

Avanços recentes nos softwares “Sis” da Embrapa Florestas para manejo de precisão e análise econômica de florestas plantadas

Edilson Batista de Oliveira¹

¹. Pesquisador da Embrapa Florestas – edilson.oliveira@embrapa.br

Resumo

Os softwares da série “Sis” vêm sendo desenvolvidos e aprimorados pela Embrapa Florestas desde 1988. São eles: **SisEucalipto** (*Eucalyptus grandis*, *E.urograndis* e *E.dunnii*) **SisPinus** (*Pinus caribaea* *P.elliottii* e *P.taeda*), **SisTeca** (*Tectona grandis*), **SisAcacia** (*Acacia mearnsii*), **SisAraucaria** (*Araucaria angustifolia*), **SisBracatinga** (*Mimosa scabrella*), **SisCedro** (*Toona ciliata*) e **Planin** (de análise econômica). Eles têm como função básica descrever como uma plantação florestal cresce e produz, conforme os regimes de manejo indicados pelos usuários. Assim, permitem testar, para cada condição de clima e solo, diferentes opções de manejo florestal, fazer prognoses de produções presente e futura, e efetuar análises econômicas. No presente trabalho foram apresentados procedimentos recentemente inseridos nos mesmos, destacando elementos gráficos baseados em Diagramas de Manejo da Densidade (DMD). Estes elementos, 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. Isto possibilita o aprimoramento de critérios para definição do manejo florestal que otimize a produção madeireira e a renda.

Recent advances in the Embrapa Forests software for precision management and economic analysis of planted forests

Abstract

Software series "Sis" have been developed and improved by Embrapa Forests since 1988. They are: **SisEucalipto** (*Eucalyptus grandis*, *E.urograndis* e *E.dunnii*) **SisPinus** (*Pinus caribaea* *P.elliottii* e *P.taeda*), **SisTeca** (*Tectona grandis*), **SisAcacia** (*Acacia mearnsii*), **SisAraucaria** (*Araucaria angustifolia*), **SisBracatinga** (*Mimosa scabrella*), **SisCedro** (*Toona ciliata*) e **Planin** (economic analyzes). They describe the growth and yield of forest plantations, according to the management regimes indicated by users and thus allow testing for each climate and soil condition, different options for forest management, making prognoses of present and future yields, and make economic analyzes. This paper presents procedures recently inserted in them, highlighting graphics based on Density Management Diagrams (DMD) which, together with the traditional components of precision agriculture, facilitate visualization and mapping of management units by density classes. The technology presented assists in defining silvicultural treatments in each tree (pruning, actual or future thinning, or stay until clear-cut) considering factors such as the distribution of diameter and height of all trees, their quality, occupation and canopy area Cup. With this, are enhanced criteria for definition of forest management to optimize timber production and income.

Introdução

Desde os anos 80, a Embrapa Florestas vem construindo softwares de modelagem e simulação de crescimento e produção florestal. Estes softwares descrevem como uma plantação florestal cresce e produz, conforme os regimes de manejo que o próprio usuário indica. O objetivo é orientar produtores florestais com tecnologias adequadas para o manejo e planejamento florestal, fornecendo informações que permitam otimizar a produção e aumentar a renda.

Os usuários podem testar pelos softwares, para cada condição de clima e solo, todas as opções de manejo da floresta, fazer prognoses de produções presente e futura, efetuar análises econômicas e, depois, levar para o campo apenas a melhor alternativa

Os modelos foram criados a partir de dados de inventários contínuos e experimentos desenvolvidos pela própria Embrapa e por Empresas florestais, que disponibilizaram as bases dados de inventários do crescimento e produção de suas florestas e testaram os softwares gerados.

Programados na linguagem Delphi, os softwares são denominados por “**Sis**” seguido pelo nome popular do gênero ou espécie contemplada: São eles: **SisEucalipto** (*Eucalyptus grandis*, *E.urograndis* e *E.dunnii*) **SisPinus** (*Pinus caribaea*, *P.elliottii* e *P.taeda*), **SisTeca** (*Tectona grandis*), **SisAcacia** (*Acacia mearnsii*), **SisAraucaria** (*Araucaria angustifolia*), **SisBracatinga** (*Mimosa scabrella*), **SisCedro** (*Toona ciliata*) e **Planin** (de análise econômica) (Oliveira, 2011).

