

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS POR MEIO DE RECEPTORES GPS

PROPOSAL METHODOLOGY FOR GEOREFERENCING OF RURAL PROPERTY USING GPS RECEIVERS

Fábio Júnio da Silva Faustino, faustinoagrimensura@yahoo.com.br

Alessandro Salles Carvalho, ascufv@yahoo.com.br, Universidade Federal de Viçosa

Antônio Simões Silva, asimoes@ufv.br, Universidade Federal de Viçosa.

Joel Gripp Junior, jgripp@ufv.br, Universidade Federal de Viçosa

RESUMO

O posicionamento por receptores GPS é uma alternativa aos profissionais ligados ao georreferenciamento de imóveis rurais, para o transporte de coordenadas aos pontos de apoio e ao levantamento dos pontos limítrofes dos imóveis. No entanto, o INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – elabora as regras através de normas e documentos na busca de melhores resultados para os levantamentos executados. Os profissionais da área, em sua grande maioria, utilizam uma metodologia de levantamento onde há apenas uma estação de apoio ao levantamento dos limites das propriedades. Esta estação de apoio, vinculada a um sistema de referência, serve de base ao pós-processamento realizado a fim de se minimizarem erros das observações no levantamento e obterem um melhor resultado, no que tange precisão e acurácia. Assim, neste presente trabalho, foram realizados experimentos utilizando-se de uma e duas estações de referência. Por meio dos pontos de apoio (bases de referência), vinculados ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), foram utilizados receptores GPS com uma frequência no levantamento dos limites de uma área. Os resultados, utilizando uma e duas estações de apoio, foram comparados entre si. As precisões e acurácias obtidas através da metodologia onde foram utilizadas duas estações como apoio foram melhores em comparação com a metodologia utilizando apenas uma estação como base.

Palavras-chave: Georreferenciamento; Posicionamento Relativo; Ajustamento; Propagação de Variância-Covariância.

ABSTRACT

The positioning by GPS is an option to the professionals work with the georeferencing of rural properties for coordinates transportation and the survey of points that surround the property. However, the INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (National Institute of Colonization and Agrarian Reform) - tells the rules and standards through documents to improve the results for the performed surveys. The most professionals uses a survey methodology that there is only one base station in support of lifting the limits of the properties. This base station, linked to a reference system is used in the post-processing of observations data in order to minimize errors of the survey observations and to get a better result in terms the precision and the accuracy. Thus, in this present paper, experiments were performed using one and two base stations in a georeference of rural property. GPS receivers with one frequency were used to survey points in the vicinity of the property. The results, with one and two bases stations were compared. The precision and accuracy obtained through the methodology using two bases stations were compared with the method using only one base station.

Keywords: Georeferencing; Relative Positioning; Adjustment; Variance-Covariance of Propagation.

INTRODUÇÃO

Na medida em que os anos e as décadas vão passando, as técnicas de levantamentos de dados geodésicos vão se desenvolvendo. O Sistema de Posicionamento Global - GPS é o sistema preferido na maioria das situações, onde são requeridos rapidez, precisão e economia (Leick, 1995).

Segundo Monico (2008) o GPS tem sido utilizado com grande frequência em diversas áreas de aplicação como na cartografia, na engenharia de posição, meio ambiente, controle de frota de veículos, navegação marítima e aérea, geodinâmica, agricultura, etc.

No transporte de coordenadas com o uso da tecnologia do GPS para a determinação de pontos de controle, devem ser utilizadas pelo menos duas estações ativas receptoras de sinais GPS vinculadas ao Sistema Geodésico Brasileiro - SGB de modo a existir observações redundantes e permitir sua vinculação ao SGB.

No georreferenciamento de imóveis rurais por meio da técnica de posicionamento relativo, utilizando-se apenas uma estação base e um receptor itinerante, será obtida no pós-processamento apenas uma linha de base; permitindo a aplicação apenas das covariâncias das coordenadas conhecidas e das componentes vetoriais das linhas de base para as demais estações. Isto porque o modelo matemático é formado por envolvido ter três observações e parâmetros, não existindo observações redundantes. Quando são utilizadas duas ou mais estações de controle, há possibilidade de se aplicar o ajustamento das observações pelo Método dos Mínimos Quadrados - MMQ, devido à existência de observações redundantes (Gemael, 1994)

Hofmann-Wellenhof et al. (1994), definem o posicionamento relativo como método para se determinar, através de receptores GPS, as coordenadas de um ponto desconhecido a partir de um ponto com coordenadas conhecidas, sendo que neste último, o receptor GPS fica

estacionário e em funcionamento simultâneo com o(s) outro(s) receptores que percorre(m) os pontos de coordenadas a serem determinadas.

