

Silvicultura de precisão

Shizuo Maeda*¹, Sérgio Ahrens*¹, Susete do Rocio Chiarello*¹,
Edilson Batista de Oliveira*¹, Lorena Stolle*², João Antonio Pereira Fowler*¹,
Itamar Antonio Bognola*¹

¹Pesquisador, Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, km 111, Colombo, PR

²Engenheira Florestal, Florestalle Assessoria e Consultoria Florestal, Chapadão do Sul, MS

*E-mails: shizuo.maeda@embrapa.br, sergio.ahrens@embrapa.br, susete.penteado@embrapa.br, edilson.oliveira@embrapa.br, lorenastolle@yahoo.com.br, joão-antonio.fowler@embrapa.br, itamar.bognola@embrapa.br

Resumo: O desenvolvimento tecnológico nas áreas de informática e geoprocessamento vêm permitindo mudanças expressivas na gestão da informação para a tomada de decisão no gerenciamento das atividades florestais. O instrumental tecnológico disponível vem estimulando o desenvolvimento do manejo florestal sítio específico também conhecido como silvicultura de precisão. Com essa nova forma de manejo silvicultural objetiva-se tornar a atividade mais sustentável do ponto de vista econômico, social e ambiental. Pretende-se com isso atender os requisitos para a certificação florestal atendendo as exigências de importantes mercados para os produtos florestais madeireiros. Define-se o tema e o analisa, resumidamente, nesse texto enfocando as possíveis aplicações no contexto do manejo florestal e as etapas de desenvolvimento da tecnologia. Menciona-se ainda questões relativas entre a silvicultura de precisão e a legislação relativas à exploração florestal e a certificação florestal. Finalmente exemplifica-se a aplicação relativa proteção florestal nos preceitos da silvicultura de precisão.

Palavras-chave: manejo florestal específico por sítio; sustentabilidade florestal

Precision silviculture

Abstract: Technological development in informatics and geoprocessing areas has allowed significant changes in the management of information for decision to management of forestry activities. The technological instrument available is encouraging the development of site-specific forest management also known as precision forestry. This new form of forest management, objective sustainable production. It is intended to meet the requirements for forest certification to strategic markets for timber. Sets up the theme and the analysis summarized in this paper focusing on the possible applications in the context of forest management and the development stages of technology. It also mentions issues between precision forestry and legislation relating to forestry and forest certification. Finally exemplified the application on forest protection with precepts of precision forestry.

Keywords: forest management, site-specific, forest sustainability



1. Introdução

O potencial de impacto econômico e ambiental da silvicultura de precisão (SP) no Brasil é diretamente proporcional à área de florestas plantadas passíveis de manejo. O país detém 14,5% da superfície florestal mundial, grande parte constituída pela floresta Amazônica. As plantações florestais no Brasil, em 2012, totalizaram 7,2 milhões de hectares, com um valor bruto da produção de R\$ 56,3 bilhões e contribuição tributária de R\$ 7,6 bilhões (ASSOCIAÇÃO..., 2013).

O aumento da demanda por produtos florestais, associados com os aumentos dos custos de produção e a exigência do mercado por produtos de origem certificada, tem requerido dos produtores maior eficiência no gerenciamento dos fatores de produção e no uso de insumos, para tornar a produção florestal sustentável. Para atendimento das exigências desse novo mercado, a SP vem sendo preconizada como uma alternativa à silvicultura tradicional como uma nova forma de manejo florestal. Esse novo enfoque de manejo silvicultural, sucede e complementa o enfoque de produção sustentável racionalizando a gestão dos fatores de produção em novos patamares (RIBEIRO, 2004).

Práticas silviculturais como o preparo do solo, controle da erosão, desbaste, desrama, adubação, controle de pragas, doenças e plantas invasoras e o plantio de materiais melhorados geneticamente tem sido responsáveis por elevados ganhos na produtividade e na melhoria da qualidade dos povoamentos florestais. Com o advento da tecnologia genômica, a identificação e a determinação do papel de cada gene vêm sendo buscadas em projetos conduzidos em centros de pesquisa, sendo possível, com isso, acelerar o processo de melhoramento genético visando resolver problemas apresentados pelas espécies florestais plantadas (RIBEIRO, 2004). É nesse contexto de produção sustentável e com rastreabilidade que a SP é inserida.

2. A Silvicultura de precisão

O termo silvicultura de precisão tem significados diferentes para diferentes especialidades. Para um melhorista florestal pode significar selecionar

uma espécie/clonada adequada para determinado ambiente, enquanto que para um industrial que processa a madeira, significa manejar a floresta para a obtenção de madeira visando atender a qualidade requerida pelo mercado. Para um ambientalista significa ser capaz de manejar uma floresta para otimizar os benefícios ambientais (DICK, 2003). Para um especialista em adubação significa aplicar nutrientes nas quantidades requeridas para o adequado desenvolvimento das plantas conforme a variabilidade na oferta dos mesmos nos locais de desenvolvimento das árvores.

Esses enfoques direcionam para a abordagem da silvicultura em diferentes níveis de precisão. Num nível mais amplo ou regional, a escolha da espécie/clonada mais adequada depende do clima da região e do mercado a ser atendido. Numa região com clima temperado e ocorrência freqüente de geadas o cultivo de espécies de eucalipto sensíveis ao frio tem levado ao insucesso. O plantio de espécie florestal que produza fibra curta, caso do eucalipto, em região em que a demanda do mercado seja para produção de celulose de fibra longa terá problemas para comercialização do produto colhido. Esses aspectos seriam abordados num zoneamento bioclimático e econômico, com a escolha da espécie/clonada para atendimento de suas exigências bioclimática e comercial.