Burger (2009) destaca que a silvicultura de precisão compartilha os componentes da agricultura de precisão, mas difere no que se refere a operações e objetivos.

Um componente adicional aos componentes que a silvicultura de precisão tem em relação à agricultura de precisão é a possibilidade de uso das dimensões das árvores para descrever a variabilidade da floresta plantada. Isto permite a aplicação do manejo de precisão, o que possibilita conduzir a floresta com bases científicas visando o aproveitamento adequado do sítio e maximizam da renda.

No presente trabalho são apresentados procedimentos recentemente inseridos nestes sistemas, destacando elementos gráficos baseados em Diagramas de Manejo da Densidade (DMD) e sua utilização na definição de regimes de manejo de precisão, conforme o interesse do usuário do sistema.

Material e métodos.

Será utilizado o software SisPinus (*Pinus taeda*) para a descrição das metodologias desenvolvidas. O SisPinus possui três opções de entrada de dados. A primeira utiliza apenas a indicação do potencial produtivo da área, tendo por base o Índice de Sítio, o Número de Árvores na implantação e o Percentual de Sobrevivência no primeiro ano. As outras duas opções envolvem informações de parcelas de inventário florestal, como o Número de Árvores na idade do povoamento estudado e o Diâmetro Quadrático Médio ou Área Basal e Nível de Homogeneidade entre as árvores do Povoamento.

Para o Exemplo 1, será considerado o plantio de 1667 árvores por hectare com 95% de sobrevivência inicial (1º ano), para uma área com índice de sítio de 23m, dado pela altura dominante aos 15 anos de idade. Será solicitado o sortimento da produção de toras de 2,5m, separadas pelos seguintes diâmetros: “>20cm”, “8 a 20cm” e “<8cm”. Duas simulações serão realizadas, ambas com colheita final aos 18 anos. Na primeira não serão realizados desbastes. Na segunda haverá um desbaste com idade e intensidade definidas por meio da análise do gráfico “Variáveis básicas para o manejo florestal adequado” gerado pelo software.

Serão utilizadas equações básicas disponíveis no software, consideradas médias para as áreas de plantio de *P.taeda* no Brasil. Estas equações, como as de Sítio, Volume e Sortimento, podem ser facilmente substituídas pelos usuários, quando estes dispõem de modelos desenvolvidos especificamente para suas condições, em especial de clima, solo, material genético e homogeneidade da plantação.

Resultados e discussão

A tabela de crescimento e produção gerada pelo sistema (Figura 1) mostra, ano a ano, os valores das principais variáveis da estrutura de um hectare de *P.taeda* para os dados iniciais inseridos no sistema, relativos ao Exemplo 1. O item “Produções” apresenta o sortimento da produção nas dimensões de toras solicitadas e por classes de DAP.

