

GEOREFERENCIAMENTO COM O NAVSTAR-GPS EM ÁREAS FLORESTAIS

Georeferencing with NAVSTAR-GPS in forested areas

Jaime Freiburger Jr ¹
Cláudia Pereira Krueger ²
Nassau de Nogueira Nardez ³

Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências da Terra
www.cienciasgeodesicas.ufpr.br
81531-990 Curitiba-PR, Brasil

¹jaime@ufpr.br

²ckrueger@ufpr.br

³nardeznassau@hotmail.com

Resumo: neste artigo é apresentada uma técnica para a determinação das coordenadas geodésicas de marcos situados em áreas florestais. Nesta técnica emprega-se uma haste extensora para erigir a antena do receptor GPS acima da vegetação. Nestes experimentos, foram realizadas medições GPS em um marco de coordenadas geodésicas conhecidas para verificar a acurácia deste posicionamento. A antena GPS foi erigida em diferentes alturas para realizar estas medições. Os resultados apontaram erros planimétricos de até 26 cm, ocasionados principalmente pela ação do vento lateral na haste.

Palavras-chave: GPS, georeferenciamento, áreas florestais.

Abstract: this paper presents a technique for the estimation of geodetic coordinates of marks in forested areas. A mast is used to set up the receiver antenna above the foliage. Measurements were carried out over a geodetic mark with known coordinates in order to check out the accuracy of the positioning. The GPS antenna was set up with different heights for these measurements. Horizontal errors up to 26 cm were due to the lateral wind effect on the mast.

Keywords: GPS, georeferencing, forested areas.

1. INTRODUÇÃO

O NAVSTAR-GPS (*Navigation System with Time and Ranging-Global Positioning System*) foi concebido como um sistema de navegação para fins exclusivamente militares. A partir de 1983 foi iniciada sua aplicação para soluções geodésicas. O sistema foi declarado operacionalmente completo em março de 1994 com 21 satélites, mais três satélites em reserva ativa. Ao longo de seu desenvolvimento, esta tecnologia foi disponibilizada ao uso civil sendo então incorporada nas atividades geodésicas clássicas, tais como Agrimensura e Cadastro.

Diversos métodos e equipamentos foram concebidos para resolver a determinação da posição em diferentes níveis de precisão (Krueger, 1996). A maioria dos receptores GPS comercializados atualmente funcionam no nível do Serviço de Posicionamento Padrão (SPS), o qual permite a determinação da posição a partir do código C/A na portadora L_1 (Tiberius, 2003). Nesta classe, enquadram-se os receptores GPS destinados às aplicações civis, tais como os receptores de navegação, os receptores empregados em levantamentos cadastrais e os receptores que processam informações de dupla frequência para a obtenção de coordenadas de alta precisão (melhor que 1 cm), os chamados receptores geodésicos.

Uma das limitações do GPS é a perda de integridade dos sinais. Os sinais GPS se propagam na linha de visada entre a antena do satélite e a antena do receptor e não podem penetrar terra, água e outros materiais. Em situações reais, a linha de visada pode estar limitada ou parcialmente obstruída por árvores ou construções. Neste caso, ocorre deterioração do sinal a qual afeta a acurácia do posicionamento em especial nos levantamentos realizados com receptores de dupla frequência (Van Dierendonck, 1996).

A Lei 10.267/01 estabelece a obrigatoriedade do levantamento dos limites definidores do perímetro de imóveis rurais. Os vértices do perímetro devem ser materializados e suas coordenadas determinadas atendendo a precisão posicional com tolerância máxima de 50 cm. Esta solução é alcançada via levantamentos denominados GPS3 e GPS4 quando do emprego do GPS (INCRA, 2003). Entretanto, esta precisão está vinculada a uma limitação das aplicações do GPS em áreas florestais: o bloqueio dos sinais GPS pela vegetação (Ramm e Schwieger, 2004).