Num nível intermediário, como no caso de uma fazenda, o mapeamento do solo e de outras características importantes para o desenvolvimento das árvores e o agrupamento de áreas em unidades de manejo operacional, de acordo com características que requeiram níveis de manejo similares, pode ser mais adequado que os talhões florestais demarcados pela locação de estradas de acesso, baseados na topografia do terreno. Bognola (2007) correlacionou produtividade de *Pinus taeda* com variáveis físicas, físico-hídricas e químicas dos solos por meio de análise de agrupamento, onde foi possível realizar um mapeamento da produtividade florestal e definir unidades de manejo operacionais com base na interpolação geoestatística de algumas destas variáveis. A prática de uma silvicultura moderna requer um adequado conhecimento do meio físico, bem como da melhoria de suas características limitantes, o que implica na melhor utilização de cada unidade de manejo de acordo com a

sua capacidade de sustentação e produtividade econômica.

Num nível mais restrito, pode se considerar o manejo conforme a necessidade de cada árvore ou cada sítio/microsítio florestal, de acordo com a sua qualidade em um povoamento florestal, cabendo aqui a definição de silvicultura de precisão apresentada por Taylor et al. (2002): “planejar e conduzir atividades e operações de manejo florestal sítio específico para melhorar a qualidade e utilização da madeira, reduzir perdas e aumentar lucros e manter a qualidade do ambiente”. Ao se levar em conta árvore por árvore, trabalha-se em um nível refinado de silvicultura de precisão.

3. A prática da silvicultura de precisão

Apesar das altas produtividades das florestas plantadas para fins madeireiros no Brasil, na maioria dos plantios florestais as operações silviculturais são realizadas com equipamentos adaptados, não eficientes ou adequados às necessidades operacionais, resultando em baixa precisão do trabalho realizado. A exceção pode ser observada na qualidade da colheita florestal, normalmente realizadas em muitos talhões florestais com o uso de equipamentos importados altamente eficientes (BENEDETTI, 2012). Entende-se que o manejo florestal, nos preceitos da SP, deve ser precedido por grande acurácia nos controles de todos os processos envolvidos, ou seja, todas as intervenções executadas devem ser absolutamente exatas, sendo esse o principal foco das empresas florestadoras. Essa abordagem enfoca a necessidade de fazer a “lição de casa” (BENEDETTI, 2012), podendo também ser chamada de “boas práticas silviculturais”, ou executar com boa acurácia as práticas recomendadas para alta produtividade florestal, antes de adotar tecnologias sofisticadas de produção florestal, ainda em desenvolvimento para as condições brasileiras. O controle da qualidade das operações florestais é relativamente simples. Algumas empresas de tecnologia eletrônica vêm desenvolvendo equipamentos embarcados nas máquinas para o controle eletrônico de atividades de manejo como a de aplicação de insumos,

os quais permitem o controle contínuo das quantidades de insumos aplicadas e que devem permitir a aplicação de insumos a taxas variáveis para a viabilização da silvicultura de precisão.

Em muitas empresas florestais, a maioria das operações silviculturais é realizada manualmente ou de forma parcialmente mecanizada, muito distante ainda da possibilidade de manejar a floresta nos preceitos da silvicultura de precisão. Embora isso ocorra, essa forma de manejo silvicultural se ajusta às necessidades e à capacidade técnica-financeira das empresas florestais que a adota.

As práticas de manejo sítio específico são recomendadas em situações em que existam variabilidade dos fatores de produção no talhão florestal (fertilidade do solo, ervas invasoras, pragas e doenças, água, etc.) e os rendimentos variam em função dos mesmos. Nessas condições, seriam aplicados manejos diferenciados em termos de adubação, controle de invasoras, pragas e doenças, etc., em lugar do tradicional manejo baseado na média.

Ribeiro (2004) menciona diversas áreas que podem ser beneficiadas pelo manejo florestal com base nos princípios da silvicultura de precisão: “avaliação do potencial produtivo do solo e de susceptibilidade à erosão, visando o delineamento de glebas homogêneas; aplicação de insumos (fertilizantes, corretivos e defensivos - herbicidas, fungicidas, inseticidas, etc); locação de estradas; inventário; monitoramento da saúde dos talhões e, ou, árvores individualmente; seleção dos indivíduos e da época ideal para operações de desbaste; otimização da seqüência de exploração, tendo em vista os mapas de produtividade e as condições climáticas e de piso; mapeamento dos talhões, possibilitando a redefinição de seus limites por desmembramento ou agregação; prevenção e combate a incêndios florestais; manejo de paisagens, com aprimoramento dos critérios para estabelecimento dos plantios, evitando-se a proximidade de talhões com mesmo clone e formação de corredores de corte raso; atendimento à legislação no que se refere ao mapeamento das áreas de preservação permanente e de reserva legal; e criação de corredores que conectam fragmentos florestais nativos”.

4. Fases para implantação

Para a adoção do manejo florestal com enfoque nos preceitos da silvicultura de precisão quatro fases podem ser mencionadas: a coleta de dados, o gerenciamento da informação, a intervenção localizada e a avaliação dos resultados (SARAIVA; CUGNASCA; HIRAKAWA, 2000).

Segundo Ribeiro (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 decisão”, com destaque para dois aspectos: caracterização das propriedades permanentes dos solos como topografia e classe de solo e temporárias, como fertilidade, temperatura, umidade, biomassa florestal, estado fitossanitário, etc.

