

Silvicultura de precisão: nova tecnologia para o desenvolvimento florestal

Precision silviculture: new technology for the forestry development

Catize Brandelero¹

Maria Ubaldina Ferreira Antunes²

Enio Giotto³

Resumo

A silvicultura de precisão representa uma nova forma de produção e administração de povoamentos florestais. O conhecimento pré-existente e a inclusão das variabilidades espacial e temporal dos fatores de produção contam com o apoio de tecnologias de última geração. Através da análise de produtividade é possível realizar intervenções precisas nas florestas para obtenção do rendimento máximo. Sendo assim, é necessário o acompanhamento e gerenciamento de um volume significativo de informações que variam de acordo com o espaço e o tempo. 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. Assim, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de discutir os principais conceitos da silvicultura de precisão bem como sua aplicabilidade.

Palavras-chave: Silvicultura de precisão; produção florestal e tecnologias.

1 M.Sc. Engenheira Florestal; Doutoranda em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Santa Maria; E-mail: catizebrandelero@gmail.com

2 M.Sc. Engenheira Florestal; E-mail: dinantunes@yahoo.com.br

3 Dr. Engenheiro Florestal; Prof. do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria; E-mail: giotto@ccr.ufsm.br

Abstract

Precision silviculture is a new way of production and administration. The existing knowledge and the inclusion of temporal and spatial variability of production factors have the support of last generation technologies. Through productivity it is possible to make precise interventions in forests to obtain maximum yield. For that much it is necessary the following up and management of a significant volume of information, varying with time and space. Considering the complexity and dynamics of the processes involved in forestry production, it is of necessity to enlarge the discussion about, in such a way to enable the availability of data that will allow the analysis of the forest productivity potential through the use of adequate technologies. Thus, this work was conducted to discuss the main precision silviculture concepts and their applicability.

Key words: Precision silviculture; production forestry y technologies.

Introdução

O aumento significativo da demanda por produtos florestais exige cada vez mais o emprego de práticas de manejo para obter aumento da produção. No empreendimento florestal, o planejamento adequado e a determinação da qualidade de sítio (capacidade produtiva) são os primeiros passos para garantir o sucesso no desenvolvimento florestal.

A silvicultura de precisão representa uma nova forma de produção e administração das florestas. O conhecimento já existente e a inclusão das variabilidades espacial e temporal dos fatores de produção contam com o apoio de tecnologias como: fotogrametria e fotointerpretação, cartografia, sistemas de informações geográficas, sensoriamento remoto, sistemas de posicionamento global e videografia.

Práticas silviculturais como a geração e seleção de mudas, técnicas de preparo do solo e plantio, o desbaste e a desrama, aliadas à adubação e proteção

contra insetos, doenças, fogo e erosões, têm sido responsáveis por considerável elevação na produtividade e na qualidade dos povoamentos florestais (RIBEIRO, 2002). Também, através da análise da produtividade é possível realizar intervenções precisas nas florestas, para obter o máximo rendimento de acordo com as potencialidades do solo e dos demais fatores ambientais locais. Sendo assim, é necessário o acompanhamento e gerenciamento de volume significativo de dados e das conseqüentes informações, que irão variar com o espaço e o tempo.

Para o desenvolvimento de planos de manejo, é necessário verificar o potencial produtivo de cada povoamento dentro de uma unidade de manejo, de maneira que o crescimento e a produção florestal possam ser prognosticadas (ALEMDAG, 1991).

Ao considerar 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.

Assim, o objetivo do presente trabalho é o de discutir os principais conceitos da silvicultura de precisão, bem como sua aplicabilidade, pois essa nova visão e forma de tratamento dos povoamentos florestais vem sendo atualizada constantemente, tornando as ciências florestais relacionadas entre si.

