

JOSÉ ROBERTO SOARES SCOLFORO

Sistema Integrado para Predição e Análise Presente e Futura
do Crescimento e Produção, com Otimização
de Remuneração de Capitais, para
Pinus caribaea var. *hondurensis*

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do título de "Doutor em Ciências Florestais".

CURITIBA

1990

MINISTERIO DA EDUCACAO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA
SETOR DE CIENCIAS AGRARIAS
COORDENACAO DO CURSO DE POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA FLORESTAL

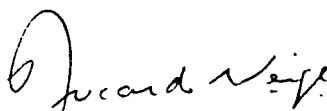
P A R E C E R

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Tese de Doutorado apresentada pelo candidato JOSE ROBERTO SOARES SCOLFORD, sob o título "SISTEMA INTEGRADO PARA PREDIÇÃO E ANÁLISE PRESENTE E FUTURA DO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO, COM OTIMIZAÇÃO DE REMUNERAÇÃO DE CAPITAIS, PARA *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf", para obtenção do grau de Doutor em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Área de concentração em MANEJO FLORESTAL, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Tese, completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de DOUTOR EM CIENCIAS FLORESTAIS.

Curitiba, 05 de setembro de 1990



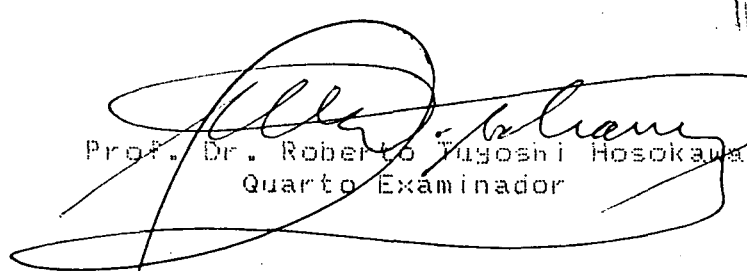
Dr. Carlos Alberto Ferreira
Primeiro Examinador



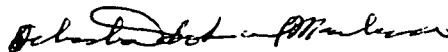
Prof. Dr. Ricardo Antonio de Arruda Veiga
Segundo Examinador



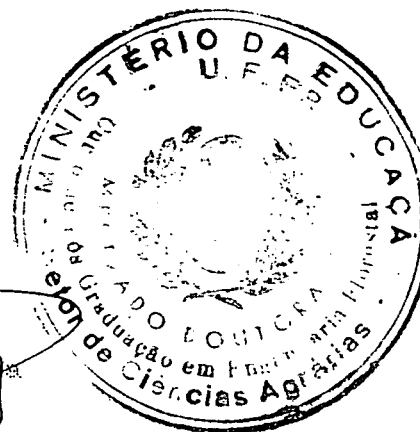
Prof. Dr. Celso Carnieri
Terceiro Examinador



Prof. Dr. Roberto Tuzoshi Hosokawa
Quarto Examinador



Prof. Ph.D. Sebastião do Amaral Machado
Presidente da Banca



A SANDRA.

AGRADECIMENTOS

De modo especial, a meu orientador, Professor Sebastião Amaral Machado, pelo estímulo, interesse e dedicação na orientação de meus trabalhos.

Também de maneira especial ao professor Celso Carnieri, pela atenção, sugestões e esclarecimentos durante o desenvolvimento da tese.

Aos Professores, Roberto Hosokawa e Sílvio Péllico Neto, pelos esclarecimentos durante o desenvolvimento do trabalho.

A Escola Superior de Agricultura de Lavras-ESAL- pela oportunidade de realização do referido curso.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

A Companhia Agro-Florestal Freudemberg, que, atenciosamente, colocou à disposição seus arquivos de dados.

A meus amigos, pelo constante incentivo.

A meus familiares que, nas horas difíceis, me encorajaram e incentivaram sempre.

Enfim, a todos quantos, direta ou indiretamente, tenham contribuído para realização de meus estudos de Pós-Graduação.

BIOGRAFIA DO AUTOR

JOSE ROBERTO SOARES SCOLFORO, filho de José Scolforo e Aurora Soares Scolforo, nasceu em Castelo, Estado do Espírito Santo, a 22 de abril de 1956.

Fez curso primário nos Grupos Escolares Madalena Pisa e Nestor Gomes e o curso secundário no Colégio Estadual João Bley e Colégio universitário .

Concluiu o curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa em 1977, assim com o curso de Mestrado em Manejo Florestal em 1980.

No período de fevereiro de 1980 a junho de 1983 foi professor na Universidade da Paraíba. à partir desta data foi transferiu-se para o Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura de Lavras, onde é Professor Adjunto.

SUMARIO

Pag.

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE QUADROS.....	ix
LISTA DE TABELAS	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Objetivos Gerais.....	3
1.3. Objetivos Especificos.....	3
2. REVISAO DE LITERATURA.....	5
2.1. Histórico do desenvolvimento e evolução do estudo de crescimento e produção no mundo.....	5
2.1.1. Método Europeu da tabela de produção.....	5
2.1.2. Desenvolvimento nos EUA.....	8
2.2. Comparação e peculiaridades dos diferentes modelos de predição do crescimento e da da produção.....	18
2.3. Tendências na teoria da modelagem.....	19
2.4. Distribuição diamétrica.....	23
2.5. Modelagem em populações sujeitas a desbastes.....	30
2.6. Planejamento florestal.....	35
2.6.1. Programação linear.....	42
3. METODOLOGIA.....	54
3.1. Dados básicos utilizados.....	54
3.2. Equação de volume e sortimento.....	57

3.3.	Equações de sitio.....	59
3.4.	Geração do modelo de crescimento e produção.....	63
3.4.1.	Modelo global para o povoamento.....	63
3.4.2.	Modelo por classe diamétrica.....	68
3.4.3.	Expressão de desbaste.....	84
3.4.4.	Critérios de seleção dos modelos que compõem o sistema.....	86
3.5.	O aspecto econômico e a programação linear.....	87
3.5.1.	Definição do horizonte de planejamento.....	87
3.5.2.	Definição das unidades de corte.....	87
3.5.3.	Definição dos regimes de manejo.....	87
3.5.4.	O aspecto econômico.....	90
3.5.5.	Definição do ciclo economicamente ótimo.....	93
3.5.6.	Valor do estoque de crescimento e da terra no final do período de planejamento.....	96
3.5.7.	Modelo matemático.....	97
3.5.8.	Procedimento de otimização.....	103
3.5.8.1.	Simplex revisado.....	103
3.5.8.2.	GUB (Generalized Upper Bounding).....	104
4.	RESULTADOS E DISCUSSOES.....	117
4.1.	Equações de volume e a função de forma.....	117
4.2.	Índice de sitio.....	119
4.3.	Modelo a nível de povoamento.....	125
4.4.	Modelo por classe diamétrica.....	137
4.5.	A expressão de desbaste.....	160

4.6.	Generalização do sistema de crescimento e produção.....	166
4.7.	O aspecto econômico.....	183
4.7.1.	A avaliação econômica dos regimes de manejo.....	184
4.7.2.	Geração dos manejos dentro do horizonte de planejamento.....	189
4.7.3.	Representação matricial do problema.....	194
4.8.	Processamento e interpretação dos resultados.....	195
5.	CONCLUSÕES.....	209
6.	RECOMENDAÇÕES.....	212
7.	RESUMO.....	214
8.	SUMMARY.....	215
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	216
10.	APÊNDICES.....	232
10.1.	APÊNDICE A.....	232
10.2.	APÊNDICE B.....	251
10.3.	APÊNDICE C.....	261
10.4.	APÊNDICE D.....	269
10.5.	APÊNDICE E.....	270
10.6.	APÊNDICE F.....	277

LISTA DE FIGURAS

Pag.

1. Crescimento acumulado de volume e os incrementos corrente e médio anual.....12
2. Curvas que expressam as classes de sítio para *Pinus caribaea* var *hondurensis*.....122
3. Alturas reais por idade , advindas de medições em parcelas permanentes e traçadas graficamente entre os limites das classes de sítio.....124
4. Tendência do volume estimado (m^3/ha) para *Pinus caribaea* var *hondurensis* para índice de sítio 25 , 29, 33 plantados com 2300 árvores e desbastados para 1500, 1000, 700, 500 ,300 e 200 árvores respectivamente nas idades de 8, 10, 12 , 15 ,19 e 22 anos.....130
5. Tendência da área basal estimada (m^2/ha) para *Pinus caribaea* var *hondurensis* para índice de sítio 25 , 29, 33 , plantados com 2300 árvores e desbastados para 1500 , 1000, 700 , 500 , 300 e 200 árvores respectivamente nas idades de 8, 10 , 12 , 15 19 e 22 anos.....132
6. Distribuição dos desvios dos diâmetros mínimos (cm) para população sujeita a seis desbastes , de *Pinus caribaea* var *hondurensis*.....139
7. Tendência do comportamento do diâmetro mínimo para os índices de sítio 25 , 29 e 33 a partir de 2300 árvores existentes na idade de 5 anos ,

