

Silvicultura de precisão em unidades de manejo de plantações florestais**

Edilson Batista de Oliveira¹, Denise Jeton Cardoso², Luziane Franciscón³

¹Pesquisador, Embrapa Florestas, Colombo, PR, Brasil

²Pesquisadora, Embrapa Florestas, Colombo, PR, Brasil

³Analista, Embrapa Florestas, Colombo, PR, Brasil

*E-mails: edilson.oliveira@embrapa.br, denise.cardoso@embrapa.br, luziane.franciscón@embrapa.br

**Financiamento: MP1 Rede de Agricultura de Precisão da Embrapa

Resumo: A silvicultura de precisão utiliza os mesmos métodos da agricultura de precisão, mas tem um forte componente adicional que é a possibilidade do uso das dimensões das árvores como base para descrição da variabilidade espacial da plantação florestal. No presente trabalho, foi descrito como os *software* de simulação de manejo florestal, SisEucalipto, SisPinus, etc, podem ser utilizados para dar suporte, prognosticar resultados e avaliar a eficiência do manejo florestal baseado em silvicultura de precisão. Elementos gráficos dos *software* foram apresentados, sendo destacado o uso de Diagramas de Manejo da Densidade (DMD) que, juntamente com componentes tradicionais da agricultura de precisão facilitam a visualização e mapeamento das unidades de manejo por classes de densidade. A tecnologia apresentada auxilia na definição de tratamentos silviculturais em cada árvore (poda, desbaste imediato ou futuro, ou permanência até a colheita final) considerando fatores como as distribuições de diâmetro e altura de todas as árvores, sua qualidade, ocupação do dossel e área da copa. Com isto, são aprimorados os critérios para definição do manejo florestal que otimize a produção madeireira e a renda.

Palavras-chave: árvores, desbaste, manejo florestal, *software*

Precision forestry in forest plantation management units

Abstract: Although precision forestry uses a similar methodology prescribed for precision agriculture it has in trees dimensions an important additional attribute for describing the spatial variability of the plantation. In this study, we described how the simulation software (e.g. SisEucalipto, SisPinus) can be used to support in the decision making process, predict outcomes and evaluate the efficiency of forest management based on precision forestry. We proposed the use of graphics resources available in such software and the Density Management Diagram (DMD) with the traditional components of precision agriculture in order to facilitate the visualization and mapping of management units by density classes. The technology presented assists in defining silvicultural treatments for each tree (pruning, immediate or future thinning, or stay until clear-cut) considering factors such as the distribution of diameter and height of all trees, their quality, canopy cover and crown area. The method described allows for the improvement of the criteria and practices used in forest management as a means to optimize timber production and income.

Keywords: forest management, trees, *software*, thinning

1. Introdução

A silvicultura e o manejo de plantações florestais sempre tiveram por base os fundamentos da agricultura de precisão, como por exemplo, ao se dividir os povoamentos em “unidades de manejo” compostas por talhões organizados por características semelhantes de propriedades do solo e dos próprios plantios, visando maximizar a rentabilidade econômica de forma sustentável. Com a denominação de silvicultura de precisão, a tecnologia compartilha os componentes da agricultura de precisão, mas difere no que se refere a operações e objetivos (BURGER, 2009).

Cada unidade de manejo requer um manejo específico, que envolve desbastes de diferentes tipos, intensidades e épocas, e variações na idade da colheita final. A escolha do melhor regime de manejo varia, basicamente, em função do objetivo industrial da produção, qualidade do local, material genético, espaçamento e densidade do povoamento.

Variáveis relacionadas com a dimensão das árvores, como altura total e diâmetro do tronco, medidas diretamente por meio de simples fitas métricas, trenas ou hipsômetros, permitem que a própria árvore seja uma unidade básica para descrição da variabilidade espacial dentro da unidade de manejo. O conhecimento de sua localização possibilita a utilização de ferramenta de análise, como a geoestatística, que caracteriza a variabilidade dentro do talhão. A técnica resulta em mapas que expressam a distribuição espacial dos valores da variável amostrada em toda área de estudo, tornando-a uma ferramenta de suporte à decisão, quando o objetivo é definir a prática silvicultural a ser adotada para cada árvore e na unidade de manejo como um todo.