Este problema pode ser contornado com o emprego de uma haste extensora na qual a antena do receptor GPS é acoplada. Esta técnica tem sido aplicada especialmente em levantamentos de georreferenciamento em florestas, permitindo que a antena GPS seja erigida acima da copa das árvores. Nestas condições podem surgir erros de posicionamento causados por eventuais imperfeições da haste extensora assim como pela deformação na haste provocada pelo efeito de ventos laterais. Na presente pesquisa, esta técnica foi executada com o emprego de uma haste de oito metros. Medições foram realizadas aplicando-se diferentes alturas da antena GPS.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no campus do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná. Um marco de concreto denominado CP34 foi tomado como referência para as medições. Empregou-se um receptor Ashtech Z-XII com uma antena modelo cinemática geodésica para a determinação das coordenadas precisas do marco CP34 por método de posicionamento relativo estático. A altura inclinada da antena ao marco foi reduzida à altura vertical, resultando esta 1,2606 m. Foram empregadas as observações da estação de referência PARA, pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). O marco CP34 está situado a aproximadamente 50 metros a leste da estação PARA. As coordenadas do marco CP34 foram tomadas como valores de referência para os experimentos. A tabela 1 mostra as coordenadas e os respectivos desvios-padrão.

Tabela 1: Coordenadas precisas do marco CP34 (WGS84)

Latitude	Longitude	Altitude geométrica	σ (m)		
			N	E	H
25° 26' 55,31325" S	49° 13' 52,24434" W	921,963 m	0,004	0,002	0,004

As medições de acurácia do posicionamento foram realizadas com emprego da haste extensora, que possui uma altura mínima de 1,615 m e máxima de oito metros quando empregada sua extensão máxima. Este instrumento está sendo utilizado para suspender a antena GPS durante medições em diferentes alturas, principalmente em áreas cobertas com vegetação. As medições foram conduzidas com a haste posicionada sobre o ponto CP34. A antena GPS foi acoplada na haste conforme ilustra a figura 1.

A antena GPS foi erigida em três alturas consecutivas, denominadas doravante de estágios, conforme

mostra a tabela 2. Em cada estágio, realizou-se uma seção de observação de 15 minutos com taxa de gravação de dados de 15 segundos, compatível com a taxa de gravação da estação de referência PARA. As coordenadas geodésicas resultaram a partir de soluções fixas das ambigüidades.

Tabela 2: Altura vertical da antena sobre o marco CP34

Estágio	Altura
1	5,32 m
2	6,64 m
3	7,77 m



Figura 1: Haste de alumínio retrátil

2.1. Análise dos dados

O objetivo das análises é comparar os valores das coordenadas geradas com a antena GPS posicionada nos três estágios (tabela 2) com as coordenadas precisas do marco CP34 (tabela 1). A partir desta comparação torna-se possível expressar a qualidade posicional da técnica. São determinados os erros resultantes em latitude, longitude e altitude geométrica das seções de observação realizadas em cada ocupação no marco CP34.

Estes erros podem ser expressos pela variação em distância entre duas posições: a posição obtida com a haste fixada em cada um dos três estágios e a posição de referência do marco CP34. O cálculo do comprimento de um arco infinitesimal sobre o elipsóide é dado pela equação (Freiberger Jr., 2003):

$$ds^2 = M^2 d\varphi^2 + N^2 \cos^2 \varphi d\lambda^2,$$

onde:

ds : arco de deslocamento infinitesimal;

M : raio de curvatura da seção meridiana;

N : raio de curvatura da seção transversal;

φ : latitude geodésica local;

$d\varphi$: arco de deslocamento infinitesimal em latitude geodésica (expressa em radianos);

$d\lambda$: arco de deslocamento infinitesimal em longitude geodésica (expressa em radianos).

Os arcos de deslocamento em latitude e em longitude foram obtidos por meio da subtração dos valores das coordenadas das seções dos valores das coordenadas precisas. Da mesma forma, os erros altimétricos foram obtidos por meio da subtração do valor das altitudes geométricas obtidas nos levantamentos do valor das altitudes geométricas precisas.

3. RESULTADOS

Com base nos dados gerados a partir das soluções das coordenadas geodésicas (diferenças planimétricas e tridimensionais) e das informações de rastreio (PDOP e quantidade de satélites) registradas durante os levantamentos, elaborou-se um conjunto de gráficos no programa Excel para análise dos resultados.

A figura 2 ilustra a distribuição das soluções obtidas, representadas para cada ocupação em função das coordenadas geodésicas. Ao lado de cada ponto estão representadas a identificação da seção e a altura vertical aproximada da antena (de acordo com a tabela 2). Observa-se que os pontos se situam a sudeste da coordenada precisa CP34. Isto indica a ação da força do vento sobre a antena, o qual, na ocasião dos levantamentos, atuava na direção noroeste-sudeste. A tendência dos pontos se deslocarem a leste e sudeste do ponto de referência CP34, que é a direção de deformação da haste, coincide com a direção do vento naquele instante. Não foi representada a seção CP17 em virtude de que as coordenadas obtidas apresentaram desvios-padrão acima do esperado.

