

13

**SisAraucaria<sup>©</sup>:  
software para  
o manejo de  
plantações  
de *Araucaria  
angustifolia***

Edilson Batista de Oliveira



## Introdução

*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. possui diversas características desejáveis para o cultivo visando à produção de madeira de boa qualidade para múltiplas finalidades. Seu crescimento em altura varia de 10 m a 35 m e o DAP (diâmetro à altura do peito ou a 1,3 m do solo) entre 50 cm a 120 cm chegando, excepcionalmente, a 50 m de altura e 250 cm ou mais de diâmetro do tronco, na idade adulta. O tronco é reto, colunar e quase cilíndrico. Apresenta boa produtividade de madeira, dependendo da procedência das sementes utilizadas, como aquela observada em um plantio de conversão ou transformação realizado em Colombo, PR, em solos de fertilidade média e com alto teor de alumínio, que variou de 12 m<sup>3</sup>/ha ano<sup>-1</sup> a 18 m<sup>3</sup>/ha ano<sup>-1</sup> (Carvalho, 1994).

A falta de investimentos no melhoramento genético da araucária, contrapondo-se à existência de consistentes programas de pínus e eucalipto, contribuiu para que os plantios de araucária para fins comerciais fossem substituídos por plantios com espécies desses gêneros, no sul do Brasil. Tais programas, juntamente com o emprego de técnicas silviculturais apropriadas, multiplicaram a produtividade de madeira dessas espécies, possibilitando que atingissem valores de até o triplo daquele produzido antes de 1980. Outros fatores, além do maior crescimento, também foram determinantes na substituição da araucária, como as vantagens oferecidas pelo pínus e eucalipto, relacionadas à menor exigência em qualidade de sítio e à maior facilidade para a obtenção de sementes e produção de mudas.

Entretanto, a araucária tem enorme potencial para aumento de produtividade da madeira, especialmente se melhorada geneticamente. Estima-se que a produtividade de madeira da araucária é, em média, 50% a 60% inferior àquela apresentada por *Pinus taeda* na mesma idade e condições edafoclimáticas, mas, em sítios melhores, este percentual aumenta significativamente.

Os plantios de araucária com finalidade de produção madeireira seriam fortemente estimulados com a disponibilização de material genético melhorado e, também, pela viabilização de legislação que garantisse o seu plantio sob manejo sustentável, com propósito comercial, em áreas de Reserva Legal.

Buscando orientar técnicos e produtores rurais sobre a escolha de melhores regimes de manejo para plantações de araucária, a Embrapa Florestas criou o SisAraucaria, um software que simula o crescimento e a produção de madeira de plantações de araucária, apresentando resultados de acordo com os regimes de manejo indicados pelo usuário.

O software pode ser adquirido sem ônus no seguinte endereço: <https://www.embrapa.br/florestas>. Juntamente com o SisAraucaria será instalado o software Planin©, que gera parâmetros para análise econômica, possibilitando a identificação dos regimes de manejo mais rentáveis. Com os dois softwares instalados, o usuário terá subsídios para o planejamento adequado da produção florestal, com informações que possibilitarão otimizar a produção e aumentar a renda da propriedade.

## Base de dados e modelagem estatística do software

A primeira versão do SisAraucaria foi lançada no 8º Congresso Florestal Brasileiro, por Oliveira e Bennett (2003). Os algoritmos utilizados tiveram por base os resultados de inventários disponibilizados pela empresa Klabin, que possuía os dados de mensuração dendrométrica de suas plantações de araucária estabelecidas desde 1949.



O software foi construído na linguagem Delphi, sendo possível utilizar várias rotinas de programação e as experiências de dois softwares desenvolvidos anteriormente, o SisPinus© e o SisEucalipto©. O método estatístico utilizado para a construção dos algoritmos foi a projeção ano a ano dos parâmetros das distribuições probabilísticas  $S_B$  e  $S_B$  bivariada ( $S_{BB}$ ), sendo que 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 (Oliveira; Burnett, 2003).