Conforme Saraiva, Cugnasca e Hirakawa (2000), para formação da base de dados, uma extensa coleta de informações da produção (no caso florestal de variáveis biométricas) e dos fatores de produção, principalmente de variáveis do solo e da incidência de pragas, doenças e ervas daninhas deve ser feita, sempre com um nível de detalhe que evidencie a possível variabilidade espacial em campo.

Segundo Molin (2000), o mapa de colheita é a informação mais completa para se visualizar a variabilidade espacial dos talhões, pois ela materializa a resposta da cultura aos fatores de produção e ao manejo aplicado. Dessa forma, na fase de coleta de dados, procura-se avaliar o terreno para identificar a variabilidade por ventura existente no talhão tanto na produtividade quanto nos fatores de produção envolvidos no crescimento das árvores.

A obtenção de dados pode ser realizada por meio de sensoriamento remoto, fotogrametria aérea ou amostragem direta no campo (BRANDELEIRO et al, 2007).

As florestas plantadas geralmente ocupam extensas áreas, muitas vezes de difícil acesso. No contexto da silvicultura de precisão, observa-se a busca por tecnologias que auxiliem o gestor florestal a obter informações da floresta de forma rápida, eficiente e de baixo custo, visando a maximização da produtividade. As empresas florestais mais tecnificadas, na busca do aumento da produtividade de suas áreas, têm investido na silvicultura de precisão, de modo que o

levantamento de dados tem sido cada vez mais detalhado.

Atualmente, as geotecnologias, as quais incluem, por exemplo, detecção por imagens de satélite, fotografias aéreas e dados LiDAR (acrônimo do inglês *Light Detection and Ranging*), são ferramentas que apóiam o empreendedor florestal na aquisição destes dados, principalmente na área da silvicultura de precisão. A utilização de dados LiDAR, ou laser como é popularmente chamado devido ao tipo de energia utilizada, foi aplicada inicialmente sobre plataformas aéreas (laser aerotransportado) para elaboração de MDE (Modelos Digitais de Elevação) onde houve um acréscimo no tempo de aquisição de dados de altitude principalmente em áreas remotas. A aplicação deste tipo de tecnologia foi intensamente utilizada nas áreas da construção civil, estudos geológicos e planejamento costeiro. Não demorou muito para que pesquisadores observassem também a aplicação na área florestal.

O volume da floresta é uma das variáveis de maior interesse, pois dele depende o valor econômico da floresta e todo o planejamento florestal. Normalmente o volume da floresta é estimado em função de modelos matemáticos que utilizam as variáveis diâmetro a altura do peito e altura da árvore. A medição dessas variáveis está condicionada ao levantamento de algumas amostras em campo. Nesse aspecto, a aquisição de dados de altura e diâmetro com a tecnologia laser tem sido inovadoras no setor florestal por, disponibilizar rapidamente dados da floresta com economia de tempo nas atividades de inventário florestal além de possibilitar a medição de todas as árvores da floresta.

As primeiras aplicações florestais ocorreram na década de 1980 para detecção de variáveis como a altura e densidade da floresta (ALDRED; BONNOR, 1985) e para estimativa de volume florestal (MacLEAN; KRABILL, 1986). Nas décadas seguintes foram realizados diversos estudos da varredura a laser aerotransportado para detecção da altura de árvores ou do dossel (NAESSET, 1997; NILSSON, 1996; SUÁREZ et al., 2005; ROBERTS et al., 2005; ZANDONÁ; LINGNAU; NAKAJIMA, 2008), volume de copa (KOCH; HEYDER; WELNACKER, 2006; COOPS, et al., 2007), diâmetro de copa (ROBERTS et al., 2005), inventário florestal

(ZONETE, 2009) e densidade do povoamento florestal (OLIVEIRA et al., 2012). Atualmente, os estudos de aplicação com dados LiDAR tem sido evidenciadas devido ao desenvolvimento de novas metodologias e implementação (*software*) para processamento dos dados para a área florestal.

No que se refere à obtenção de dados sobre a produtividade florestal, os equipamentos modernos de colheita podem avaliar o volume de madeira e o posicionamento geoespacializado de cada árvore abatida, fornecendo dados para avaliar a variabilidade espacial da produtividade, sem, contudo, informar sobre as causas da variação porventura existentes na produtividade de madeira. Para o estabelecimento da relação de causa e efeito sobre a variabilidade na produtividade, a coleta geoespacializada de informações sobre todos os fatores envolvidos no crescimento das árvores deve se realizada, num nível de detalhe que permita evidenciar a possível variabilidade espacial no talhão de cada fator envolvido.

Os dados coletados devem ser processados, o que demanda uma estrutura computacional para execução, que se inicia com correção de erros de coleta de dados e de posicionamento e se segue pela quantificação da variabilidade e sua relevância com o uso da geoestatística. A partir de mapas obtidos para cada variável (volume de madeira, características químicas e físicas do solo, incidência de pragas, doenças, ervas invasoras e outras), relaciona-se a variabilidade do volume de madeira, por exemplo, quando esse for o produto final do empreendimento florestal, com os fatores de produção buscando relações inequívocas de causa e efeito para se propor estratégias de manejo silvicultural que considerem a variabilidade encontrada. Finaliza-se essa etapa com a tomada de decisão sobre o manejo a ser adotado gerando mapas de aplicação de insumos em campo com as quantidades a serem aplicadas em cada ponto do solo, sendo os mapas transferidos para máquinas que realizem a operação programada (SARAIVA; CUGNASCA; HIRAKAWA, 2000).

