantamento estático executado com o equipamento pode ser definida por 5 mm + 1 ppm. Em ambos os casos, os fabricantes indicam que seus equipamentos sejam utilizados dentro de distâncias e tempos específicos, não contemplando variações dos mesmos, ou ainda, a qualidade que será alcançada a partir da combinação destes.

Estudos têm buscado verificar o comportamento da acurácia e da precisão em levantamentos geodésicos executados pela tecnologia GPS. Do resultado destas

¹ Estudante de Agronomia – Departamento de Engenharia Rural, CCR, UFSM, Av. Roraima, Prédio 42, sala3331, 97119/900, Santa Maria, RS, Brasil. Autor para correspondência e-mail: acaten@yahoo.com.br

² Eng. Agrícola, MSc. em Engenharia Agrícola - Gabinete de Reforma Agrária e Cooperativismo – GRAC Av. Praia de Belas, 1768, 4º andar – Br. Menino Deus CEP. 90110000 - Porto Alegre - RS (051) 3230-4800

³ Eng. Agr. Dr. Prof. Titular – Departamento de Engenharia Rural, CCR, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil

pesquisas surge o melhor tempo de ocupação do um ponto em função da distância entre antenas receptoras no modo relativo estático, para que não seja comprometida a qualidade da sessão. ANGULO FILHO et. al (2002) avaliaram a exatidão de posicionamento de um receptor GPS operando sob diferentes coberturas vegetais. Para os autores, o aumento do tempo de permanência melhorou a exatidão de posicionamento planimétrico. O estudo mostrou alta relação entre o tempo de medição e o erro de posição, tendo sido desenvolvidas diferentes funções para cada tipo de cobertura de vegetação, relacionando tempo de rastreamento e erro de posição. Os autores afirmam ser fundamental a escolha da metodologia de levantamento para a obtenção de bons resultados de posicionamento.

CORSEUIL & ROBAINA (2003) buscaram reconstituir uma poligonal topográfica a partir de dados coletados por receptores GPS de frequência simples, em diferentes tempos de rastreamento. Nesse estudo, verificaram que tempos de rastreamento de 30 minutos devem ser considerados para distâncias de até 20 km entre receptores, sendo a reconstituição de uma poligonal topográfica depende da qualidade dos dados coletados pelos receptores GPS, influenciados pelo tempo de ocupação dos pontos.

Para ARANA et. al. (1997) há uma dificuldade em se apresentar uma regra geral a respeito do tempo de rastreamento, quando os dados são oriundos da solução não inteira das ambigüidades (solução FLOAT), devido à variabilidade dos resultados encontrados. Os autores geraram uma tabela de tempos mínimos para coleta em oito distâncias fixas, relatando que tempos da ordem de 60 minutos deveriam ser considerados na obtenção de resultados de qualidade em distâncias de até 20 km entre o aparelho base e móvel.

O correto entendimento das variáveis a serem analisadas na determinação da qualidade de um rastreamento com tecnologia GPS passa por conceitos como o de acurácia e precisão. MONICO (2000) define acurácia como o grau de concordância entre o valor estimado para uma grandeza e o considerado "verdadeiro", a precisão por sua vez, é a dispersão de um conjunto de observações ou resultados experimentais. Boa precisão está associada a desvio padrão pequeno. Entretanto, pode existir erro sistemático grande, caso em que a acurácia será ruim.

A Figura 1 demonstra os conceitos de acurácia e precisão fazendo analogia a um atirador buscando o centro do alvo.

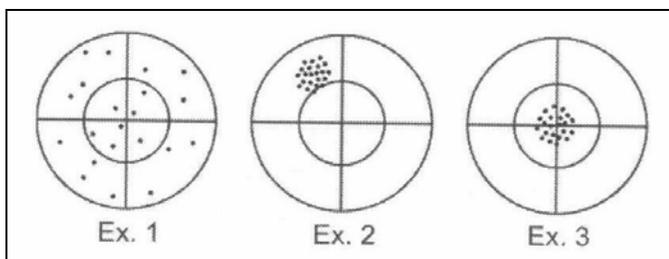


Figura 1 - Definição visual dos conceitos de precisão e exatidão. (Fonte: GUANDALINI, 2004)