O software utiliza também equações de sítio, volume e afilamento do fuste que podem ser substituídas por outras similares, mediante critério dos usuários, caso estes possuam modelos para condições específicas de suas plantações, o que possibilitaria a geração de resultados com maior precisão e acurácia.

A equação de sítio descreve a influência do local ou sítio (especialmente solo e clima) no crescimento das árvores. Ela permite que o software seja aplicável a plantações de araucária em diferentes condições de solo e clima, ajustando o potencial de crescimento da espécie ao potencial de produtividade de cada local. O manual do software apresenta uma tabela de classificação de sítios que permite ao usuário encontrar e indicar o “índice de sítio” de sua propriedade. Este índice deverá ser informado no menu inicial do SisAraucaria, para que todos os algoritmos se tornem adequados, de forma a refletir a condição específica de crescimento e produção da floresta que está sendo trabalhada.

## Dados necessários para as simulações e resultados gerados pelo SisAraucaria

A configuração mínima do SisAraucaria exige que sejam informados o índice de sítio e o número de árvores por hectare, no plantio. A configuração completa exige, ainda, valores do diâmetro médio ou área basal por hectare obtidos por inventário da floresta que está sendo trabalhada.

De forma semelhante aos demais simuladores da série “Sis” da Embrapa, conforme recomenda Oliveira (2011), o usuário insere dados de inventário da floresta para que sejam geradas tabelas de crescimento e produção, indicando quanto de madeira sua plantação de araucária produz, em qualquer idade.

O software possibilita a simulação de desbastes sistemáticos, seletivos e sistemáticos seguidos de seletivos, possibilitando a avaliação de qualquer regime de manejo que se deseja aplicar aos povoamentos de araucária. Isto serve de base para as tomadas de decisão sobre quando, quanto e como desbastar, e quando fazer o corte final.

O SisAraucaria indica o crescimento e a produção da floresta ano a ano, separando o volume total de madeira em volumes por classes de diâmetro, e por dimensões de toras (comprimento e diâmetro), de acordo com as exigências do mercado para atender às diferentes finalidades industriais, como laminação, serraria, celulose etc. Assim, o usuário poderá solicitar, por exemplo, toras de 2,6 metros de comprimento, separadas em classes com diâmetro acima de 35 cm, entre 25 cm e 35 cm, entre 18 cm e 25 cm e abaixo de 18 cm. Com isto, o tronco de cada árvore será segmentado por dimensões de toras (Figura 1).

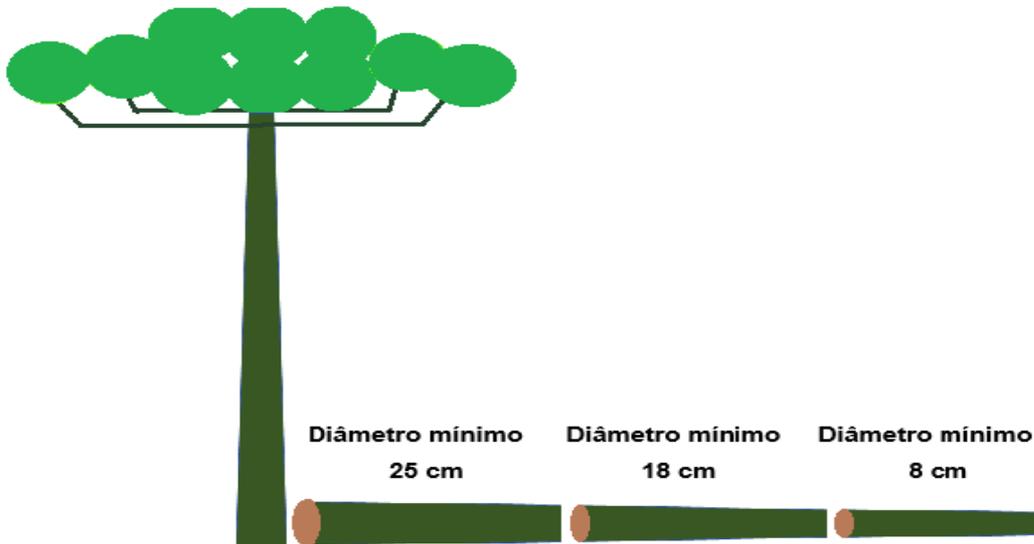


Figura 1. Tronco com sortimento em função de diâmetros de toras.