Desenvolvimento

Silvicultura de precisão

A silvicultura de precisão (SP), consiste em um novo modelo de administração, baseado no conhecimento prévio que abarca a variabilidade espacial e temporal dos fatores de produção e da própria produtividade, permitindo intervenções localizadas na floresta. Trata-se de uma nova área do setor florestal, com inédita concepção, que modifica o enfoque dado à silvicultura até então, pois, enquanto no sistema convencional a abordagem da unidade florestal se dá de maneira uniforme, na silvicultura de precisão esta mesma área é tratada geograficamente ponto a ponto, ou seja, a área total é dividida em frações de unidades diferenciadas pelo índice de qualidade de sítio.

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).

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).

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).

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.

As áreas passíveis de serem beneficiadas com o advento da silvicultura de precisão: mapeamento dos talhões, avaliação do potencial produtivo do solo, susceptibilidade à erosão do solo, preparo do solo (adubação diferenciada), otimização do traçado das estradas florestais; inventário florestal, monitoramento da saúde dos talhões (ervas-daninhas, pragas e doenças), seleção dos indivíduos para desbaste; otimização da seqüência de exploração; prevenção e controle de incêndios florestais, manejo de paisagens e criação de corredores florestais.

Fatores Importantes Para a Prática de Silvicultura de Precisão

Inventário florestal

Os recursos florestais, tanto de povoamentos plantados como naturais, possuem as funções de produção e proteção, requerendo sempre do responsável pelo povoamento decisões precisas e fidedignas para melhor conservar ou manejar estes recursos, o que é possível com a realização de um inventário florestal (SANQUETA et al. 2006).

De acordo Husch et al. (1972), o processo de tomada de decisões, sobre as diversas questões que envolvem a ciência florestal, necessita de informações. O inventário florestal consiste da aplicação

de princípios de medição para obter informações qualitativas e quantitativas que produzem decisões. Ao longo dos anos devem ser acumuladas as informações para se saber quais os procedimentos que se devem adotar na condução das florestas.

As informações básicas para subsidiar o manejo e o planejamento da produção florestal são obtidas por meio do inventário florestal, que em florestas plantadas é usualmente determinado por meio de medições das árvores que compõem as parcelas amostradas em campo (NAKAJIMA et al. 2000). O inventário é a ferramenta primária de gerenciamento para a produção de madeira, sendo empregado para avaliar os recursos florestais existentes e desenvolver cronogramas de plantio e de tratamento, projetar suprimentos futuros de madeira e para outras atividades de planejamento operacional (ARONOFF, 1989).

Para Péllico Netto e Brena (1997), o inventário florestal é classificado conforme sua abordagem no tempo. A primeira ocasião é definida como Inventário Florestal Temporário (IFT), o qual é caracterizado por uma única abordagem da população no tempo e quando se finda a coleta de dados, toda a estrutura de amostragem é abandonada. Já Inventários Florestais Contínuos (IFC), repetidos periodicamente, são caracterizados por várias abordagens da população ao longo do tempo, e, para tanto, a estrutura de amostragem é materializada no terreno de modo duradouro, tendo em vista as sucessivas coletas de dados.

Classificação da qualidade de sítios florestais

A prática de uma silvicultura moderna requer um adequado aproveitamento do solo, o que implica na utilização de cada porção do solo de acordo com a sua capacidade de sustentação e produtividade econômica. Com relação ao meio físico, é de grande importância para o manejo e planejamento florestal estimar e inventariar a capacidade produtiva do sítio. A expressão sítio é utilizada para designar uma unidade de área indivisível em termos de produtividade florestal. É a síntese da interação de todas as variáveis biológicas e ambientais (pedológicas, topográficas e climáticas) que afetam o crescimento (GONÇALVES, 1988).

No manejo florestal a maioria das decisões envolvem avaliação da capacidade produtiva das áreas florestais em estado de ordenação. Estas informações são normalmente expressas em termos de curvas de índice de sítio, as quais são obtidas a partir da classificação dos solos florestais. O manejo é um constante planejar, revisar, executar de planos, e está sujeito às características da produção florestal. Geralmente, o objetivo principal do manejo vem a ser a madeira, e este varia conforme a produtividade e a localização da empresa em relação aos centros consumidores (SCHNEIDER, 1993).