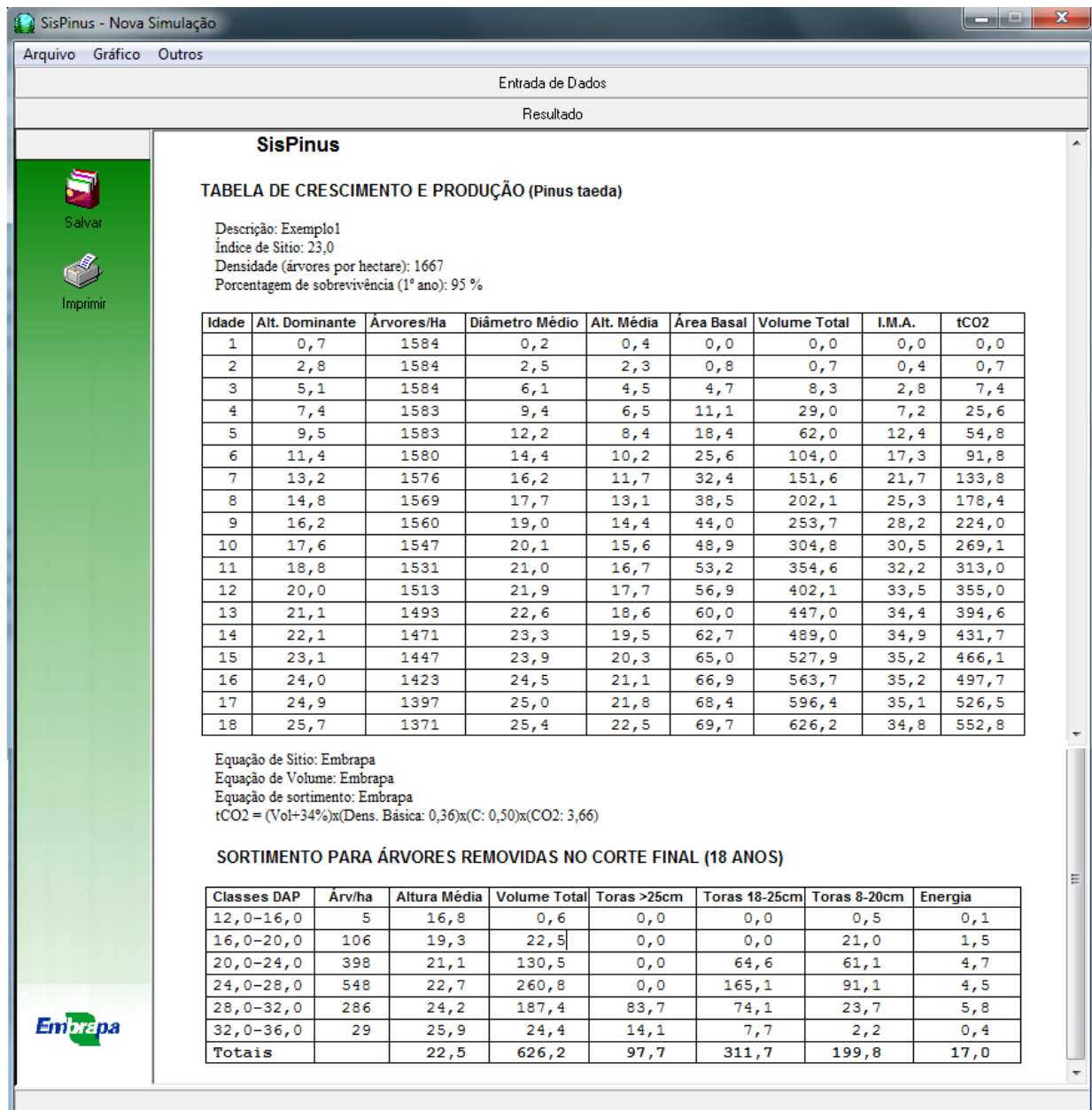


Figura 1. Tabela de crescimento e produção gerada pelo SisPinus

A Figura 2 mostra o gráfico gerado pelo sistema apresentando variáveis que subsidiam a escolha do manejo florestal adequado, em função dos objetivos da produção madeireira.