A Figura 2 mostra as três opções de entrada de dados. A opção que gera resultados mais precisos é a que solicita o número de árvores por hectare, a idade da floresta inventariada e o diâmetro médio ou área basal por hectare.

A captura de tela mostra a interface do software SisAraucaria - Nova Simulação. O menu principal inclui Arquivo, Gráfico, Análise econômica, Manual e Outros. A tela principal é dividida em duas seções principais: 'Itens' e 'Entrada de Dados'.

**Itens:** Uma árvore de navegação com os seguintes itens:

- Simulação
  - Inventário (selecionado)
  - Opções de Listagens
  - Desbastes
- Equações
  - Sítio
  - Volume
  - Sortimento
- Diâmetro de toras e sortimento
- Catálogos
  - Produtos
  - Fórmulas

**Entrada de Dados:**

**Inventário**

- Número de árvores plantadas por hectare
  - Densidade (árvores por hectare):
  - Porcentagem inicial de sobrevivência:
- Número de árvores por hectare em determinada idade
  - Densidade (árvores por hectare):
  - Idade em que as condições são conhecidas:
- Número de árvores por hectare e área basal ou diâmetro quadrático médio em det. idade
  - Densidade (árvores por hectare):
  - Idade em que as condições são conhecidas:
  - Área basal:
  - Diâmetro quadrático mé:

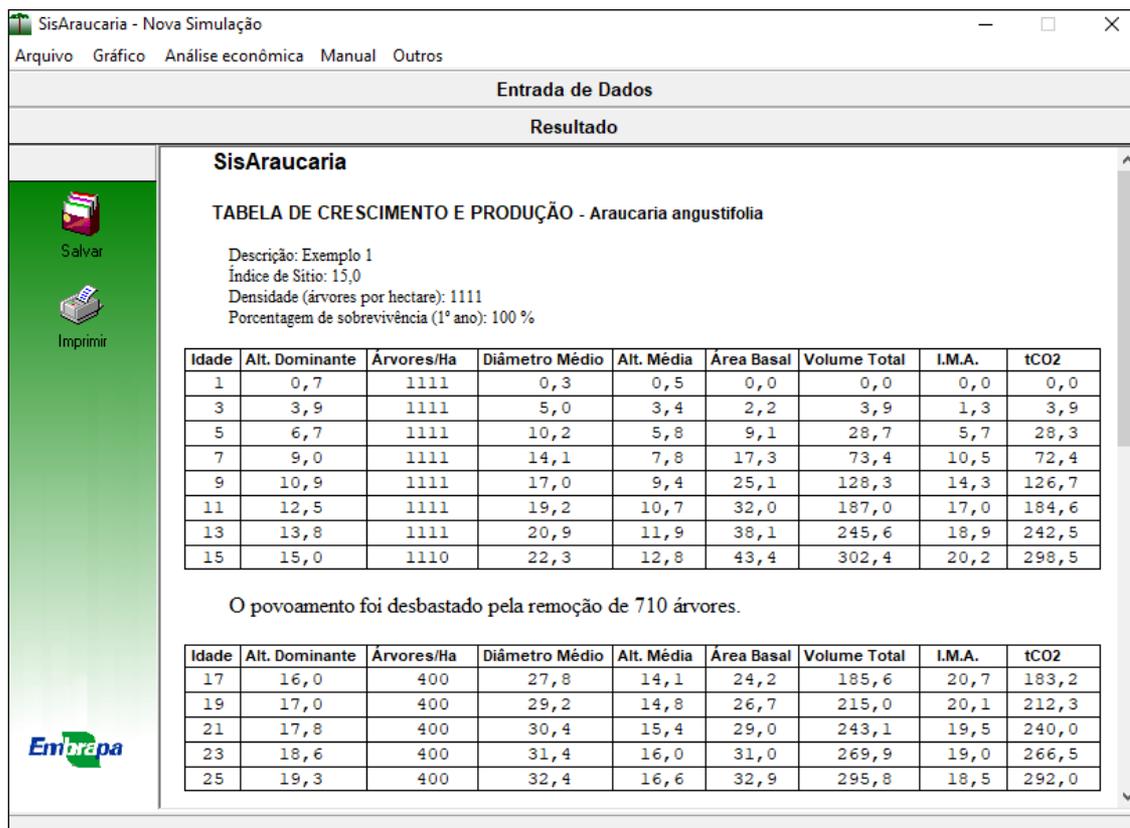
Nível de homogeneidade do plantio:

- Plantios heterogêneos = 1 a 4
- Plantios com homogeneidade média = 5 a 9
- Plantios homogêneos = 10

**Resultado**

Figura 2. Tela de entrada de dados do SisAraucaria.

A Figura 3 apresenta a tabela de crescimento e a produção gerada pelo software. As variáveis apresentadas descrevem a estrutura da plantação florestal. Todos os resultados são considerados para a área de um hectare. O cálculo do carbono sequestrado pelas araucárias está baseado em modelagem de Watzlawick et al. (2003). As equações de sítio, volume e afilamento do fuste podem ser visualizadas e, também, substituídas por outras no item “Equações” do menu de entrada de dados. A equação de volume pode utilizar como variáveis a altura média, o DAP e a idade do povoamento. A variável idade é importante para ajustar a evolução do fator de forma ao longo do tempo, em que os fustes das araucárias se tornam cada vez mais cilíndricos.



**Figura 3.** Tabela de crescimento e produção gerada pelo software SisAraucaria.

A Figura 4 mostra a tabela de sortimento gerada em função das dimensões de toras indicadas pelo usuário.

O software possui o item “Catálogos” no qual “Fórmulas” e “Produtos” ficam armazenados e podem ser acessados e utilizados nas simulações de crescimento e produção, e no sortimento da produção madeireira.