De acordo com Gonçalves et al. (1990), genericamente, a viabilidade de aproveitamento dos recursos naturais, visando à exploração econômica de seu potencial, é avaliada através das propriedades edáficas de uma área específica. Em função de um prévio

conhecimento das relações existentes entre o crescimento do povoamento florestal e as propriedades edáficas, é possível avaliar a maior ou menor adequabilidade da terra para cada atividade, dentro de um plano anteriormente sugerido para a área.

A capacidade produtiva de uma área florestal é determinada em virtude da ação e interação de fatores bióticos, climáticos, edáficos e topográficos, influenciados pelas práticas silviculturais e de manejo florestal (BARROS, 1974). Pode-se ainda dizer que o desenvolvimento de árvores ou povoamentos é influenciado por três grupos de fatores: genéticos, ecológicos (sítios) e dos tratamentos aplicados pelo homem (SCHNEIDER, 1993). O mesmo autor ainda cita os principais objetivos da avaliação da qualidade de sítio :

- a) estimativa do rendimento global dos povoamentos;
- b) planejamento e execução de tratamentos de pesquisa (por exemplo, desbastes);
- c) programação e execução de trabalhos de manutenção (limpezas) das plantações existentes;
- d) extensão da classificação da qualidade do sítio em áreas a serem plantadas, para seleção adequada de espécies.

Os métodos para determinação da qualidade de sítio, ou seja, para estimar a produtividade de sítios florestais, podem ser divididos em métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos avaliam a capacidade produtiva em termos do crescimento das árvores em altura, área basal, volume, biomassa (RALSTON, 1964). O método indireto baseia-se na locação de parcelas em povoamentos

florestais, abrangendo uma série de sítios com diferentes capacidades produtivas, em função das variações climáticas, fisiográficas e edáficas existentes na área ou região florestal designada para o estudo (GONÇALVES et al. 1990).

Segundo Ortiz et al.(2003), a classificação de solos pode ser usada na estratificação de sítios, algumas vezes associada com outros fatores do ambiente. As relações entre as classes de solo e produtividade florestal podem ser fracas, porque os critérios das classificações de solos foram desenvolvidos sobre bases pedológicas e/ou agrícolas.

Fatores ambientais

Os efeitos dos fatores ambientais sobre o crescimento dos povoamentos florestais agem inter-relacionados e raramente podem ser analisados isoladamente. As características fisiográficas do ambiente são mais determinantes da produtividade do que a fertilidade do solo, ou seja, quando uma unidade amostral ocupa uma posição adequada em termos de exposição, posição na toposequência e declividade, a fertilidade do solo tem efeito pouco expressivo (BRAGA, 1997).

Segundo Ortiz et al.(2003), sob condição climática regional uniforme, freqüentemente é possível relacionar a produtividade florestal com características fisiográficas. O efeito das variações de relevo sobre o microclima e o regime de umidade do solo pode ser caracterizado indiretamente pela altitude, exposição, declividade e posição na toposequência.

Diferentes práticas durante o manejo de uma cultura envolvem métodos que permitem um aumento na

produtividade por meio de um melhor uso dos recursos ambientais, como água, nutrientes, dióxido de carbono e luz. A absorção de água e nutrientes, que são processos essenciais ao crescimento de uma planta, dependem do crescimento do sistema radicular. O processo de fotossíntese, que envolve fixação do dióxido de carbono e interceptação da radiação solar, depende da parte aérea da planta, especialmente das folhas. Assim sendo, quaisquer práticas a serem utilizadas no manejo de um povoamento florestal devem ser analisadas quanto ao efeito que exercem sobre os diferentes componentes da planta (DUNCAN, 1979).

Aplicação do 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).

