

## Scientific Electronic Archives

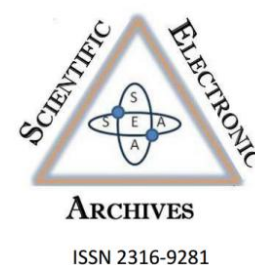
Issue ID: Sci. Elec. Arch. 8:2 (2015)

June 2015

Article link:

<http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=181>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES.



# O Sistema de posicionamento global (GPS) na silvicultura de precisão

## The global positioning system (GPS) in precision forestry

J. Tenutti<sup>1+</sup>, A. Garlini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Cuiabá, Campus Sinop

Author for correspondence: [jotenutti@gmail.com](mailto:jotenutti@gmail.com)

**Resumo.** Depois da liberação para o uso civil o sistema de posicionamento global por meio de satélites (GPS) tem sido usado nos mais diversos segmentos, inclusive na agricultura. A silvicultura de precisão representa uma nova forma de produção e administração de povoamentos florestais. A interação dos dados obtida via aparelhos (GPS) com o SIG permite a manipulação e as análises necessárias para a geração de dados, mapas e parâmetros que serão utilizados para tomada de decisões e orientações em campo. Através da análise de produtividade é possível realizar intervenções precisas nas florestas para obtenção do rendimento máximo. Considerando a complexidade e dinamismo dos processos que envolvem a produção florestal, faz-se necessário ampliar a discussão sobre o tema, de modo que se possa dispor de informações que permitam a análise do potencial produtivo da floresta, por meio do uso de tecnologias adequadas. Sendo assim, a partir de uma revisão da literatura, o presente artigo tem como objetivo discutir os principais conceitos da silvicultura de precisão, bem como sua aplicabilidade.

**Palavras-chave:** GPS, silvicultura de precisão, geoprocessamento.

**Abstract.** After the release for civilian use the global positioning system using satellites (GPS) has been used in several segments, including agriculture. Precision Forestry represents a new form of production and management of forest stands. The interaction of the data obtained via devices (GPS) with the GIS allows the manipulation and analyzes needed to generate data, maps and parameters to be used for decision making and guidance in the field. Through productivity analysis you can perform precise interventions in the forests for optimum performance. Considering the complexity and dynamism of processes involving forest production, it is necessary to broaden the discussion on the subject, so that they can avail of information allowing the analysis of the production potential of the forest, through the use of appropriate technologies. Thus, from a literature review, this article aims to discuss the main concepts of forestry accuracy as well as its applicability.

**Keywords:** GPS, precision silviculture, geoprocessing.

### Contextualização

O sistema de posicionamento global por meio de satélites (GPS) teve seu desenvolvimento iniciado na década de 60 com a finalidade inicial de uso exclusivamente militar. Somente em 1993 o sistema foi liberado sua operação para uso civil. Daí em diante houve uma enorme expansão em sua utilização. Grandes investimentos foram feitos, tanto no meio científico quanto no empresarial, para tornar viável a utilização deste sistema de posicionamento nos mais diversos segmentos, inclusive na agricultura.

Nos empreendimentos florestais, a busca pela eficiência no planejamento e na gestão florestal envolve práticas de condução dos povoamentos

florestais que exigem o conhecimento das características das espécies cultivadas e do local onde se desenvolvem (MARQUES, 2006). No entanto, os métodos tradicionais utilizados para descrever o desenvolvimento das florestas utilizam uma medida de tendência central, geralmente a média, além de uma medida de dispersão, como a variância, sem considerar as relações existentes entre as observações vizinhas. Assim, à medida que cresce a necessidade por informações detalhadas, consolida-se a utilização de ferramentas aplicadas pela silvicultura de precisão (PELLISSARI, 2012).

A silvicultura de precisão baseia-se na coleta e análise de dados geoespaciais e viabiliza intervenções localizadas na floresta, com exatidão e

precisão adequadas. As técnicas de geoprocessamento fornecem subsídios para a identificação e a correlação das variáveis que afetam a produtividade florestal, por meio da sobreposição, cruzamento e regressão de mapas digitais do relevo, atributos do solo e capacidade produtiva dos povoamentos em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (VETTORAZZI e FERRAZ, 2000).