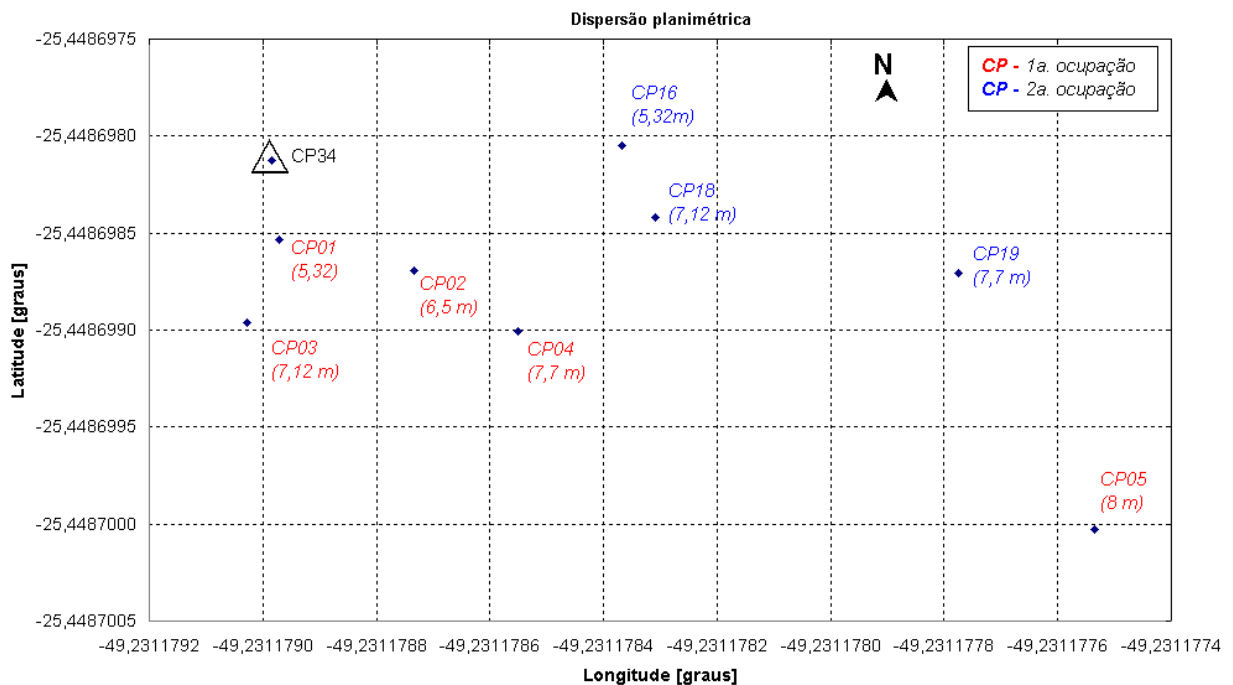


Figura 2: Dispersão planimétrica das soluções.

Os erros planimétricos das seções provindas da primeira ocupação foram relacionados com as respectivas alturas da antena (figura 3). Observa-se que os erros planimétricos aumentam à medida que a antena é erigida.