O presente trabalho propõe uma metodologia para a realização de georreferenciamento de imóveis rurais, utilizando-se de duas estações de referência para o levantamento dos limites dos imóveis por meio da utilização de receptor GPS de uma frequência com diferentes intervalos de rastreamento.

MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com o Inbra (2003), para transportes de coordenadas onde a linha de base é superior a 20 km torna-se necessário a utilização de receptores GPS de dupla frequência (L1/L2). Foi utilizado um receptor da *Trimble*, modelo *5700*, com antena modelo *Trimble Zephyr Without Ground Plane* (TRM39105.00). Também foram utilizados dois receptores GPS de uma frequência, *ProMark II*, com antena modelo *ProMark2 external antenna* (110454).

Para a realização do pós-processamento das observações GPS foi utilizado o programa *Ashtech Solutions*, desenvolvido pela Thales Navigation e o *Convert to RINEX*, para conversão dos dados de observação do GPS Trimble 5700 para RINEX. Tanto os receptores GPS quanto os aplicativos pertencem ao setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da UFV.

Foram utilizados no decorrer deste trabalho os dados das estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC: VICO, RIOD, MGBH.e a estação atrelada ao SGB denominada LETR, cuja identificação internacional é 91698.

A área de estudo está localizada no do Campus da Universidade Federal de Viçosa-MG e a materialização dos limites da área foi feita por meio de oito piquetes. Na Figura 01 pode-se visualizar a distribuição espacial vértices a serem georreferenciados bem como as estações de referência utilizadas.

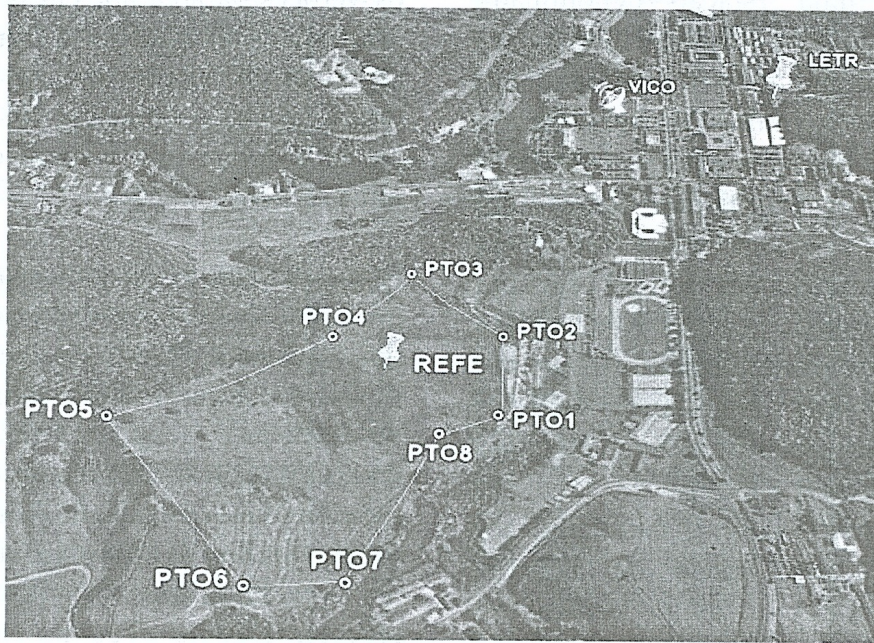


Figura 01. Croqui da área de estudo. Fonte: Google Earth (2009)

Rastreamento com receptores de sinais do sistema GPS

No dia sete de maio de 2009 foram realizados os rastreamentos GPS na área mencionada. A estação LETR é materializada por um pilar dotado de dispositivo de centragem forçada, e sobre este foi instalada a antena do receptor GPS de dupla frequência (L1/L2), marca *Trimble* modelo 5700 com objetivo de realizar o transporte de coordenadas adotando como referência as estações VICO, RIOD e MGBH; verificar a acurácia obtida no posicionamento e servir de estação de referência na realização do georreferenciamento.