- desbastadas para 1500 , 1000, 700 , 500, 300 e 200 árvores , respectivamente nas idades de 8 , 10 , 12 , 15 , 19 e 22 anos para *Pinus caribaea* var *hondurensis*.....141
8. Comportamento da variância dos diâmetros para os índices de sítio 25 , 29 e 33 , a partir de 2300 árvores existentes na idade de 5 anos desbastadas para 1500 , 1000 , 700 , 500 , 300 e 200 árvores respectivamente nas idades de 8 , 10 , 12 , 15 , 19 e 22 anos (considere a idade de desbaste como o período inicial de projeção).....144
9. Comportamento do diâmetro médio quad. para os índices de sítio 25 , 29 e 33 , a partir de 2300 árvores existentes na idade de 5 anos desbastadas para 1500 , 1000 , 700 , 500 , 300 e 200 árvores respectivamente nas idades de 8 , 10 , 12 , 15 , 19 e 22 anos (considere a idade de desbaste como o período inicial de projeção).....146
10. Comportamento da sobrevivência para os índices de sítio 25 , 29 e 33 a partir de 2300 árvores existentes na idade de 5 anos e desbastadas para 1500 , 1000 , 700 , 500 , 300 e 200 árvores respectivamente nas idades de 8 , 10 , 12 , 15 , 19 e 22 anos para *Pinus caribaea* var *hondurensis*.....150
11. Comportamento da altura média para os índices de sítio 25 , 29 e 33 , a partir de 2300 árvores

	existentes na idade de 5 anos , desbastadas para 1500 , 1000 , 700 , 500 , 300 e 200 árvores , respectivamente nas idades de 8 , 10 , 12 , 15 , 19 e 22 anos para <i>Pinus caribaea</i> var <i>hondurensis</i>	152
12.	Comportamento da distribuição diamétrica na idade de 19 anos para os índices de sítio 25 , 29 e 33 , considerando 300 árvores de <i>Pinus caribaea</i> var <i>hondurensis</i>	154
13.	Evolução da distribuição diamétrica para o índice de sítio 29 , considerando-se 500 árvores pro hectare , nas idades de 15 a 19 anos.....	155
14.	Evolução da distribuição diamétrica para a ocasião imediatamente antes do primeiro desbaste , após o primeiro , segundo , terceiro , quarto , quinto e sexto desbastes , considerando-se o índice de sítio 25 , com número de árvores médio inicial de 2300 , desbastado para 1500 , 1000 , 700 , 500 , 300 e 200 árvores respectivamente nas idades de 8 , 10 , 12 , 15 , 19 e 22 anos para população de <i>Pinus caribaea</i> var <i>hondurensis</i>	157
15A.	Número de árvores observadas e estimadas na idade de 7,9 anos.....	158
15B.	Volume observado e estimado na idade de 7,9 anos.....	158
16A.	Número de árvores observadas e estimadas na idade de 10 anos.....	159
16B.	Volume observado e estimado na idade de 10 anos.....	159

17A.	Número de árvores observadas e estimadas na idade de 15 anos.....	159
17B.	Volume observado e estimado na idade de 15 anos.....	159
18A.	Número de árvores observadas e estimadas na idade de 19 anos.....	160
18B.	Volume observado e estimado na idade de 19 anos.....	160
19.	Dispersão dos resíduos relativos a proporção do número de árvores removidas por classe diamétrica em relação ao seu valor estimado.....	163
20.	Curva ajustada para proporção do número de árvores removidas por classe diamétrica.....	164
21A.	Volume obtido através do simulador de desbaste e o real na idade de 7,9 anos.....	181
21B.	Volume presente observado e estimado na idade de 7,9 anos.....	181
22A.	Volume obtido através do simulador de desbaste e o observado na idade de 10 anos.....	181
22B.	Volume presente observado e estimado, na idade de 10 anos.....	181
23A.	Volume obtido através do simulador de desbaste e o observado na idade de 15 anos.....	182
23B.	Volume presente observado e estimado, na idade de 15 anos.....	182
24A.	Volume obtido através do simulador de desbaste e o observado na idade de 19 anos.....	182
24B.	Volume presente observado e estimado, na idade de 19	

anos.....182

25. Custo de corte de 1 m³ de madeira em função da idade...186

QUADROS

Pag.

1.	Classificação das técnicas de planejamento.....	37
2.	Modelos para expressar a capacidade produtiva dos diferentes locais.....	62
3.	Modelos de produção em volume e área basal, ajustados em cada época de desbaste.....	65
4.	Modelos que expressam a sobrevivência das árvores.....	67
5.	Modelos para estimar o diâmetro mínimo.....	75
6.	Modelos para estimar a variância dos diâmetros.....	78
7.	Modelos para expressar o número de árvores e a área basal presentes.....	80
8.	Modelos para expressar o número de árvores e a área basal presentes através da razão.....	81
9.	Modelos para estimar a altura média das árvores.....	83
10.	Modelos para quantificar o número de árvores e a área basal , removidas a cada desbaste.....	86
11.	Fluxo das receitas e custos para uma rotação de t anos.....	94

TABELAS

Pag.

1. Sumário dos principais dados utilizados no trabalho.....55
2. Dez regimes de manejos a serem efetuados em cada unidade de corte.....89
3. Ilustra a estrutura de um problema em que o GUB pode ser utilizado.....104
4. Coeficientes das equações de volume com e sem casca e suas respectivas medidas de precisão.....117
5. Equações que fornecem estimativas dos volumes a serem usados para fabricação de aglomerado, em serraria e em laminação.....119
6. Limites das alturas estimadas em metro, por idade e classes de sítio.....123
7. Coeficientes das equações ajustadas para cada época de desbaste para projeção do volume e área basal.....126
8. Síntese das medidas de precisão e principais estimativas propiciadas pelas equações de projeção do volume para épocas de desbastes consideradas.....127
9. Coeficientes das equações de projeção da área basal.....128
10. Medidas de precisão e síntese das principais estimativas propiciadas pelas equações de projeção da área basal para as épocas de desbaste consideradas.....129
11. Predição futura em volume e área basal para os índices de sítio 25, 29 e 33 considerando 2300 árvores na idade de 5 anos, com redução para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores respectivamente nas idades de

8 , 10 , 12 , 15 , 19 e 22 anos.....	135
12. Coeficientes para se obter o incremento corrente anual em volume para <i>Pinus caribaea</i> var <i>hondurensis</i> em cada intervalo de desbaste.....	137
13. Coeficientes para se obter o incremento corrente anual em area basal para <i>Pinus caribaea</i> var <i>hondurensis</i> em cada intervalo de desbaste.....	137
14. Medidas de precisão e coeficientes das equações que estimam a variância dos diâmetros em cada intervalo de desbaste.....	143
15. Coeficientes das equações para estimativa presente do número de árvores e da área basal , para as épocas de desbaste para <i>Pinus caribaea</i> var <i>hondurensis</i>	147
16. Síntese das medidas de precisão e principais estimativas propiciadas pelas equações por ocasião da predição do número de árvores.....	148
17. Síntese das medidas de precisão e principais estimativas propiciadas pelas equações por ocasião da predição da área basal presente.....	149
18. Medidas de precisão e coeficientes das equações ajustadas para cada época de desbaste , para remoção do número de árvores.....	162
19. Medidas de precisão e coeficientes das equações ajustadas para cada época de desbaste , para remoção da área basal.....	162
20. Coeficientes das equações ajustadas para cada grupo de	

	desbaste visando a projeção do volume e da área basal....	168
21.	Síntese das medidas de precisão e principais para os quatro grupos definidos pela análise de variância.....	168
22.	Coeficientes das equações para projeção da área basal....	169
23.	Medidas de precisão e síntese das principais estimativas propiciadas pelas equações de projeção da área basal para os quatro grupos estabelecidos.....	169
24.	Coeficientes das equações ajustadas por grupos de desbastes para estimativa do número de árvores e da área basal.....	171
25.	Síntese das medidas de precisão e principais estimativas propiciadas pela equações de predição do número de árvores presente.....	171
26.	Síntese das medidas de precisão e principais estimativas propiciadas pela equações de predição da área basal presente.....	172
27.	Predição futura em volume e área basal para os índices de sítio 25 , 29 e 33 , considerando 2300 árvores na idade de 5 anos , com redução para 1500 , 1000 , 700 , 500 , 300 e 200 árvores respectivamente nas idades de 8 , 10 , 12 , 15 , 19 e 22 anos , usando equações agrupadas pela análise de variância.....	174
28.	Custos em dolar de cortar cada m ³ de madeira , para diferentes idades.....	185
29.	Valor esperado da terra para os 10 regimes de manejo	

	definidos para as três classes de sítio em questão , considerando o custo da terra e para taxa de juros de 10 e 12%.....	187
30.	Valor esperado da terra para os 10 regimes de manejo definidos para as três classes de sítio em questão , sem considerar o custo da terra e para taxa de juros de 10 e 12%.....	188
31.	Matriz de manejos e custos para o estrato 1. Para cada estrato foram implementados dez regimes de manejos.....	190
32.	Matriz de manejos e custos para o estrato 26. Para cada estrato foram implementados dez regimes de manejos.....	191
33.	Matriz de manejos e custos para o estrato 168. Para cada estrato foram implementados dez regimes de manejos..	192
34.	Matriz de manejos e custos para o estrato 86. Para cada estrato foram implementados dez regimes de manejos.....	193
35.	Representação da matriz básica para o problema florestal definido , considerando 3 produtos , 3 unidades de corte , 3 regimes de desbastes e um horizonte de planejamento de 3 anos.....	196
36.	Apresenta os valores das funções objetivo , das diferentes situações de otimização.....	207

1. INTRODUÇÃO

O plantio de florestas no Brasil é uma atividade econômica importante e com grande impacto no campo social. Conforme o IBDF⁷⁰ os projetos de reflorestamento com incentivos fiscais totalizam cerca de 6.25 milhões de hectares sendo 3.231 com Eucalyptus sp, 1.862 com Pinus sp e 1.159 com outras espécies , predominantemente a Araucaria angustifolia , frutíferas , palmito e nativas em geral.