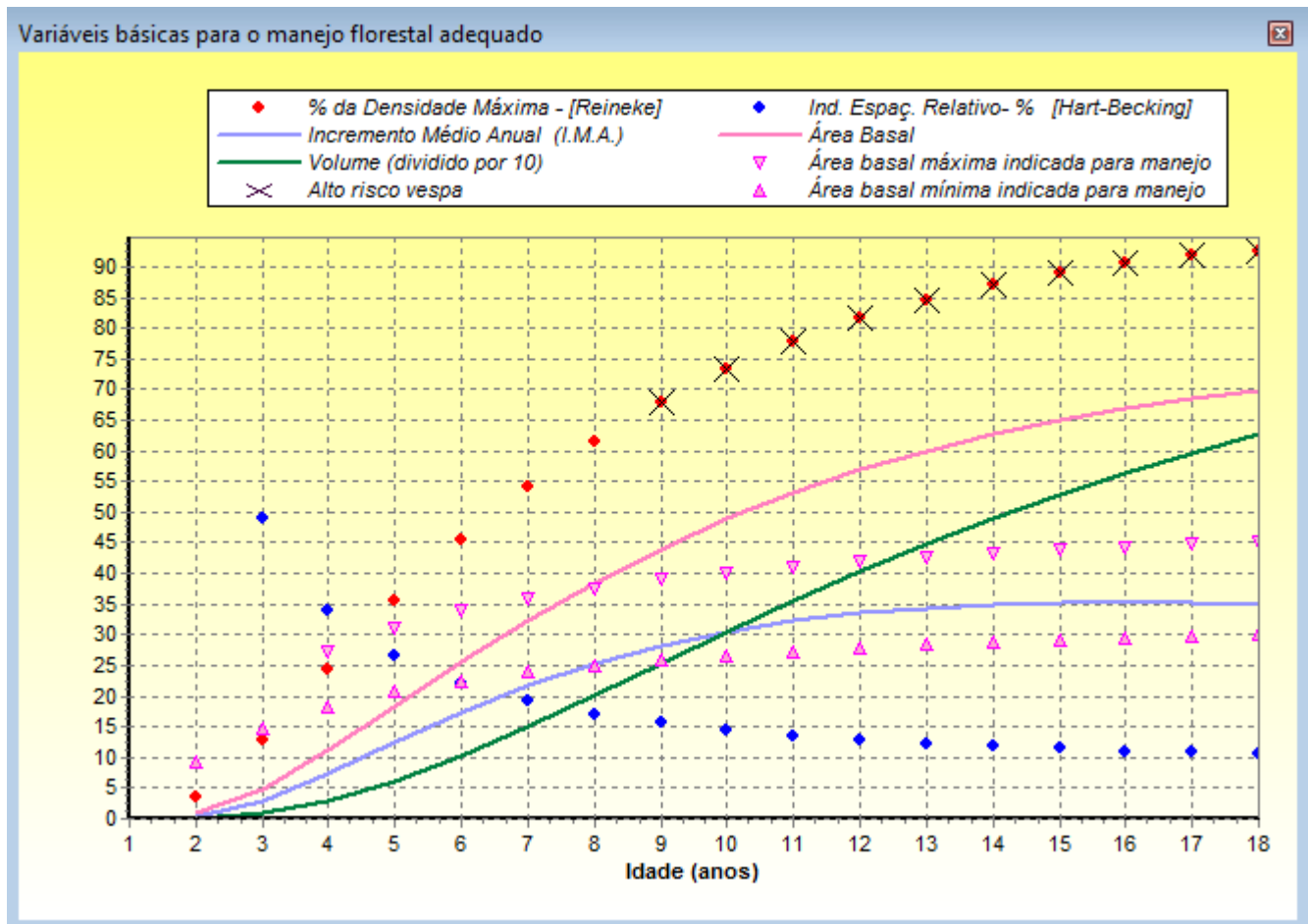


Figura 2. Gráfico gerado pelo SisPinus mostrando variáveis básicas para o manejo adequado.

As variáveis apresentadas são:

- **Pontos vermelhos** = Porcentagem da densidade máxima que pode ser atingida pelo povoamento - (Modelo de Reineke); (Disp. no SisPinus, SisEucalipto e SisAraucária);
- **Pontos azuis** = Índice de espaçamento relativo (Índice de Hart-Becking);
- Marcações em X = indicação de alto risco de ocorrência de vespa-da-madeira (Disponível no SisPinus);
- **Linha rosa** = Área basal por hectare;
- **Triângulos rosa** = limites superior e inferior da faixa indicada para manejo;
- **Linha azul** = Incremento médio anual (IMA);
- **Linha verde** = Volume total (dividido por 10).

O Índice de Hart-Becking mostra a relação do espaçamento médio entre árvores com a altura dominante: Ele pode ser utilizado na determinação de pesos de desbastes, no manejo para prevenção de incêndios florestais e pragas, bem como na estruturação de sistemas de Integração Lavoura – Pecuária – Floresta-ILPF, Oliveira et alii (2014).