A altura vertical da antena, medida do ponto de referência da antena (ARP) até o topo do dispositivo de centragem forçada foi de 9,5 cm. O intervalo de gravação foi de 5 segundos e o método de posicionamento foi o relativo estático. O GPS ficou em operação entre 09 horas e 19 minutos e 17 horas e 49 minutos. A Figura 02 ilustra a estação LETR(91698) juntamente com o receptor *Trimble*.

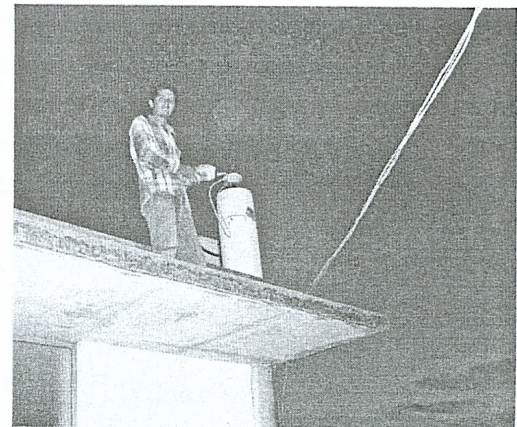


Figura 02. Rastreamento com receptor GPS de dupla frequência *Trimble* 5700. Estação LETR (91698)

Como a estação LETR dista mais de 20 km das estações base RIOD e MGBH foram necessários a utilização de receptores de dupla frequência e um tempo mínimo de rastreamento de quatro horas de modo a satisfazer as especificações para a realização do transporte de coordenadas para determinação de ponto de apoio.

Os dois GPS *Promark II* foram utilizados, simultaneamente, com o receptor da *Trimble* 5700. Um dos receptores *Promark II* ficou

estacionário em uma estação denominada REFE, conforme apresenta Figura 01, operando continuamente durante todo o procedimento de levantamento dos limites da área para a realização do pós-processamento e obtenção das linhas de base. O objetivo foi utilizar a estação REFE e LETR como referência no georreferenciamento dos limites da área de estudo. Para que a estação REFE fosse utilizada como base, foi realizado o transporte de coordenadas a partir das estações LETR e VICO. As estações itinerantes tiveram como base, as estações LETR e REFE.

A antena do *Promark II* em REFE foi posicionada sobre um bastão devidamente nivelado, fornecendo uma altura vertical de 2,052 metros. A Figura 03 ilustra o receptor posicionado em REFE.

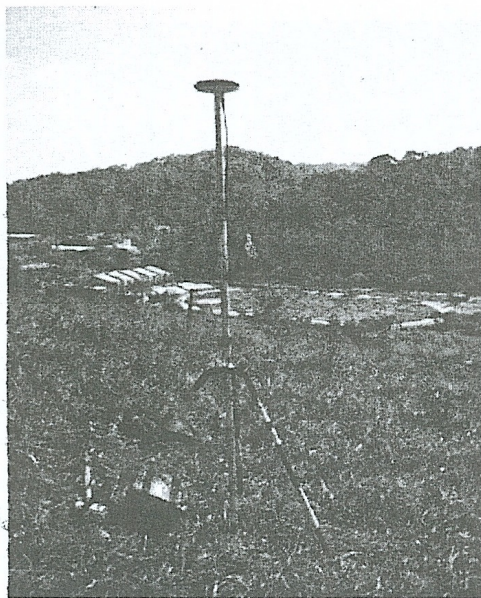


Figura 03. Receptor GPS *Promark II* em REFE.

A técnica de posicionamento utilizado foi o relativo estático com intervalo de gravação de cinco segundos. O tempo de rastreamento foi de 09 horas e 19 minutos às 16 horas e 44 minutos, tempo necessário para operar simultaneamente com o receptor móvel e com LETR.

O segundo receptor *Promark II* ocupou

os vértices da área por um período mínimo de 30 minutos e intervalo de gravação de cinco segundos. A altura vertical da antena sobre todos os pontos limítrofes foi de 2,052 metros. No total foram oito vértices ocupados com as mesmas configurações.