Particularmente em Pinus sp os desbastes têm sido uma das mais importantes alternativas silviculturais, já que influenciam o crescimento através do controle da densidade, do espaçamento, do volume potencial excluída a mortalidade, e da distribuição das árvores por classes de vigor, tamanho e qualidade.

Torna-se ,portanto, importante o desenvolvimento de modelos de crescimento e produção que incluam o desbaste como variável. No Brasil, incluem-se entre os modelos de predição futura do crescimento e produção a nível de povoamento os de CAMPOS e RIBEIRO³⁵, CAMPOS³³, MACHADO⁸³, TREVISO¹²⁵ e o modelo por classe diamétrica desenvolvido por GLADE⁶¹, dentre outros. Entretanto, seja a nível de povoamento ou a nível de classe diamétrica nenhum dos modelos desenvolvidos contemplam os efeitos dos desbastes ou a compatibilidade entre o modelo a nível de povoamento e o modelo por classe diamétrica.

Os manejadores florestais buscam portanto obter relações quantitativas ou modelos que sejam compatíveis, lógicos, e forneçam informações consistentes sobre o desenvolvimento futuro dos povoamentos, sejam eles sujeitos ou não a desbastes. A existência destes modelos possibilita que análises econômicas e a regulação da floresta através de práticas de manejo que incluam a programação linear, programação dinâmica ou mesmo a programação multi-objetivo, possam ser efetivamente realizadas. Possibilita também a análise de vários tratamentos silviculturais, como tipo e níveis dos desbastes, épocas de corte, procedimentos de exploração, além das várias alocações dos diferentes tipos de produtos fornecidos pela árvore ou pelo povoamento.

É sabido que boa parte das empresas florestais brasileiras fazem parte de uma estrutura verticalizada, onde suas produções são canalizadas para fábricas ou indústrias. Estas empresas compõem um amplo espectro de uso da madeira, como as indústrias de papel, celulose, pasta mecânica, siderúrgicas, fábricas de móveis, compensados e aglomerados, dentre outros. Assim, fazer um planejamento que procure atender a demanda da indústria ao longo dos anos é fundamental.

Neste planejamento, o gerente florestal busca, o atendimento das necessidades da empresa, associado a otimização da remuneração do capital. Estas razões por si só justificam o planejamento, entretanto muitas são as variáveis a serem consideradas, como por exemplo, idades de corte, densidade de plantio, programa de melhoramento, que espécies plantar, compra e venda de terras, e mesmo aquelas questões mais pertinentes ao curto prazo, como dimensionamento de equipe, avaliações

econômicas das diversas atividades na floresta, sistema de exploração e transporte, dentre muitas outras. Assim, planejamentos de longo prazo que fazem uso de modelos de programação linear, por exemplo, e planejamentos de curto prazo, tornam-se opções eficientes que auxiliam o gerente florestal a interpretar toda a enorme gama de informações que este dispõe, e consequentemente auxilia na tomada de decisões.

Portanto, acredita-se que ao manejador florestal compete mais do que uma visão isolada dos aspectos biológicos, econômicos e ambientais, ter uma visão integrada destes pontos que influenciam o planejamento da produção, buscando obter sua interação de modo a otimizar o rendimento, a eficiência e a qualidade da empresa florestal.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 GERAL

Desenvolver um sistema integrado para a análise e predição presente e futura do crescimento e da produção em volume e área basal, simulando desbastes visando otimização da remuneração de capitais.

1.1.2. ESPECIFICOS

Estabelecer um sistema de predição do crescimento e produção em volume e área basal a nível de povoamento.

Derivar dos atributos do povoamento as distribuições diamétricas, de modo que haja compatibilidade com o povoamento todo.

- Desenvolver uma expressão matemática que contemple os desbastes em sua formulação.

- Desenvolver um sistema de predição do crescimento e da produção para simular opções de desbaste, em relação ao número, intensidade e intervalo entre eles.

- Proporcionar a estimativa da produção por multiprodutos.

- Desenvolver a modelagem de programação linear para fins de planejamento da produção com suas respectivas restrições.

- Desenvolver um método de planejamento do manejo das florestas, sujeita a várias opções de desbastes, otimizando remuneração de capitais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO E EVOLUÇÃO DO ESTUDO DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO NO MUNDO

O rendimento sustentado das florestas requer não somente conhecimento do estoque de crescimento da floresta, mas também conhecimento das produções esperadas no futuro, conforme ASSMANN³.

Assim, praticamente todos os florestais de renome da Alemanha do século XVIII e início do século XIX executaram estudos de produção. Segundo SPURR¹²¹, tabelas de produção fornecendo volume médio dos povoamentos em várias idades, crescendo em vários sítios foram usadas na Europa antes do fim do século XVIII.

2.1.1. MÉTODO EUROPEU DA TABELA DE PRODUÇÃO

A tabela de produção normal foi desenvolvida na Alemanha, sendo usada para estimativa do crescimento e da produção do volume. A maior parte das pesquisas de crescimento do povoamento em relação ao tempo (idade) tem sido feitas naquele país, conforme SPURR¹²¹.

Os primeiros estudos de crescimento e produção segundo Fernow, em 1913, citado por CURTIS⁴⁹ foram realizados em 1795 por Oberforster J. Ch. Paulsen, que desenvolveu tabelas de

produção para importantes espécies de árvores. Em 1797 Spaeth e em 1799 Seutter elaboraram as primeiras curvas de crescimento para árvores individuais. Em 1823 Hossfeld concebeu a idéia do uso de parcelas permanentes para estudo de crescimento, em 1824 Huber e Hundeshagen publicaram a primeira tabela de produção normal e em meados do século XIX M. R. Pressler desenvolveu inúmeros métodos para determinação do volume de madeira e incremento do crescimento de árvores e povoamentos.

De maneira geral a construção das tabelas de produção envolvem dois passos básicos, conforme SPURR¹²¹.

- Classificação das parcelas por classe de sítio.
- Construção das curvas de crescimento e produção para as parcelas, em cada sítio.

Muitos são os caminhos para se obter estes passos, e SPURR¹²¹ apresenta alguns deles:

- a) Método índice - primeiramente desenvolvido por Huber em 1840, vem sendo melhor elaborado ao longo dos anos. É essencialmente um método baseado em dados provenientes da análise de tronco.
- b) Método faixa - é largamente associado com Baur, que o popularizou no começo de 1877. É o predecessor das curvas harmonizadas ou método das curvas anamórficas usadas na América do Norte, onde o volume por ha é relacionado graficamente com a idade usando dados de parcelas individuais. Duas curvas são então escolhidas, delimitando os limites inferior e superior dos dados e o espaço entre elas é dividido em faixas de igual largura.

c) Método da curva diretriz - é um método essencialmente das parcelas permanentes. Foi originalmente apresentado por Carl e Eduard Heyer em 1846.

Embora os três métodos sejam aplicados na Alemanha, tem-se verificado, que a relação volume - idade é somente um indicador confiável da qualidade do sítio, quando uma ampla faixa de povoamentos completamente estocados e cuidadosamente manejados estão disponíveis. Caso contrário, a altura dominante dos povoamentos é muito menos susceptível às mudanças na densidade e às mudanças dos manejos, sendo a relação base na maioria das curvas de crescimento observadas nos EUA, Grã Bretanha, Europa Central e mesmo na Alemanha.

Assim, as tabelas de produção podem ser construídas tanto com dados advindos de uma base temporária, como permanente de medições. As primeiras tabelas de produção construídas na Europa foram baseadas em povoamentos normais (completamente estocados). Todavia, conforme SPURR¹²¹ as tabelas de produção da década de 1950 como as tabelas Wiedman-Schober (Wiedemann e Schoeber, 1957) e as tabelas de produção britânicas (Hummel e Christil 1953, 1957) são baseados em registros de crescimento advindos de parcelas permanentes com várias remedições e fornecem produção para povoamentos crescendo sob regimes específicos de desbastes. Elas fornecem tanto o volume líquido presente na rotação final, como a produção acumulativa proveniente dos desbastes, indicando sua produção total ou aproximadamente o volume bruto de madeira produzida.

A sequência do desenvolvimento tem bastante similaridade aos aspectos gerais do sistema americano e por isso não será

abordada.

2.1.2. DESENVOLVIMENTO NOS EUA

Como pode ser encontrado em SPURR¹²¹, os primeiros estudos de crescimento na América do Norte foram realizados por Carry em 1896, Graves em 1899 e Pinchot em 1898. Estes estudos foram baseados primeiramente em análise de cepa, os quais produziram informações de crescimento corrente das árvores individuais, sem levar em consideração a mortalidade, ingresso e outras informações, que possibilitam a predição do crescimento líquido do povoamento. Já as tabelas de produção normais foram confeccionadas primeiramente por Pinchot e Graves em 1896.

O uso destas tabelas de produção normal foi um expediente natural nos estágios iniciais dos florestais dos EUA. Em geral são baseadas entre 100 a 300 parcelas subjetivamente escolhidas em povoamentos completamente estocados (100% do sítio é coberto pelas copas das árvores).

Estas tabelas são de dupla entrada, onde o volume por unidade de área é função da idade e do sítio, fornecendo estimativas do crescimento líquido e da produção de povoamentos puros de mesma idade e completamente estocados. Este tipo de tabela apresenta uma série de inconvenientes:

- As variáveis independentes não podem ser acuradamente avaliadas.