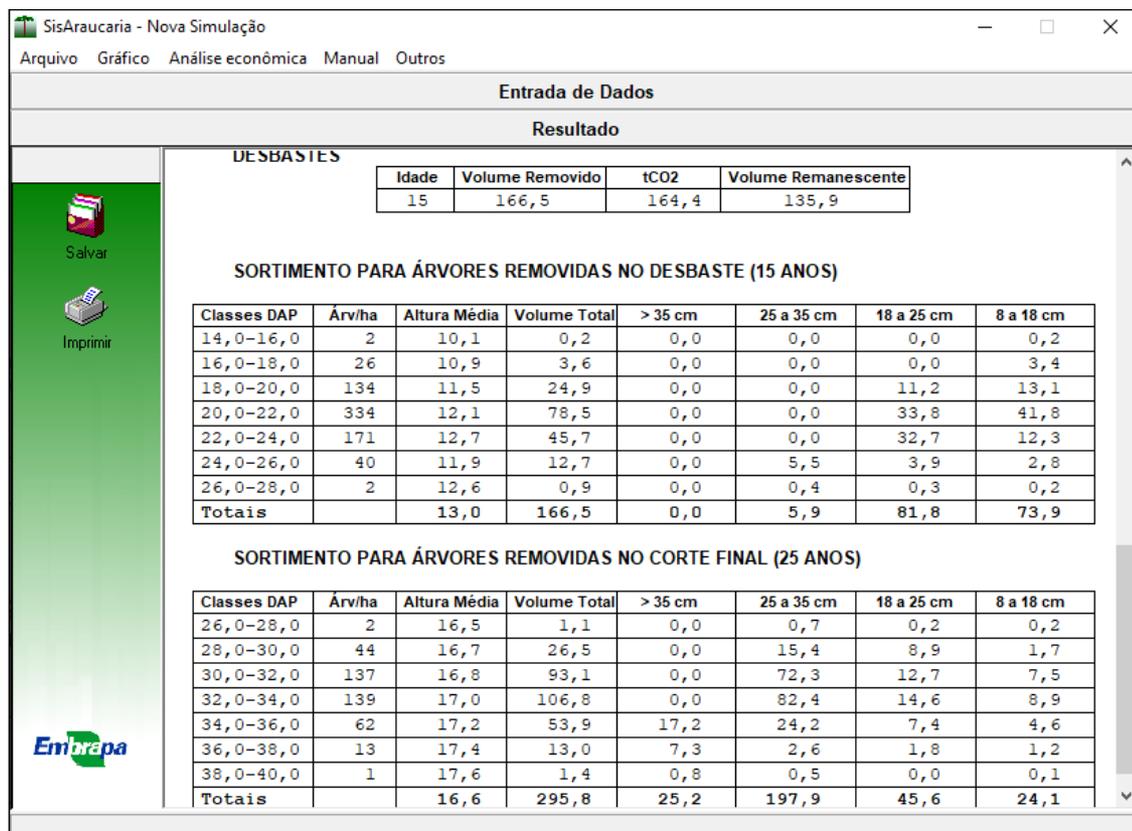


Figura 4. Tabela de sortimento para toras com diferentes dimensões.

## Gráfico e Diagrama de Manejo da Densidade (DMD)

O SisAraucaria gera gráficos com variáveis básicas para o manejo adequado do povoamento. Para as simulações apresentadas nas Figuras de 3 e 4, o software gera os gráficos considerando o povoamento não desbastado (Figura 5) e desbastado (Figura 6).

Os gráficos apresentam resultados da produção (volume, incremento médio anual e área basal) e incluem variáveis geradas a partir do Diagrama de Manejo da Densidade (DMD) para araucária, desenvolvido para o software com base nos plantios usados na modelagem do mesmo. Conforme Oliveira (2011), o DMD apresenta as inter-relações matemáticas entre diversas variáveis do povoamento florestal envolvendo, basicamente, o número de árvores por hectare, a área basal e o diâmetro médio das árvores. Esses possibilitam o monitoramento da densidade do povoamento, em função da magnitude das variáveis de crescimento. Este monitoramento permite a definição de intensidades e épocas ideais de desbaste, adequação dos níveis de competição, em função dos objetivos da produção madeireira, o que possibilita otimizar a utilização do sítio.

Nos gráficos, a linha rosa representa a área basal do povoamento. Os triângulos rosas delimitam a faixa para as áreas basais máxima e mínima indicadas para manejo, visando a máxima produção com árvores de fustes de maior volume e de melhor qualidade.

