

**ANÁLISE DE POSICIONAMENTO ABSOLUTO COM GPS DE NAVEGAÇÃO
NO PANTANAL PÓS-DESLIGAMENTO DA DISPONIBILIDADE SELETIVA
(SA – SELECTIVE AVAILABILITY)**

REGINALDO MACEDÔNIO DA SILVA¹, JOÃO DOS SANTOS VILA DA SILVA² e
ALFREDO RIBEIRO DE FREITAS³

RESUMO: Foi avaliado o posicionamento absoluto com *Global Positioning System* (GPS) de navegação no sudeste do Pantanal, pós-desligamento da SA, analisando-se a influência da cobertura vegetal e do horário de coleta. As coordenadas de posicionamento foram obtidas simultaneamente com dois GPSs (navegação e geodésico). As coordenadas obtidas com o GPS geodésico foram processadas em seguida e utilizadas como referência para análise e comparação do posicionamento. Para analisar a interferência do horário de coleta e da cobertura vegetal, os dados foram agrupados em oito tratamentos, sendo utilizada a prova de Kruskal-Wallis. As coordenadas foram digitadas em ASCII e importadas para um SIG, no qual se calcularam a área e o perímetro, obtidos pelos dois conjuntos de coordenadas. A prova de Kruskal-Wallis não indicou diferença significativa entre as médias obtidas em cada tratamento, demonstrando que os períodos e locais de coleta de dados não interferiram no posicionamento com GPS. A diferença média de posicionamento das coordenadas entre os GPSs foi 15,470 m com desvio-padrão (dp) de 16,082 m, para as 33 observações. Para as observações efetuadas em campo aberto, a média foi 10,133 m (dp = 4,131 m). A diferença de perímetro e da área foi 0,09% e 0,16%, respectivamente.

¹ Engenheiro Agrimensor, M.Sc., Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental - CRHEA-USP, Represa do Broa, Itirapina, SP. Correio eletrônico: macedoniors@yahoo.com

² Matemático, Doutorando em Ciências da Engenharia Ambiental. Embrapa Informática Agropecuária, Av. Dr. André Tosello, s/n, CEP 13083-970 Campinas, SP. Correio eletrônico: jvilla@zaz.com.br

³ Médico-Veterinário, D.Sc., Embrapa Pecuária do Sudeste, bolsista do CNPq, Fazenda Canchim, São Carlos, SP. Correio eletrônico: ribeiro@cppse.embrapa.br

**ABSOLUTE POSITIONING OF GPS IN THE PANTANAL WETLANDS
AFTER DISCONTINUED SELECTIVE AVAILABILITY (SA - SELECTIVE
AVAILABILITY)**

ABSTRACT: The absolute positioning was evaluated with GPS (Global Positioning System) in the southeast of the Pantanal wetlands, after selective availability discontinued, being analyzed the influence of vegetation covering and collection schedule. The positioning coordinates were obtained simultaneously with two GPSs (sailing and geodesic). The coordinates obtained with geodesic GPS were processed soon after and used as reference for analysis and comparison of the positioning. To analyze the interference of schedule collection and of vegetation covering, the data were gathered in eight treatments, by the Kruskal-Wallis test. The coordinates were in ASCII and stored in a GIS, where the area and perimeter was calculated (obtained for two groups of coordinates). The test of Kruskal-Wallis did not indicate significant difference among the averages obtained in each treatment, demonstrating that the periods and local of collection of data did not interfere in the positioning by GPS. The mean difference of positioning of coordinates among GPSs was 15,470 m with standard-deviation (sd) of 16,082 m, for 33 observations. The observations made in open field, had an average of 10,133 m (sd = 4,131 m). Perimeter differences and of area were 0,09% and 0,16% respectively.

INTRODUÇÃO

O *Global Positioning System* (GPS) foi desenvolvido para substituir o sistema TRANSIT (*Navy Navigational Satellite System*), o qual apresentava limitações, tais como fornecer as posições de navegação somente em duas dimensões (latitude e longitude), oferecer pequena precisão para a navegação (200 metros), entre outras, de acordo com Hofmann-Wellenhof et al., (1997) e Segantine, (1998).

Segundo esses autores, o atual GPS foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos E.U.A. (DoD), por meio da fusão de programas como TIMATION (desenvolvido pela marinha) e o SISTEMA 621B (desenvolvido pela força aérea), cujo objetivo era suprir as necessidades militares, de modo a determinar posição, velocidade e tempo em relação a um sistema de referência definido, para qualquer ponto sobre ou próximo da superfície da Terra.

Esse sistema é composto de uma constelação de 24 satélites em órbita, sendo 21 ativos e três reservas, altura aproximada de 20.200 km e período de 12 horas siderais, no qual têm-se seis planos orbitais com inclinação de 55° e quatro satélites para cada órbita (Silva, 1997).

O GPS é um sistema de multipropósitos, que permite aos usuários determinar suas posições expressas em latitude, longitude e altura geométrica ou elipsoidal, em função das coordenadas cartesianas X, Y, Z em relação ao centro de massa da Terra.