- Só se aplicam a povoamentos como os descritos, sendo que estes não são abundantes na América, o que acarreta ineficiência da tabela, já que elas praticamente não foram usadas para crescimento e predição de povoamentos manejados.

- Advém de parcelas temporárias.

- As tabelas são elaboradas graficamente, o que dificulta as relações envolvendo mais de duas variáveis (idades e sítio).

Além das limitações apresentadas ao final da década de 1930, com os trabalhos de MCKAINEY et al^{84,85}, a técnica de regressão múltipla foi introduzida no meio florestal tornando possível análises que tinham sido impraticáveis pelo método gráfico. Estes fatores levaram a tentativas de desenvolver tabelas de produção usando 3 variáveis independentes, com a adição da densidade.

Estas tabelas apresentam vantagens em relação às tabelas de produção normais, quais sejam:

- Qualquer boa amostra de dados pode ser usada nesta solução.

- Não existe necessidade de restringir os trabalhos para povoamentos completamente estocados como nas tabelas de produção normais.

- O conceito de estoque relativo ou normalidade pode ser eliminado. Medidas de densidade, tais como, área basal, número de árvores, índice de Reineke, Hart e Backing, etc, são introduzidas no modelo.

- A solução obtida pode ser aplicada para povoamentos sub, super e completamente estocados.

Estas tabelas de densidade variável são também chamadas de tabelas de produção não normais ou tabelas de produção empíricas.

A partir de então uma série de trabalhos com esta modalidade de tabela vêm sendo desenvolvidos, como aqueles apresentados por MACKAINEY, SCHUMACHER e CHAIKEN⁸⁵, MACKAINEY e CHAIKEN⁸⁴, Duerr e Cevorkiantz em 1938, Mulloy em 1944 e 1947, McKewer em 1947,

citados por SPURR¹²¹, Schumacher e Coile em 1960 citado por CLUTTER⁴¹, dentre outros.

E fundamental a observação de que os estudos de crescimento e produção até 1962 foram desenvolvidos sem que fosse observado o princípio de compatibilidade entre eles ou seja, os modelos de crescimento (incremento) eram desenvolvidos independentemente dos modelos de produção. Assim, quando sucessivos incrementos estimados eram adicionados a um volume inicial, eles geralmente não apresentavam os mesmos valores de volumes preditos pela equação de produção, considerando-se o mesmo povoamento nas mesmas condições de idade, sítio e densidade.

Foram os estudos simultâneos realizados por BUCKMAN²² e CLUTTER⁴¹ que primeiro atentaram para a incompatibilidade entre os modelos de crescimento e produção. Estes autores resolveram o problema de incompatibilidade dos modelos com o uso do cálculo integral e do cálculo diferencial, ou seja, fazendo a primeira derivada do modelo de produção, obteve-se o modelo de crescimento, e com o procedimento inverso, ou seja, com a integral do modelo de crescimento obtém-se o modelo de produção, de maneira que o problema de inconsistência entre a produção final e a soma dos crescimentos foi eliminada.

Inúmeros trabalhos foram realizados a partir de então, como os apresentados por BENNETT¹⁵, BECK e DELLA-BIANCA¹³, MYERS⁹³, MURPHY e STERNITZKE⁹², SMITH¹¹⁸, SULLIVAN e CLUTTER¹²³, MURPHY e BELTZ⁹⁰, SHIFLEY et al¹¹⁵, TREVISOL JR¹²⁵, CAMPOS e RIBEIRO³⁵, BURKHART et al³⁰, MURPHY e FARRAR⁹¹, BAILEY et al⁹, dentre muitos outros.

Um exemplo deste procedimento é apresentado a seguir. Tomou-

se como referência a curva de crescimento acumulado apresentada na FIGURA 1, que foi representada pela equação:

$$\log(V) = b_0 + b_1 S + b_2 (1 / I) + b_3 \log(G) \quad (1)$$

Onde:

V = volume em m³/ha
 S = índice de sítio
 I = idade (em anos)
 G = área basal em m²/ha
 log = logaritmo natural
 b₀, b₁, b₂, b₃ = coeficientes de regressão a serem estimados.

A curva do incremento corrente anual (ICA) ou taxa de incremento da FIGURA 1 é obtida da derivada primeira da função de crescimento acumulado:

$$(\delta V / \delta I) / V = -b_2 \cdot I^{-2} + b_3 \{ (\delta G / \delta I) / G \} \quad (2)$$

Onde:

$\delta V / \delta I$ = taxa de incremento do volume (ICA_V)
 $\delta G / \delta I$ = taxa de incremento da área basal (ICA_G)
 I = idade
 G = área basal
 V = volume

Assim de modo inverso a integral da função de incremento corrente anual fornece a função de produção em volume.

$$\log(V) = \int_0^I (\text{taxa de crescimento}) \delta V$$

A curva de aceleração do crescimento (não mostrada na FIGURA 1) é obtida pela segunda derivada da função de crescimento acumulado:

$$(\delta V / \delta I) \cdot (-V^{-2}) = -2b_2 \cdot I^{-3} - b_3 (\delta G / \delta I) \cdot G^{-2} \quad (3)$$

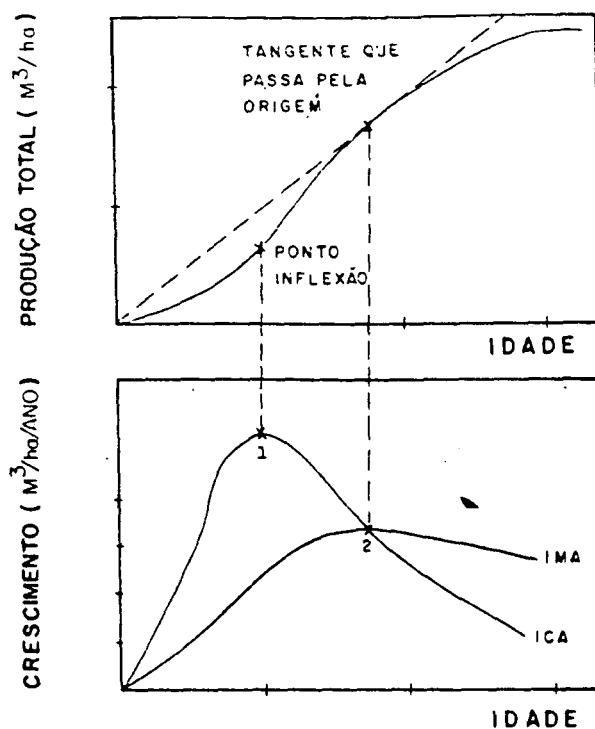


FIGURA 1: Crescimento acumulado do volume e os incrementos corrente e médio anual

O incremento médio anual (IMA) da FIGURA 1 é obtido da seguinte forma:

$$IMA = V/I = \exp(b_0 + b_1 \cdot S + b_2 / I + b_3 \cdot \log(G)) / I \quad (4)$$

O ponto de máximo do IMA é aquele onde sua derivada é igual a zero e coincide com o ponto onde uma tangente partindo da origem (tangente máxima) na FIGURA 1 toca a curva de produção.

$$\left[-b_2 / I^2 + b_3 (\delta G / \delta I) / G \right] - \left[b_0 + b_1 S + b_2 / I + b_3 \log(G) \right] / I = 0 \quad (5)$$

Verifica-se que a taxa de crescimento aumenta rapidamente

até um máximo que coincide com o ponto de inflexão na curva de crescimento acumulado e com o zero da taxa de aceleração. Durante a maturidade e a senescência, a taxa de crescimento decresce com mudanças relativas na aceleração. Verifica-se ainda que a curva de incremento médio anual decresce mais suavemente que a curva de incremento corrente anual.

É importante ressaltar que o cruzamento das curvas de ICA e IMA é um ponto de referência que tem servido como base de manejo para muitos florestais, por exemplo para efetuar desbastes, já que, este ponto representa a máxima produção em volume, e define a rotação silvicultural. Em contrapartida a este raciocínio, existe uma linha de manejo para a qual este ponto é irrelevante, e portanto o manejo de plantações deve ser conduzido de tal maneira que se obtenha multiprodutos em quantidades apropriadas, de maneira economicamente eficiente e sem detrimento das condições ambientais.

A partir da curva que representa o incremento, ou ainda da curva de crescimento acumulado é que funções de crescimento e da produção devem ser estabelecidas, podendo ser funções empíricas (como a apresentada anteriormente), ou provenientes de algum conceito fundamental, como as funções biológicas.

RICHARDS¹⁰⁷ estudando o crescimento de plantas, utilizou uma função de crescimento de animais desenvolvida por Von Bertalanffy em 1941 e 1957 e desenvolveu uma série de considerações que possibilitaram a generalização desta função de crescimento. Posteriormente Chapman em 1960, estudando o crescimento de peixes chegou às mesmas conclusões de Richards. Este modelo foi introduzido no meio florestal por Turnbull em

1963. A partir de então uma série de trabalhos foram desenvolvidos com esta função, tanto para estudos de crescimento e produção, como para classificação de sítios, como pode ser observado em trabalhos desenvolvidos por PIENAAR¹⁰⁰, PIENAAR e TURNBULL¹⁰³, RAWAT e FRANZ¹⁰⁵, BRICKEL^{20,21}, CAMPOS³³, SCOLFORD e MACHADO¹¹², MACHADO⁸³, dentre outros.