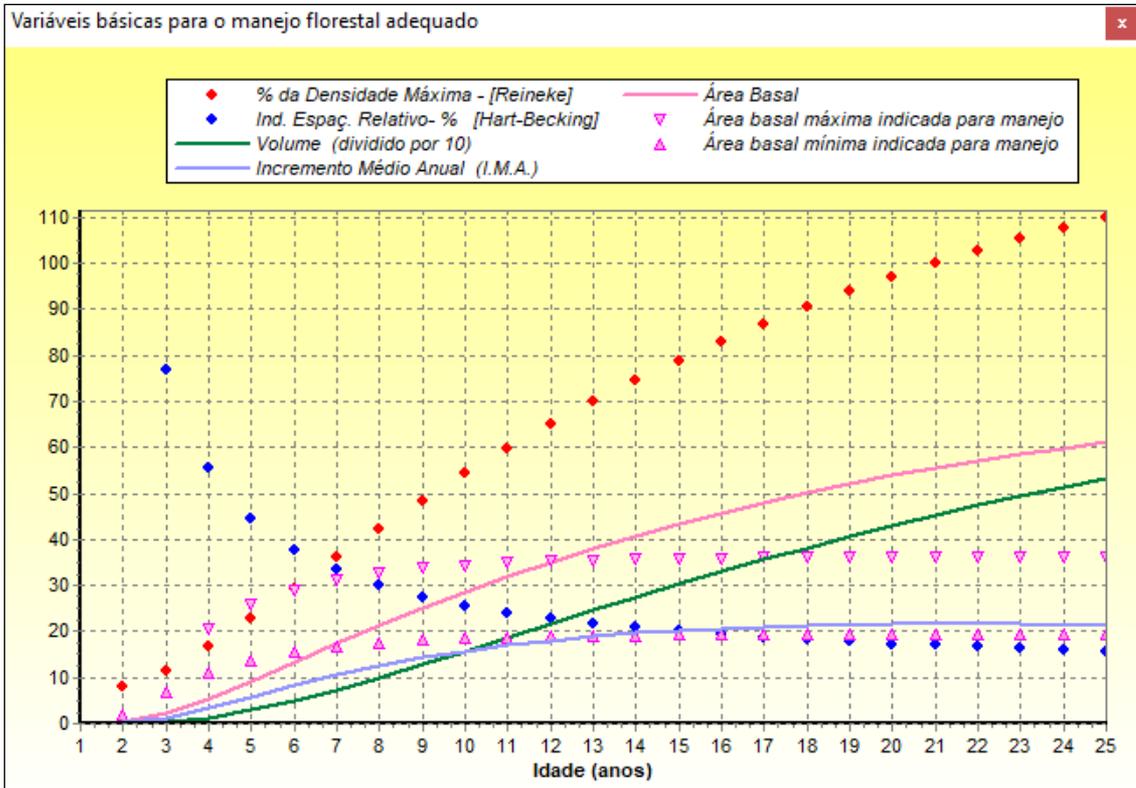


Figura 5. Gráfico gerado pelo SisAraucaria para o povoamento não desbastado.

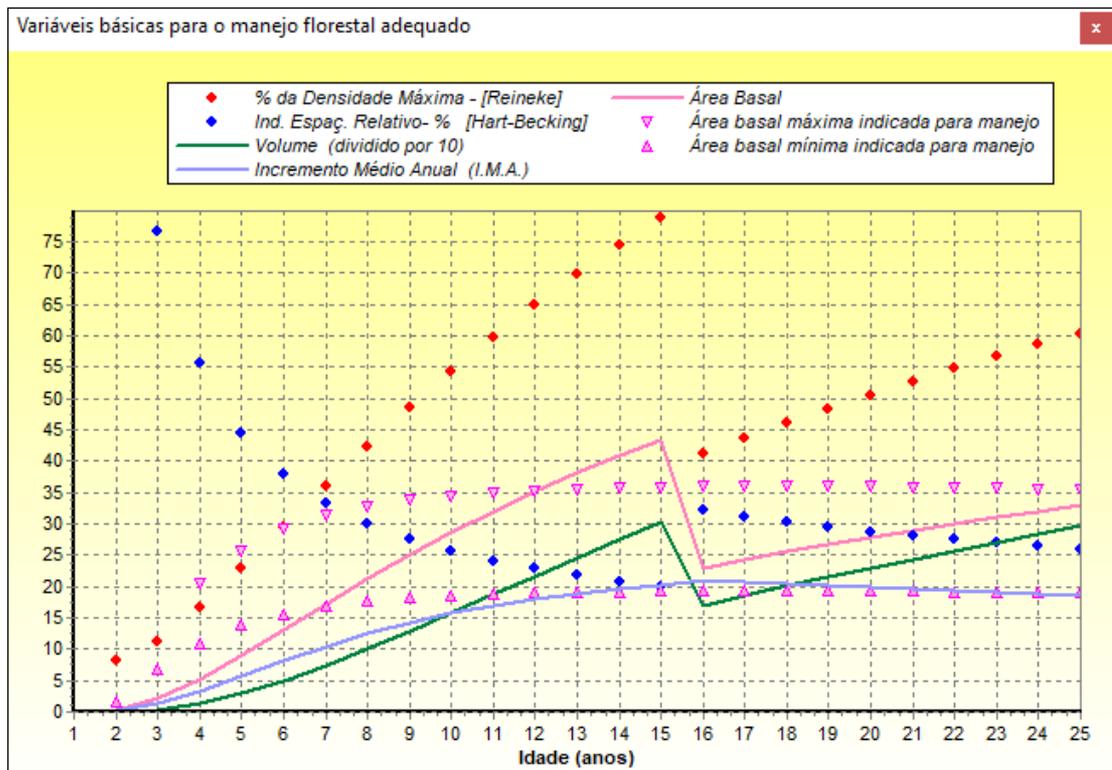


Figura 6. Gráfico gerado pelo SisAraucaria para o povoamento desbastado.