Para a decisão sobre qual será o trato silvicultural de uma árvore (poda, desbaste imediato ou futuro, ou permanência até a colheita final) ela é contextualizada em conjunto com as demais, considerando fatores como as distribuições de diâmetro e altura de todas as árvores, sua qualidade, ocupação do dossel e área da copa. Assim, ao se levar em conta cada uma das árvores, pode-se trabalhar em um nível refinado de silvicultura de precisão, diretamente dentro da unidade de manejo.

A Embrapa Florestas desenvolveu vários *software* de simulação de manejo florestal (SisEucalipto, SisPinus, SisTeca, etc) que têm sido amplamente utilizados pelo setor florestal, sendo aplicáveis a mais de 98% das plantações florestais no Brasil. São *software* de modelagem e simulação de crescimento e produção florestal, que descrevem como uma plantação florestal cresce e produz, conforme os regimes de manejo que o próprio usuário indica, e servem de base para a otimização da produção madeireira e da renda (OLIVEIRA, 2011).

O presente trabalho tem por objetivo descrever como estes simuladores podem ser utilizados para dar suporte, prognosticar resultados e avaliar a eficiência do manejo florestal baseado em silvicultura de precisão.

2. Material e Métodos

Os simuladores têm por base distribuições probabilísticas que permitem a projeção ano a ano da estrutura de cada floresta, envolvendo vários parâmetros simultaneamente. Estas distribuições são a S_B e a S_B bivariada (S_{BB}) (HAFLEY; BUFORD, 1985). A S_B descreve a distribuição marginal da variável diâmetro ou altura de árvores de um povoamento em diferentes idades e a S_{BB} descreve a distribuição conjunta destas variáveis. Os parâmetros considerados são nove: valores mínimos, amplitude, desvio padrão e moda para altura total da árvore e diâmetro medido a 1,3m de altura (Diâmetro à Altura do Peito-DAP). O nono parâmetro é a correlação entre estas variáveis. Os dados de campo para construção dos simuladores foram obtidos de parcelas de inventários contínuos por meio de parcerias com produtores florestais, o que possibilitou a obtenção das estimativas dos parâmetros da distribuição para cada espécie, nas diferentes condições de solos, idade e espaçamento entre árvores. A linguagem de programação empregada foi Delphi. Uma descrição com detalhes dos *software* pode ser encontrada em Oliveira (2011).

Para o presente trabalho a discussão baseou-se nos gráficos gerados pelo *software* SisPinus, sendo que o SisEucalipto e o SisAraucaria também disponibilizam gráficos semelhantes. Estes gráficos, juntamente com a tabela gerada pelos

software, dão suporte à definição do regime de manejo florestal adequado para cada plantação. A aplicação da silvicultura de precisão se completa com a escolha das árvores a serem desbastadas, observando individualmente o diâmetro, a altura, qualidade, ocupação do dossel e competição entre copas, desbastando-se até o limite recomendado pelo *software*.

Diagramas de manejo da densidade (DMD) subsidiam a definição do regime de manejo ideal, adequando os níveis de competição em função dos objetivos da produção madeireira. Na seleção de árvores para desbaste em subunidades dentro do talhão podem ser considerados métodos que avaliam o grau de concorrência em um determinado ponto do povoamento (densidade pontual). O SisPinus possibilita o cálculo do FAB (fator de área basal) de 2,3, proposto por Daniels, Burkhart e Clason (1986), que indica o raio de influência competitiva de cada árvore.

O DMD apresenta as interrelações matemáticas entre diversas variáveis do povoamento florestal, envolvendo, basicamente, o número de árvores por hectare, o diâmetro médio das árvores e a

área basal (soma das áreas transversais de todas as árvores, na altura do DAP). O DMD tem por base uma curva de máxima densidade e, a partir dela, outras curvas por proporção, que servirão de referências para ocupação do sítio. A curva de máxima densidade marca os limites da máxima ocupação do sítio pelas árvores. Para sua definição foi utilizado o modelo de Reineke (DAVIS; JOHNSON, 1987) cujo ajuste resultou em $N = \text{Exp}(12,1333 + 1,4933\text{Ln}(Dg))$, em que N é o número de árvores por hectare e Dg é o diâmetro quadrático médio. O ajuste foi realizado com dados de inventários de *P. taeda*, os mesmos utilizados na elaboração do *software* Sispinus.

