

*Informações*

# A silvicultura de precisão e as exigências ambientais

José Leonardo de Moraes Gonçalves e Clayton Alcarde Álvares \*

LINEU SCQUEIRA JUNIOR/IMAFLORA



*Plantação de eucalipto e de matas ciliares na Araacruz Celulose e Papel S.A.*

A economia globalizada, o mercado cada vez mais exigente em relação à qualidade dos produtos e o aumento da consciência sócio-ambiental têm direcionado o setor florestal a um maior controle das informações sobre gerenciamento e produção. Com isso, consolidou-se uma nova mentalidade florestal, fundamentada na adoção de uma gestão silvicultural integrada, que se coloca como premente e almeja o desenvolvimento sustentável dos espaços rurais. Busca-se maior eficiência na utilização dos recursos edáficos, hídricos e biológicos e dos serviços e insumos. Para atender a esses novos paradigmas, tecnologias avançadas estão sendo implementadas, com apoio da silvicultura de precisão.

A adoção da silvicultura de precisão pressupõe o uso de tecnologias da informação, como o sensoriamento remoto, o sistema de posicionamento global (GPS) e o sistema de informação geográfica (SIG), além do uso de máquinas e implementos capazes de realizar serviços ou aplicações, localizadas e variadas, de insumos. As técnicas de geoprocessamento, com o apoio da geoestatística e da estatística clássica, têm fornecido subsídios para a identificação e a correlação das variáveis que afetam a produtividade florestal, por meio do armazenamento, do tratamento, do cruzamento e da sobreposição dos dados em SIGs. Esses dados são visualizados em conjunto, por meio de mapas digitais da vegetação, do relevo, do solo, da capacidade produtiva dos sítios florestais etc., possibilitando ao silvicultor reconhecer e visualizar de forma integrada as características distintas das áreas de produção e de preservação florestal (Figuras 1 e 2). Logo, ele consegue fazer o zoneamento das práticas silviculturais após a definição das unidades de manejo, primeiro passo para a adoção das técnicas da silvicultura de precisão.

Assim, tendo como princípio básico a visualização detalhada e o aproveitamento da estrutura de variação espacial e temporal de elementos do meio físico condicionantes da produtividade, a silvicultura de precisão tem-se expandido pelo setor florestal, por meio de sistemas de gestão baseados no macro e no microplanejamento das recomendações de práticas silviculturais. Nesses planejamentos, as delimitações das áreas de efetivo plantio, de preservação permanente e de reserva legal são feitas vários meses antes do plantio, tomando por base a caracterização do meio físico, ou seja, suas condições climáticas, topográficas e edáficas.

Essas informações são usadas como critérios para nortear as decisões sobre: 1) escolha de material genético adequado para cada condição ambiental; 2) técnicas

FIGURA 1 | MODELO DE ELEVAÇÃO DIGITAL (MED) DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS MANEJADAS COM SILVICULTURA DE PRECISÃO