No primeiro exemplo o atirador não atinge o alvo, ele é pouco acurado. Quanto à precisão, esta existe, no entanto, é bastante ruim e os tiros são dispersos por toda área do alvo. No segundo exemplo, o atirador acerta todos seus tiros em uma pequena região do alvo, existe um desvio na mira (erro sistemático). Agora ele tem mais precisão do que no primeiro caso, contudo, devido ao desvio da mira, continua sem

acurácia. Em um terceiro exemplo, após correção do desvio da mira, o atirador tem a mesma precisão que anteriormente, no entanto, alcança um nível de acurácia adequado (GUANDALINI, 2004).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em um imóvel distante 8 km da sede do município de Tupanciretã (RS) numa área localizada entre as coordenadas geográficas 28°59'37" e 29°00'11" latitude Sul, 53°49'16" e 53°48'52" de longitude Oeste. A área em estudo consiste em um polígono fechado com 5 vértices, cujas coordenadas foram calculadas analiticamente a partir das medidas dos ângulos horizontais internos e das distâncias entre os pontos, obtidas por caminhamento perimétrico realizado com Estação Total LEICA com precisão angular de 1,5" e linear de 2 mm + 2 ppm, com prisma tipo padrão, executado segundo a NBR 13133 – Execução de Levantamentos Topográficos. O erro angular do levantamento foi de 1'10" e o erro relativo foi de 36,54 ppm.

No presente estudo, foi utilizado o posicionamento relativo estático, no qual as coordenadas de um ponto desconhecido foram determinadas em relação a um ponto de coordenadas conhecidas. Nos pontos da poligonal (P1, P2, P3, P4 e P5) utilizou-se um receptor GPS frequência simples da marca TRIMBLE, modelo Pro XR. Já a antena do receptor base foi instalada na estação meteorológica, no centro de formação da FEPAGRO, na cidade de Tupanciretã. Nesta estação foi instalado um receptor GPS frequência simples marca ASHTECH, modelo Super C/A Reliance, com 12 canais paralelos e independentes para recepção dos sinais dos satélites.

Ambos os receptores foram configurados para coletar os dados com uma taxa de gravação de 5 segundos e ângulo de corte de 10° no receptor base e 15° no receptor móvel. A antena do receptor móvel foi instalada sobre os pontos topográficos da poligonal a uma altura de 2,000 m, controlada por um dispositivo de regulagem de altura e devidamente fixada a um suporte bípode dotado de um nível de bolha, para permitir a verticalização da antena sobre o ponto topográfico escolhido. Foram realizadas três campanhas, no dia 24/11/04, com sessões de observações com o tempo de ocupação de 15 minutos em cada ponto e uma taxa de gravação dos dados de 5 segundos. Esse tempo foi escolhido em função da menor taxa de gravação disponível em redes ativas na região. As demais bases utilizadas para compor os diferentes comprimentos do vetor entre receptor base e móvel, são bases localizadas em Santa Maria (70 km), Porto Alegre (250 km), Campos Novos (440 km) e Criciúma (450 km).

Os arquivos de 15 minutos de observação, que correspondem a 180 épocas foram, fracionados em arquivos de 10, 5, 4, 3, 2, e 1 minuto correspondendo a 120, 60, 48, 36, 24 e 12 épocas, respectivamente. Os dados coletados com os receptores, em cada tempo de ocupação, foram processados no programa *Spectrum Survey* versão 1.20. Este utiliza a equação da dupla-diferença de fase para determinar as coordenadas geocêntricas dos pontos P1, P2, P3, P4 e P5 da poligonal. As informações solicitadas para o processamento dos dados foram: as coordenadas geográficas da estação base (latitude, longitude e altura elipsoidal), altura da antena da estação base e da antena nos pontos da poligonal, taxa de RATIO 3, RMS 3 (99%), modo de seleção de satélite referência dinâmico, máscara de elevação 15° e correção troposférica padrão modelo HOPFIELD, sem correção ionosférica.