Os satélites GPS são sistemas unidirecionais de emissão, isto é, os sinais são transmitidos somente pelos satélites, que se propagam até as antenas dos receptores. Durante a propagação, os sinais estão sujeitos aos seguintes efeitos (Hofmann-Wellenhof et al., 1997): a) atraso de propagação da ionosfera; b) atraso de propagação na troposfera; c) efeito do multicaminhamento; d) efeitos marginais de sinais, por causa da posição do satélite no horizonte e d) efeitos de degradação – *Antispoofing* (AS) e *Selective Availability* (SA), conhecidas respectivamente como antifraude e disponibilidade seletiva.

A degradação da AS impõe limitações no código de precisão (P), que é utilizado somente por usuários com autorização do DoD, pois utiliza um código de proteção chamado de Y; já a degradação da SA impõe limitações no código *Coarse Aquisition*

(CA), por meio da manipulação de dados das efemérides transmitidas aos receptores, na obtenção do posicionamento absoluto, o que acontece com os receptores de navegação e os que utilizam uma única frequência e posicionam-se com o código C/A. Com tal limitação, os receptores de navegação têm erro em torno de 100 metros, provocados pela degradação intencional dos sinais do GPS.

Com o fim da degradação intencional dos sinais do GPS, a SA, anunciado pelo governo americano, a partir da meia noite de 1º de maio de 2000, espera-se que os usuários civis do sistema tenham acessos a posicionamentos absolutos dez vezes mais precisos do que tinham até então, melhorando, assim, o posicionamento de GPSs de navegação (Benevento, 2000; Fatorgis, 2000 e Santos, 2000). A precisão do GPS está também relacionada com a precisão das observações, no qual dependem:

- a) do tipo de observações;
 - pseudodistância (fase do código) ou fase da portadora;
 - simples frequência, sem código ou dupla frequência.
- b) da qualidade dos receptores;
- c) do nível dos erros e ruídos;
- d) da precisão de uma medida simples do código;
- e) e da geometria dos satélites observados.

O fator *Dilution of Precision* (DoP) é importante na precisão do GPS, porque descreve o efeito da distribuição geométrica dos satélites no espaço sobre a precisão obtida na solução de navegação, sendo necessário um planejamento, para obter boa qualidade das observações.

É importante lembrar que, mesmo com a SA desligada, os GPSs geodésicos continuam tendo a mesma precisão na obtenção de coordenadas relativas, porque para esses equipamentos é necessário fazer o processamento dos dados, e a degradação do sinal não influencia na precisão dessas coordenadas.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o posicionamento absoluto com GPS de navegação em área rural do Pantanal, pós-desligamento da disponibilidade seletiva do satélite (SA), analisando-se a influência da cobertura vegetal e dos horários (diário, manhã e tarde).

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se no município de Miranda, MS; parte dela encontra-se na planície do Pantanal na sub-região de Aquidauana. Geologicamente, a área é dominada pela formação Pantanal, cujo relevo é composto de planície (acumulação) e depressão (dissecação ou denudacional), que perde sedimentos para a planície do Pantanal, sendo esta uma área aplanada, com ou sem cobertura arenosa, periodicamente alagada. O solo predominante é Planossolo eutrófico solódico, sendo a vegetação bastante diversificada com fitofisnomias de floresta, cerrado e pioneiras, originando transições e misturas de tipos. Cerca de 70% das chuvas ocorrem de outubro a março e, o restante, de abril a setembro, coincidindo com as épocas da cheia e da seca, respectivamente. A área pode ser alagada, tanto por chuva quanto por transbordamento fluvial. O córrego Agachi é o principal curso d'água existente na área, cruzando-a no sentido sudeste-noroeste.

O módulo de estudo está inserido nas coordenadas E(X) 561.000 a 574.000 metros, N(Y) 7.793.000 a 7.801.000 metros, Projeção UTM, Datum SAD 69. As coordenadas de posicionamento foram obtidas simultaneamente com dois GPSs, sendo um de navegação, com recepção de até doze satélites e acuracidade de 100 metros sem o código SA, e outro geodésico, frequência L1, precisão no modo estático de 5 mm + 1ppm.

Inicialmente, efetuou-se o transporte de coordenadas de um ponto conhecido na região (marco Betione) para a área de estudo e estabeleceu-se um marco geodésico. No período de 22 a 27/5/2000, foram obtidas coordenadas de posicionamento ao longo do perímetro demarcado. Visando a padronizar a obtenção dos dados com o GPS de navegação, estabeleceu-se como critério a anotação das coordenadas do primeiro instante de posicionamento, a fim de diminuir as variações que ocorrem na obtenção dos dados por esse equipamento. As coordenadas obtidas pelo GPS geodésico foram utilizadas após processamento para comparação com as coordenadas do GPS de navegação.

Para o processamento das coordenadas coletadas pelo GPS geodésico foi utilizado o software GeoGenius 2.0, as coordenadas geodésicas corrigidas foram digitadas no software DataGeosis v.1.32 júnior *free* para cálculo dos ângulos azimutais, rumo e direção. Essas mesmas coordenadas foram, também, digitadas em ASCII e importadas para o sistema de informações geográficas Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), v. 3.4. A área perimetral foi calculada utilizando o módulo Cálculo de Área desse software, o qual foi usado, também, para efetuar o cálculo do perímetro e para a elaboração do mapa em escala.

Para a análise do posicionamento das coordenadas obtidas com o GPS de navegação, adotaram-se as coordenadas obtidas pelo GPS geodésico como verdadeiras e calculou-se a distância entre os pontos. No total, foram coletados 33 pares de coordenadas, sendo que, para analisar a interferência do período de coleta e da cobertura vegetal, foram testadas as seguintes hipóteses:

- a) os períodos manhã e tarde podem interferir no posicionamento;
- b) a cobertura vegetal pode interferir no posicionamento.