3. Resultados e discussão

Como forma de validar a aplicação do procedimento apresentado anteriormente, elaborou-se o DMD para *Pinus taeda* (Figura 1), considerando como faixa de manejo que priorizasse a produção de toras, o intervalo com valores próximos a 60% do estoque máximo até

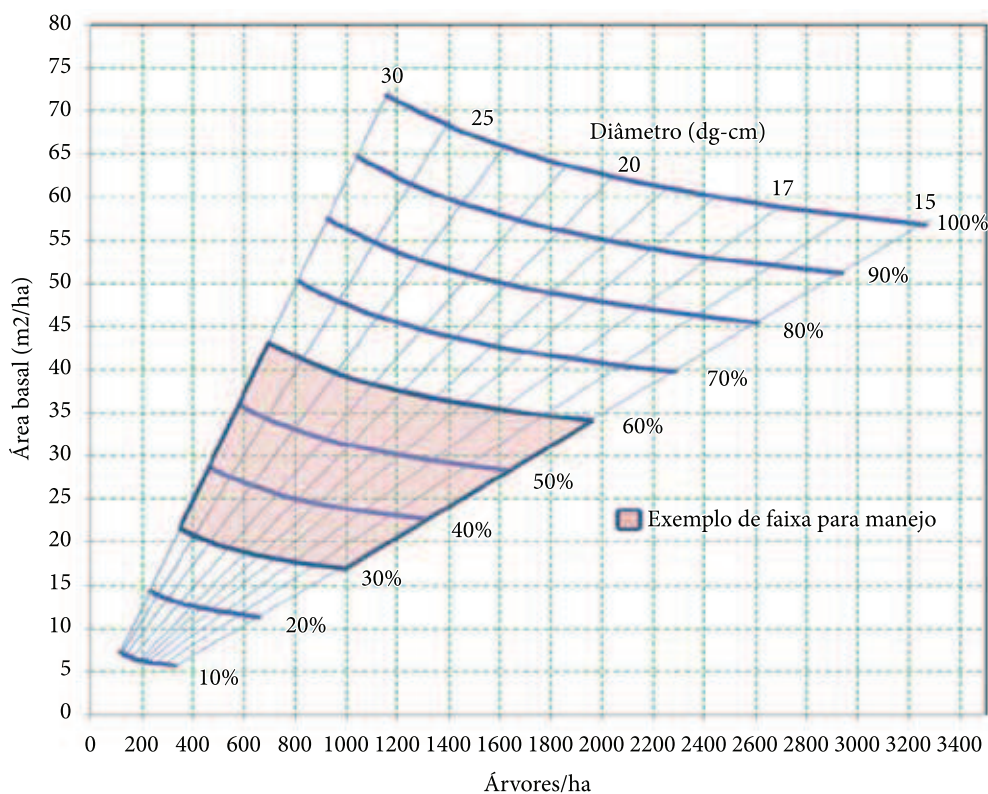


Figura 1. Diagrama de manejo da densidade (DMD) para *Pinus taeda*.

um limite inferior de 30% do estoque máximo. Considerou-se que, ao manter o povoamento nesta faixa de densidade, as árvores apresentarão características correspondentes à classe das dominantes (as 100 árvores de maior diâmetro à altura do peito (DAP) em um hectare de plantação), com padrão uniforme de DAP e com fuste bem formado.

Considera-se que, acima da faixa para manejo, há competição excessiva e abaixo dela há sobra de espaço com conseqüente desperdício de recursos do sítio. Dentro da faixa, a opção por desbastar empregando os parâmetros correspondentes à linha superior ou à inferior dependerá do objetivo da produção e da viabilidade técnica e econômica da realização dos desbastes nestas diferentes situações. Caberá ao empreendedor florestal definir em que faixa de manejo poderá obter melhor resultado.

Para plantações florestais conduzidas sob regime *pulpwood* - portanto sem desbastes e com corte raso antecipado - o DMD pode informar o momento em que deveria ser realizado o corte raso, na faixa de manejo entre 80 e 90 %, no máximo, buscando evitar o elevado índice de mortalidade pela competição e, também, buscando otimizar o aproveitamento da capacidade produtiva do local.