Visando a avaliar as coordenadas dos vértices da poligonal determinados por GPS, foi necessário compará-las com coordenadas tidas como “verdadeiras” anteriormente determinadas através de topografia convencional. Desta comparação resulta o grau de exatidão ou acurácia das coordenadas determinadas por GPS. O termo acurácia é um conceito qualitativo para descrever quanto o resultado medido é próximo do valor verdadeiro. Por outro lado, o desvio padrão indicará a medida de repetibilidade das observações para cada receptor, em diferentes tempos e distâncias, tida aqui como a precisão das medidas. Este será obtido a partir dos relatórios de processamentos dos dados GPS, que informam para cada vértice processado, a dispersão das medidas envolvidas na determinação da coordenada do ponto.

Visto que as coordenadas obtidas pela Estação Total estão referenciadas ao plano topográfico local, diferentemente das coordenadas obtidas através de GPS, as quais são relacionadas a um modelo matemático da superfície, elas não podem ser diretamente comparadas. Para contornar esta situação, as coordenadas GPS, referidas ao sistema WGS84, foram transformadas para o sistema topográfico local, o mesmo do caminhamento perimétrico com Estação Total, através de procedimento descrito em HOFMANN-WELENHOF et al. (2001).

Uma vez que todos os dados estavam em um mesmo sistema de referência, foram determinadas as diferenças de coordenadas entre os receptores GPS em relação às coordenadas “verdadeiras”, para cada distância e tempo de rastreo. Esta diferença, tida como a acurácia do levantamento por GPS, foi determinada por:

$$\delta = \sqrt{(X_{ET} - X_{GPS})^2 + (Y_{ET} - Y_{GPS})^2} \quad (1)$$

em que:

δ = diferença plana entre o levantamento efetuado por GPS e por Estação Total (erro posicional);

X_{ET} = coordenada plana “verdadeira” no eixo X;

X_{GPS} = coordenada plana obtida por GPS no eixo X;

Y_{ET} = coordenada plana “verdadeira” no eixo Y;

Y_{GPS} = coordenada plana obtida por GPS no eixo Y.

A precisão para cada um dos receptores nas diferentes distâncias e tempos de rastreo, foi determinada a partir do desvio padrão, o qual foi obtido nos relatórios de pós-processamento dos dados coletados em cada um dos vértices.

Visando a atender a proposta de colocar a qualidade desejada de um levantamento em função da distância entre as antenas dos receptores e o tempo de ocupação do ponto, equações bilineares foram desenvolvidas para modelar o comportamento da acurácia e da precisão nos levantamentos por GPS.

Em um primeiro passo a acurácia foi relacionada ao tempo de rastreo através de expressões lineares como:

$$\delta = a + b/T^2 \quad (2)$$

em que:

δ = acurácia plana do levantamento efetuado por GPS (em metros);

a e b = constantes do modelo;

T = tempo da sessão de rastreo (em minutos).

O segundo passo foi equacionar os valores de a e b do modelo acima em função agora da distância:

$$a = a' + b' \times D \quad (3)$$

e,

$$b = a'' + b'' \times D \quad (4)$$

nas quais:

a' , b' , a'' e b'' = são as constantes do modelo;

D = distância entre os receptores base e móvel (em quilômetros).

Sendo o modelo final para a acurácia, em relação à distância e o tempo, assim escrito:

$$\delta = (a' + b' \times D) + (a'' + b'' \times D) / T^2 \quad (5)$$

A modelagem da precisão teve por base o seguinte procedimento:

$$\sigma = a \times T^b \quad (6)$$

em que:

σ = precisão plana do levantamento efetuado por GPS (em metros).

a e b = constantes do modelo;

T = tempo da sessão de rastreo (em minutos).

O segundo passo foi equacionar os valores de a e b do modelo acima em função agora da distância:

$$a = a' + b' \times D \quad (7)$$

e,

$$b = a'' + b'' \times D \quad (8)$$

nas quais:

a' , b' , a'' e b'' = são as constantes do modelo;

D = distância entre os receptores base e móvel (em quilômetros).

Sendo o modelo final para a precisão, em relação à distância e o tempo, assim escrito:

$$\sigma = (a' + b' \times D) \times T^{(a'' + b'' \times D)} \quad (9)$$

A opção pelo tipo de equação para expressar a acurácia e a precisão se deu através daquelas que tivessem os coeficientes de determinação (r^2) mais elevados na primeira etapa, quando da modelagem de cada uma em relação ao tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As coordenadas planas locais dos vértices levantados por GPS foram comparadas às coordenadas consideradas neste trabalho como verdadeiras obtidas através de topografia convencional executada com Estação Total. Esta informação do erro posicional nos vértices da poligonal gerou o dado de acurácia (δ) do levantamento para cada tempo de ocupação (T) e distância entre estações (D). Tomando-se um valor médio da acurácia nos cinco pontos e três repetições para cada tempo e distância, foi possível tabelar este erro em função das variáveis T e D, (Tabela 1).