Os limites superiores e inferiores indicados para manejo, representado na Figura 2 por triângulos rosa, são obtidos a partir do Diagrama de Manejo da Densidade (DMD) contemplado pelo software. Um DMD é construído tendo 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.

Conforme Oliveira *et al.* (2014), para a definição da curva de máxima densidade, a ser utilizada na construção do DMD para o SisPinus, foi utilizado o modelo de Reineke (Davis & Johnson, 1987). A equação foi obtida utilizando medições de povoamentos com densidade completa que deram origem à construção do software, sendo:

$$N = \text{Exp}(12,1333 - 1,4933\text{Ln}(Dg))$$

em que N é o número de árvores por hectare e Dg é o diâmetro quadrático médio

O Índice de Densidade da Plantação (Índice de Reineke), que é obtido pela utilização do Dg de 25 cm é de 1520. A partir da curva de densidade máxima, utilizando variações dos diâmetros quadráticos de referência, foi construído o Diagrama apresentado na Figura (3).

Segundo Oliveira *et al.* (2014), a faixa de manejo recomendada por diversos autores, para produção de toras, predomina com valores próximos a 60% do estoque máximo, indo até um limite inferior, fixado em 30% do estoque máximo. Mantendo o povoamento nesta faixa de densidade, as árvores terão características das dominantes, sendo grandes e com fuste bem formado. Considera-se que, acima da faixa, há competição excessiva e abaixo da faixa há sobra espaço com conseqüente desperdício de recursos do sítio. Dentro da faixa, a opção por desbastar mais próximo da linha superior ou da inferior dependerá do objetivo da produção. Se o objetivo for produção de toras menores com rotações mais curtas, os desbastes deverão ser mantidos mais próximos da linha limite dos 60%.