A integração do DMD com os simuladores possibilita que as variáveis contempladas pelo diagrama sejam processadas juntamente com outras variáveis de crescimento e produção que têm grande influência na densidade do povoamento. Com isto, a dinâmica e as interações das diversas variáveis podem ser monitoradas para cada idade, acompanhando a prognose de crescimento e produção. Assim, o DMD passa a contemplar altura dominante e altura média, mortalidade, diâmetro médio, área basal e volume. Adicionalmente, os *software* fornecem o sortimento da madeira colhida por classes de diâmetro e por uso industrial.

O gráfico gerado pelo SisPinus (Figura 2) apresenta o percentual de ocupação do sítio pelo povoamento. Um valor de 100% indica que o sítio está completamente estocado, ou seja, com a capacidade de produção no limite. Como exemplo, a Figura 2 mostra que, aos 6 anos, o povoamento ocupa 46 % do sítio e segue aumentando em idades subseqüentes. Aos 9 anos, a ocupação atinge 70%, porém, a partir desta idade, o programa revela a existência de alto risco de ataque de vespa-da-madeira, sendo recomendada a realização de desbaste preventivo.

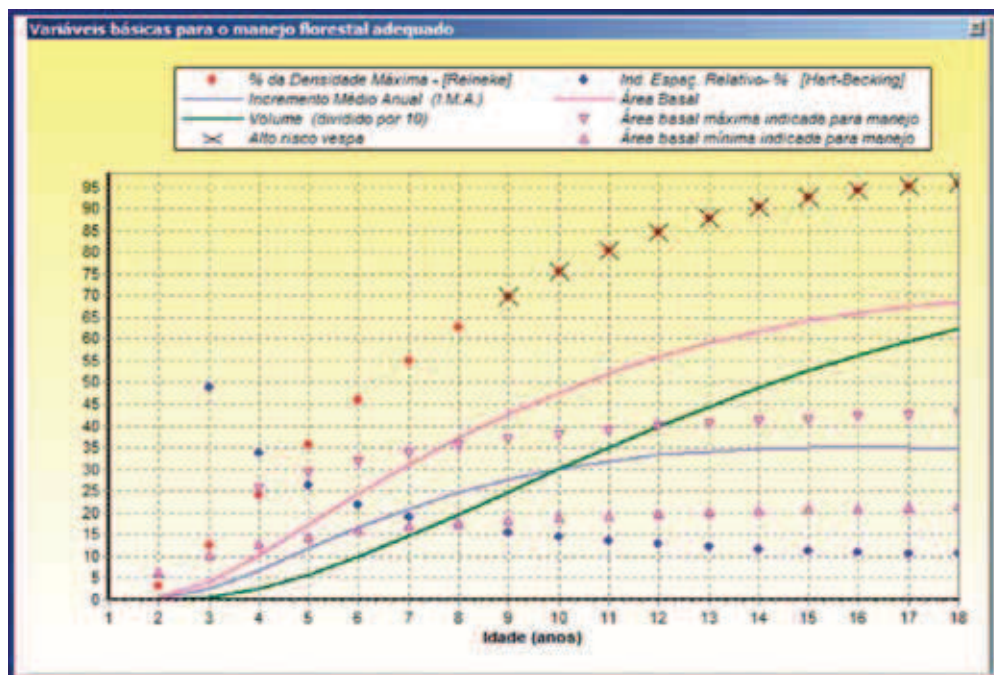


Figura 2. Gráfico gerado pelo SisPinus com variáveis básicas para manejo antes do desbaste.