Pode ser verificado na Tabela 1 que o erro posicional associado a distâncias próximas, como 7 km, tem um comportamento de incremento à medida que se diminui o tempo de observação, e isto devido a relativa uniformidade da componente atmosfera nesta pequena distância. No entanto, à medida que o comprimento da linha base aumenta, observa-se um incremento do erro que se torna também aleatoriamente distribuído entre os tempos. Isto se deve ao fato de estarmos trabalhando com dados oriundos da solução do tipo FLOAT da ambigüidade, e a grande influência causada pela atmosfera nestas distâncias. Esta mesma problemática já havia sido apontada por ARANA et al. (1997), os quais relatam a dificuldade em se obterem soluções inteiras para a ambigüidade, utilizando-se sessões de rastreo de pouco tempo em distâncias longas entre receptores de uma única frequência.

Tabela 1 - Erro posicional médio para cada comprimento do vetor linha base e tempo de rastreo, valores em metros.

Tempo (T em min)	Linha base (D em km)					
	7	77	250	380	440	450
15	0,229	1,288	3,047	1,669	2,641	1,564
10	0,297	0,790	2,715	1,703	3,510	2,442
5	0,540	1,223	3,475	1,295	3,390	2,204
4	0,565	0,822	1,388	2,182	3,016	2,032
3	0,590	3,300	1,947	1,632	1,889	2,023
2	0,811	1,662	1,450	1,568	1,825	2,166
1	1,083	4,997	4,452	3,873	3,546	2,391

Destes erros posicionais foram geradas equações bilineares buscando descrever o comportamento da acurácia em função do tempo e distância. Para tal, primeiramente, dentro de uma mesma distância, foi ajustada uma equação entre acurácia e tempo de rastreo. A mesma equação 10 utilizada para todas as distâncias, gerou os coeficientes *a* e *b* da Tabela 2.

$$\delta = a + b / T^2 \quad (10)$$

Tabela 2 - Valores de *a*, *b* e *r*² obtidos do equacionamento da acurácia em função do tempo em cada distância.

distância (km)	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i> ²
7	0,438	0,707	0,75
77	1,209	3,799	0,75
280	2,255	1,817	0,33
310	1,516	2,237	0,84
440	2,721	0,518	0,06
450	2,040	0,356	0,19

Uma segunda etapa do ajuste de um modelo para o problema proposto, foi o ajuste de uma equação linear entre valores dos coeficientes *a* e *b* para cada distância testada, resultando as equações 11 e 12.

$$a = 0,683 + 0,00384 \times D \quad (r^2=0,75) \quad (11)$$

$$b = 2,431 - 0,0032 \times D \quad (r^2=0,20) \quad (12)$$

Substituindo-se os termos da equação 11 e 12 em 10, obteve-se:

$$\delta = (0,683 + 0,00384 \times D) + (2,431 - 0,0032 \times D) / T^2 \quad (13)$$

A partir dos experimentos realizados a campo, os valores encontrados para a acurácia em função do tempo da sessão de rastreo e da distância entre estações, puderam ser comparados ao modelo proposto representado pela equação 13. Deste cruzamento resultou a Figura 2.

Nesta, verifica-se a baixa eficiência do modelo proposto em determinar valores de acurácia para levantamentos por GPS, representada pelo coeficiente de determinação (*r*²) da reta de 0,43. Isto devido, possivelmente, aos baixos valores de *r*² encontrados quando os valores de *a* e *b* na segunda etapa foram desenvolvidos a partir da distância. O que se verifica nos baixos coeficientes de determinação das equações 11 e 12, *r*² = 0,75 e *r*² = 0,20, respectivamente.