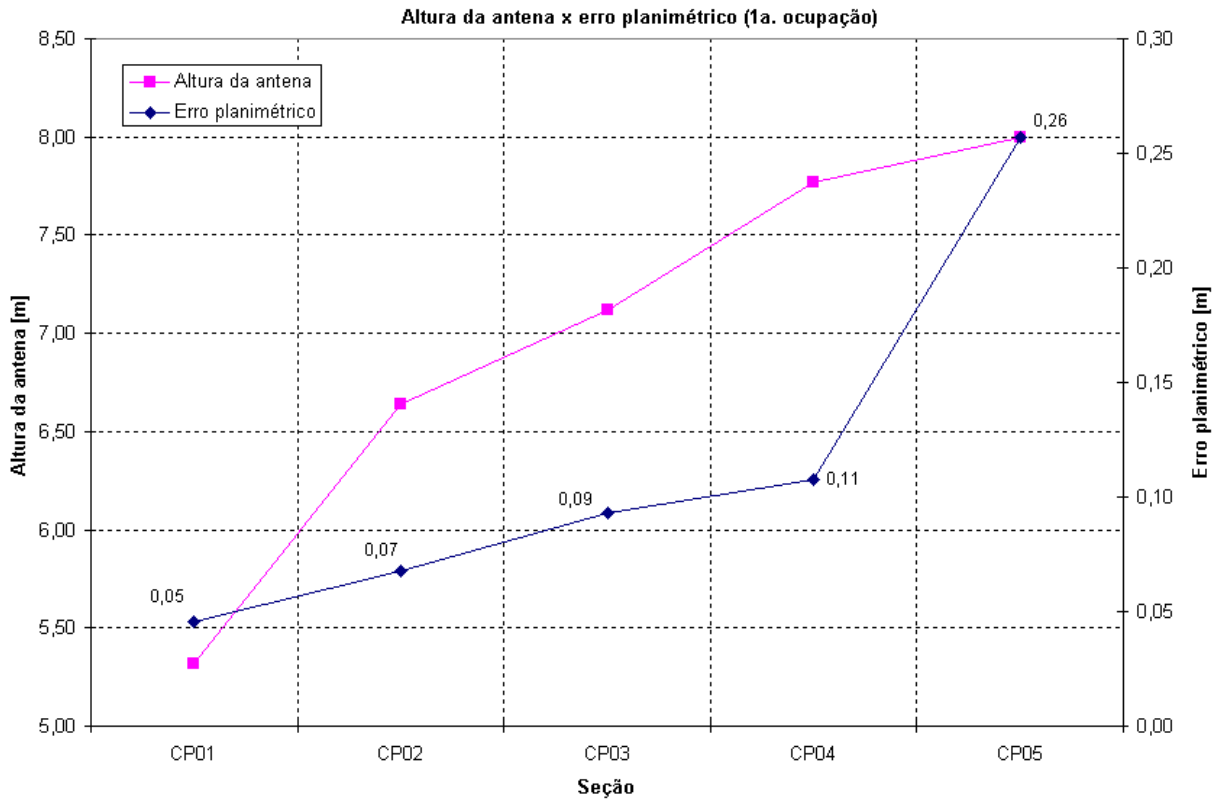


Figura 3: Erros planimétricos das soluções da 1a ocupação.

Da mesma forma, os erros tridimensionais das seções da primeira ocupação também foram representados (figura 4). Nota-se que os erros tendem a crescer com a elevação da antena GPS.

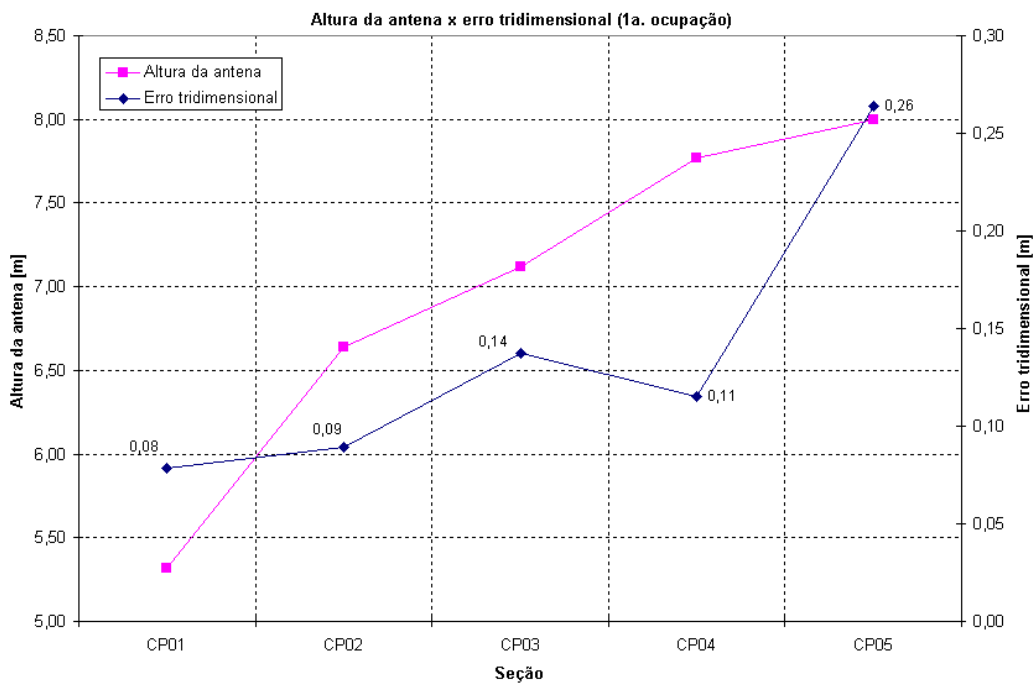


Figura 4: Erros tridimensionais das soluções da 1a ocupação.