Com o desenvolvimento social e industrial houve maior demanda por produtos advindos do setor florestal, o que impulsionou o desenvolvimento de modelos de distribuição por classe diamétrica e posteriormente os modelos de produção para árvores individuais.

Os modelos de produção por classe diamétrica propiciam informações detalhadas do povoamento ao nível de classes de diâmetro sempre que seja estabelecida uma boa rede de parcelas ou unidades amostrais.

Este sistema prediz o número de árvores/ha/classe de DAP. Estes dados são então utilizados em conjunto com equações que estimam a altura média por classe de DAP, o volume e/ou função de forma de árvore individual, para calcular a produção por classe de DAP, por hectare e eventualmente o sortimento.

As equações utilizadas para predizer as frequências por classe e as alturas médias das classes, geralmente utilizam como variáveis independentes: idade, índice de sítio e número total de árvores vivas por ha, as quais, são por sua vez, preditas por modelos específicos.

O desenvolvimento de um modelo de sobrevivência é um dos pontos fundamentais para que se possa fazer a simulação da distribuição diamétrica, CLUTTER et al⁴⁷. Para tal é necessário

que o povoamento esteja sujeito a tratamentos silviculturais periódicos e bem feitos, de maneira que a mortalidade das árvores seja função da qualidade do local e da competição entre elas. Naquelas situações onde a mortalidade é influenciada também pela deficiência de tratamentos culturais, ataque de insetos, etc, não se pode ter segurança na utilização de um modelo de sobrevivência, pois outros fatores que não o sítio e a densidade estão influenciando-a.

A grande vantagem dos modelos por classe diamétrica, é o maior detalhamento na predição do porte das árvores do povoamento, o que facilita o planejamento da produção florestal e a simulação de uma série de opções silviculturais. Pode-se então otimizar o rendimento do povoamento utilizando-se das estimativas dos multiprodutos por classe de tamanho.

Uma variação do modelo por classe diamétrica é o modelo híbrido em que certos atributos médios do povoamento são usados para recalcular os parâmetros da função de densidade de probabilidade, que distribui aqueles atributos por classe de DAP. Neste caso, a média do povoamento e o modelo de distribuição diamétrica são compatíveis. Este conceito foi primeiramente utilizado por HYINK⁶⁷.

A medida em que o setor florestal vai se desenvolvendo, mais e mais as práticas de desbastes tornam-se imprescindíveis, e uma série de trabalhos vêm sendo realizados desde há muitos anos em populações que sofrem desbastes.

Entretanto, o uso de funções de distribuições em populações desbastadas, visando a predição futura da produção e do crescimento e que ainda envolvam desbastes, é de aplicação bem

mais recente, como pode ser verificado em trabalhos de MATNEY e SULLIVAN⁸⁶, CAMPOS e TURNBULL³⁶, CAO, BURKHART e LEMIN³⁸, KNOEBELL, BURKHART e BECK⁷⁵, SMITH e HAFLEY^{119,120}, BALDWIN e FEDUCIA¹⁰, LENHART^{77,78}, dentre outros. Também em modelos para o povoamento todo, pode-se verificar trabalhos desenvolvidos por BAILEY e WARE⁷, e BAILEY, BORDERS, WARE e JONES JR⁸, a partir dos quais pode-se obter a distribuição por classe de diâmetro.

Segundo CLUTTER et al⁴⁷, com o progresso das técnicas de computação, modelos de crescimento baseados em árvores individuais começam a ser mais implementados. A distinção básica entre este modelo e aquele por classe de diâmetro, é que este último fornece como resposta informações por classe de diâmetro, a partir das informações de entrada (inputs), que são as estatísticas globais do povoamento.

Os modelos para árvores individuais podem ser classificados em independentes da distância e, dependentes da distância.

O primeiro pode ter como referência básica os trabalhos de CLUTTER e JONES⁴⁶, ALDER¹ e CLUTTER e ALLISON⁴³.

De forma resumida, necessitam como dados de entrada mais importantes, informações sobre árvores individuais, não estando incluídas quaisquer informações sobre a distância (espaçamento) entre árvores.

As informações necessárias no sistema de equações, são o número de árvores/ha e a altura média por classe de diâmetro obtidas da tabela de estoque do povoamento, assim como, a idade e o índice de sítio do povoamento. Existem três componentes dominantes neste tipo de modelo:

- Função de crescimento em diâmetro da árvore.

- Função de incremento em altura da árvore.
- Função de sobrevivência da árvore.

O ponto básico deste modelo, é que as equações que o compõem, são utilizadas para gerar tabelas de estoque futuros do povoamento a partir das atuais.

Já o modelo para árvore individual dependente do espaçamento, pode ter como referenciais básicos, os trabalhos desenvolvidos por DANIELS e BURKHART⁵⁰, DANIELS et al⁵¹, BAILEY⁴, BURKHART et al²⁹.

De forma sucinta, estes modelos necessitam como dados de entrada mais importantes, uma relação de árvores. São consideradas todas as árvores para as quais o crescimento está sendo projetado. As informações fornecidas por cada árvore tipicamente incluem DAP, altura, às vezes a razão da copa ou diâmetro da copa, e um par de coordenadas X-Y. Estas especificam a localização da árvore dentro da área que constitui a parcela para projeção do crescimento.

A projeção do crescimento de tais modelos geralmente é como a apresentada a seguir:

É calculado um índice de competição para cada árvore. O valor deste índice é geralmente função do tamanho das árvores envolvidas e da distância para a árvore vizinha competidora mais próxima. A identificação desta árvore vizinha competidora, requer uma pesquisa separada da lista da árvore, para cada uma das árvores envolvidas.

A probabilidade de ocorrer mortalidade é calculada em função do valor do seu índice de competição.

Estas probabilidades são definidas em relação a um período

de crescimento pré-fixado. A decisão é então feita a respeito da sobrevivência de cada árvore. Esta decisão é baseada na geração de números aleatórios. As árvores mortas são então, retiradas da relação das árvores estabelecidas no início do procedimento.

Após o "status" competitivo de cada árvore ter sido avaliado, o seu crescimento periódico é estimado. Então a característica que está sendo considerada, pode ser volume, peso, etc, é somada ao volume atual daquela árvore. O período de projeção envolvido é geralmente bastante curto, um ano.

Os passos descritos acima são repetidos iterativamente, até a projeção ser obtida.

2.2. COMPARAÇÃO E PECULIARIDADES DOS DIFERENTES MODELOS DE PREDIÇÃO DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO

Estudos desenvolvidos por DANIELS et al⁵² em Pinus taeda, efetuando análise comparativa entre modelo a nível de povoamento, modelo por classe diamétrica e modelo para árvores individuais, mostraram que os três tipos de modelos propiciaram estimativas acuradas da produção indicando, que a escolha do modelo de produção depende basicamente do nível de detalhamento que se quer.

BURKHART et al²⁸, comentando sobre o nível de detalhamento dos vários modelos, enfatizam que aqueles a nível de povoamento devem ser aplicados quando se deseja estimativas gerais da população. O modelo não fornece elementos para que se proceda a avaliação econômica das várias opções de utilização dos produtos florestais, além de serem inflexíveis para analisar desbastes a serem simulados no povoamento.

Os modelos de distribuição por classe diamétrica, possibilitam a avaliação econômica de produtos discriminados por classe de tamanho, além de serem bem mais flexíveis para analisar desbastes, a serem simulados no povoamento.

Já os modelos por árvore individual, apresentam um máximo detalhamento e flexibilidade, para avaliar opções de utilização e tratamentos no povoamento.

2.3. TENDÊNCIAS NA TEORIA DA MODELAGEM

A teoria da modelagem segundo BURKHART²⁷ continua envolvente e aumentando em sofisticação a medida em que novas técnicas estatísticas e avanços na área de computação vêm sendo incorporados aos problemas de crescimento e produção.

Dentre as várias tendências, no estudo do crescimento e produção, existe um interesse muito grande em relação aos procedimentos em que o volume a nível de povoamento, área basal e outras características, são primeiramente estimadas, sendo particionados (desagregados) em classes de tamanho ou possibilitando informações para árvores individuais.

Este procedimento apresenta como vantagem o fato dos volumes em todos os níveis serem condicionados ao volume do povoamento todo, e tem como desvantagem a característica de que os efeitos dos regimes de manejo não são facilmente incorporados no modelo a nível de povoamento.

Uma outra tendência é aquela advinda do trabalho desenvolvido por Daniels em 1961, citado em BURKHART²⁷, comumente chamado de engavetamento ou agregação, em que é

desenvolvido um modelo altamente detalhado a nível de povoamento e seus componentes são desdobrados em torno desta estrutura comum, para fornecer modelos compatíveis estruturalmente em cada estágio inferior (menor) da resolução.

Também os modelos biológicos, que têm grande generalidade, utilidade e inspiram confiança em parte dos usuários, vêm sendo muito utilizados.

Com relação aos procedimentos para estimar os parâmetros da regressão, pode-se citar a técnica de regressão não linear que hoje, devido à grande disponibilidade de "software" nesta área é amplamente usada no ajuste dos modelos de crescimento e produção.

Sabe-se que os modelos de crescimento empregam um conjunto de equações para descrever o desenvolvimento do povoamento. Geralmente as equações individuais são ajustadas por método de mínimo quadrado. Entretanto, este ajuste pode não ser totalmente satisfatório, já que uma mesma variável pode ser dependente num modelo e independente em um outro do mesmo sistema. Além do mais, certos coeficientes de uma equação podem ser usados funcionalmente como coeficientes em outra equação, e ainda resíduos provenientes de várias equações do mesmo sistema podem ser correlacionados.