Por sua vez, o equacionamento dos parâmetros de *a* e *b* em função do tempo pela equação 10, torna-se complexo através de equações mais simples que a proposta, uma vez que, como é exposto na Tabela 1, o erro do posicionamento via GPS não segue um incremento linear a medida que se aumenta a distância do receptor móvel em relação ao base e diminui o tempo de ocupação do vértice. Isto ocorre,

provavelmente, devido ao fato de que todos os dados gerados foram o resultado de solução do tipo FLOAT da ambigüidade. Esta solução não tem uma comprovação estatística por parte dos programas de pós-processamento. O que não ocorre com a solução do tipo FIXED, que por sua vez, tem seu parâmetro RATIO determinado em função da razão entre o RMS da segunda melhor solução e a primeira melhor solução, para o número inteiro de ciclos da portadora entre as antenas do satélite e do receptor. Aliado ao fato de que, os modelos utilizados para o posicionamento via receptores de uma única frequência, assumem que as estações não estejam afastados mais de alguns quilômetros (menos de 20 km). Distância para a qual a influência da atmosfera no sinal que chega a ambos os receptores de um mesmo satélite, é tida como idêntica, podendo ser ignorada na solução da dupla diferença de fase.

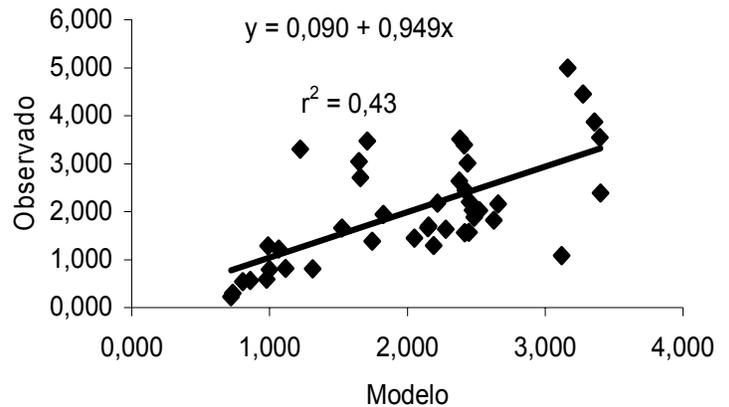


Figura 2 - Regressão entre os valores desenvolvidos pelo modelo e os observados a campo.

A modelagem da precisão (σ) partiu dos valores de desvio padrão horizontal gerados no pós-processamento das observáveis. Dos cinco pontos em três repetições resultaram os valores médios da Tabela 3.

Como havia sido feito para o erro posicional, os valores de desvio padrão foram ajustados em função do tempo para as seis distâncias testadas através da equação 14.

$$\sigma = a * T^b \quad (14)$$

Valores de *a* e *b* para a equação 14 tabelados em função da distância encontram-se na Tabela 4. A qual forneceu dados para nova regressão dos valores de *a* e *b* em função do afastamento entre receptores base e móvel.

Tabela 3 - Desvio padrão médio para cada comprimento do vetor linha base e tempo de rastreo, valores em metros.

Tempo (T em min)	Linha base (D em km)					
	7	77	250	380	440	450
15	0,027	0,084	0,137	0,104	0,165	0,185
10	0,039	0,113	0,169	0,130	0,242	0,243
5	0,090	0,184	0,239	0,210	0,338	0,388
4	0,117	0,222	0,200	0,182	0,278	0,403
3	0,174	0,292	0,249	0,283	0,360	0,498
2	0,277	0,410	0,371	0,404	0,491	0,545
1	0,731	0,892	1,039	0,888	0,870	1,109

Tabela 4 - Valores de a, b e r² em função do tempo em cada distância.

distância (km)	a	b	r ²
7	0,728	-1,329	0,99
77	0,880	-0,994	0,99
280	1,004	-1,119	0,94
310	0,871	-0,993	0,98
440	0,838	-0,665	0,95
450	1,065	-0,699	0,96

Os valores de a e b da Tabela 4 ajustados em função do comprimento do vetor entre receptores originou as equações 15 e 16, com seus respectivos coeficientes de determinação.

$$a = 0,792 + 0,0004 \times D \quad r^2 = 0,37 \quad (15)$$

$$b = -1,271 + 0,001 \times D \quad r^2 = 0,72 \quad (16)$$

Substituindo-se os termos das equações 15 e 16 na equação 14, obteve-se:

$$\sigma = (0,792 + 0,0004 \times D) \times T^{(-1,271 + 0,001 \times D)} \quad (17)$$

Tomando-se os valores gerados pela equação 17 em regressão com os valores resultantes do processamento dos dados de campo para a precisão horizontal, foi gerada a Figura 3.