O conhecimento das variabilidades espacial e temporal dos fatores que afetam a produção e a produtividade dos povoamentos florestais permite realizar intervenções precisas, para obter o máximo rendimento de acordo com as potencialidades do solo e dos demais fatores ambientais locais (BRANDELERO et al., 2007). Sendo assim, a partir de uma revisão da literatura, o presente artigo tem como objetivo discutir os principais conceitos da silvicultura de precisão, bem como sua aplicabilidade.

O sistema de posicionamento global (GPS)

Segundo Sá (2000), o sistema GPS (Global Positioning System) foi desenvolvido pelo U.S. Department of Defense (DoD) como um sistema de rastreamento dos satélites NAVSTAR (Navigation System with Time and Ranging), que formam uma constelação, colocada em órbita da Terra para medição de distâncias entre esses satélites e estações localizadas na superfície terrestre e no espaço.

O princípio básico de funcionamento usado no sistema GPS consiste na transmissão de sinais eletrônicos pelos satélites, por meio de ondas eletromagnéticas, e na captação desses sinais por receptores, de tal forma que o intervalo de tempo decorrido no percurso possa ser determinado. Como a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas é conhecida (velocidade da luz), as distâncias entre os satélites e o receptor que os rastreia podem ser calculadas, o que permite determinar as coordenadas da posição onde foi estacionado o receptor. Assim, o GPS é um sistema espacial, desenvolvido originalmente para fins militares, que fornece ao usuário a posição espacial, a velocidade e o tempo decorrido num sistema de referência comum, a qualquer instante, em qualquer ponto da superfície terrestre, e independente das condições meteorológicas (COELHO, 2003).

Apesar do sistema GPS ter sido desenvolvido e ser mantido pelo DoD com objetivos militares, o seu grande potencial para aplicações civis fez com que o Congresso Americano ordenasse ao DoD que promovesse o seu uso civil, que se iniciou em 1982 e desenvolveu-se rapidamente com aplicações do sistema em levantamentos geodésicos e sistemas de navegação (COELHO, 2003).

O sistema GPS é constituído de 24 satélites, dos quais 21 são de uso corrente e três em "stand-by". Eles orbitam a uma altura de 20.200 km em seis órbitas distintas, com um inclinação

orbital de 55º graus, com 4 satélites em cada órbita. Em relação aos satélites artificiais, a órbita é um conjunto de fatores com base em alguns parâmetros, como raio de inclinação, inclinação do plano da órbita, período de revolução (tempo gasto para completar a volta em torno da Terra ou de outro corpo celeste), finalidade com que foi construído etc., (MOREIRA, 2005).

Os sinais são emitidos em duas bandas (L1 e L2) com dois códigos diferentes: o Y (*Precision code*) e o C/A (*Coarse Acquisition code*); assim sendo, o sistema teoricamente permite uma visão de cinco a oito satélites constantemente, em qualquer lugar do globo (CASTRO, 2004). Segundo Coelho (2003), o código Y poderia ser utilizado, mas como sua equação é secreta e a do código P é de acesso público, os usuários não autorizados pelo DoD ficam restritos à utilização do código P.

A fase senoidal da portadora L1 é modulada por uma sequência de pulsos chamada código C/A (clear / access ou coarse / acquisition). O código C/A é gerado pelo algoritmo de Gold em cada satélite, se repete a cada milissegundo e tem uma frequência de 1,023 MHz.

As duas portadoras (L1 e L2) contêm também, a mensagem transmitida pelo satélite, que consiste num fluxo de dados transmitidos em baixa frequência (50 Hz), informando o usuário sobre as condições operacionais e a posição de todos os satélites que compõem a constelação (COELHO, 2003).

Com relação à disponibilidade seletiva (S/A), Bueno (2000) explica que se trata de uma técnica usada para degradar a exatidão de posicionamento geodésico, sendo o método de posicionamento absoluto, aquele em que se emprega somente um equipamento para a observação do código C/A, o mais afetado.

Os aparelhos GPS de Navegação Civil, trabalhando apenas com o código C/A, adquirem medidas com erros da ordem de 5 a 15 metros. Como exemplo, na medição de um ponto, a coordenada encontrada poderá estar contida num círculo com as medidas citadas anteriormente, inviabilizando diversas aplicações que requerem mais precisão. No caso do erro SA estar ligado, esta situação piora bastante, com erros de 30 a 100 metros, exigindo o uso de estações de referência no terreno para corrigir estas distorções através dos DGPS (ROCHA, 2003).