Por causa destas considerações, existe um crescente interesse no tratamento dos modelos de crescimento como um sistema de equações onde todos os coeficientes são estimados simultaneamente.

O uso de tal procedimento pode ser verificado em MURPHY e STERNITZKE⁹², MURPHY e BELTZ⁹⁰ que, usando métodos econométricos efetuaram ajustes usando regressão em três estágios para estimar

o volume presente, futuro e área basal futura. Em BORDERS e BAILEY¹⁸, pode-se verificar o uso de vários procedimentos econométricos. A maior eficiência foi para o método da regressão em três estágios com restrição, por ocasião do ajuste dos parâmetros de um sistema de equações compatíveis que faz a predição do crescimento e produção em volume, área basal e a altura dominante.

SULLIVAN e CLUTTER¹²³ usam o método da máxima verossimilhança, na tentativa de eliminar o efeito da autocorrelação ocasionada por dados oriundos de parcelas remedidas. MURPHY⁸⁹ usa a regressão em três estágios para o ajuste simultâneo de modelos não lineares. Gregoire em 1987, citado por BURKHART²⁷ também faz uso da econometria para gerar ajuste simultâneo dos coeficientes das equações que compõem o seu sistema de trabalho. Usando um caminho diferente, BURKHART e SPRINZ³² e KONDEBELL et al⁷⁵ ajustaram equações compatíveis para predição futura do volume e área basal, utilizando um ajuste simultâneo que procura minimizar o erro padrão das funções.

Muitos são os métodos disponíveis para o ajuste simultâneo dos parâmetros das equações de um sistema, entretanto, Burkhart em 1986, citado por BURKHART²⁷, considera que deve-se ter em mente vários pontos.

Um primeiro é que a finalidade de um sistema de crescimento e produção é efetuar estimativas e muito poucos trabalhos têm sido feitos para ilustrar a performance dos sistemas cujo ajuste dos parâmetros é simultâneo. Uma segunda consideração, é que estimativa simultânea envolve um compromisso, em que nenhum dos componentes do sistema é ajustado tão bem como se o fosse

individualmente. Outro fato que deve ser considerado é que muitas das técnicas econométricas foram desenvolvidas para determinada hipótese de trabalho e elas podem não ser completamente apropriadas a sistemas biológicos onde o objetivo é a predição.

Muitos outros problemas devem ser considerados, como aquela situação em que se está interessado num sistema que envolve componentes ou restrições não lineares. Neste caso, o sistema gerado para ajuste simultâneo dos parâmetros torna-se muito complexo. O tamanho da amostra pode ser um outro problema, pois embora propriedades estatísticas assintóticas tenham sido estabelecidas para muitos procedimentos econométricos, estes podem ser limitados pelo fato de que as propriedades das pequenas amostras são frequentemente desconhecidas.

De maneira geral, BURKHART²⁷, conclui que segundo sua experiência pessoal, é muito mais importante a especificação do modelo de crescimento e produção, do que os procedimentos para estimar os parâmetros, já que estes procedimentos considerados envolvem basicamente a minimização ao quadrado médio do erro das funções.

Outras tendências na modelagem referem-se a incorporação da variação estocástica, que tem sido limitada a ser um componente dos simuladores do povoamento, tipicamente em trabalhos de mortalidade e crescimento.

A estimativa do erro é outro ponto de grande interesse, assim como, a realimentação que Turnbull, em 1978, citado por BURKHART²⁷ menciona como sendo necessário nos modelos de crescimento e produção, para corrigir as estimativas, devido à flutuações nas condições ambientais e na operacionalização dos

tratamentos.

O mesmo autor cita que em 1984 Munro afirmou que a 3ª geração dos modelos de crescimento e produção podem ser caracterizados pela realimentação. Definindo este conceito, diz que a realimentação (Feedback) é um sistema por meio do qual um modelo é capaz de monitorar os resultados de sua própria estimativa, comparando-os com as informações reais, fazendo ajustes e correções para a projeção dos ciclos subsequentes.

2.4. DISTRIBUIÇÃO DIAMETRICA

Segundo BAILEY e DELL⁶, a distribuição dos diâmetros é o mais poderoso fator para retratar as propriedades das árvores de um povoamento. O diâmetro é geralmente bem correlacionado com variáveis importantes do povoamento, tais como: volume, área basal, sortimentos, avaliações de custos, etc.

Conforme CAO et al³⁸, as distribuições diamétricas em povoamentos de mesma idade têm sido modeladas com várias funções de densidade de probabilidade, dentre elas, a série de Gram Charlier (Meyer 1928, 1930; Schumacher 1928, 1930; Schunur 1934), a curva de crescimento modificada Pearl-Reed (Osborne e Schumacher 1935; Nelson 1964), as curvas Pearsonian (Schunur 1934).

Além destas, outras importantes distribuições, vêm sendo usadas no meio florestal para especificar a distribuição dos diâmetros, como a distribuição logarítmica normal com três parâmetros conforme BLISS e REINKER¹⁷, a distribuição Gamma, conforme NELSON⁹⁶, a distribuição Beta segundo CLUTTER e

BENNETT⁴, a distribuição Weibull por BAILEY e DELL⁶, a distribuição SB de Johnson por HAFLEY e SCHREUDER⁶⁴, a distribuição SBB de Johnson por SCHREUDER e HAFLEY¹¹⁴.

No Brasil, alguns trabalhos detalhados a seguir vêm fazendo uso de parte destas distribuições, efetuando-se comparações entre elas para diferentes espécies florestais.

Foi FINGER⁵⁹, que utilizando o programa MLESD (Maximum Likelihood Estimation For Selected Distributions) desenvolvido por SCHREUDER et al¹¹³, quem primeiro efetuou comparações entre as distribuições Weibull, Beta, Gama, Normal, Log-normal e SB de Johnson, em parcelas instaladas em plantios de Acacia mearnsii, visando selecionar o modelo que melhor descreva sua distribuição diamétrica. Este autor concluiu que a distribuição SB foi a que melhor se ajustou ao conjunto de dados, nas idades estudadas. No entanto verificou que também a distribuição beta e de uma forma mais limitada, a distribuição Weibull se ajustaram bem em algumas das idades consideradas, sem no entanto apresentarem a mesma eficiência no ajuste que a SB de Johnson.

Posteriormente, COUTO⁴⁸ fazendo uso do MLESD, fez comparações entre as mesmas distribuições citadas anteriormente, para parcelas provenientes de plantios de Pinus caribaea var. caribaea. Concluiu ser a Weibull a distribuição que melhor espelha a distribuição dos diâmetros das árvores contidas nas parcelas analisadas, seguido pela distribuição normal e pela beta.

Em 1986 GLADE⁶¹ usando o MLESD modificado para uso em microcomputadores e trabalhando com prognose presente e futura da produção, para Eucalyptus grandis, concluiu que as distribuições

de melhor desempenho foram a Weibull e a SB, com a vantagem dos parâmetros da Weibull serem correlacionados com a idade do povoamento, enquanto a SB não o é. Assim, concluiu que a distribuição Weibull se presta com mais eficiência aos estudos de projeção futura da produção do que a distribuição SB.

KNOEBELL et al⁷⁵, fazendo uma comparação entre a distribuição Beta e a distribuição Weibull, enfatiza que a distribuição Beta é muito flexível, assumindo a forma de uma série de distribuições e apresenta ainda uma função de densidade de probabilidade tendo limites finitos os quais restringem todos os diâmetros dentro de seus limites inferior e superior. A desvantagem da distribuição é que a função de densidade de probabilidade deve ser numericamente integrada para obter a probabilidade sobre vários intervalos da variável aleatória, isto é, para obter a proporção de árvores em cada classe de diâmetro, uma vez que a função de distribuição (cumulativa) não existe na forma fechada (closed).

Já com relação a distribuição Weibull, os mesmos autores afirmam, que mais recentemente, esta tem sido amplamente aplicada para descrever a distribuição dos diâmetros, o que também é enfatizado por ZARNOCH e DELL¹³⁰. A função de densidade de probabilidade é flexível nas formas que assume, os parâmetros são razoavelmente fáceis de serem estimados, a função de distribuição existe na forma fechada. Este fato elimina a necessidade de se fazer integração numérica a cada vez que se quer saber a proporção de árvores, existentes numa determinada classe diamétrica, sendo esta a sua maior vantagem sobre a distribuição Beta.

BAILEY e DELL⁶ enfocando as qualidades da distribuição Weibull, dizem que muitos modelos têm sido propostos para explicar a distribuição dos diâmetros, mas nenhum exibe características desejáveis como a Weibull. Além disso, os diversos procedimentos para estimar os parâmetros desta distribuição permitem a seleção apropriada para as diferentes capacidades dos equipamentos de computação existentes. Uma outra boa característica é que a simplicidade de manipulações algébricas e a habilidade para assumir uma variedade de formas podem fazer a distribuição Weibull ser usada com sucesso para outros modelos biológicos.

Segundo BURK e NEWBERRY²⁵, a distribuição Weibull tem sido usada como modelo numa ampla variedade de aplicações florestais. Todavia, uma das mais populares aplicações é como modelo para expressar a distribuição dos diâmetros das árvores.