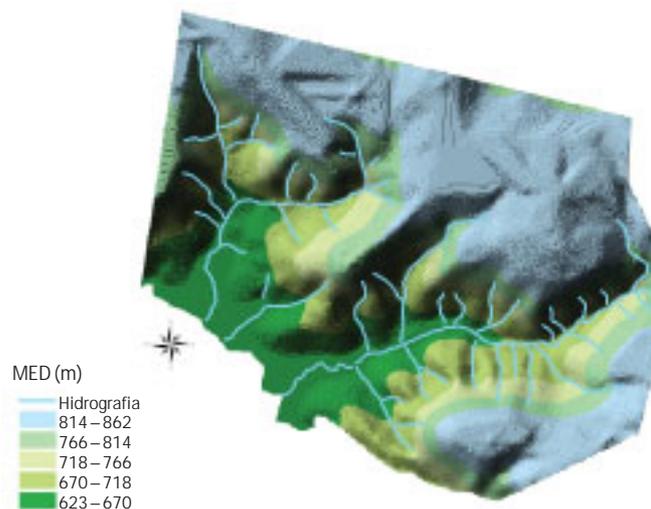
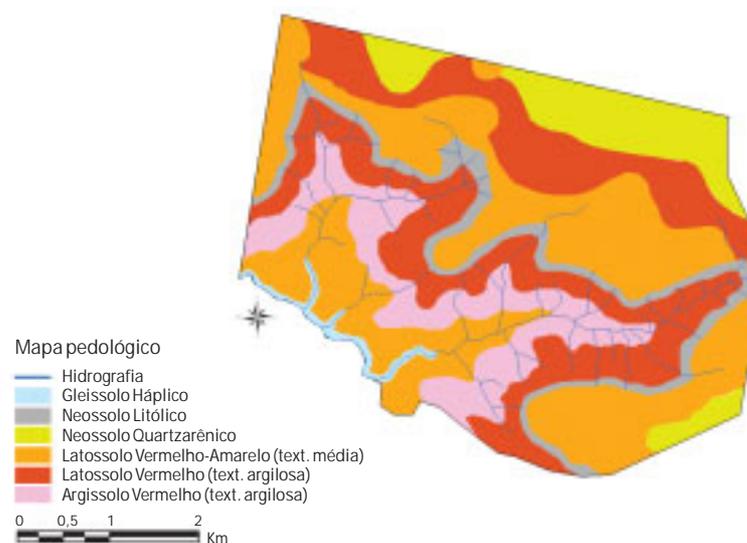


FIGURA 2 | MAPA SEMIDETALHADO DOS SOLOS



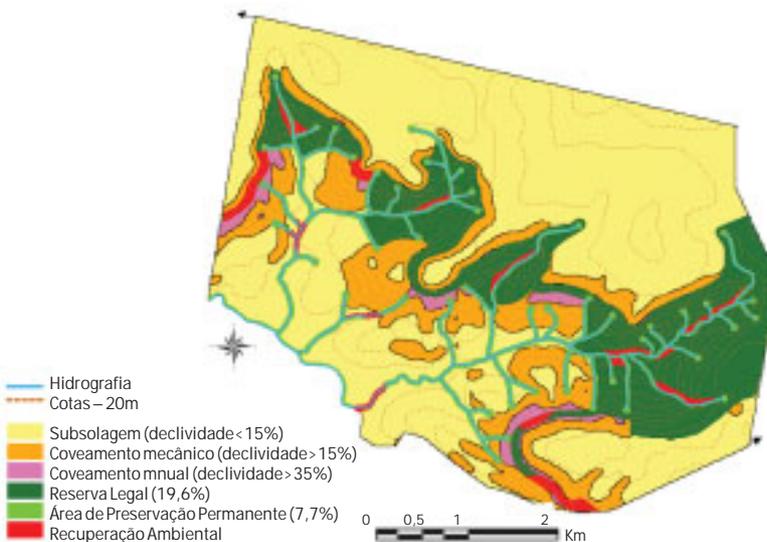
de preparo de solo; 3) adubações de base e de cobertura; 4) espaçamento de plantio; 5) técnicas de plantio; 6) tratamentos culturais (por exemplo, o controle de plantas invasoras, pragas e doenças); 7) sistema de colheita da madeira. O mapa de capacidade produtiva florestal indica a localização de áreas críticas, em termos de rentabilidade, enquanto os mapas de atributos do relevo (forma, declividade) e do solo (teor de argila, capacidade de

retenção de água, teor de nutrientes) auxiliam na identificação dos fatores que limitam a capacidade produtiva ou aumentam os riscos de impactos ambientais, como a susceptibilidade à erosão (Figuras 1 a 3).