Para testar essas hipóteses, os dados foram agrupados em oito tratamentos: 1. diário, 2. período da manhã, 3. período da tarde, 4. período da manhã sem brejo, 5. muitas árvores, 6. poucas árvores, 7. campo e 8. poucas árvores sem brejo. Para verificar se os oito tratamentos provêm de populações diferentes, foi utilizada a prova de Kruskal-Wallis (Siegel, 1975), a qual exige que as variáveis tenham distribuição inerente contínua, e mensuração no mínimo ordinal. Possíveis “outliers” dentro de cada tratamento foram detectados por meio de análise “biplot”, utilizando o procedimento INSIGHT do SAS (SAS, 1992).

O tratamento 1 envolve todas as coordenadas coletadas no período, num total de 33 observações; os tratamentos 2 e 3 envolvem todas as coordenadas coletadas no tratamento 1, porém separadas em período da manhã (tratamento 2) e da tarde (tratamento 3); o tratamento quatro, as coordenadas do tratamento 2, excluindo a observação obtida dentro da área alagada (brejo); o tratamento 5 (muitas árvores) envolve as coordenadas obtidas no interior de áreas com maior cobertura vegetal (floresta estacional, cerradão, cerrado denso, ou mistura entre si); o tratamento 6 (poucas árvores), as coordenadas obtidas nas áreas com cobertura vegetal esparsa, como

cerrado e cerrado aberto; o tratamento 7 (campo), as coordenadas obtidas nas áreas de campo (nativo ou plantado) e campo sujo com arbustos, e, o tratamento 8, as coordenadas obtidas no tratamento 7, excluindo a coordenada obtida na área alagada (brejo).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A identificação das coordenadas posicionadas em campo e o cálculo da distância entre os pontos obtido pelo GPS geodésico e o de navegação estão na Tabela 1. A Tabela 2 apresenta a distribuição dos dados por tratamento, além de algumas estatísticas descritivas: média, desvio-padrão, assimetria e curtose. Com exceção do tratamento 8 (poucas árvores), observa-se que a assimetria e a curtose foram positivas, indicando que os dados não se ajustam a uma distribuição normal, porque nesta esses dois coeficientes devem ter valores em torno de zero. Uma explicação dos valores altos para os coeficientes de assimetria e de curtose é fornecida pela FIG. 1, que apresenta regiões de confiança com 95% de probabilidade para cada tratamento, indicando os valores discrepantes da amostra ou “outliers”. De acordo com a FIG. 1, são “outliers” os valores 64,311 e 78,358 no tratamento 1; 64,311 no tratamento 2; 78,358 no tratamento 3 e 33,436 no tratamento 4.

TABELA 1. Identificação das coordenadas de posicionamento e cálculo da distância entre os pontos obtidos com o GPS geodésico e o GPS de navegação, no município de Miranda, MS.

Pontos (P _i)	Coordenadas GPS geodésico (m)		Coordenadas GPS navegação (m)		Diferença das abscissas (A)	Diferença das ordenadas (O)	Cálculo da distância entre os pontos obtidos (m)			
	E _g (x)	N _g (y)	E _n (x)	N _n (x)	E _g (x) - E _n (x)	N _g (y) - N _n (x)	A ²	O ²	A ² + O ²	(A ² + O ²) ^{1/2}
1	572266,448	7793360,129	572263	7793348	3,448	12,129	11,889	147,113	159,001	12,610
2	571926,184	7793383,426	571921	7793382	5,184	1,426	26,874	2,033	28,907	5,377
3	571787,450	7793407,967	571783	7793406	4,450	1,967	19,802	3,869	23,672	4,865
4	571713,291	7793388,523	571716	7793383	-2,709	5,523	7,339	30,504	37,842	6,152
5	571672,787	7793535,637	571651	7793561	21,787	-25,363	474,673	643,282	1117,955	33,436
6	571348,867	7793856,738	571344	7793852	4,867	4,738	23,688	22,449	46,136	6,792
7	570545,317	7793641,425	570552	7793642	-6,683	-0,575	44,662	0,331	44,993	6,708
8	570208,464	7793531,319	570268	7793507	-59,536	24,319	3544,535	591,414	4135,949	64,311
9	570063,754	7793505,894	570059	7793492	4,754	13,894	22,601	193,043	215,644	14,685
10	569237,653	7793357,199	569232	7793360	5,653	-2,801	31,956	7,846	39,802	6,309
11	561443,700	7795819,578	561435	7795806	8,700	13,578	75,690	184,362	260,052	16,126
12	562687,018	7802262,273	562706	7802263	-18,982	-0,727	360,316	0,529	360,845	18,996
13	563188,882	7802171,607	563185	7802161	3,882	10,607	15,070	112,508	127,578	11,295
14	563571,842	7802332,395	563560	7802316	11,842	16,395	140,233	268,796	409,029	20,224
15	564258,337	7801901,296	564259	7801893	-0,663	8,296	0,440	68,824	69,263	8,322
16	564713,397	7801724,812	564709	7801713	4,397	11,812	19,334	139,523	158,857	12,604
17	564793,602	7801731,334	564804	7801730	-10,398	1,334	108,118	1,780	109,898	10,483
18	564969,487	7800672,784	564978	7800673	-8,513	-0,216	72,471	0,047	72,518	8,516
19	565397,150	7800499,029	565396	7800490	1,150	9,029	1,323	81,523	82,845	9,102
20	566327,653	7800507,279	566293	7800437	34,653	70,279	1200,830	4939,138	6139,968	78,358
21	567240,630	7799746,676	567233	7799735	7,630	11,676	58,217	136,329	194,546	13,948
22	567893,592	7799199,593	567893	7799191	0,592	8,593	0,350	73,840	74,190	8,613
23	571514,479	7796563,682	571515	7796551	-0,521	12,682	0,271	160,833	161,105	12,693
24	572614,363	7797135,302	572616	7797129	-1,637	6,302	2,680	39,715	42,395	6,511
25	572881,740	7796245,575	572875	7796247	6,740	-1,425	45,428	2,031	47,458	6,889
26	572608,106	7795288,902	572622	7795288	-13,894	0,902	193,043	0,814	193,857	13,923
27	572591,774	7795251,613	572595	7795235	-3,226	16,613	10,407	275,992	286,399	16,923
28	572673,677	7794728,876	572667	7794743	6,677	-14,124	44,582	199,487	244,070	15,623