A terceira etapa trata da implementação da prática para a aplicação localizada de insumos com o uso de equipamentos capazes de realizar essa operação a taxas variáveis no talhão florestal.

A quarta etapa é a avaliação dos resultados, que está distribuída ao longo da rotação, sendo dinâmica, permanecendo em constante

realimentação, o que permite que se avalie a adequação da estratégia utilizada e se promova ajustes em todo o processo.

Na Figura 1 é ilustrado um fluxograma do uso do manejo de precisão de um plantio florestal (RIBEIRO, 2004).

Com base no ciclo de desenvolvimento da floresta, três fases são mencionadas por Vettorazzi e Ferraz (2000) como momentos para intervenção com base nos preceitos da silvicultura de precisão: 1 - implantação ou reforma; 2 - floresta estabelecida e 3 - pré-corte e corte.

Na implantação do plantio florestal ou reforma possivelmente seja a fase em que a silvicultura de precisão possa ter maior impacto na produtividade florestal. As decisões de manejo silvicultural tomadas com base em mapas de variabilidade espacial da produtividade, possíveis no caso da reforma, e de fatores de produção (fertilidade do solo, controle de pragas, doenças e ervas daninhas; controle da qualidade da implantação; controle da qualidade da reforma) apresentam grande potencial de impacto no desenvolvimento da floresta implantada. Vettorazzi e Ferraz (2000) mencionam outras aplicações da silvicultura de precisão nessa fase: controle da qualidade da implantação (avaliação da mortalidade de mudas em decorrência de problemas climáticos como geadas, deficiência hídrica);

Na fase de floresta estabelecida Vettorazzi e Ferraz (2000) mencionam as seguintes aplicações possíveis: no monitoramento nutricional; levantamento e monitoramento de focos de pragas e doenças; detecção e mapeamento de áreas afetadas por geadas e incêndios; mapeamento sistemático de risco de incêndio (espacialização); estratificação da área para fim de inventário. Oliveira (2013), propõe manejar a floresta com base nos preceitos de silvicultura de precisão com a realização de desbastes baseado em Diagramas de Manejo da Densidade (DMD). Com base nos objetivos da produção de madeira, os DMD subsidiam a definição de regime de manejo ideal, adequando os níveis de competição entre os indivíduos de forma a promover um bom aproveitamento dos espaços disponíveis, reduzindo a variabilidade e evitando-se a formação de clareiras.

Na fase de pré-corte e corte o mapeamento de áreas não adequadas ao corte raso (seja por

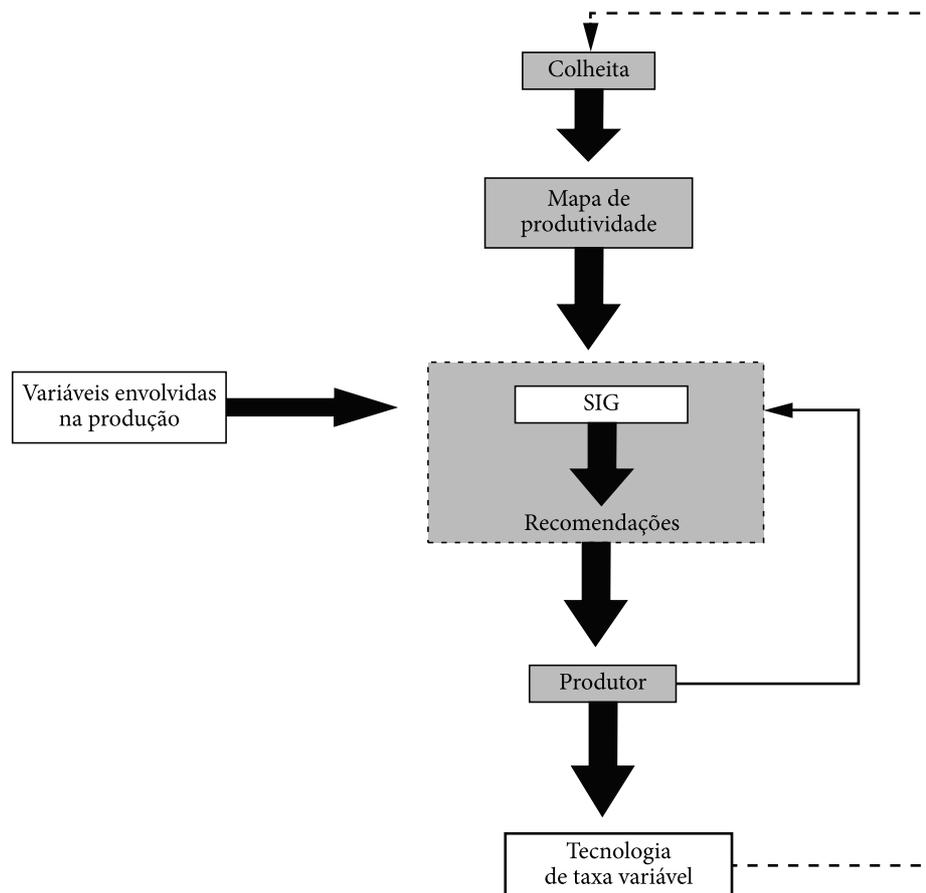


Figura 1. Fluxograma de implementação do manejo florestal nos preceitos da silvicultura de precisão (RIBEIRO, 2004).