Processamento e Ajustamento (LETR)

Para a realização do pós-processamento dos dados GPS, primeiramente foram feitos downloads, a partir do site do Instituto Brasileiro de Estáticas e Geografia - IBGE, dos dados de 24 horas de observação das estações da RBMC, para data do levantamento. As estações utilizadas foram: VICO, RIOD e MGBH.

Para utilizar os dados obtidos pelo receptor *Trimble 5700* no *Ashtech Solutions*, foi necessário converter o arquivo *trimble* para arquivo *RINEX* através do programa da *Trimble*, *Convert to Rinex*.

Com os arquivos de observação das três estações da RBMC e LETR no *Ashtech Solutions*, foram inseridos os valores altura e tipos de antenas para as respectivas estações. Foram inseridas também, as coordenadas e precisões das estações RBMC, obtidas no arquivo descritivo das estações, que acompanham os dados de observação e navegação baixados no site do IBGE para processar as observações. Foram fixadas as posições das estações da RBMC e foi efetuado o processamento. Em seguida foi realizado o ajustamento para estimar as coordenadas e precisões da estação LETR. Salienta-se que da rede formada pelas quatro estações, eliminaram-se os vetores que ligavam as estações de controle para utilizar no ajustamento somente os vetores independentes.

Processamento e Ajustamento (REFE)

A estação REFE foi ocupada por um receptor GPS de uma frequência, portanto não foi possível fazer o transporte de coordenadas a partir de RIOD e/ou MGBH devido a distância superior a 20 km. Desta forma foram utilizadas as estações VICO e LETR para realizar o transporte de coordenadas.

Apesar das estações VICO e LETR estarem ocupadas por receptores de dupla frequência, apenas a portadora (L1) pôde ser utilizada, pois a estação REFE foi ocupada por um receptor de uma frequência.

Com os três arquivos de observações, VICO, LETR e REFE inseridos no *Ashtech Solutions*, foram inseridos os valores de altura e tipo de antena de cada receptor, bem como as coordenadas e precisões para as estações VICO e LETR. As coordenadas e precisões utilizadas para LETR foram as encontradas após o transporte de coordenadas a partir de VICO, RIOD e MGBH. Foi realizado o pós-processamento e ajustamento das observações obtendo-se as coordenadas ajustadas para a estação REFE.

Georreferenciamento do limite da propriedade utilizando duas estações de referência no processamento e ajustamento

Normalmente quando os profissionais da área de georreferenciamento de imóveis rurais trabalham em uma localidade onde não dispõe de estações do SGB, fazem o transporte para um ponto dentro da propriedade ou próximo a ela a partir de duas ou mais estações ativas da RBMC e então é feito o levantamento utilizando as coordenadas destas estações transportadas como estação de referência.

Foram utilizadas as estações LETR e REFE como base para a realização do georreferenciamento dos limites da propriedade ao SGB.

Para a delimitação da área de estudos foram utilizados oito pontos: PTO1, PTO2, PTO3, PTO4, PTO5, PTO6, PTO7 e PTO8.

Como já mencionado na seção 3.2.1, cada um destes oito pontos foi rastreado por pelo menos trinta minutos.

No *Ashtech Solutions*, foram inseridos os arquivos de observação das bases LETR e REFE e os arquivos de observação dos oito pontos limítrofes da propriedade.

De acordo com o Inca (2003), as coordenadas dos limites do imóvel devem

ser apresentadas em UTM. Desta forma, as coordenadas geodésicas dos pontos de apoio LETR e REFE foram convertidas para o sistema de projeção UTM. e inseridas no *Ashtech Solutions* para processamento. Para o processamento as coordenadas destas duas estações foram fixadas. As coordenadas de LETR e REFE no sistema UTM foram obtidas através de uma transformação no aplicativo on-line <http://home.hiwaay.net/~taylorc/toolbox/geography/geoutm.html>. Os resultados obtidos foram respectivamente N = 7703006,117 m E = 721935,689 m e N = 7701946, 889 m E = 722284,068 m. O meridiano central é 45° W, e fuso corresponde ao 23.

Para processar os dados foram seguidas a mesma metodologia dos processamentos anteriores, apresentadas nas seções 3.2.2. e 3.2.3, entrando com as características das antenas, fixando-se as bases etc.