29	572582,727	7794169,906	572601	7794146	-18,273	23,906	333,903	571,497	905,399	30,090
30	572603,454	7794072,482	572605	7794070	-1,546	2,482	2,390	6,160	8,550	2,924
31	572456,614	7794044,986	572461	7794049	-4,386	-4,014	19,237	16,112	35,349	5,946
32	572493,746	7793838,680	572495	7793836	-1,254	2,680	1,573	7,182	8,755	2,959
33	572327,719	7793573,170	572327	7793555	0,719	18,170	0,517	330,149	330,666	18,184

TABELA 2. Agrupamento dos dados, em metros, por tratamento, no município de Miranda, MS

Pontos	Tratamentos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Diário	Período da manhã	Período da tarde	Período da manhã sem brejo	Muitas árvores	Poucas árvores	Campo	Poucas árvores sem brejo
1	12,610	12,610	-	12,610	-	12,610	-	12,610
2	5,377	5,377	-	5,377	5,377	-	-	-
3	4,865	4,865	-	4,865	-	4,865	-	4,865
4	6,152	6,152	-	6,152	-	-	6,152	-
5	33,436	33,436	-	33,436	33,436	-	-	-
6	6,792	6,792	-	6,792	-	-	6,792	-
7	6,708	6,708	-	6,708	-	-	6,708	-
8	64,311	64,311	-	-	-	64,311	-	-
9	14,685	14,685	-	14,685	14,685	-	-	-
10	6,309	6,309	-	6,309	6,309	-	-	-
11	16,126	16,126	-	16,126	16,126	-	-	-
12	18,996	18,996	-	18,996	-	18,996	-	18,996
13	11,295	11,295	-	11,295	-	11,295	-	11,295
14	20,224	20,224	-	20,224	-	-	20,224	-
15	8,322	-	8,322	-	-	-	8,322	-
16	12,604	-	12,604	-	-	-	12,604	-
17	10,483	10,483	-	10,483	-	-	10,483	-
18	8,516	-	8,516	-	-	-	8,516	-
19	9,102	-	9,102	-	-	-	9,102	-
20	78,358	-	78,358	-	78,358	-	-	-
21	13,948	-	13,948	-	-	-	13,948	-
22	8,613	-	8,613	-	-	-	8,613	-
23	12,693	-	12,693	-	12,693	-	-	-
24	6,511	-	6,511	-	-	6,511	-	6,511
25	6,889	-	6,889	-	-	6,889	-	6,889
26	13,923	-	13,923	-	-	13,923	-	13,923
27	16,923	-	16,923	-	-	16,923	-	16,923
28	15,623	-	15,623	-	15,623	-	-	-
29	30,090	-	30,090	-	30,090	-	-	-
30	2,924	2,924	-	2,924	2,924	-	-	-
31	5,946	-	5,946	-	5,946	-	-	-
32	2,959	-	2,959	-	-	2,959	-	2,959
33	18,184	18,184	-	18,184	-	18,184	-	18,184

μ (média)	15,470	15,263	15,689	12,198	20,142	16,133	10,133	11,316
σ (dp)	16,082	14,782	17,849	7,916	21,666	16,892	4,131	5,775
Assimetria	2,834	2,573	3,200	1,614	2,236	2,896	1,635	-0,054
Curtose	8,877	7,724	11,288	3,126	5,605	9,884	2,858	-1,540

OBS.: “-“ não existe dado.