Neste âmbito, uma importante aplicação da função de distribuição Weibull é como componente de sistemas de predição presente e futura da produção, seja em volume, área basal ou qualquer outra característica de interesse.

Segundo HYINK⁶⁷, é a Clutter e Bennett em 1965 que é creditada a introdução nos EUA do procedimento de distribuição dos diâmetros em classes para predição da produção. A partir de então uma série de trabalhos foram publicados para viabilizar esta técnica em povoamentos de mesma idade, como aqueles de BURKHART e SPRINZ³², HARRISON et al⁶⁶, BURK e BURKHART²⁴, AMATEIS et al², CAO et al³⁸, GLADE⁶¹, SCHEREUDER e HAFLEY¹¹⁴, HYINK⁶⁷, HYINK e MOSER⁶⁸, KNOEBELL et al⁷⁵, LOHREY e BAILEY⁸¹, MATNEY e SULLIVAN⁸⁶, CLUTTER et al⁴⁵, LENHART⁷⁸, HAFLEY et al⁶⁵, SMITH e

HAFLEY¹²⁰, SILVA e BAILEY¹¹⁷, dentre muitos outros.

Basicamente existem dois procedimentos para estimar os parâmetros de uma função de densidade:

- . os modelos de predição dos parâmetros
- . o modelo de obtenção iterativa dos parâmetros.

Segundo HYINK⁶⁷ os modelos de predição dos parâmetros podem ser subdivididos em:

- Idades integradas (Integrated - time): quando se efetua projeções para povoamentos com mesma idade.

- Idades diferenciadas (Time - differentiated): quando os parâmetros que especificam as distribuições de diâmetro futuras são estimados para povoamentos multiâneos.

Segundo o mesmo autor, nos modelos "idades integradas" as equações de predição do número de árvores e dos parâmetros da função de densidade são desenvolvidas usando dados coletados em parcelas temporárias e/ou permanentes com idade, índice de sítio e densidade do povoamento conhecidos. Os parâmetros da função de densidade de probabilidade são estimados, sendo então relacionados com a idade, altura média das árvores dominantes e codominantes e número de árvores sobreviventes ou área basal por unidade de área do povoamento.

Já em populações multiâneas, por causa do conceito de idade, índice de sítio e densidade inicial da população florestal serem nebulosos, o modelo de predição dos parâmetros, tal como o descrito acima, é inapropriado, utilizando-se portanto do modelo "idades diferenciadas". Embora existam dificuldades para estabelecer índice de sítio em povoamentos de idade indeterminada, o número de árvores e os parâmetros da

distribuição em qualquer ocasião no tempo (t) são obtidos através do acréscimo das suas contínuas mudanças (incremento) desde uma idade inicial (t₀). Assim o modelo de "idades diferenciadas" envolve acumulação das mudanças no número de árvores e parâmetros da função de densidade de probabilidade com a passagem do tempo. Estas mudanças ou estes incrementos são relacionadas com as variáveis do povoamento que são conceitualmente consistentes com a silvicultura de populações compostas de árvores com diferentes idades.

O segundo procedimento de obter os parâmetros de uma distribuição é através do processo iterativo (recálculo) dos parâmetros. HYINK⁶⁷ propôs um método alternativo de formulação, de um sistema de projeção da produção, em que certos atributos do modelo, a nível do povoamento, são usados para recalcular os parâmetros de uma função de densidade de probabilidade, os quais distribuem aqueles atributos por classe de diâmetro. Neste caso, a média do povoamento e o modelo por classe diamétrica são compatíveis.

Considere como exemplo a situação onde os parâmetros de uma distribuição qualquer são conhecidos. Para a Weibull deve-se conhecer os parâmetros "a" (locação), "b" (escala da distribuição) e "c" (forma), de um povoamento contendo "N" árvores por hectare. Assim a área basal por ha (G) pode ser calculada como:

$$G = E(kN(x^2)) = kNcb^{-1} \int_a^{\infty} [x]^2 \cdot [(x-a)/b]^{c-1} \cdot e^{-[(x-a)/b]^c} dx$$

$$= kN[a^2 + 2ab\Gamma(1 + 1/c) + b^2\Gamma(1 + 2/c)] \quad (6)$$

Onde:

$E(X)$ = denota a expectativa matemática da variável X
 Γ = função Gama
 K = $\pi / 40000$ se a área basal é expressa em m^2/ha .

Este procedimento vem sendo utilizado por FRAZIER⁶⁰, MATNEY e SULLIVAN⁸⁶, MATNEY et al⁸⁷, CAO³⁷, KNOEBEL et al⁷⁵, BURK e BURKHART²⁴, LENHART⁷⁷, HYNK E MOZER⁶⁸.

Segundo BURK e NEWBERRY²⁵, ao invés do uso de funções empíricas para prever os parâmetros da função de densidade de probabilidade (f.d.p.), como no primeiro procedimento, os parâmetros são recalculados usando-se de estimativas dos atributos do povoamento, os quais podem ser expressos em termos da distribuição de diâmetro. Os primeiros dois momentos não centrais do DAP são exemplos que têm interpretação direta. Funções significativas e precisas para estimá-los são freqüentemente disponíveis, formando assim a base do sistema de projeção da produção.

EK et al⁵⁷, STRUB e BURKHART¹²² discutem problemas relacionados ao recálculo dos parâmetros. Frazier em 1981 conforme citação de KNOEBELL et al⁷⁵ efetuou estudos sobre como obter os parâmetros da distribuição Weibull e Beta e encontrou problemas de convergência quando se usa a distribuição Weibull com três parâmetros. Contudo, obteve resultados muito bons com a função Weibull reduzida para dois parâmetros, sendo o parâmetro "a" estimado separadamente por alguma função específica, o que foi confirmado nos trabalhos de CAO et al³⁸, BURK e BURKHART²⁴, KNOEBEL et al⁷⁵ e LENHART⁷⁷.

Segundo BURK e NEWBERRY²⁵, uma das vantagens do procedimento de recálculo dos parâmetros em relação a estimativa dos mesmos é

que a sensibilidade dos parâmetros da função de densidade à pequenas mudanças nos atributos do povoamento é mais evidente.

Com a Weibull de três parâmetros existe uma grande sensibilidade a pequenas mudanças nas predições dos momentos. Isto é particularmente verdadeiro em relação ao primeiro momento de μ_1 . Assim, deve-se ser cuidadoso na formulação das equações de predição dos momentos. Por exemplo, é necessário que os momentos estimados sejam consistentemente no sentido que:

$$\mu_1 \leq (\mu_2')^{1/2} \leq (\mu_3')^{1/3}.$$

Reforçando esta condição, em HAFLEY e SCHREUDER⁶⁴ encontra-se, que para valores especificados de μ_1 e μ_2 a faixa de possibilidades para μ_3 é bastante estreita (reduzida).

Embora μ_1 e μ_2 sejam facilmente interpretados, já que μ_1 corresponde ao diâmetro médio aritmético e μ_2 corresponde ao diâmetro médio quadrático ao quadrado, μ_3 não é de fácil interpretação no contexto florestal. Portanto, na aplicação da modelagem da distribuição de diâmetro pode frequentemente ser possível substituir o terceiro momento μ_3' pela combinação dos dois primeiros momentos não centrais que são de fácil interpretação, BURK e NEWBERRY²⁵. Na situação em que uma equação de volume para árvores individuais em função do DAP (gera tabelas de volume de simples entrada) seja disponível como em MATNEY e SULLIVAN⁸⁶ e HYINK e MOSER⁶⁸ então um "momento-volume" pode ser obtido.

2.5. MODELAGEM EM POPULAÇÕES SUJEITAS A DESBASTES

A generalização dos modelos de crescimento e produção para

efetuar predições tanto em povoamentos desbastados como em povoamentos não desbastados tem se tornado uma necessidade cada vez mais premente.

Três foram os caminhos adotados para representar os desbastes num sistema de produção. Um primeiro adotado por BAILEY e WARE⁷, BAILEY et al⁸, PIENAAR e SHIVER¹⁰², MURPHY e FARRAR⁹¹ que consiste em embutir dentro da expressão de produção em área basal, variável independente que possibilite refletir o tipo e método de desbaste, fornecendo informações globais do povoamento. A partir destas informações globais e utilizando a metodologia proposta por HYINK⁶⁷ pode-se gerar informações por classe diamétrica.

Uma ilustração deste tipo de procedimento é o modelo desenvolvido por BAILEY e WARE⁷ onde estes autores partem do modelo de área basal desenvolvido por CLUTTER⁴¹ e mais tarde refinado por SULLIVAN e CLUTTER¹²³.

$$G_2 = G_1^{(I_1/I_2)} \cdot \exp [(1 - (I_1 / I_2)) \cdot (a_1 - a_2 (S))] \quad (7)$$

Onde G_2 é a área basal projetada para a idade I_2 , G_1 a área basal na idade I_1 , S índice de sítio, \exp exponencial e a_1 e a_2 são coeficientes da regressão a serem estimados.

BAILEY e WARE⁷ estenderam este modelo incluindo um termo em desbaste:

$$G_2 = G_1^{(I_1/I_2)} \cdot \exp[a_1(1 - (I_1 / I_2)) + a_2 \cdot X \cdot ((1 / I_2) - (1 / I_1)) / (I_t \cdot I_2) + a_3 (S) \cdot (1 - (I_1 / I_2))] \quad (8)$$

Onde "a₂" é outro coeficiente a ser estimado, $X = X_a$ ou X_t para o mais recente desbaste, I_t é a idade do mais recente desbaste.