critérios conservacionistas, estéticos ou funcionais, como exemplo no caso do estabelecimento de “corredores biológicos”; mapeamento detalhado para o corte, em florestas nativas, sob regime de manejo sustentável; mapeamento da produtividade de talhões (com destaque, por exemplo, para a avaliação de clones; estabelecimento do traçado de vias, para a otimização da exploração e do transporte em florestas nativas. Com relação ao último tópico, Braz et al. (2013) mencionam que, em função da menor heterogeneidade de microssítios em florestas nativas como um todo, a adequada definição dos microssítios permite o planejamento de áreas de florestas mais homogêneas. Isso possibilita o planejamento de uma malha otimizada de estradas e de trilhas de arrastes e o uso de equipamentos mais adequados a determinadas condições ambientais e de

estoque de madeira e a aplicação de tratamentos silviculturais específicos. Segundo Figueiredo et al. (2007) o Modelo de Exploração Florestal - Modelflora, baseado em sistema de informação geográfica facilita este planejamento e se adequou às necessidades dos produtores do estado do Acre resultando em redução de custos e danos ambientais, e proporcionando maior eficácia no monitoramento da exploração.

5. Silvicultura de precisão, legalidade e certificação florestal

Além de contribuir para o melhor uso de insumos, como anteriormente examinado, a adoção de técnicas de silvicultura de precisão também possibilita aos proprietários e possuidores

rurais o atendimento à legislação pertinente ao uso de suas terras. Adicionalmente, as práticas de silvicultura de precisão constituem um importante diferencial por ocasião da realização de auditorias com vistas à obtenção de um certificado florestal. Estas duas importantes dimensões do tema serão brevemente examinadas como apresentado na sequência.

Após intenso e prolongado debate político, publicou-se a Lei nº 12.651/2012 instituindo-se, assim, uma profunda reforma no Código Florestal brasileiro. Além de consagrar diversas figuras jurídicas importantes como, por exemplo, as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e a Reserva Legal (RL), a mencionada lei trouxe algumas inovações como o uso do módulo fiscal como critério relativo de área para a classificação de imóveis rurais em diferentes categorias, a recomposição parcial e escalonada de passivos ambientais, a instituição do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e a obrigatoriedade de que todos os proprietários ou possuidores procedam à inscrição de seus imóveis rurais naquele registro público eletrônico. A inscrição no CAR é obrigatória para todos os imóveis rurais e tem a finalidade de integrar informações ambientais de propriedades e posses rurais, compondo uma base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento. O Decreto nº 7.830/2012 trouxe um regulamento preliminar sobre a matéria aos estabelecer os seguintes elementos fundamentais que deverão compor o Sistema Cadastro Ambiental Rural: dados do proprietário ou possuidor do imóvel rural, a planta georreferenciada do perímetro do imóvel, das áreas de interesse social e das áreas de utilidade pública, e localização dos remanescentes de vegetação nativa, das APPs, das áreas de uso restrito, das áreas consolidadas e da RL (A Lei nº 12.651/2012 pode ser examinada acessando-se http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm; O Decreto nº 7.830/2012 encontra-se disponível em http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm); Soares e Freitas (2013) analisam as necessidades para a efetiva implementação do CAR pela percepção da Engenharia Cartográfica e do Georreferenciamento.

Um conceito expandido de silvicultutra de precisão deve considerar também os limites

espaciais ao longo do terreno ou território a ser utilizado para o estabelecimento de um plantio florestal. Nesse sentido, a delimitação georreferenciada das APPs e da RL, conforme as métricas estabelecidas na referida lei, e o efetivo respeito a tais limites em campo, constituem providências fundamentais para que a produção florestal seja realizada conforme a legalidade vigente.

Registre-se, ainda, que para imóveis rurais localizados no bioma Mata Atlântica aplica-se, adicionalmente, o conteúdo normativo da Lei nº 11.428/2006 e do Decreto nº 6.660/2008 que a regulamenta. Aqueles dois diplomas legais determinam que plantios florestais estabelecidos com espécies nativas sejam inscritos no Cadastro de Espécies Nativas Plantadas ou Reflorestadas, mantido pelo órgão ambiental estadual competente. Nessa hipótese, requerem-se, também, as coordenadas geográficas dos vértices do imóvel e dos vértices da área em que se localiza o plantio florestal.

6. Silvicultura de precisão e a certificação florestal

O estabelecimento e o manejo de florestas plantadas que incorporem técnicas de silvicultura de precisão são também contemplados em auditorias com vistas à Certificação Florestal. No Brasil, dois programas voluntários de Certificação Florestal encontram-se implementados: o Conselho de Gestão Florestal (FSC Brasil), e o Programa Brasileiro de Certificação Florestal, (Cerflor). Registre-se que os dois programas de certificação mencionados são substancialmente equivalentes em conteúdo normativo. Benefícios resultantes da certificação florestal podem ser examinados em Rezende et. al. (2012) (Procedimentos para a certificação FSC podem ser analisados em <http://br.fsc.org/manejo-florestal-fm.258.htm> . O programa Brasileiro de Certificação Florestal, Cerflor, encontra-se disponível em <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/cerflor.asp>).