Os dados foram processados e ajustados utilizando um tempo de rastreamento de 30 minutos para os pontos limítrofes – posicionamento relativo estático. Os resultados obtidos com este processamento, para as coordenadas limítrofes, foram admitidos como mais próximos dos verdadeiros, a fim de se calcular a acurácia nos posicionamentos seguintes.

No passo seguinte, foram processados e ajustados os dados utilizando-se um tempo de rastreamento de 20 minutos para os pontos limítrofes – posicionamento relativo estático. Estes 20 minutos foram obtidos a partir de cortes feitos no arquivo de observação, na linha de tempo, no aplicativo computacional *Ashtech Solutions*, utilizando-se da ferramenta “trim”, visível ao se clicar com o botão direito sobre as linhas de tempo de rastreamento. Com as coordenadas obtidas do ajustamento foram calculados os valores de acurácia obtido dos pontos limítrofes, com base nos valores adotados como mais próximos dos verdadeiros no processamento de 30 minutos.

Foi repetido o procedimento utilizando a ferramenta “trim”, processando e ajustando os dados para um tempo de rastreamento de 15 minutos para os pontos limítrofes – posicionamento

relativo estático rápido. Em seguida, foram calculadas as medidas de acurácia dos pontos.

Por fim, foram processados e ajustados os dados cortando-se o arquivo de observação, em sua linha de tempo, para cinco minutos de rastreamento em cada vértice da área. Foram calculadas também as acurácias dos pontos limítrofes para o tempo de cinco minutos de rastreamento.

Georreferenciamento delimitada propriedade utilizando uma estação de referência no processamento e propagação de covariância.

Para comparar a metodologia proposta que utiliza duas estações de referência, e a metodologia tradicional onde é utilizando apenas uma. Foram efetuados processamentos utilizando apenas uma estação de referência para o posicionamento dos pontos ocupados pelo receptor itinerante.

Nesta parte do trabalho, foi utilizada apenas a estação LETR como referência com finalidade de se obter as coordenadas e precisões dos pontos limítrofes, os arquivos de observação da estação LETR e dos oito pontos ocupados pelo receptor itinerante foram pós-processados e realizado a propagação de covariância quatro vezes, sendo respectivamente com os tempos de rastreamento 30, 20, 1 e 5 minutos. Foram calculadas as acurácias com base nas coordenadas ajustadas, obtidas no processamento com duas bases e intervalo de 30 minutos de rastreamento para cada ponto limítrofe.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinação das coordenadas de LETR e REFE

Independente da metodologia utilizada, para levantamentos, no georreferenciamento de imóveis rurais, o INCRA estipula que se deve obter uma precisão, para os pontos limítrofes do imóvel, melhor que 50 cm, classificando-os entre as classes P1 e P3 como apresentado na Tabela 01. Para os pontos de apoios (controle)

que são utilizados no georreferenciamento, a precisão posicional deve pertencer à classe P1 ou P2, como descrito na Tabela 01.

TABELA 01. Precisão Planimétrica (P) de cada classe após ajustamento.

Classe	Precisão 68,7% (1 σ)	Finalidade
P1	+/- 100 mm	Controle A (apoio básico),
P2	+/- 200 mm	Controle B (apoio imediato),
P3	+/- 500 mm	Cadastrais, Georreferenciamento

Fonte: Incra (2003)

Na Tabela 01 têm-se as seguintes definições: os pontos da classe P1, também chamados de controle A, ou ainda pontos de apoio básico, são utilizados para georreferenciamento (limites) ou de apoio a novos transportes de coordenadas.

Os pontos da classe P2, também chamados de controle B ou pontos apoio imediato, servem para georreferenciamento (limites) ou de apoio a novos transportes de coordenadas.

Pontos da classe P3, também chamados de pontos cadastrais, estão ligados diretamente a precisão dos limites de propriedades em georreferenciamento de imóveis rurais. Os pontos desta classe não podem ser utilizados como apoio a novos transportes de coordenadas.