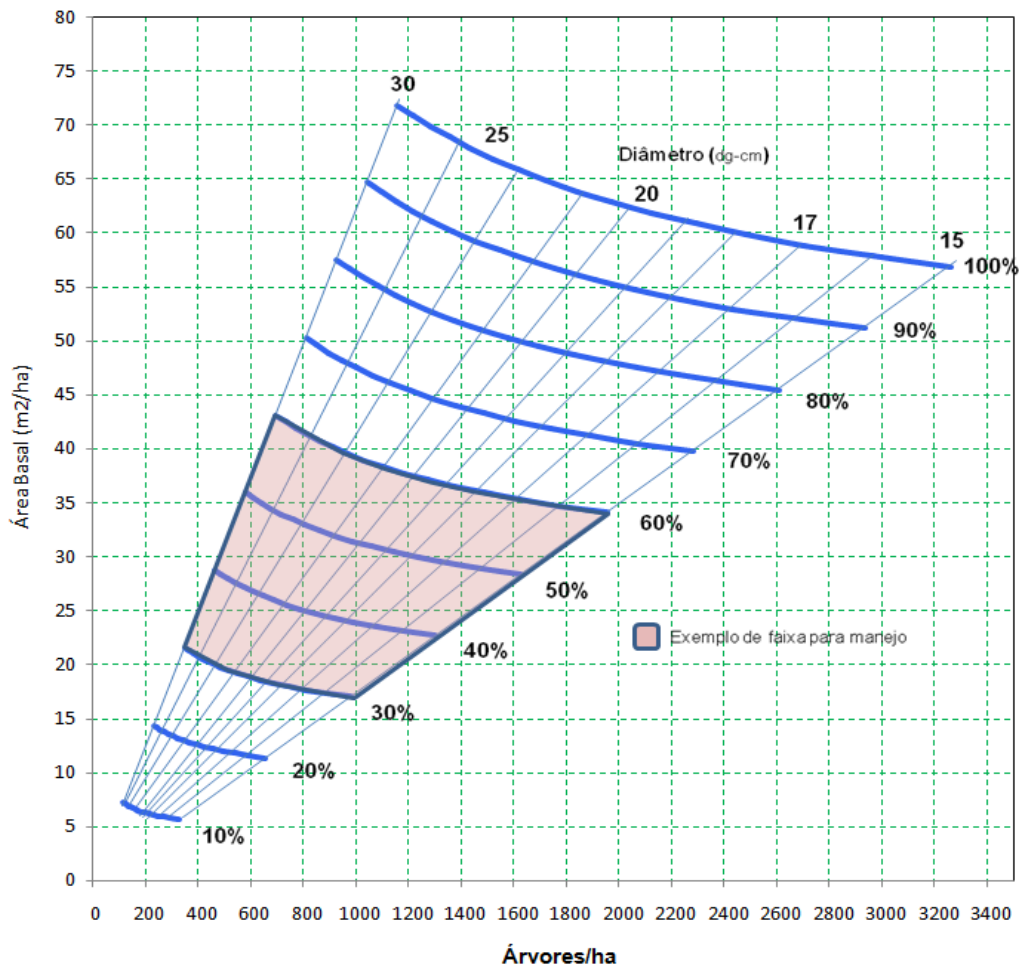


Figura 3. Diagrama de Manejo da Densidade para *P.taeda*. (Fonte Oliveira et alii (2014))

No gráfico gerado pelo SisPinus, o percentual de ocupação do sítio é expresso em função da área basal do povoamento. Um valor de 100% indica que o sítio está completamente estocado, ou seja, com a capacidade de produção no limite.

No Exemplo 1, observa-se que, aos 9 anos, a área basal atinge 44m^2 e a ocupação atinge 67%. Neste nível, já é mostrada a existência de alto risco de ataque de vespa-da-madeira. Este risco ocorre devido à competição excessiva entre árvores que provoca forte enfraquecimento e mortalidade das dominadas, indicando a necessidade de realização de desbastes preventivos.

Assim, aos nove anos de idade foi simulado um desbaste seletivo reduzindo a Área Basal para 25m^2 de forma a colocá-la dentro da faixa de manejo recomendada pelo Diagrama de Manejo da Densidade.