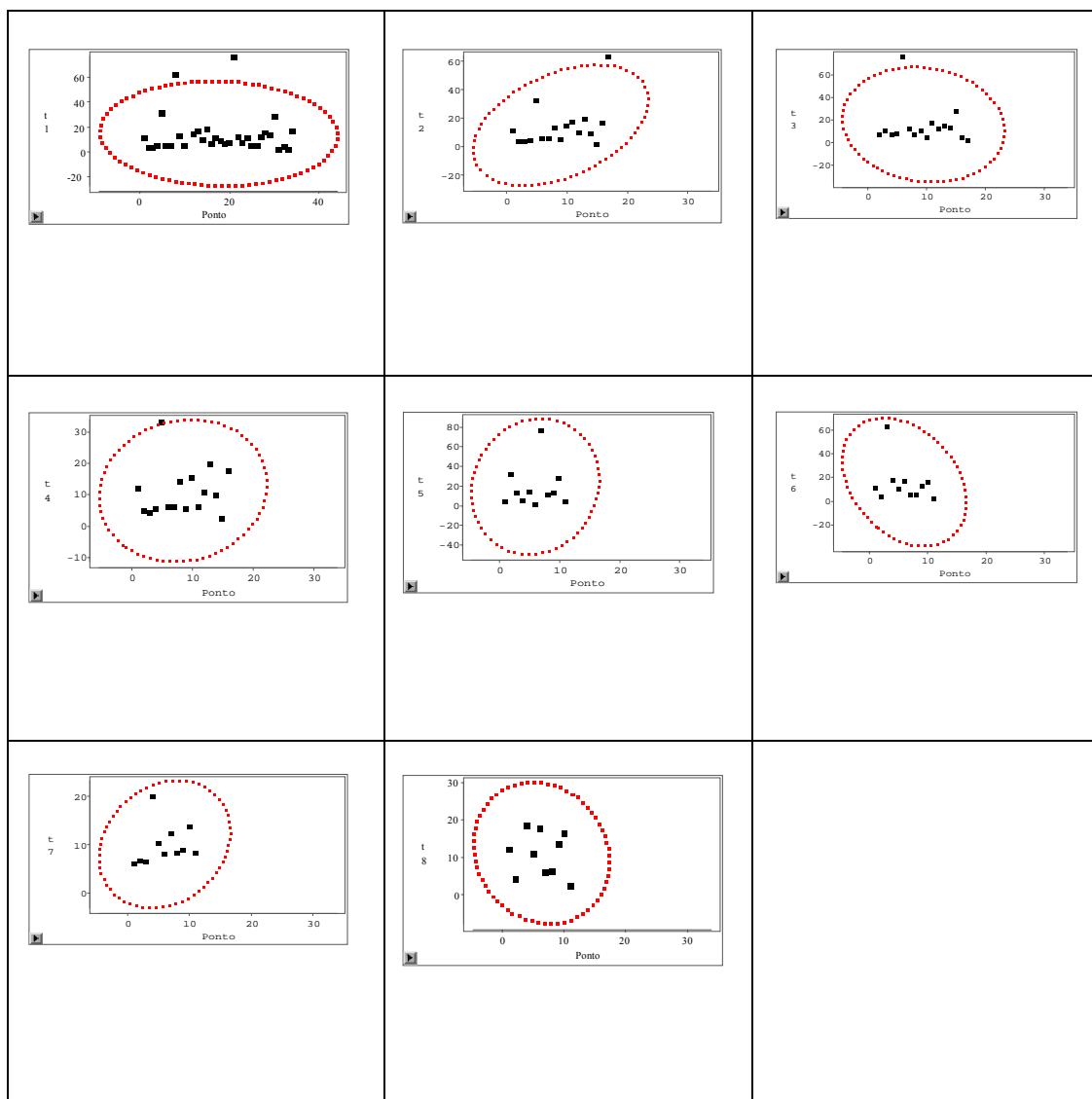


FIG. 1 - Regiões de confiança com 95% de probabilidade para cada tratamento.

O ponto com coordenada geodésica conhecida do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mais acessível e próximo à área de estudo, localiza-se

em uma unidade de treinamento do Exército denominado “Campo de Betione”, no município de Bodoquena, MS, distante 62 km do imóvel, com a seguinte identificação:

- a) projeção: UTM (Universal Transverso de Mercator);
- b) modelo da Terra: SAD 69 (South America Datum);
- c) coordenadas geodésicas: 20° 23' 58,97641" S, 56° 26' 0,27044" W;
- d) coordenadas planas (UTM): E – 559.118,346; N – 7.744.175,471;
- e) altitude: 203,45 metros (Datum Altimétrico de Imbituba);
- f) memorial descritivo: O vértice do Marco Betione está localizado ao sul da Estrada de Ferro Noroeste do Brasil (NOB), em uma elevação (morro) coberta de vegetação natural e capim-colonião, na fazenda do Exército (Remonta) fazenda Nacional. Dista, aproximadamente, 15,92 km da estação ferroviária de Miranda.

Foi efetuado o transporte dessa coordenada para a área de estudo. Tal transporte consistiu no rastreamento com dois GPSs geodésicos (já especificados), sendo um aparelho instalado no ponto base (Marco Betione), com coordenadas conhecidas e, outro, no local de estudo, denominado Marco da Fazenda Caiman (sem coordenadas conhecidas). Para o transporte de coordenadas foram utilizadas as seguintes configurações:

- a) tempo de rastreamento: 1 hora, 55 minutos e 20 segundos;
- b) modo de rastreamento: estático;
- c) frequência utilizada: 10 segundos;
- d) método de obtenção das coordenadas: pós-processado;
- e) software utilizado no processamento: GeoGenius v. 2.0;
- f) número do ponto base (referência): 14221381;
- g) número do ponto móvel: 14219331

As coordenadas geodésicas obtidas do GPS em WGS84 foram convertidas para SAD69, utilizando o software GeoGenius v.2.0, obtendo-se como resultado a seguinte identificação para o Marco da Fazenda Caiman:

- a) projeção: UTM (Universal Transverso de Mercator);
- b) modelo da Terra: SAD 69 (South America Datum);
- c) coordenadas geodésicas: 19° 57' 37,724" S, 56° 18' 25,01489;

- d) coordenadas planas (UTM): E – 572.516,505; N – 7.792.734,744;
- e) altitude: 120,71 metros (em relação ao marco utilizado);
- f) desvio-padrão horizontal do Marco Caiman: 21,2 mm;
- g) desvio padrão vertical do Marco Caiman: 23,8 mm;
- h) memorial descritivo: O vértice do Marco da Fazenda Caiman está localizado na cabeceira norte (lado direito) da pista de pouso da Fazenda Caiman, próximo da cerca que termina a pista. O Marco foi feito numa base de concreto armado com 100 cm de altura, sendo 40 cm acima da superfície do solo, 20 cm de largura e com uma calçada em torno do Marco de 30x30 cm, sendo o ponto geodésico um parafuso chumbado no centro deste;
- i) distância real do Marco Betione ao Marco da Fazenda Caiman em linha reta: 50.392,517 metros.

Observa-se, então, que apesar de uma incipiente malha geodésica no Pantanal, é possível efetuar transporte de coordenadas com uma baixa margem de erro, como obtido neste estudo. Para uma distância real em linha reta de 50 km, os desvios-padrões horizontais e verticais situaram-se em torno de 22 cm, enquanto o admitido para cadastramento no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) é em torno de 70 cm.

Pode-se verificar, de acordo com a Tabela 2, tratamento 1 (diário), que o erro obtido com o GPS de navegação não ultrapassou os 100 metros de erro, como acontecia quando a SA estava ligada. Nesse tratamento têm-se erros que variaram de 2,959 metros a 78,358 metros com uma média de 15,470 metros e desvio-padrão de 16,082 metros, mostrando que a obtenção de coordenadas absolutas melhoraram, caindo até 97 metros neste rastreamento.

Analisando-se os tratamentos 2 (período da manhã) e 3 (período da tarde) de acordo com a Tabela 2, pode-se observar que a média do erro de posicionamento entre os dois tratamentos ficaram em torno de 15 metros, com um desvio-padrão aproximado de 16 metros, e tendo como discrepância dos erros obtidos, o ponto 8 no período da manhã com 64,311 metros de erro e, o ponto 20, no período da tarde, com 78,358 metros de erro, influenciando no resultado final do rastreamento. Isso pode ser

observado no tratamento 4 (período da manhã sem brejo), onde o ponto 8 foi eliminado nos cálculos, baixando a média para 12,198 metros e o desvio-padrão para 7,916 metros.

A discrepância ocorrida no ponto 8 (64,311 metros) pode ser explicado pelo GDOP no momento do rastreamento, onde pode-se observar na FIG. 2, o GDOP acima de seis no momento do rastreamento, que segundo Segantine (1998), consideram-se bons valores da GDOP inferiores a seis (normalmente entre dois e quatro), sendo que valores inferiores a estes devem ser evitados. Observou-se, também, nesse ponto, um pouco de influência da cobertura vegetal na precisão do rastreamento, porque, ela diminuía o campo de visada em relação ao ângulo de elevação dos satélites de um lado da tomada de dados. Um outro fator que pode interferir na precisão do ponto é a umidade relativa do ar, por ser um brejo o local de rastreamento.

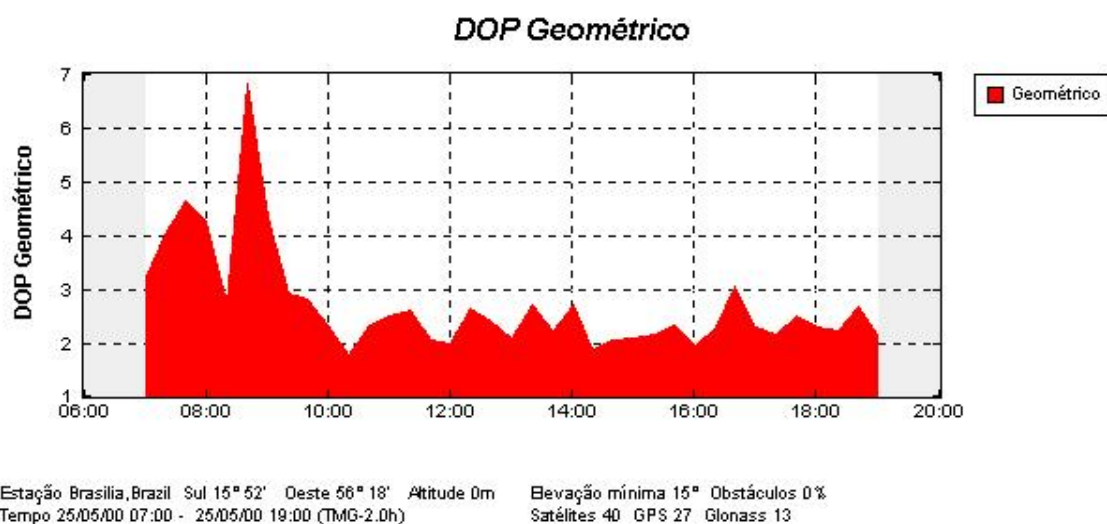


FIG. 2. Gráfico do GDOP do local de rastreamento (ponto 8) no dia 25/05/00 entre 7 horas e 19 horas (horário de Brasília).