Após o processamento e ajustamento das observações entre as estações VICO, RIOD, MGBH e LETR, foram obtidas as coordenadas da estação LETR apresentadas na Tabela 02:

TABELA 02. Coordenadas ajustadas da estação LETR

Latitude	Sigma	Longitude	Sigma	Sigma result. (m)
20°45'34,16233" S	0,001 m	42°52'05,91167" W	0,001 m	0,001 m

De acordo com a Tabela 02, a precisão alcançada na estação LETR, a classifica como da Classe P1, pois a precisão é maior que o especificado para esta classe.

A estação LETR foi ocupada como se fosse um ponto qualquer em um transporte

de coordenadas e foi possível verificar a acurácia obtida no posicionamento pois suas

coordenadas são conhecidas (homologadas pelo IBGE).

TABELA 03. Acurácia do ponto LETR (91698)

		Latitude	Longitude	Alt.
Estação	LETR (Calc.)	20°45'34,16233"	42°52'05,91167"	675,461 m
	LETR (homologada)	20°45'34,16220"	42°52'05,91150"	675,450 m
Acurácia	Arco	0,00013"	0,00017"	-
	Linear	0,005 m	0,004 m	0,011 m
	Resultante Linear	0,006 m		-

A Tabela 04 apresenta as coordenadas de REFE, após o processamento e ajustamento das observações. Nota-se que as a precisões das coordenadas em REFE são melhores que 10 cm, valor máximo permitido para que a sua classificação seja da classe P1. De acordo com a Tabela 04 tanto a estação LETR quanto a estação REFE pertencem à classe P1 e podem servir de apoio básico em georreferenciamento de imóveis rurais ou mesmo servir de apoio básico há outros transportes de coordenadas.

TABELA 04. Coordenadas ajustadas da estação REFE

Latitude	Sigma	Longitude	Sigma	Sigma result. (m)
20°46' 8,44464" S	0,006 m	42°51'53,38790" W	0,005 m	0,009 m

3.2. Georreferenciamento dos pontos limítrofes com duas estações base

Como descrito na seção 3.2.4, sendo utilizadas as bases LETR e REFE, foram obtidas as coordenadas ajustadas e suas precisões para os pontos limítrofes. O tempo de rastreamento nestes foi de 30 minutos. As precisões, obtidas para todos os oito pontos foram melhores, em comparação ao que a norma técnica de georreferenciamento de imóveis e poderiam servir como apoio a novos levantamentos, em função de suas precisões.

Os valores obtidos para as coordenadas foram admitidos como os mais próximos dos verdadeiros, em função do maior tempo de rastreamento e maior número de bases para correção.

Isso permitirá o cálculo das acurácias nos resultados posteriores.

Rastreando-se os pontos do limite da área de trabalho por 20 minutos foram obtidas as coordenadas ajustadas e as precisões, sendo a qualidade das coordenadas na ordem de poucos milímetros e todos estes pontos foram classificados como P1, segundo a tabela 04.

As acurácias para os pontos com rastreamento de 20 minutos são melhores que os 50 cm exigidos pelo INCRA.

Para o período de rastreamento de 15 minutos nos oito pontos, foram obtidos bons resultados comprando-se com as exigências do INCRA. O PTO7 teve a sua precisão e acurácia afastada em relação à média dos outros pontos limítrofes. Provavelmente devido ao fato de o PTO7 estar em uma área com algumas árvores e ao pé de um morro, o que impede a recepção dos sinais de alguns satélites e/ou o menor tempo de rastreamento em comparação com os processamentos anteriores.

Para um tempo de 5 minutos de rastreamento, nota-se que tanto a precisão, quanto a acurácia para PTO2 e PTO7 tiveram valores acima da média entre os outros valores. No entanto, todos os pontos estão com valores aceitáveis pelo INCRA para georreferenciamento de imóveis rurais. Uma possível causa para este ligeiro afastamento nas observações em PTO3 e PTO7 pode ser o curto período de rastreamento.

Georreferenciamento dos pontos limítrofes com

uma estação base

Nesta parte o trabalho procedeu-se da mesma que na seção 4.3, com exceção que para o processamento foi utilizada apenas uma base como referência, como usualmente se faz nos trabalhos de georreferenciamento de imóveis rurais. Fazendo uso deste método tradicional e o proposto neste trabalho, pode-se fazer uma comparação e verificar o comportamento das precisões e acurácias.

O tempo de observação foi de 30 minutos e foi utilizada apenas a estação LETR como referência ao georreferenciamento dos limites. As precisões e as acurácias de todos os pontos mostraram-se dentro da classe P1.