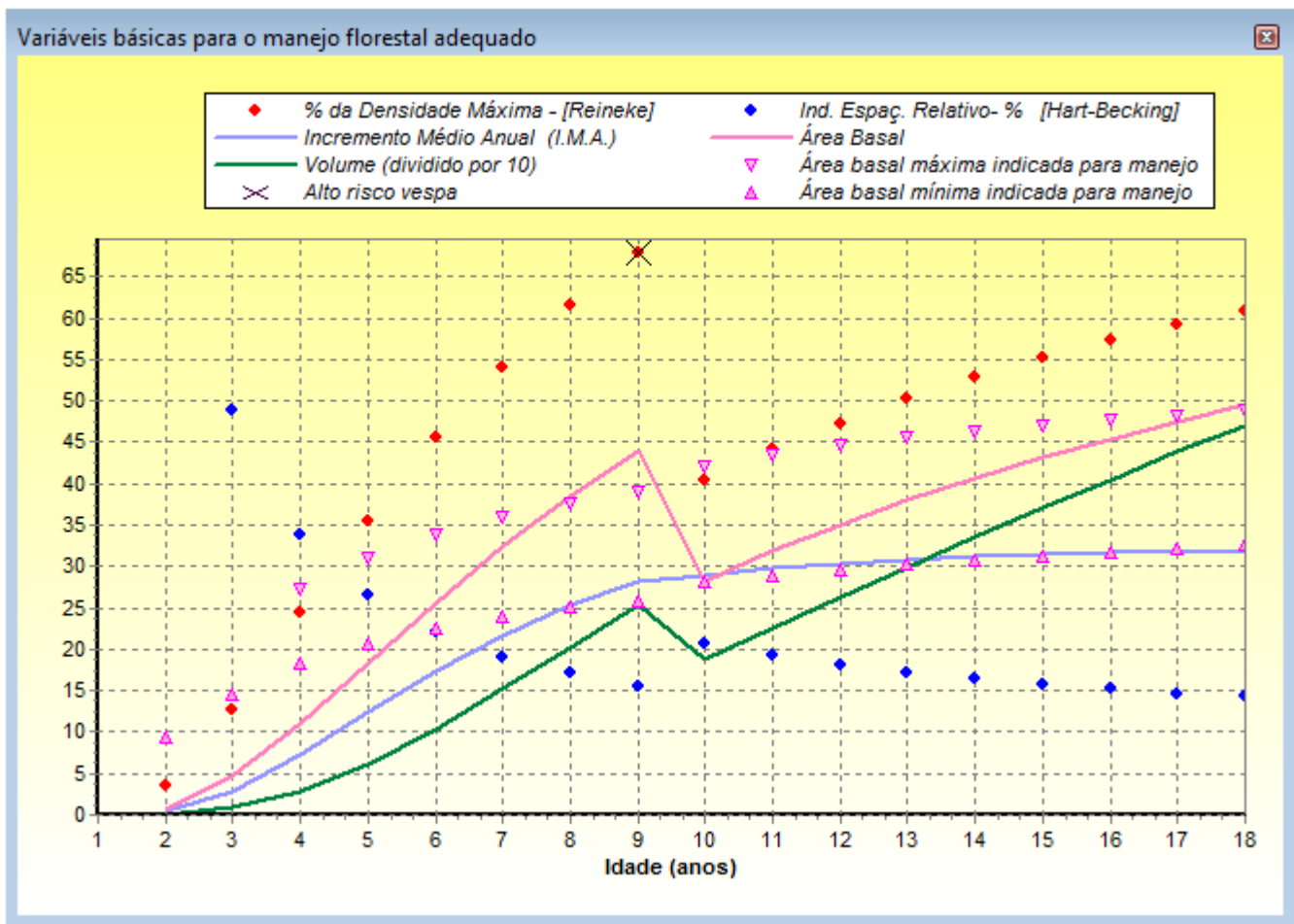


Figura 4. Gráfico gerado pelo SisPinus após o desbaste.

A opção por desbastar mais próximo da linha superior ou da inferior da faixa de manejo dependerá do objetivo da produção. No Exemplo 1, a opção foi produzir maior volume de toras com rotação um pouco mais curta; assim, apenas um desbaste foi realizado mantendo a linha da Área Basal do Povoamento próxima da linha limite dos 60% (Figura 4).

A tabela de crescimento e produção gerada pelo softwares (Figura 5) mostra que a redução pelo desbaste da Área Basal de $44,0\text{m}^2$ para $25,0\text{m}^2$ resultará na diminuição da mesma, aos 18 anos, de $69,7\text{m}^2$ para $49,3\text{m}^2$. O Incremento Médio Anual final será reduzido em 8,6% ($34,8\text{m}^2$ para $31,8\text{m}^2$). Entretanto, o volume das toras acima de 20cm de diâmetro terá aumento de 82,6% ($97,7\text{m}^3$ para $178,4\text{m}^3$).