Já a discrepância ocorrida no ponto 20 (78,358 metros) pode ser explicada pela obstrução da cobertura vegetal, pois pelo GDOP observou-se (FIG. 3), que no momento do rastreamento, no período da tarde, estava variando entre dois e três. Isso pode ser comprovado no tratamento 5 (muitas árvores).

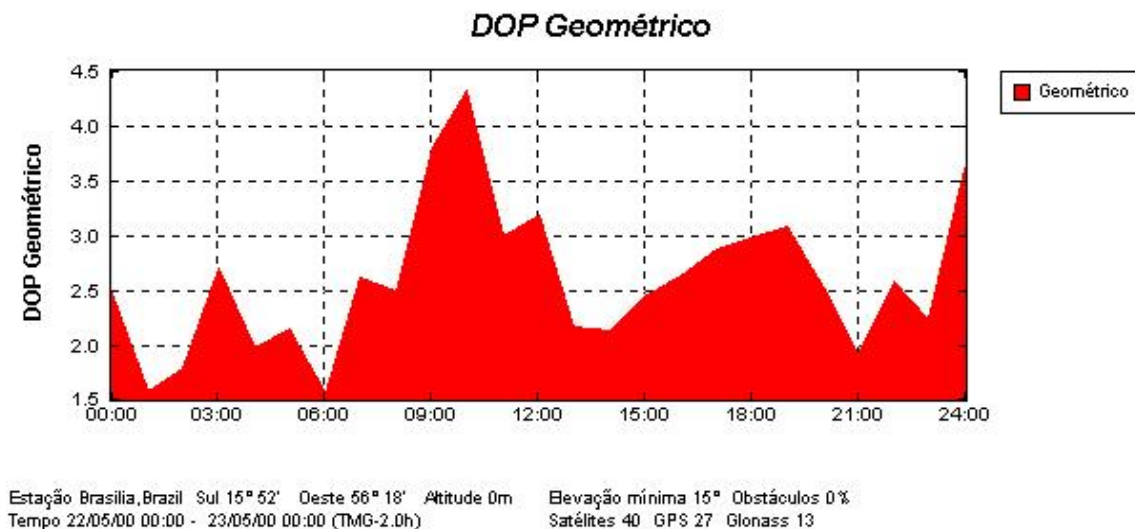


FIG. 3. Gráfico do GDOP do local de rastreamento (ponto 8) no dia 25/05/00 entre 7 horas e 19 horas (horário de Brasília).

Dentro dos tratamentos utilizados para análise dos resultados (Tabela 2), observa-se que o tratamento 7 (campo), região de menor cobertura vegetal (FIG. 4), teve a menor média, com 10,133 metros e desvio-padrão de 4,131 metros. Já o tratamento 5 (muitas árvores), região com muita cobertura vegetal (FIG. 5), teve a maior média dos tratamentos, com 20,142 metros e desvio-padrão de 21,666 metros. Portanto, pode-se afirmar que, neste caso, o problema da cobertura vegetal teve influência no posicionamento, com uma diferença de, aproximadamente, 10 metros, não sendo considerada a influência do DOP no momento da observação.



FIG. 4. Vista de uma área de campo (tratamento 7) onde foi coletada a coordenada do ponto 20.



FIG. 5. Vista de uma área de Mata com Cerradão (tratamento 5) onde foi coletada a coordenada do ponto 47.

O tratamento 8 (poucas árvores sem brejo) teve como média 11,316 metros. Esse resultado está próximo do tratamento 7, com 10,133 metros, demonstrando o bom resultado no posicionamento em regiões com pouca cobertura vegetal e, nesse caso, eliminou-se o resultado do ponto 8 com, aproximadamente, 64 metros de erro, para a obtenção do tratamento 8. Já o tratamento 6 (poucas árvores) teve como média 16,133 metros, ficando com uma diferença aproximada de 4 metros do tratamento 5 (muitas árvores), e, nesse caso, observa-se que mesmo com tal diferença, eles apresentaram as maiores médias, confirmando que a cobertura vegetal influenciou no resultado obtido.

Ainda que as médias de erro entre os oito tratamentos variassem entre 10 metros e 20 metros, com a média em torno de 15 metros, os tratamentos não apresentaram diferenças significativas, ao nível de 95%. Esperava-se que houvesse diferenças pelo menos entre os tratamentos com diferentes cobertura vegetal, pois troncos, galhos e folhas interferem no ângulo de visada do satélite, impedindo a rapidez e precisão das leituras do GPS. O reduzido número de dados coletados pode ter influenciado as análises, não permitindo obter um resultado conclusivo. Essa questão pode ser resolvida com um melhor delineamento experimental e aumento do número de coletas em trabalhos futuros.

Com os dados rastreados com os GPSs geodésico e de navegação, interpolou-se às coordenadas, ligando-se os pontos levantados, e obtendo-se dois polígonos, com os seguintes resultados:

- a) perímetros: GPS de navegação - 34.624,1119 m, GPS geodésico - 34.656,9452 m;
- b) áreas: GPS de navegação – 5.678,2323 ha, GPS geodésico – 5.687,5238 ha.