Os valores das coordenadas e suas precisões para um tempo de rastreamento de 20 minutos, apenas uma base de referência. Mesmo utilizando uma base e um tempo de 20 minutos de rastreamento, foram obtidos das precisões e acurácias com valores muito bons em relação ao que exige o INCRA (máximo de 0,50 m). A qualidade alcançada nestes pontos permite que eles sejam admitidos como base a novos transportes de coordenadas.

Os valores das coordenadas e precisões dos oito pontos limítrofes que foram rastreados por 15 minutos cada e tendo como base apenas uma estação. Os resultados obtidos foram muito bons e permite que estes pontos sejam bases de novos georreferenciamentos, pois os valores numéricos estão abaixo de 0,20 m. Os valores das coordenadas e suas precisões alcançadas a partir um tempo de rastreamento de 5 minutos e apenas uma base. Todos os oito pontos tiveram suas precisões abaixo dos 0,50 (Máximo permitido pelo INCRA), porém os pontos PTO2, PTO3 e PTO7 tiveram suas precisões piores que os demais pontos. As acurácias das coordenadas se mostram satisfatória, em relação aos 0,50 m. No entanto, as acurácias dos pontos PTO3 e PTO7 tiveram valores piores que as acurácias dos demais pontos. Esta variação nas precisões e acurácias de alguns pontos podem ter como causa o tempo curto de rastreamento em relação aos demais levantamentos feitos anteriormente.

Comparação das metodologias

As precisões e acurácias alcançadas para os oito pontos limítrofes da área de estudo em seus diversos tempos de rastreamento e nas duas metodologias de georreferenciamento.

Pode-se notar que no ponto limítrofe PTO1, não houve diferença nas precisões utilizando-se uma ou duas estações, mas as acurácias obtidas quando foram utilizadas duas estações como base, foi em média 5,5 vezes melhor do que as acurácias alcançadas utilizando-se apenas uma estação.

A utilização de apenas uma base forneceu melhores precisões, porém forneceu acurácias no mínimo de duas vezes piores do que a alcançada com a utilização de duas estações base. 75% das precisões do ponto PTO3 são melhores quando se utiliza duas bases como apoio ao georreferenciamento e 100% das acurácias são melhores com a utilização de duas bases.

O ponto PTO4 possui precisões melhores em 75% dos tempos de rastreamento quando se utiliza duas estações como base. As acurácias são para todos os tempos de rastreios, melhores quando há duas bases como apoio

As precisões do ponto PTO5 são iguais ou três vezes melhores utilizando-se a metodologia proposta neste trabalho. As precisões para este ponto foram, pelo menos, cinco vezes melhores com esta metodologia.

O ponto PTO6, com exceção do período de rastreamento de 5 minutos, possui precisões melhores quando se utiliza duas estações como base. Para todos os tempos de rastreamento, as acurácias se mostraram melhores com duas estações base.

Para o ponto PTO7, com exceção do tempo de rastreamento de 15 minutos, todas as precisões tiveram resultados melhores para a metodologia proposta neste trabalho, em que se utilizam duas estações como base. Todos os tempos de rastreamento para o ponto PTO7 obtiveram acurácias melhores para esta metodologia.

O ponto PTO8 obteve precisões melhor com a utilização de duas estações como base. As acurácias para o ponto PTO7, também se

mostraram melhores, com a utilização de duas estações como base, para todos os tempos de rastreamento, com exceção do tempo de rastreamento igual a 5 minutos.

CONCLUSÕES

As precisões encontradas para a metodologia proposta se mostraram melhores que as precisões alcançadas pela metodologia tradicional empregada ao georreferenciamento de imóveis rurais. Foi observado que onde foram utilizadas duas estações bases, em seus diversos tempos de rastreamento, cerca de 60% dos valores das precisões das coordenadas, tiveram melhores resultados que as precisões alcançadas quando foi utilizada apenas uma estação base. 28% tiveram valores iguais para as duas metodologias e apenas 12 % dos valores das precisões foram piores para a metodologia proposta. A comparação foi feita com base no mesmo tempo de rastreamento e para o mesmo ponto limítrofe empregando as duas metodologias.