Para fins meramente exemplificativos, apenas o Cerflor será brevemente considerado no que seja pertinente. Em especial, somente a norma NBR 14789 - Manejo florestal sustentável - princípios, critérios e indicadores para plantações

florestais serão examinados na medida em que é particularmente relevante para esta análise. A referida norma é composta pelos seguintes princípios que constituem a referência para o manejo florestal sustentável (aos quais se encontram subordinados diversos critérios e indicadores verificáveis em campo):

1. Cumprimento da legislação
2. Racionalidade no uso dos recursos florestais a curto, médio e longo prazo;
3. Zelo pela diversidade biológica;
4. Respeito às águas, ao solo e ao ar; e,
5. Desenvolvimento ambiental, econômico e social das regiões em que se insere a atividade florestal.

O atendimento ao Princípio 4, acima indicado, implica que o manejo florestal e o programa de desenvolvimento tecnológico de um empreendimento florestal devem prever e adotar técnicas que considerem a conservação do solo, dos recursos hídricos e do ar. Obviamente, técnicas de silvicultura de precisão podem ser incorporadas ao planejamento florestal de modo a constituir um importante diferencial para o empreendimento. Dentre os critérios que devem ser considerados no cumprimento do Princípio 4 cita-se, pela sua densidade e relevância, os seguintes:

- Critério 4.1 - o manejo florestal deve basear-se em planejamento ambiental prévio à utilização da área.
 - Indicadores:
 - a) evidência documentada da caracterização dos solos existentes na unidade de manejo florestal; A organização do empreendimento pode demonstrar o atendimento a esse indicador por meio da classificação e mapeamento dos solos que ocorram na área, de tal forma a poder considerá-los no plano de manejo;
 - b) evidência documentada de caracterização dos recursos hídricos, considerando-se a(s) microbacia(s) onde se insere a unidade de manejo florestal;
 - c) existência de procedimentos para seleção e locação de áreas de plantio e da malha viária; Para o atendimento a este indicador é recomendável que a organização possua um procedimento documentado que estabeleça critérios técnicos para seleção e locação de áreas de plantio e da malha viária, com base

na caracterização do uso do solo e dos recursos hídricos, no atendimento da legislação e na existência de áreas naturais e de relevante interesse ecológico;

- d) evidência de que as atividades silviculturais são planejadas e executadas levando em consideração os dados climáticos locais;
 - e) evidência de que a identificação das áreas de importância ambiental leve em consideração as peculiaridades do solo e dos recursos hídricos da área.
- Critério 4.2 - devem ser adotadas práticas de conservação, monitoramento e manutenção dos recursos hídricos e edáficos.
 - Indicadores:
 - a) evidência de adoção de técnicas que visem a conservação do solo;
 - b) existência de procedimentos de adubações de base ou de cobertura que considerem:
 - as exigências nutricionais das espécies plantadas,
 - os níveis de elementos essenciais existentes no solo,
 - as características intrínsecas de cada fertilizante,
 - as condições climáticas existentes.

Recomenda-se que a organização estabeleça procedimento documentado que defina diferentes zonas de manejo de solo, cada qual com recomendações nutricionais adequadas à necessidade da planta e à fertilização do solo, com vistas a manter a sustentabilidade do sítio a longo prazo.

- c) existência de monitoramento dos parâmetros qualitativos e quantitativos dos recursos hídricos e edáficos relevantes;
 - d) evidência de que a malha viária e aceiros são mantidos em condições que não favoreçam a erosão.
- Critério 4.3 - o produtor florestal deve adotar uma política de uso racional de produtos químicos em geral.
 - Indicadores:
 - a) evidência de que são observadas as recomendações técnicas para o manuseio, preparação e aplicação de produtos químicos necessários nas operações florestais;
 - b) existência de registros da utilização de produtos químicos;

- c) evidência de que não são utilizados produtos químicos banidos por acordos internacionais ou legislação vigentes no país;
- d) evidência de que os técnicos e os trabalhadores florestais que manuseiam ou aplicam produtos químicos são habilitados e o fazem utilizando os equipamentos de proteção individual apropriados;
- e) evidência de que o armazenamento dos produtos químicos obedece às recomendações dos fabricantes e legislação vigente;
- f) evidência de que o transporte dos produtos químicos entre os locais de armazenamento e o campo é feito com equipamentos ou veículos e licenças ou autorizações apropriadas;
- g) existência de procedimentos de utilização de produtos químicos que considerem as condições climáticas, edáficas e topográficas;
- h) existência de procedimentos de manutenção de equipamentos potencialmente geradores de poluentes;
- i) existência de sistemas de controle e de destino de resíduos e de embalagens.

7. Silvicultura de precisão e a proteção florestal

As pragas são responsáveis por grandes perdas econômicas em plantios florestais e altos investimentos são feitos no intuito de controlá-las.

Os plantios florestais no Brasil atingem uma área de aproximadamente sete milhões de hectares, constituídos principalmente pelos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (ASSOCIAÇÃO..., 2012) e um número considerável de espécies de insetos e fungos, nativos e exóticos, estão associados a estas espécies, reduzindo sua produtividade e muitas vezes inviabilizando o empreendimento florestal.

Segundo Vettorazzi e Ferraz (2000), baseado no ciclo de desenvolvimento da floresta, três fases são citadas como momentos para intervenção com base nos preceitos da SP, sendo que, em duas delas, na implantação/primeiro ciclo ou reforma e na floresta estabelecida são citadas as atividades de controle de pragas.

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) o qual, segundo Gallo et al. (2002) “implica na utilização de todas as técnicas disponíveis dentro de um programa unificado, de tal modo a manter a

população de organismos nocivos abaixo do limiar de dano econômico e a minimizar os efeitos colaterais deletérios ao meio ambiente”, é uma ferramenta adequada e eficiente no escopo da SP, permitindo um melhor planejamento e execução das ações de prevenção e controle de pragas.