Ainda segundo Bueno (2000), no dia 1º de maio de 2000, por determinação do presidente Bill Clinton, a S/A foi desativada, contribuíram para essa decisão o programa de modernização do sistema GPS e o desejo de incentivar o uso do GPS para aplicações civis pacíficas.

Silvicultura de precisão

A silvicultura de precisão representa um modelo de gerenciamento fundamentado na coleta e análise de dados geoespaciais e no conhecimento da variabilidade espacial e temporal da produção e

da produtividade das florestas (RIBEIRO, 2002), o que modifica o enfoque dado à silvicultura, pois, enquanto no sistema convencional a abordagem da floresta ocorre de maneira uniforme, na silvicultura de precisão esta mesma área é tratada geograficamente ponto a ponto em frações de unidades diferenciadas (BRANDELERO et al., 2007), possibilitando, desta maneira, intervenções localizadas e a melhoria na eficiência da aplicação de insumos, que, por ventura, reduzem os custos de produção e os impactos ambientais (VETTORAZZI e FERRAZ, 2000).

O planejamento e o gerenciamento florestal envolvem práticas de manejo dos povoamentos que, por sua vez, exigem um conhecimento simultâneo de atributos do solo, do relevo e do rendimento dos talhões. As técnicas de geoprocessamento, possibilitam o armazenamento, tratamento, cruzamento, sobreposição, análise e visualização, em conjunto, dessas informações espaciais, sob a forma de mapas digitais. Isto permite tomada de decisões rápidas, ágeis e eficientes, ao minimizar custos e otimizar os recursos e atividades produtivas, acarretando ganho de produtividade e maximização dos lucros (ORTIZ et al., 2003).

À medida que cresce a necessidade por informações mais detalhadas na condução do empreendimento florestal, consolida-se também a utilização dos preceitos da silvicultura de precisão, pois esta auxilia na redução de custos em função do correto manejo das atividades florestais (RIBEIRO, 2002).

A silvicultura de precisão conta com o apoio de diversas tecnologias, como os sistemas de informações geográficas, sistemas de posicionamento global e o sensoriamento remoto (BRANDELERO et al., 2007).

Pelissari (2012), em seu estudo encontrou através de práticas silviculturais de precisão, a aplicação de insumos de forma localizada e a definição do regime de desbastes e da demarcação dos limites das áreas dos povoamentos considerando o mapeamento das características edáficas, da capacidade produtiva dos sítios florestais e da produção das florestas.

Segundo Ribeiro et al., (2000), a tecnologia de precisão baseia-se na disponibilidade de uma base de dados confiável e atualizada, que reflita com fidelidade o estado atual das variáveis de precisão. Três tecnologias convergentes constituem o cerne desse tipo de sistema de informação: sensoriamento remoto (SR), sistema geográfico de informação (SIG) e sistema de posicionamento global (GPS). Dois aspectos dessas bases de dados são destacados:

- Características permanentes dos solos: relevo e tipos de solo;

- Características temporárias: fertilidade, temperatura, umidade, biomassa, estudo fitossanitário.

GPS na silvicultura de precisão

A evolução tecnológica oferece ferramentas sofisticadas de apoio às atividades no setor florestal. Dentre estas, podem ser citadas a utilização de fotografias aéreas, imagens de satélite, imagens de sensores aerotransportados, imagens de vídeo, a utilização do sistema GPS, assim como o desenvolvimento da computação, envolvendo toda a tecnologia da informação processamento e análise dos dados levantados. É ampla a gama de utilização destas tecnologias, podendo ser aplicadas na definição dos processos de amostragem, no mapeamentos, na prescrição da logística dos trabalhos de campo, entre outras (SANQUETTA et al., 2006).

Sanquetta et al., (2006), cita que o Sistemas de Posicionamento Global (GPS), na área florestal tem diversas finalidades de uso. As principais estão relacionadas às fases do manejo florestal, entre as quais o mapeamento e a localização de parcelas de inventários para posterior verificação do responsável pela mesma. Ainda pode ser utilizado para cadastrar árvores porta semente em vegetação de interesse ou outras formas similares de uso. Costuma-se dizer que o uso deste sistema é quase infinito, quando se leva em consideração a flexibilidade de quem a usa.