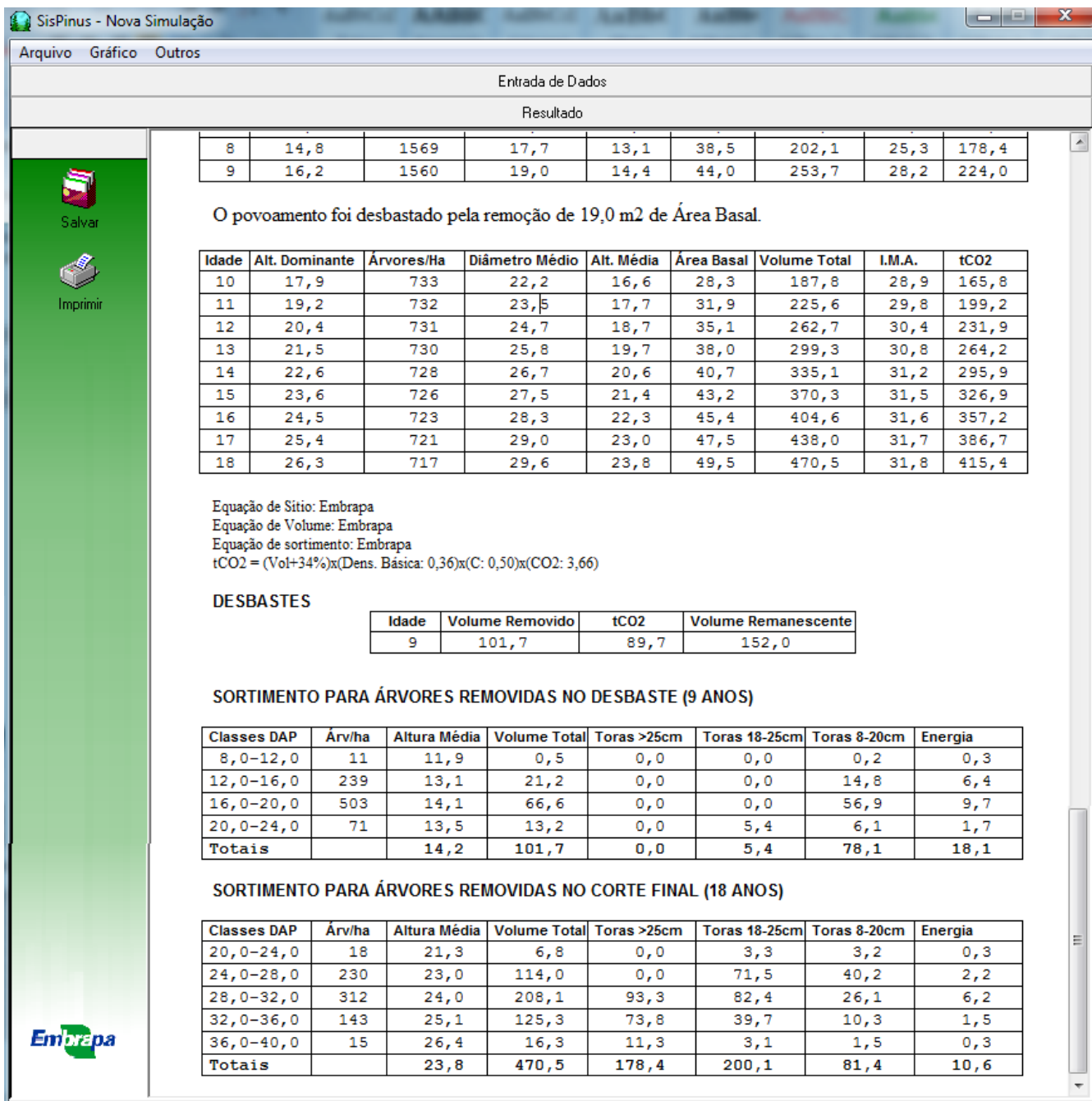


Figura 5. Tabela gerada pelo SisPinus após o desbaste.

Economicamente, o melhor manejo dependerá dos custos de produção, das taxas de atratividade para o capital e dos preços pagos por classe de utilização industrial, sendo que estes sofrem grandes variações em função de demandas localizadas.

Conclusões

A obtenção de resultados nos simuladores possibilita que as variáveis contempladas pelo DMD sejam processadas juntamente com outras variáveis de crescimento e produção, que têm grande influência na

estrutura do povoamento, especialmente Altura Dominante e Altura Média. Com isto, as dinâmicas e interações das diversas variáveis podem ser monitoradas para cada idade, acompanhando a prognose de crescimento e produção.

A inserção do Manejo Florestal de Precisão no âmbito da Agricultura de Precisão abre oportunidades para a realização de pesquisa científica em espaços pouco explorados pelos biometristas florestais, como os mais de cinquenta grupos de pesquisa registrados no Lattes-CNPq, o Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão (SIAP), o Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão (ConBAP) e a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

Literatura citada

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

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

OLIVEIRA, E. B.; CARDOSO, D. J. ; FRANCISCON, L. .Silvicultura de precisão em unidades de manejo de plantações florestais.. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y.. (Org.). Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.. 1ed.Brasília: Embrapa, 2014, v. 1, p. 478-483.