Zadoks (2001) lista três etapas importantes em um Programa de Manejo Integrado de Pragas, sendo eles, a prevenção (antes do plantio), a intervenção (durante o desenvolvimento da cultura) e o processamento (durante e após a colheita).

A amostragem manual em pontos e o monitoramento contínuo são os métodos mais utilizados para detecção de pragas na silvicultura de precisão (Ribeiro, 2002). Entretanto, as dificuldades encontradas na amostragem de pragas florestais são muitas, em função das características próprias dos plantios e muitas vezes do comportamento da praga. Em qualquer Programa de Manejo Integrado de Pragas, o fator “amostragem” é um item muito importante e muitas vezes de difícil execução em função da grande extensão das áreas, altura das plantas, período de desenvolvimento longo, acesso às áreas, entre outras. Assim, as ações, além de necessitarem, muitas vezes de equipamentos adequados, pessoal treinado, apresenta um custo elevado.

Para Ribeiro (2002), o sensoriamento remoto é um poderoso aliado neste caso, pois permite obter imagens digitais de baixo custo em amplo espectro da radiação eletromagnética e os dados são incorporados ao SIG para verificar se a distribuição espacial de plantas daninhas, insetos e doenças ocorrem de forma aleatória ou tendenciosa. Porém, esta ferramenta nem sempre é a mais adequada. Pode-se citar o exemplo da vespa-da-madeira (*Sirex noctilio*), praga conhecida mundialmente e que foi introduzida no Brasil na década de 1980. Ela ataca preferencialmente plantas estressadas e normalmente os plantios a partir de sete anos são mais susceptíveis. Entretanto, as plantas estressadas são as dominadas que se encontram no dossel inferior da floresta e assim, a utilização do sensoriamento remoto, nesses casos, não é tão eficiente, devido o comportamento da praga.

Em vários países, inclusive o Brasil, o MIP é uma realidade para diversas culturas, existindo programas bem elaborados permitindo ao

produtor realizar previsões sobre a ocorrência de problemas fitossanitários, em função das condições climáticas e aplicar esquemas de monitoramento adequados com níveis de precisão aceitáveis, e assim adotar ou não estratégias de controle (CARVALHO; BARCELLOS, 2012).

No Brasil, um exemplo clássico do uso do MIP para controle de uma praga florestal é a vespa-da-madeira. O Programa Nacional de Controle à vespa-da-madeira (PNCVM) foi instituído pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento em 1989 e contemplou intensas atividades de pesquisa, visando a geração e adaptação de tecnologias de controle. Na sua fase inicial, foi priorizado o controle biológico, pela introdução, criação massal e liberação do nematóide *Deladenus (=Beddingia) siricidicola*. Contemplou ainda, o monitoramento para a detecção precoce e o controle da dispersão da praga com uso de árvores-armadilha e da amostragem sequencial. Medidas de prevenção foram enfatizadas, especialmente quanto ao manejo das áreas, visando melhorar as condições fitossanitárias para minimizar o ataque da praga. Também foram adotadas medidas quarentenárias, visando o controle e o retardamento da dispersão da praga e um amplo programa de capacitação do pessoal envolvido nas ações de controle da praga foi conduzido.

Em função da adoção das ações preconizadas pelo PNCVM pela grande maioria dos produtores de pínus no país, foi possível conter seus danos e conviver com a praga em níveis aceitáveis.

8. Considerações finais

Apesar das elevadas produtividades das florestas plantadas no Brasil, principalmente de espécies de *Eucalyptus* e *Pinus*, as práticas silviculturais, no que tange ao preparo do solo, plantio e aplicação de insumos, são realizadas com equipamentos que apresentam restrições na qualidade do trabalho realizado por serem adaptados e nem sempre são realizadas as manutenção adequada dos mesmos. O desenvolvimento de equipamentos que possibilitem a aplicação de insumos a taxas variáveis com acurácia, principalmente de fertilizantes, é uma necessidade a ser superada. A obtenção de mapas de produtividade e dos fatores de produção envolvidos que permitam obter

as relações de causa e efeito da variabilidade da produtividade é dispendiosa, porém indispensável para o manejo florestal sitio específico. A opção pelo manejo florestal com base em unidade de manejo operacional é uma alternativa para manejo num nível de talhão florestal, de custo inferior, viável para a maioria dos silvicultores.

Referências

- ALDRED, A. H.; BONNOR, G. M. **Application of airborne laser to forest surveys**. Canadian forest Service, 1985. 62 p. Information Report PI-X-51.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF 2012**. Brasília: ABRAF, 2012. 150 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013**. Brasília: ABRAF, 2013. 149 p.
- BENEDETTI, V. Precisamos fazer o dever de casa antes da silvicultura de precisão. **Addubare**, Piracicaba, v. 12, n. 23, p. 8, jul./dez. 2012. Disponível em: <<http://www.rragroflorestal.com.br/downloads/informativos/addubare23.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2013
- BOGNOLA, I. A. **Unidades de manejo para *Pinus taeda* L. no planalto norte catarinense, com base em características do meio físico**. 2007. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) -Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de precisão**. Brasília: Mapa/ACS, 2011. 31 p.
- BRANDELEIRO, C.; ANTUNES, M.U.A.; GIOTTO, E. **Ambiência**. Guarapuava, PR v. 3 n. 2 p. 269-281. Maio/Ago. 2007.
- BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P.; FIGUEIREDO, E. O. Manejo de precisão em florestas naturais. **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. 2013
- CARVALHO, N. L.; BARCELLOS, A. L. Adoção do manejo integrado de pragas baseado na percepção e educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 5, n. 5, p. 749-766, 2012.
- COOPS, N. C.; Hilker, T.; Wulder, M. A.; St-Onge, B.; Newnham, G.; Siggins, A.; TROFYMOW, J. Estimating canopy structure of Douglas-fir forest stands from discrete-return Lidar. **Trees-Structure and Function**, v. 21, n. 3, p. 295-310, 2007.
- DICK, B. Precision forestry – the path to profitability. In: INTERNATIONAL PRECISION FORESTRY SYMPOSIUM, 2., 2003, Seattle. **Proceedings...** Seattle: University of Washington, 2003. p. 3-8.