A linha formada por losangos vermelhos representa a porcentagem da densidade máxima possível que o povoamento está ocupando naquela idade. Esta densidade e as que delimitam a área basal para manejo foram geradas a partir do modelo de Reineke (1933), referência nos estudos de densidade e ajustado a partir de medições de povoamentos com densidade completa, sendo para o SisAraucaria:

$$N = \text{Exp}(12,5993 - 1,6933 \cdot \text{Ln}(Dg))$$

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

Um losango vermelho que apresentasse o valor de 100% indicaria que o sítio está completamente estocado. No gráfico gerado para o Exemplo 1, observa-se que, aos 13 anos, o povoamento ocupa 70% do sítio e segue aumentando com maiores idades, apresentando aos 21 anos a ocupação de 100% (Figura 6).

As faixas de manejo com valores de 30% a 60% do estoque máximo vêm sendo recomendada em diversos trabalhos para outras espécies de rápido crescimento, visando manter árvores melhores para maior produção de toras de maior dimensão.

Loureiro (2013) desenvolveu um diagrama de manejo da densidade para *Araucaria angustifolia* a partir do modelo de Tang et al. (1994). Os dados utilizados foram provenientes de Misiones, na Argentina. A validação do DMD, complementando o estudo, utilizou dados da empresa Araupel, da Estação Experimental de Rio Negro e da Floresta Nacional de Irati, PR. O teste em situações extremas de manejo confirmou a aplicabilidade do modelo para qualquer plantio homogêneo desta espécie. Este DMD, apesar de não estar inserido no SisAraucaria, pode ser utilizado nas avaliações dos regimes de manejo, por meio de planilhas complementares.

O desbaste para manutenção da área basal dentro da faixa para manejo (Figura 6) reduz a produção total em 13% (531,5 m<sup>3</sup> para 462,3 m<sup>3</sup>). Em contrapartida, a produção de toras com diâmetros acima de 35 cm que não existia passa a ser 25,2 m<sup>3</sup>.

## Análise econômica

O SisAraucaria possibilita acesso ao software Planin, utilizado para cálculo dos parâmetros de avaliação econômico-financeira e análise de sensibilidade da rentabilidade sob diferentes taxas de atratividade. Conforme Oliveira et al. (2011), o Planin considera os diversos segmentos de custos operacionais de implantação, manutenção e colheita florestal gerando fluxo de caixa, análises de sensibilidade e os critérios de análise econômica mais utilizados no segmento de florestas plantadas. Além disso, ele possibilita ao usuário acompanhar seus custos, emitindo relatórios dos gastos anuais.

## Referências

- CARVALHO, P. E. R. *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto. Kuntze: pinheiro-do-paraná. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 70-78.
- LOUREIRO, G. H. **Diagrama de manejo da densidade para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** 2013. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.



OLIVEIRA, E. B. de; BERNETT, L. G. SisAraucaria: software para o manejo de plantações de araucária. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Benefícios, produtos e serviços da floresta: oportunidades e desafios do século XXI**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 2003.

OLIVEIRA, E. B.; NAKAJIMA, N.; CHANG, M.; HALISKI, M. **Determinação da quantidade de madeira, carbono e renda da plantação florestal**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. (Embrapa Florestas. Documentos, 220). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/898993>.

OLIVEIRA, E. B. **Softwares para manejo e análise econômica de plantações florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. (Embrapa Florestas. Documentos, 216). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/898050>.

REINEKE, L. H. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. **Journal of Agricultural Research**, v. 46, n. 7, p. 627-638, 1933.

TANG, S.; MENG, C. H., MENG, F. R. A growth and self-thinning model for pure even-age stands: theory and applications. **Forest Ecology and Management**, v. 70, p. 67-73. 1994.

WATZLAWICK, L. F.; SANQUETA, C. R.; ARCE, J. BALBINOT, R. Quantificação de biomassa total e carbono orgânico em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze no sul do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, v. 1, n. 2, p. 63-68, 2003.