Através do geoprocessamento é possível criar a malha de unidades amostrais, bem como avaliar as unidades que estão dentro da área de interesse. De posse da malha, lança-se sobre o mapa, gerando então as coordenadas geográficas para cada uma das unidades amostrais. Assim, com o apoio de um GPS, pode-se chegar à localização bem aproximada do ponto no campo através da ferramenta *go to* disponível neste equipamento. Esta ferramenta permite que ao entrar com uma coordenada conhecida, o aparelho oriente a direção e a distância aproximada a seguir (SANQUETTA et al., 2006).

A interação dos dados obtida via Sistemas de Posicionamento Global Diferenciais (DGPS) com o SIG permite a manipulação e as análises necessárias para a geração de mapas digitais que serão utilizados para orientação dos equipamentos de tecnologia de taxas variáveis (VRT) no campo. Essa tecnologia oferece a possibilidade de aplicação de insumos de forma minimizada, de maneira a maximizar o lucro e diminuir o risco de contaminação ambiental. A utilização do SIG é essencial ao paradigma de manejo (RIBEIRO, 2000).

Geoprocessamento na silvicultura de precisão

Geoprocessamento é o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e ao tratamento de informações espaciais, bem como o desenvolvimento de sistemas e de suas aplicações. As características fundamentais de um sistema de geoprocessamento é criar, armazenar, recuperar e analisar mapas num ambiente computacional (CÂMARA, 1993).

O emprego do geoprocessamento no gerenciamento de unidades de produção florestal possibilita a geração de um banco de dados, no formato vetorial ou raster, georreferenciados, de acordo com uma única base cartográfica, o que permite efetuar avaliações, análises espaciais e simulações em função de variáveis como pedologia, declividade, geologia, fertilidade, irrigação, produtividade, etc., que subsidiam tomadas de decisão técnicas, administrativas, de viabilidade, implantação, condução, colheita, manejo, exploração e monitoramento florestal a serem implementadas (ORTIZ, 2003).

As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas Geográficos de Informação (*Geographical Information System - SIG*), permitem realizar análises complexa, ao integrar dados de diversas fontes, criam um banco de dados com informações georreferenciadas. O objetivo do SIG é processar informações espaciais, criar abstrações digitais da situação real, e manejar e armazenar eficientemente os dados, de forma a identificar o melhor relacionamento entre as variáveis espaciais, possibilitando a criação de relatórios e mapas que contribuam para a compreensão holística desses relacionamentos (RIBEIRO, 2002).

Os sistemas geográficos de informação têm aplicações de muita utilidade na engenharia florestal, e para empresas de reflorestamento e de gerenciamento de plantações, que reúnem várias informações sobre a época de plantio, condições do solo, produtividade das diferentes regiões, idade das plantações, áreas com risco ambientais, controle das operações florestais, parques, reservas ecológicas, entre outros. Uma das razões para esse uso é que o SIG permite a realização de análises espaciais das informações contidas dentro deste sistema composto por um grande número de variáveis. A ligação dos mapas digitais em ambiente SIG com cadastro atualizado de uma empresa florestal, por exemplo, permite que o planejamento das operações seja otimizado (SANQUETTA et al., 2006).

A obtenção de dados pode ser realizada por meio de sensoriamento remoto (imagens de satélite), fotogrametria aérea ou amostragem direta no campo. Amostragem direta no campo: pode ser a única opção disponível, porém atinge alto custo. Sempre que possível, devem ser realizados estudos-piloto para o levantamento dos dados, a fim de corrigir as falhas que por ventura tenham ocorrido no planejamento. O sensoriamento remoto: tem como vantagem a cobertura de áreas extensas a custos relativamente baixos. As imagens digitais de sensores orbitais com resolução métrica (Ikonos, QuickBird) têm sido muito úteis na determinação das dimensões das copas das árvores e da densidade (BRANDELERO, ANTUNES e GIOTTO, 2007).

As imagens de satélite possibilitam, em geral, uma boa caracterização das áreas alvo em

inventários florestais, facilitando a definição de estratos florestais, a localização de estradas, aceiros, entre outros, possibilitando um bom planejamento e uma melhor execução dos trabalhos de campo. Possibilitam ainda o cálculo das áreas dos estratos florestais, sendo que esta atividade deve ser realizada com a melhor precisão possível, pois sua influência é grande em muitas outras estimativas advindas da amostragem. Um erro pequeno no cálculo de área pode significar negativamente para o inventário florestal, mesmo que tenha havido o maior rigor nas mensurações efetuadas em campo (SANQUETTA et al., 2006).