Foi observado também, quanto maior o tempo de rastreamento, a utilização de duas bases se torna mais eficaz ante a utilização de apenas uma base.

Em termos de acurácia, cerca de 92% das coordenadas foram melhores quando foram utilizadas duas bases. Apenas 8% dos valores das acurácias se mostraram piores quando foram utilizadas duas estações como base. Em 100% dos casos, quando o posicionamento foi relativo estático, isto é, quando o tempo de rastreamento foi igual ou superior a 20 minutos, as acurácias foram melhores para utilização de duas para os pontos observados.

Com base neste estudo, nota-se que: a utilização de duas bases como apoio, ao levantamento dos limites dos imóveis, no georreferenciamento de imóveis rurais, tende a melhorar as precisões e acurácias dos pontos observados; A metodologia proposta tende a incrementar, quantitativamente, mais as

acurácias que as precisões; Quando maior o tempo de rastreamento, a utilização de duas bases tende a melhorar os resultados das precisões e acurácias dos pontos.

Rastrear um ponto por um período de tempo maior ainda é a melhor opção na busca por melhores qualidades nas observações GPS, no georreferenciamento de imóveis rurais, porém, quando o tempo é um fator que limitante.

Ainda não se pode, com base nesta pesquisa, criar um modelo matemático que relacione número de estações base com as precisões e acurácias, pois para cada estação ocupada, com receptores GPS, há diferentes constelações de satélites e muitas outras variáveis que entram nos cálculos e no processo de posicionamento. No entanto, tem-se aqui um ponto inicial que abrirá novas pesquisas e melhores metodologias na aplicação ao georreferenciamento de imóveis rurais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J. M. e MIKHAIL, E. M. **Surveying Theory and Practice**. Seventh Edition. 1167 p. 1998.

BRASIL, Informativo No 1. **Referencial Geodésico, Projeto Mudança do Referencial Brasileiro**. IBGE. Retirado de: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pmrg/Informativo2.pdf>. Acessado em: 14 Abr. 2009.

FORTES, L. P. S. **O Sistema de Referência SIRGAS2000**. In: XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2003, Belo Horizonte. Retirado de: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pmrg/Apresentacao_em_eventos/2003/XXI_Congresso_Brasileiro_de_Cartografia/CBC_2003_SIRGAS_A.pdf>. Acessado em: 12 Abr. 2009.

GEMAEL, C. **Introdução ao Ajustamento de Observações – Aplicações Geodésicas**. Editora UFPR. 319 p. 2004.

- HOFMANN-WELLENHOF, B; LICHTENEGGER, H; and COLLINS, J. **GPS Theory and Practice**. Third, revised edition. 355 p. 1994.
- LEICK, A. **GPS Satellite Surveying**. Second Edition. Department of Surveying Engineering. University of Maine. Orono, Maine. 1995.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações**. 2ª Edição. Editora UNESP. 2008.476 p.
- MONICO, J. F. G. **SIRGAS2000 – O novo sistema geodésico do Brasil**. Grupo de Estudo em Geodésia Espacial – GEGE. VIII GEGE Anual. UNESP. 2008. Retirado de: <http://gege.prudente.unesp.br/reuniao_anual/2008/EstAtualSIRGAS2000.pdf> Acessado em 10 Abr. 2009.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Decreto Nº 5334/2005 de 06 de janeiro 2005**. Dá nova redação ao art. 21 e revoga o art. 22 do Decreto no 89.817, de 20 de junho de 1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Retirado de: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5334.htm>. Acessado em: 20 Abr. de 2009.
- SILVA, A. S. **Ajustamento Pelos Mínimos Quadrados em Ciências Geodésicas**. Notas de aula da disciplina Ajustamento das Observações. UFV. 2005.
- SILVA, A. S. **Geodésia Espacial com Ênfase em GPS**. Notas de aula da disciplina Geodésia Espacial. UFV. 2007.
- SIRGAS. **Sistema de Referencia Geocêntrico para las Américas**. Retirado de <www.sirgas.org.br>. Acessado em: 10 Abr. 2009.
- TAYLOR, C. L. **Aplicativo de conversão de coordenadas: Geodésicas/UTM**. Retirado de: <<http://home.hiwaay.net/~taylorc/toolbox/geography/geography/geoutm.html>>. Acessado em 17 Mai 2009.