- FIGUEIREDO, E. O. et. al. **MODEFLORA**: Manejo digital de exploração florestal. Rio Branco: Embrapa Acre, Embrapa Florestas, 2008. 320 p.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D. ; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: Esalq, 2002. 920 p.
- KOCH, B.; HEYDER, U.; WELNACKER, H. Detection of individual tree crowns in airborne Lidar data. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 72, n. 4, p. 357-363, 2006.
- MacLEAN, G. A.; KRABILL, W. B. Gross-merchantable timber volume estimation using airborne lidar system. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 12, p. 7-18, 1986.
- MOLIN, J. P. Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão. In: BOREM, A.; GIUDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. L. (Ed.). **Agricultura de precisão**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 237-257.
- NAESSET, E. Determination of mean tree height of Forest stands using airborne laser scanner data. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 52, n. 2, p. 49-56, 1997.
- NILSSON, M. Estimation of tree heights and stand volume using an airborne Lidar system. **Remote Sensing of Environment**, v. 56, p. 1-7, 1996.
- OLIVEIRA, L. T.; CARVALHO, L. M. T.; FERREIRA, M. Z.; OLIVEIRA, T. C.; ACERBI JUNIOR, F. W. Application of LIDAR to forest inventory for tree count in stands of Eucalyptus sp. **Cerne**, v. 18, n. 2, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602012000200001>
- OLIVEIRA, E. B.; CARDOSO, D. J.; FRANCISCON, L. Silvicultura de precisão em unidades de manejo de plantações florestais. **Agricultura de Precisão**: resultados de um novo olhar. 2013.
- REZENDE, M. T. R.; NOGUEIRA, L. S.; PASQUALI, G.; LAPROVITERA, R.; AHRENS, S. A certificação florestal brasileira: modelo, princípios e benefícios. In: REZENDE, M. T. R.; MONTEIRO, L. C.; HENRIQUES, A. S. (Org.). **Desafios da sustentabilidade**: Cerflor, 10 anos: trabalhando em favor das florestas brasileiras. São Paulo: Essencial; Terra das Artes, 2012. p. 66-115.
- RIBEIRO, C. A. A. S.; VARELLA, C. A. A.; SENA JUNIOR, D. G.; SOARES, V. P. **Sistemas de Informações Geográficas**. In.: **Agricultura de precisão**. Ed. BORÉM, A.; GIUDICE, M.P. del; QUEIROZ, D.M. de; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X. R. do; GOMIDE, R.L. Viçosa, MG. 2000. p. 381-407.
- 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. Floresta de precisão. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 1. Reed. Viçosa: UFV, 2004. p. 311-335.
- ROBERTS, S. D.; DEAN, T. J.; EVANS, D. L.; MCOMBS, J. W.; HARRINGTON, R. L.; GLASS, P. A. Estimating individual tree leaf area in loblolly pine plantations using LiDAR-derived measurements of height and crown dimensions. **Forest Ecology and Management**, v. 213, p. 54-70, 2005.
- SARAIVA, A. M.; CUGNASCA, C. E.; HIRAKAWA, A. R. In: Aplicação em taxa variável de fertilizantes e sementes. In: BOREM, A.; GIUDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. L. (Ed.). **Agricultura de precisão**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 109-145.
- SOARES, A.; FREITAS, E. Por um cadastro ambiental para todos. **MundoGeo**, v. 15, n. 71, p. 28-32, 2013.
- SUÁREZ, J. C.; C. ONTIVEROS, S.; SMITH, S.; SNAPE. Use of airborne LiDAR and aerial photography in the estimation of individual tree heights in forestry. **Computers & Geosciences**, n. 31, p. 253-262, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2004.09.015>
- TAYLOR, S. E.; McDONALD, T. P.; FULTON, J. P.; SHAW, J. N.; CORLEY, F. W.; BROADBECK, C. J. **Precision forestry in the southeast U. S.** 2002. Disponível em: <www.eng.auburn.edu/files/file888.pdf>. Acesso em: 14 maio 2013.
- 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.; QUEIROZ, D. M. **Agricultura de precisão**. Viçosa: Editora UFV, 2000. p. 65-75.
- ZADOKS, J. C. Plant disease epidemiology in the Twentieth Century: a picture by means of selected controversies. **Plant Disease**, St. Paul, v. 85, n. 8, p. 808-816, 2001.
- ZANDONÁ, D. F.; LINGNAU, C.; NAKAJIMA, N. Y. Varredura a laser aerotransportado para estimativa de variáveis dendrométricas. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 80, p. 295-306, 2008.
- ZONETE, M. F. **Análise do uso da tecnologia laser aerotransportado para inventários florestais em plantios clonais de Eucalyptus sp no sul da Bahia**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2009.