## CONTRASTES

As áreas de produção florestal no Brasil apresentam um cenário ecológico de nitidos e variados contrastes, constituindo

FIGURA 3 | RECOMENDAÇÕES DE PREPARO DE SOLO E DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL



um mosaico rico de ambientes, estratificados pelas diferenciações climáticas, edáficas, fisiográficas, bióticas e de uso sócio-econômico da terra. A quantidade e o grau de influência dessas variáveis são grandes, impossibilitando a definição de um método generalizado de manejo florestal, aplicável a todas as regiões. Assim, o planejamento e o gerenciamento de atividades florestais, fundamentados na silvicultura de precisão, concebem ações sistêmicas, em função dos recursos florísticos, hídricos, edáficos, econômicos e técnicos disponíveis na bacia hidrográfica, considerando-a como parte interdependente de uma totalidade integrada e indissolúvel em longo prazo (princípio básico da sustentabilidade).

Nessa conjuntura, a silvicultura de precisão, por meio da compilação de níveis crescentes de informação organizada, viabiliza a adoção de algumas práticas de manejo e racionaliza outras de difícil operacionalização. Tem-se conseguido maior precisão e detalhamento técnico-financeiro de recomendações silviculturais, cada vez mais específicas, o que redundará na melhor adequação da planta ao ambiente e na diminuição das ocorrências e dos graus de gravidade

dos impactos ambientais negativos. Simultaneamente, constata-se a otimização dos rendimentos operacionais, a racionalização no uso de insumos e a redução dos custos de produção. Quanto maiores os contrastes ambientais, como nas regiões de relevo mais acidentado, maiores serão os ganhos potenciais de capacidade tecnológica e de produtividade.

### DIFICULDADES

A silvicultura de precisão é ainda pouco explorada no Brasil. A maior dificuldade em se trabalhar com esse sistema está relacionada à grande quantidade de informações, usualmente proveniente de fontes heterogêneas, com grande variabilidade espacial e temporal, o que gera a necessidade de sistemas de informação complexos para o processamento dos dados. Por outro lado, ainda há carência de sistemas que integrem as diversas ferramentas exigidas: os SIGs, os modelos de simulação (de crescimento florestal, de perdas de solo, água e nutrientes etc.), os programas de cálculos estatísticos e geoestatísticos e de processamento de imagens, os conversores de formatos, além de sistemas baseados em conhecimento, como os

sistemas especialistas. Do ponto de vista prático, a alternativa possível tem sido o uso de um conjunto de *softwares* independentes. Esforços devem ser envidados para o desenvolvimento de sistemas operacionais que integrem os vários *softwares* disponíveis.

Com relação à aquisição de dados, às vezes as variáveis ambientais e bióticas não são mensuráveis adequadamente em larga escala (bacia hidrográfica), ocasionando aumento no grau de incerteza das modelagens e, por conseguinte, de precisão das recomendações técnicas. Visando à racionalização do uso da mão-de-obra braçal e da capacidade de aplicação dos insumos em taxa variável, ao longo do talhão, bem como a melhoria de qualidade e o aumento de rendimentos operacionais, verifica-se uma tendência crescente de aumento da mecanização e da automação das práticas silviculturais.

As demandas estão cada vez mais especificamente voltadas às práticas e às condições ambientais de operação, e normalmente vinculadas a mecanismos de controle de qualidade. Com isso, os avanços mais expressivos são conseguidos quando se adota uma linha de desenvolvimento de máquinas e implementos com concepção peculiar à atividade florestal, no que se refere à sua estrutura física e funcionalidade. A precisão e a qualidade das operações executadas nos equipamentos de última geração são maiores quando se usam dispositivos mecânicos ou eletrônicos auto-reguláveis (inteligentes), eliminando, com ações recursivas, certas disfunções. Para se utilizar essas tecnologias, há que se envidar esforços para o desenvolvimento desses equipamentos, quando então se poderá atingir todo o potencial vislumbrado pela silvicultura de precisão. 

*\*José Leonardo de Moraes Gonçalves é professor do Departamento de Ciências Florestais da USP ESALQ (jlmgonca@esalq.usp.br) e Clayton Alearde Álvares é acadêmico de engenharia florestal na USP ESALQ.*