Portanto, obteve-se como resultado final a diferença de perímetro entre os dois equipamentos de 32,8333 metros e a diferença de área de 9,2915 ha, equivalente respectivamente a 0,09% e 0,16% do total medido. Na FIG. 6, observa-se a sobreposição dos polígonos, onde é possível identificar regiões que as poligonais não coincidem. Salienta-se que os erros encontrados nos dados coletados pelo GPS de navegação, tanto entre posicionamento quanto entre perímetro e área não são compatíveis para levantamentos geodésicos ou topográficos, nem mesmo para fins cadastrais de imóveis rurais exigidos pelo INCRA.

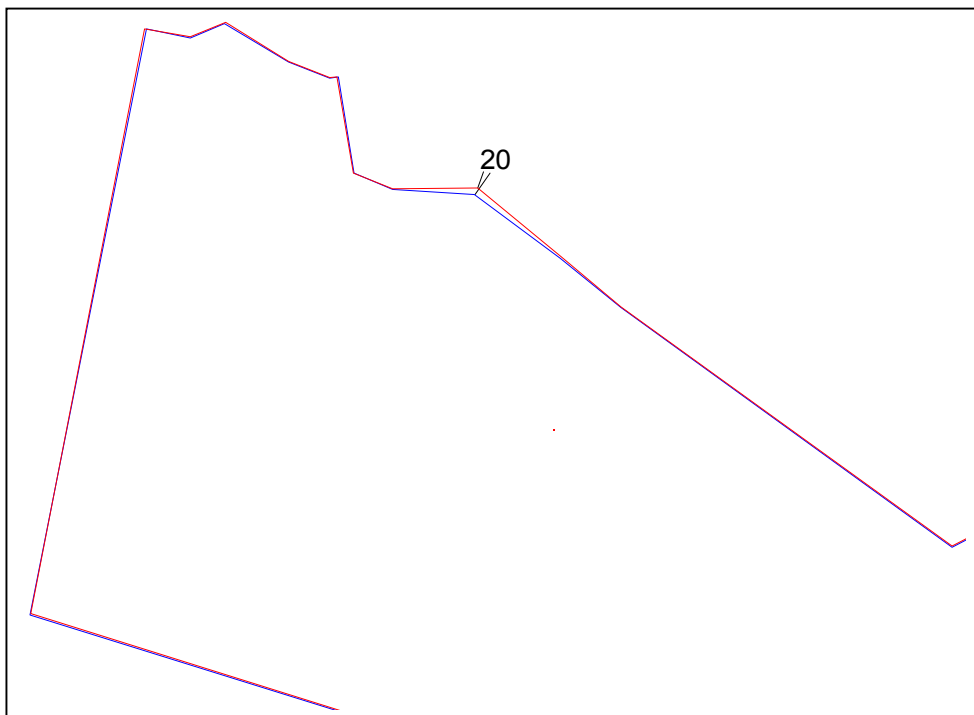


FIG. 6. Sobreposição das Poligonais rastreadas com os GPSs Geodésico (vermelha) e de Navegação (azul).

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O transporte de coordenadas de marcos geodésicos conhecidos para implantação de outros marcos no Pantanal pode ser efetuado com uma excelente precisão numa distância em torno de 50 km.

As análises estatísticas mostraram que não ocorreu variação significativa na coleta de dados entre os períodos da manhã e da tarde, concluindo-se que os horários de coleta não interferiram no posicionamento dos pontos rastreados.

Em diferentes coberturas vegetais, ainda que as médias dos erros tivessem uma grande variação (10 metros a 20 metros), também não houve significância estatística.

O posicionamento com GPS de navegação após o desligamento da SA, na área rural do Pantanal, apresentou resultados satisfatórios, comprovando o melhoramento na obtenção de coordenadas com GPS de navegação.

O cálculo do perímetro e da área do imóvel obtido com GPS de navegação ficaram acima do erro admitido para fins de cadastramento de imóveis rurais no INCRA, não sendo recomendado seu uso para esse tipo de levantamento, mas apenas como levantamento expedito.

Para fins de cadastramento de imóveis rurais no INCRA, recomenda-se a obtenção de coordenadas de posicionamento com GPS geodésico ou topográfico, sendo que o primeiro poderá ser utilizado no transporte de coordenadas de marcos do IBGE, amarrando-se o levantamento da poligonal ao sistema geodésico brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENEVENTO, A. Seletiva do GPS desligado! E agora? **Revista Infogeo**, v.3, n.14, p.43, jul/ago, 2000.

FATORGIS. **EUA anunciam fim da degradação intencional do sinal GPS**. Disponível em: <http://www.fatorgis.com.br/noticias/exibe.cgi?fNoticia=545&grupo1>. Acesso em: 2 maio 2000.

HOFMANN-WELLENHOF, B. et al. **GPS theory and practice**. 4.ed. Viena: Springer-Verlag, 1997. 389p.

SANTOS, M.C. dos Efeitos e benefícios do fim da disponibilidade seletiva. **Revista Infogeo**, v.3, n.14, p.22-23, jul/ago, 2000.

SAS Institute. **SAS?Insight user's guide**. Cary: SAS institute, 1992. 440p.

SEGANTINE, P.C.L. **GPS sistema de posicionamento global**. São Carlos: STT/EESC/USP, 1998. 177p.

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica**. New York: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 349p.

SILVA, A.S. **GPS (Global positioning system)**. Viçosa: UFV, 1997. 117p.