Em um sistema geográfico de informação, é perfeitamente possível

o posicionamento preciso dos dados espaciais, que permite ao analista relacionar a variação dos fatores envolvidos na produção com a sua localização espacial no campo. Com isso, é possível relacionar diferentes séries históricas ou combinar dados obtidos de fontes diversas. Oferece ainda condições para que diversas funções analíticas, como análise por superposição geométrica, álgebra booleana e reclassificações, sejam utilizadas para produzir novas informações (RIBEIRO, 2002).

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).

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.

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).

O autor mencionado acima 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).

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).

Relação Entre Produtividade e Atributos do Solo e do Relevo Através do SIG

Conhecer a variabilidade espacial de propriedade do solo e da planta, que controlam a produtividade de culturas, é um fator indispensável na implementação de técnicas de gerenciamento agroflorestais modernas, como silvicultura de precisão. No manejo convencional do solo, assume-se que ele é homogêneo para uma vasta área agrícola e somente uma única prática de manejo e condução da cultura poderia ser utilizada para toda a área, desprezando-se as variabilidades. No entanto, as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, a produtividade das culturas e as infestações de pragas e doenças podem variar de local para local (LANÇAS, 2002).

O autor acima citado menciona ainda que a silvicultura de precisão baseia-se na coleta dos mais variados dados sobre as diferentes fases da cultura, como os seguintes: de produção e produtividade da colheita, topográficos, os relativos às pragas e às infestações e do solo. Dentre os dados do solo, pode-se citar: estrutura, textura, teor de água, densidade, porosidade, pH, macro e micronutrientes, CTC, entre outros.

O mapa é uma das formas mais efetivas, eficientes e universais para comunicação visual de um conjunto complexo de informações geograficamente referenciadas, sendo, via de regra, o formato preferido para

a apresentação dos resultados de uma análise (RIBEIRO, 2002). Com isso, os mapas de produtividade, fertilidade, controle de pragas e doenças, erosão e irrigação e os de correção das variáveis de produção, são importantes para expressar as informações oriundas do campo e as intervenções que serão realizadas:

a) Produtividade: esse mapa fornece informações sobre a variabilidade espacial da produtividade. Contudo, não fornece informações sobre as causas dessa variabilidade, devendo estar acompanhado dos dados das diversas variáveis envolvidas na produção, de modo que possa ser interpretado em um SIG para a tomada de decisões (ORTIZ, 2003).

b) Mapas de fertilidade: na silvicultura de precisão é imprescindível a avaliação detalhada do sistema como um todo, desde o preparo do solo até o momento do corte do talhão. Dentro dessa avaliação, a fertilidade do solo é de grande importância, diante da necessidade de obter e analisar as diversas variações identificadas nas pequenas frações da área cultivada.

c) Controle de pragas e doenças: as pragas e doenças também apresentam grande variação espacial nos plantios. Essa técnica complementa as estratégias do manejo integrado de pragas, que buscam monitorar a evolução dos danos causados por pragas e doenças, para aplicação de defensivos de forma profilática. Esse manejo é definido como estratégia de controle, baseada em níveis críticos populacionais, que indicarão quando o controle deverá ser efetuado para prevenir possível queda no retorno econômico da produção. A utilização mais eficiente de defensivos poderá promover

ganhos econômicos e ambientais consideráveis (DABERKOW, 1996).

A amostragem manual em pontos e o monitoramento contínuo são os métodos mais utilizados para detecção de pragas na silvicultura de precisão. No entanto, o sensoriamento remoto é um poderoso aliado, pois permite obter imagens digitais de baixo custo em amplo espectro da radiação eletromagnética. É possível, com o uso dessa tecnologia, detectar estresses vegetativos nos seus estágios iniciais. Esses dados são incorporados ao SIG para verificar se a distribuição espacial de plantas daninhas, insetos e doenças ocorre de forma aleatória ou tendenciosa, resultando em produtividade variável (RIBEIRO, 2002).

d) Controle de erosão e irrigação: considera-se erosão hídrica a ação da chuva sobre o terreno, de modo a transportar os constituintes minerais e orgânicos do solo para locais onde eles geralmente não podem ser aproveitados em explorações agropecuárias ou plantios florestais. Com isso, a erosão hídrica tem sido uma das principais causas de redução da produtividade das terras, podendo, inclusive, resultar no abandono de áreas. Além disso, acarreta a elevação do custo de produção, uma vez que aumenta a necessidade do uso de corretivos e fertilizantes, o que reduz o rendimento das operações mecanizadas (ORTIZ, 2003).