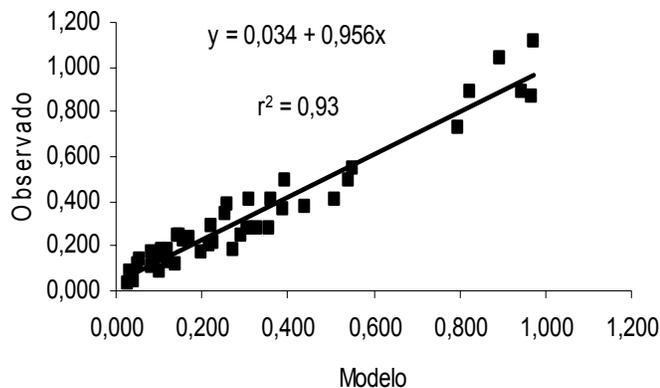


Figura 3 - Regressão entre os desvios padrões gerados a partir das informações de rastreo e daquelas advindos do modelo.

Diferentemente do ocorrido para a acurácia, a modelagem da precisão mostrou-se possível como indica o coeficiente de determinação de 0,93 na Figura 3. Isto reafirma o que demonstra a Tabela 3, onde a precisão segue uma tendência de acréscimo, a medida que tempos menores são executados com bases mais distantes. Diferente da acurácia, a precisão é tomada em relação a valores durante o

processamento. Desta forma, valores maiores de desvio padrão são encontrados em tempos curtos e bases distantes quando a distribuição em torno da média tem seu espectro aumentado. Do contrário, tempos maiores e bases próximas geram valores menos dispersos, conseqüentemente desvios padrões menores e maior precisão

No entanto, existe entre os usuários do sistema GPS uma falsa idéia de qualidade de levantamento. Uma vez que estes valores de precisão são gerados em relação a si mesmos, não tendo sido relacionados com quaisquer coordenadas tidas como verdadeiras, como é o caso da acurácia. Não sendo correto, desta forma, atribuir-lhes a função de determinadores únicos da qualidade de equipamentos e levantamentos realizados.

CONCLUSÃO

O que se pode concluir a partir da análise e discussão dos dados, é que não foi possível desenvolver um modelo para a acurácia a partir de dados oriundos de um receptor de frequência simples e com solução do tipo FLOAT para as ambigüidades. No entanto, a mesma fonte de dados possibilitou o desenvolvimento de um modelo aplicado à determinação da precisão do levantamento, através da introdução neste da distância entre antenas de receptores GPS e o tempo de rastreo no ponto.

Estudos adicionais podem ser realizados utilizando de equipamentos de dupla frequência, buscando trabalhar com dados oriundos de rastreios com solução do tipo FIXED para as ambigüidades.

REFERÊNCIAS

- ANGULO FILHO, R.A.; VETTORAZZI, C.A.; SARRIES, G.A. Exatidão de posicionamento de um receptor GPS, operando sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n.2, p. 325-331, 2002.
- ARANA, J. M.; ISHIKAWA, M. I. ; MONICO, J. F. G . A influência do Tempo de Rastreo e PDOP na Coleta de Dados

GPS. In: 20 ANOS DE ENGENHARIA CARTOGRAFICA NA FCT/UNESP, 1997, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente, SP, 1997. v.1, p.109-114.

CORSEUIL, C.W.; ROBAINA, A.D. Reconstituição de uma poligonal topográfica pelo sistema de posicionamento global. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.299-303, mar/abr. 2003.

GUANDALINI, M. **Utilização e classificação de receptores GPS. InfoGPS – Revista de Geoprocessamento.** Curitiba:Ed. Espaço GEO, Curitiba, 2004.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, H.; COLLINS, J. **GPS Theory an Practice.** 5.ed. New York: Springer-Verlag., 2001. 382p.

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

SEEBER, G. **Satellite geodesy: foundations, methods and applications.** Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1993, 192p.

SOKKIA. Spectrum survey. **GPS post processing software reference manual.** Melrose Drive, Lenexa, Kansas, U.S.A 1999.

THALES NAVIGATION Acesso em :10 de janeiro de 2005.