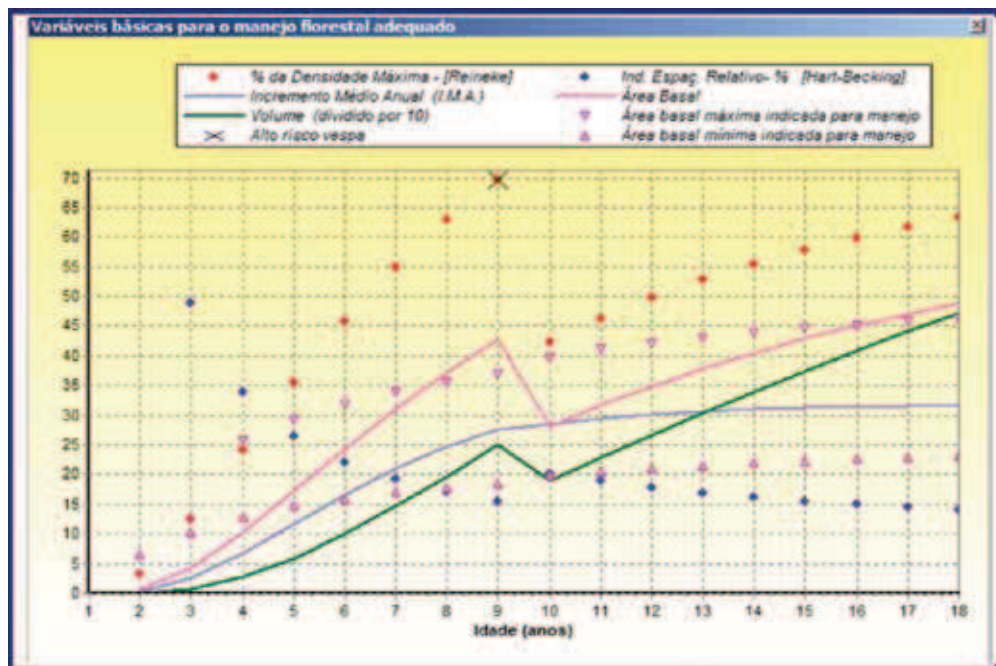


Figura 3. Gráfico gerado pelo SisPinus com variáveis básicas para manejo após desbaste.

Na Figura 3 é apresentado o gráfico gerado pelo SisPinus, considerando a realização de um desbaste seletivo aos 9 anos, deixando $25\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$ de área basal remanescente, de forma a encaixá-la dentro da faixa de manejo recomendada pelo diagrama de manejo da densidade.

Com o desbaste, o incremento médio anual (IMA) em volume na idade final será reduzido em 10% (de $36,6\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ para $31,5\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$). Entretanto, o volume de toras acima de 20 cm de diâmetro terá um aumento de 23% (de $229\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ para $282\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$).

4. Considerações finais

A integração de componentes da silvicultura de precisão com os simuladores de crescimento e produção florestal aprimora os critérios para definição das atividades silviculturais, se configurando como uma alternativa muito promissora para dar suporte ao planejamento de desbastes e colheita final, de forma a otimizar a produção de plantações florestais.

A implementação do DMD em *software* de simulação, juntamente com ferramentas tradicionais da agricultura de precisão, pode facilitar a visualização e mapeamento das unidades de manejo por classes de densidade.

A tecnologia apresentada se completa com mapas de variabilidade, que possibilitam um bom aproveitamento dos espaços disponíveis, reduzindo a variabilidade e evitando a formação de clareiras que, neste caso, seriam evitadas pela manutenção de árvores menores mas com algum potencial para crescimento.

A tecnologia possibilita que se localize as intervenções, fazendo com que a competição entre árvores no âmbito do talhão fique balanceada, evitando a remoção de árvores em pontos desnecessários.

O impacto potencial da tecnologia apresentada pode ser avaliado em função da dimensão da atividade de plantações florestais no Brasil que, segundo a ABRAF (ASSOCIAÇÃO..., 2013), 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.

Agradecimento

Os autores agradecem a contribuição do pesquisador André Eduardo Biscaia de Lacerda para a elaboração do Abstract.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013**. Brasília: ABRAF, 2013. 149 p.

BURGER, J. A. Management effects on growth, production and sustainability of managed forest ecosystems: Past trends and future directions. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 2335–2346, 2009

DANIELS, R. F.; BURKHART, H. E.; CLASON, T. R. A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. **Canadian Journal for Forest Research**, Montreal, v. 16, n. 6, p. 1230-1237, Dec. 1986.

DAVIS, L. S.; JOHNSON, K. N. **Forest management**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1987. 790 p.

HAFLEY, W. L.; BUFORD, M. A. A bivariate model for growth and yield prediction. **Forest Science**, v. 31, n. 1, p. 237-47, 1985.

OLIVEIRA, E. B. **Softwares para manejo e análise econômica de plantações florestais**. Embrapa Florestas, 2011. 70 p. (Documentos, n. 216).