Na silvicultura de precisão, o modelo digital de elevação (MDE) pode ser utilizado para modelar com exatidão e escoamento superficial que, associado a outros fatores, permite avaliar o potencial erosivo do terreno, com maior precisão, estabelecendo métodos e estratégias de controle mais eficientes. Quanto

à irrigação e drenagem, o SIG pode ser usado no planejamento e controle, associando dados climáticos, o modelo digital de elevação e as lâminas de água aplicadas (RIBEIRO, 2002).

e) Correção das variáveis de produção: para a aplicação de insumos são utilizados mapas base, os quais são armazenados em meio eletrônico devido à necessidade de comparação das informações passadas e presentes, com vistas ao futuro. Com essas informações pode-se determinar a quantidade de insumo a ser aplicada em determinada área. Nessa etapa, é necessário dispor-se de maquinário com capacidade de realizar a aplicação de insumos em taxa variável ao longo do talhão e de forma automática. Para tanto, é indispensável a disponibilidade da sua posição no talhão, com razoável grau de exatidão, o que pode ser obtido com receptores GPS e correções apropriadas (ORLANDO e LEITE, 1999).

Os mapas de produtividade dos plantios podem ser utilizados como ponto de partida para avaliar as causas da variabilidade de produtividade e as passíveis de modificação. O receptor GPS localizado no trator recebe as correções da base por meio de sinais de rádio VHF. A partir dessas correções, o software localiza exatamente em qual célula a máquina se encontra, buscando no mapa de aplicações, gerado em um SIG, a informação da dose correspondente à célula, bem como as respostas econômicas e de impacto ambiental que o sistema pode trazer (RIBEIRO, 2002).

Sendo assim, cada informação, obtida do solo ou da planta, representa

uma camada. As camadas juntas irão servir de subsídio para a criação de um mapa de aplicação localizada de insumos, variável no espaço agrícola (talhão ou gleba), como a quantidade de mudas ou sementes por área ou linha, a quantidade e tipo de adubo, tipo de tratamento fitossanitário e quantidade de defensivo (LANÇAS, 2002).

Conclusão

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, predizer a capacidade produtiva do povoamento, bem como realizar o zoneamento do mesmo, com base na qualidade de sítio e relação solo-sítio.

Pode ser simples enumerar fatores do ambiente que influem no crescimento de uma cultura. Entretanto, pode ser difícil entender e avaliar o somatório de interações desses fatores e os seus efeitos sobre o crescimento da cultura florestal. A análise de todos os fatores do meio, para estimar o rendimento ou produtividade do cultivo, pode ser realizada por meio

da aplicação de diversos métodos e técnicas, geralmente estatística clássica, geoestatística e geoprocessamento, com ferramentas e diferentes enfoques.

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.

Portanto, para que se possa obter o máximo de rendimento, conforme as potencialidades do solo, ao mesmo tempo em que se minimizam os impactos ambientais causados pelo empreendimento florestal, é necessário o acompanhamento e gerenciamento de um volume significativo de informações que varia no espaço e no tempo.

Independentemente do sistema de manejo considerado, a informação será sempre o recurso mais valioso. Em se tratando de silvicultura de precisão, essas informações tornam-se ainda mais críticas. Sendo assim, a silvicultura de precisão é motivada pela variação espacial de diversos fatores envolvidos na produtividade e pelo recente desenvolvimento da tecnologia para incorporar essa variabilidade ao manejo dos plantios florestais.