Em comparação com o mapeamento tradicional, na silvicultura de precisão, as informações são coletadas com elevada densidade amostral. À medida que esse segmento se expande, o SIG torna-se cada vez mais integrado como ferramenta para se trabalhar o banco de dados e realizar análises. De maneira geral, 75% do orçamento e do tempo de um projeto nessa área são consumidos na fase de elaboração da base de dados. O banco de dados georreferenciados de um SIG é geralmente constituído de diferentes temas, em que cada tema corresponde ao comportamento espacial de determinada variável (RIBEIRO, 2000).

### Considerações finais

No segmento da agricultura o sistema de posicionamento por satélites tem se tornado padrão. Neste segmento, a utilização do GPS tem sido feita em uma ampla gama de atividades, tais como: mapeamento cadastral; mapeamento topográfico; amostragem de solo; demarcações; georreferenciamento de imagens aéreas e orbitais; auxilia na implementação e manutenção de bancos de dados para sistemas de informações geográficas – SIG; localização de infestações de pragas e ervas daninhas; mapeamento de produtividade; localização de equipamentos de aplicação de insumos a taxas variáveis, entre outras.

A interação entre fatores selecionados do ambiente permite ao silvicultor, alicerçado na análise dos dados georreferenciados relativos a estes fatores, distinguir e visualizar, conjuntamente, características distintas da floresta, possibilitando relacionar a produtividade com diversos enfoques e, assim, prever a capacidade produtiva do povoamento, bem como realizar o zoneamento do mesmo, com base na qualidade de sítio e relação solo-sítio.

A capacidade de modelagem de um SIG permite ao usuário gerar decisões bastante complexas em relação ao povoamento florestal e seu efeito na lucratividade e meio ambiente, de forma a se proceder o manejo mais eficiente dos talhões.

### Referências

BRANDELERO, C.; ANTUNES, M. U. F.; GIOTTO, E. Silvicultura de precisão: nova tecnologia para o

- desenvolvimento florestal. **Ambiência**, v. 3, n. 2, p. 269-281, 2007.
- BUENO, R. F. O GPS sem S/A. **infoGEO**. v. 3, n. 15, p. 26-27, set./out. 2000.
- CÂMARA, G. Anatomia de sistemas de informações geográficas: visão atual e perspectivas de evolução. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: EMBRAPA, p.15-37, 1993.
- CASTRO, D.R.S. **Breve descrição do GPS**. v. 1, n. 1, 2004.
- COELHO, A. C. S. **Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos, para fim de sistematização de terras**. 2003. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2003.
- MARQUES, M. M. G. **Geoestatística aplicada na análise biométrica dos montados de sobreiro e azinheira**. 2006. 163 f. Dissertação (Mestrado em Georrecursos) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2006.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. ed. 3, Viçosa: UFV, p. 320, 2005.
- ORTIZ, J. L. **Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo**. 2003. 220 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- PELLISSARI, A. L. **Silvicultura de precisão aplicada ao desenvolvimento de *Tectona grandis* L.f. na região Sul do estado de Mato Grosso**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.
- RIBEIRO, C. A. A. S. Floresta de Precisão. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, p. 311-335, 2002.
- RIBEIRO, C. A. A. S. et al. Sistemas de Informações Geográficas. **Agricultura de precisão**. Ed. Aluizio Borém, Viçosa, MG. p. 381-407, 2000.
- ROCHA, C. H. B. **GPS de navegação: para mapeadores, trilheiros e navegadores**. Juiz de Fora, MG: Edição do Autor, p. 124, 2003.
- SÁ, N. C. de **GPS – Fundamentos e aplicações**. São Paulo: IAG/USP, Departamento de Geofísica, p. 98, 2000.
- SANQUETTA, C. R. et al. Inventários florestais: planejamento e execução. Curitiba: **Multi- Graphi**. p. 270, 2006.
- VETTORAZZI, C. A.; FERRAZ, S. F. B. Silvicultura de precisão: uma nova perspectiva para o gerenciamento de atividades florestais. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M. **Agricultura de precisão**. Viçosa: Editora UFV, p. 65-75, 2000.