Na figura 5 são apresentados os erros planimétricos das seções realizadas e os respectivos valores do PDOP médio da seção.

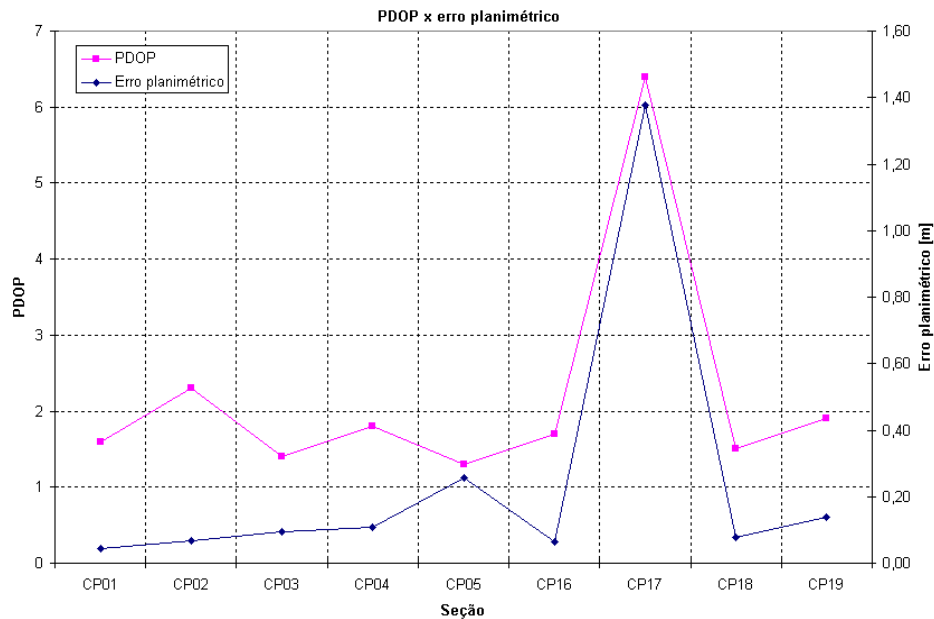


Figura 5: Erros planimétricos e PDOP.

O erro verificado na seção CP17 está próximo a 1,40 m, provavelmente causado pela instabilidade da geometria de satélites. Verifica-se que o valor médio de PDOP está acima de seis, acima do valor que estabelece os levantamentos com GPS3 e GPS4 (INCRA, 2003). Nas demais seções, os valores de PDOP são menores que três e os erros planimétricos inferiores a 50 cm, condição que atende a exigência de acurácia estabelecida nestes levantamentos.

A quantidade de satélites foi representada na figura 6. Pela análise, observa-se que a quantidade de satélites é mínima (cinco satélites) na seção em que o erro planimétrico é máximo.