Referências

ALEMDAG, I.S. National site-index and height-growth curves for white spruce growing in natural stands in Canada. *Canadian Journal of Forest Research*. v.21, n.10, 1991. p.1466-1474.

ARONOFF, S. *Geographical Information Systems: a management perspective*. Ottawa: WDL Publications, 1989. 294p.

BARROS, N.F. *Contribuição ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com altura de Eucalyptus alba, na região de Santa Bárbara*. 89f. Viçosa: 1974. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

BRAGA, F.A. *Uso da análise discriminante na identificação de características ambientais determinantes da capacidade produtiva de povoamentos de eucalipto*. Viçosa: 1997. 65f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

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, 1993. p.15-37.

DABERKOW, S. The emerging role of precision farming in integrated pest management. *CRIS – Current Research Information System*. USDA, Beltsville, USA. 1996.

DUNCAN, W. G. Cultural manipulation for higher yields. In: EASTIN, J.D.; HASKINS, F.A.; SULLIVAN, C.Y.; VAN BAVEL, C.H.M. *Physiological aspects of crop yield*. Madison, American Society of Agronomy, 1979. p.327-342.

GONÇALVES, J.L.M. *Interpretação de levantamento de solo para fins silviculturais*. IPEF, n.39, 1988. p.65-72.

GONÇALVES, J.L.M et al. *Relações entre a produtividade de sítios florestais de Eucalyptus saligna com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e média no Estado de São Paulo*. IPEF, n.43/44. 1990. p.24-39.

HUSCH, B., MILLER, C.I. BEERS, T.W. *Forest mensuration*. New York: The Ronald Press company, 1972. 410 p.

LANÇAS, K.P. Instrumentação para avaliação do desempenho operacional de tratores e variabilidade espacial dos solos. In.: GONÇALVES, J.L.M; STAPE, J.L. *Conservação e cultivo de solos para plantações florestais*. Piracicaba: IPEF, 2002. p.437-480.

NAKAJIMA, N.Y. et al. Comparação de dois métodos de amostragem na estimativa de valores correntes em inventários florestais. In: Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal, 1., Santa Maria (RS), 2000. *Anais*. Santa Maria: UFSM, 2000. p. 399-414.

ORLANDO, R.C.; LEITE, A.M.P. *Agricultura de precisão*. Relatório Final da Disciplina ENF612, Departamento de Engenharia Florestal, UFV, MG. 1999.

ORTIZ, J.L. et al. *Silvicultura de Precisão: mapeamento do potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo*. Piracicaba, 2003. 205f. Disponível em: <http://www.gpsglobal.com.br>. Acesso em: 04/09/2005.

PÉLLICO NETTO, S; BRENA, D.A. *Inventário Florestal*. Curitiba: Ed. dos autores. 1997. p.316.

RALSTON, C.W. Evaluation of forest site productivity. In: ROMBERGER, T.A.; MIKOLA, P. *International review of forest research*. New York: academic Press, v.1, p.171-201, 1964.

RIBEIRO, C.A.A.S. Floresta de Precisão. In.: MACHADO, C.C. *Colheita Florestal*. Viçosa: UFV, 2002. p. 311-335.

RIBEIRO, C.A.A.S. et al. Sistemas de Informações Geográficas. *Agricultura de precisão*. Ed. Aluizio Borém, Viçosa, MG. 2000. p. 381-407.

SANQUETTA, C.R. et al. *Inventários florestais: planejamento e execução*. Curitiba: Multi-Graphi. 2006. p.270.

SCHNEIDER, P.R. *Introdução ao manejo florestal*. Santa Maria: UFSM, 1993. 348p.

VETTORAZZI, C.A.; FERRAZ, S.F.B. *Silvicultura de precisão: uma nova perspectiva para o gerenciamento de atividades florestais*. In: BORÉM, A; GIUDICE, M.P.;

QUEIRÓZ, D.M. de; et al. (Ed.). *Agricultura de Precisão*. Viçosa. Os autores, 2000. p. 65-75.