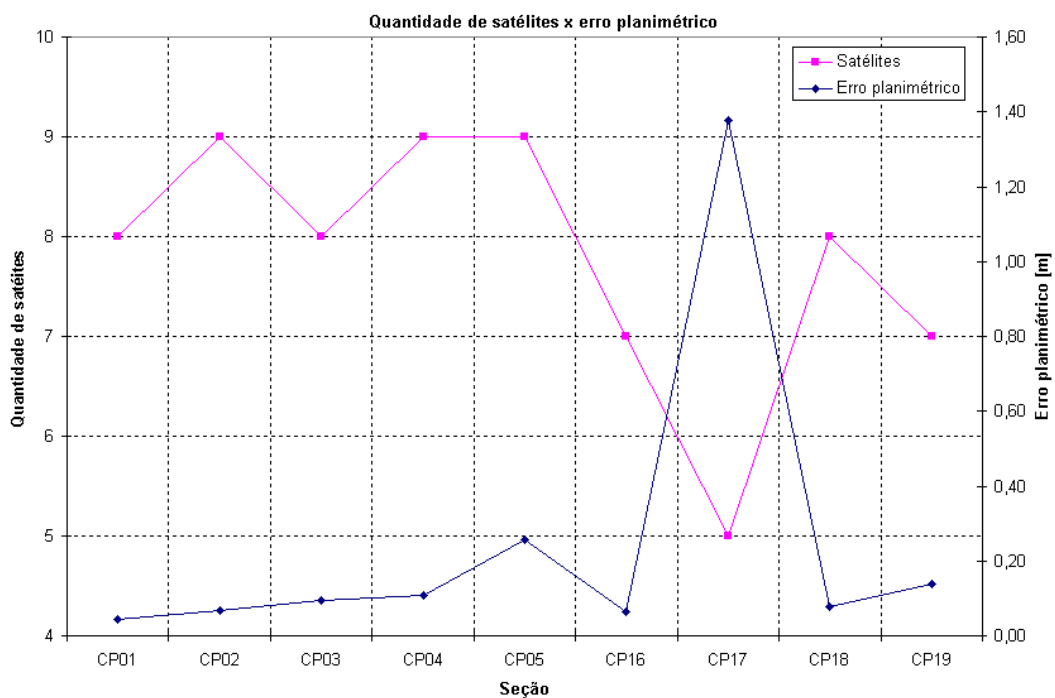


Figura 6: Quantidade de satélites e erro planimétrico.

4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O emprego da haste extensora influenciou na acurácia do posicionamento planimétrico. Foram verificados erros de até 26 centímetros correspondentes à altura máxima da haste extensora (8 metros). Ela é constituída de cinco estágios escamoteáveis, de forma que os erros planimétricos podem estar ligados a imperfeições de fabricação destes elementos. Todavia, a análise de dispersão dos pontos indicou uma tendência de deslocamento gradual da posição da antena, o qual se dá a leste e sudeste do ponto de referência CP34. A direção de deformação da haste coincide com a direção do vento observada durante as medições, sendo este, portanto, o principal causador dos erros planimétricos.

O valor limite do nível de acurácia planimétrica fixado pela norma técnica para a classe P3 (levantamentos cadastrais e georreferenciamento) é $\pm 500\text{mm}$ (1σ). O grau de aproximação das medições realizadas neste estudo atende, portanto, a acurácia exigida para o georreferenciamento de imóveis rurais segundo a norma técnica.

Outras investigações devem ser realizadas com a mesma haste extensora, aplicando-se outros estágios intermediários de altura sob condições meteorológicas mais severas, como por exemplo, ventos fortes. Espera-se obter uma correspondência dos erros planimétricos com a velocidade do vento no instante das medições, a qual pode ser obtida pelas agências meteorológicas.

5 REFERÊNCIAS

Freiberger Jr, J. (2002). **Análise da degradação do posicionamento em tempo real com o emprego do GNRT**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas). Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Heck, B. (2003). **Rechenverfahren und Auswertemodelle der Landesvermessung: Klassische und moderne Methoden**. 3. Auf. Heidelberg: Wichmann.

INCRA (2003). **Norma Técnica para Georreferenciamento de imóveis rurais**. 1ª. Edição, novembro 2003.

Krueger, C. P. (1996). **Investigações sobre aplicações de alta precisão do GPS no âmbito marinho**. Curitiba, 1996. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Departamento de Geociências, Universidade Federal do Paraná.

Ramm, K.; Schwieger, V. (2004). **Low Cost GPS-Empfänger für Anwendungen im Forstbereich**. Flächenmanagement und Bodenordnung: Zeitschrift für Liegenschaftswesen, Planung und Vermessung. Heft 4, 2004.

Seeber, G. (2003). **Satellite Geodesy**. Walter de Gruyter Verlag, Berlin, New York, 2003.

Tiberius, C. (2003). **Handheld GPS receiver accuracy**. GPS World, Feb. 2003, p. 46-51.

Van Dierendonck, A. J. (1996). **GPS Receivers**. In: Global Positioning System: Theory and Applications, Vol. I. Hrsg.: Parkinson, B. W., Spilker, Jr., J. J.: Progress in Astronautics and Aeronautics, Vol. 163, Washington.