O termo que expressa desbaste X pode ser definido como:

$$X_t = 1 - (D_t / D_b) \quad \text{Se } D_t / D_b < 0 \quad (9)$$

$$X = 0 \quad \text{Se } D_t / D_b = 0$$

Ou:

$$X_a = (D_a / D_b) - 1$$

Onde D_b é o diâmetro médio quadrático do povoamento antes do desbaste, D_a é o diâmetro médio quadrático das árvores do povoamento após o desbaste, D_t é o diâmetro médio quadrático das árvores desbastadas do povoamento. Ambas as variáveis X_t e X_a são negativas quando o desbaste ocorre nas maiores classes de diâmetro, positivas quando o desbaste é realizado nas menores classes de diâmetro e zero quando o desbaste não influencia o diâmetro médio ou quando ele não é realizado.

Testes efetuados por MURPHY e FARRAR⁹¹, consideram que o modelo de projeção em área basal embutindo a expressão de desbaste, representa um avanço conceitual no estudo de modelagem. Os mesmos autores, enfatizam que o trabalho desenvolvido por PIENAAR e SHIVER¹⁰² (comparam um modelo de crescimento em área basal, que incorpora a idade em que o desbaste ocorre e a intensidade do desbaste, com o mesmo modelo de área basal mas sem a expressão de desbaste) é um caminho que deve levar a uma série de proposições futuras.

Um segundo caminho para representar as estimativas em

povoamentos sujeitos a desbastes é aquele utilizado por CAO et al³⁸, MATNEY e SULLIVAN⁸⁶ que utilizam a distribuição Weibull em sua forma truncada ou em HAFLEY e BUFORD⁶³, SMITH e HAFLEY^{119,120}, que utilizam a distribuição SBB bivariada, que é duplamente truncada em função dos diâmetros e das alturas.

Segundo FARRAR⁵⁸, poucos modelos de projeção de tabela de estoque e povoamento são disponíveis, para avaliar povoamentos desbastados, devido as dificuldades em especificar como o desbaste afeta a distribuição dos diâmetros.

Como exemplo, deste segundo caminho pode-se apresentar o procedimento adotado por CAO et al³⁸, considerando sobre a distribuição de diâmetro de um povoamento que sofre desbaste seletivo em suas piores árvores.

Como a distribuição utilizada é a de Weibull, se o parâmetro "a" (expressa a locação) do povoamento é maior ou igual ao diâmetro desbastado (Ddesb.) então a função Weibull em sua forma completa é usada para descrever a distribuição dos diâmetros. Caso contrário (a < Ddesb.) então a Weibull truncada é a mais apropriada, sendo Ddesb. o ponto de truncamento.

Pelo método desenvolvido por HYINK⁶⁷ a Weibull na forma completa pode ser resolvida por:

$$b = (\bar{D} - a) / \Gamma(1 + 1 / c) \quad (10)$$

Onde:

Γ = função gamma a ser avaliada em X

A área basal pode ser obtida da expressão (11)

$$G = 0,00007854 N \sum_{X_i=1}^{\infty} X_i^2 f_i \quad (11)$$

Onde:

G = área basal por unidade de área
 N = número de árvores por unidade de área
 X_i = valor central da classe de diâmetro i
 f_i = proporção de árvores na itésima classe de DAP

Quando a Weibull truncada é usada a equação (10) é substituída por:

$$D = a + \int_{(Ddesb-a)}^{\infty} \frac{x(c/b)(x/b)^{c-1} \cdot \exp[-(x/b)^c]}{1 - F(Ddesb)} \delta x \quad (12)$$

ou:

$$\bar{D} = a + \frac{b}{1 - F(Ddesb)} \cdot [(1 + (1/c)) - \int_0^{((Ddesb-a)/b)^c} y^{1/c} \cdot \exp(-y) \delta y] \quad (13)$$

Onde:

$$F(x) = 1 - \exp\{-[(x-a)/b]^c\} \quad (14)$$

Os procedimentos para encontrar os parâmetros da Weibull truncada são similares àqueles descritos na seção 2.4. O parâmetro forma é obtido através da equação (11). Para cada valor estimado de "c", o parâmetro escala (b) é obtido proveniente de (13).

Uma terceira possibilidade pode ser encontrada em KNOEBELL et al⁷⁵ e BALDWIN e FEDUCCIA¹⁰, onde a expressão que quantifica o que irá ser retirado do povoamento é independente do

modelo de predição e da função de distribuição.

Neste caso se faz a predição da distribuição diamétrica e imediatamente antes de efetuar o desbaste, utiliza-se uma determinada expressão, que quantifique o que saiu do povoamento. É também possível a utilização de modelos estocásticos, nos quais, árvores em cada classe de DAP são possibilidades assinaladas de serem removidas, e são cortadas ou abandonadas em cada operação de desbaste, dependendo dos valores de números gerados aleatoriamente. Após a quantificação do que foi removido no desbaste, se faz a predição da distribuição dos diâmetros das árvores remanescentes.

KNOEBELL et al⁷⁵ tecendo considerações sobre os modelos de crescimento e produção para povoamentos que sofrem desbastes, sugerem que o desenvolvimento de uma teoria generalizada do crescimento e do estoque de crescimento (produção), que considere mudanças nestas relações pode significar um passo a frente na metodologia de modelagem. Os mesmos autores sugerem que a redefinição de funções, que expressem a remoção da área basal, usadas em povoamentos sujeitos a desbastes pode resultar num grande avanço da teoria de modelagem.

HAFLEY e BUFORD⁶³ enfatizam que uma das mais procuradas ferramentas pelo manejador florestal é um modelo de crescimento e produção para estimar o impacto das estratégias das alternativas de manejo.

2.6. PLANEJAMENTO FLORESTAL

A medida em que o gerente florestal se ocupa simultaneamente em conceber o modo de executar um determinado programa de

plantio, em regular a produção e em explorar árvores nos diversos povoamentos, torna-se indispensável uma hábil coordenação, dadas as complexas inter-relações que afetam o sistema produtivo. Neste caso o máximo requinte verifica-se quando se investigam as interações de todo um grupo de sistemas.

Nas técnicas modernas segundo JOHNSTON et al⁷⁴ consideram-se mais pormenorizadamente as variáveis relacionadas com uma situação específica. Assim, o tratamento eletrônico dos dados proporciona maior amplitude no tratamento das informações do que os métodos tradicionais de gabinete. A investigação operacional, recorrendo a modelos matemáticos variados, inclusive a simulação de situações temporais complexas, ocupa-se das interações entre as atividades envolvidas no processo produtivo, propiciando considerações muito mais claras do que quaisquer regras gráficas ou soluções baseadas principalmente na experiência.

A seguir no QUADRO 1, apresenta-se uma classificação das técnicas de planejamento mostrando sua aplicação no domínio florestal conforme JOHNSTON et al⁷⁴.

De modo geral os mesmos autores mostram a existência de duas técnicas de planejamento:

. As soluções dos manuais e em menor escala, das tabelas de cálculo expedito, que fornecem exemplos a serem utilizadas nos problemas existentes.

. A pesquisa operacional através da qual se pode levar em conta as inter-relações entre um conjunto de diversos fatores, uma vez que se trata de uma técnica de planejamento por excelência.

Esta segunda técnica aplica-se geralmente aos estudos que

englobam um grande número de variáveis e a uma série de possíveis opções, como diferentes práticas de manejo. O objetivo consiste em procurar uma solução ótima para o sistema como um todo, ao invés de otimizações separadas de cada parte que constitui o sistema.

QUADRO 1: Classificação das técnicas de planejamento.

TECNICA	SOLUCOES	APLICACAO EM SILVICULTURA	EXEMPLOS
1. Experiencia anterior ou de costume	Solucoes convencionais permitindo escasso ajustamento a realidade das situacoes.	Largo emprego como base da maioria das decisoes de gestao local	Escolha de especies Densidade de plantio, espacamento, disposicao das valas de drenagem.
2. Solucoes praticas de manuais sobre povoamento etc.			
3. Manuais de consulta expedita	Solucoes intermediarias	Aumento do ambito de emprego	Estabelecimento de tarefas. Calculo de rendimento
4. Investigacao operacional equivalente a uma analise mais ampla, englobando diversas opcoes e possiveis interacoes multiplas	Solucoes mais flexiveis, entrando em conta com a realidade da situacao, empregando uma tecnica de analise que se pode repetir.	Empregada apenas para problemas importantes, normalmente em planejamento de alto nivel.	Atribuicao regional do programa nacional de planejamento
5. Estudo exaustivo de todas as opcoes viaveis e consequencias previsiveis.		Raramente empregada ate hoje, dependendo da capacidade de utilizacao de tecnicas operacionais, aplicada em planejamento de alto nivel.	Corte de arvores para suprir as necessidades da industria

JOHNSTON et al⁷⁴ abordando ainda os aspectos de planejamento tecem várias considerações sobre alguns dos instrumentos de planejamento :

- Experiência: está associada ao discernimento.

Frequentemente possibilita a resolução de inúmeros problemas. Cuidados devem ser tomados, pois ao confiar-se em demasiado na experiência, corre-se o risco de se adotar em planos futuros, soluções obsoletas impedindo a pesquisa de soluções mais eficazes.

- Tabelas auxiliares: constituem-se numa base importante de planejamento. Como exemplos citam-se as tabelas de volume, de produção, de controle de desbaste, de determinação de época de corte, de qualificação das árvores, elementos importantes para atualização de rendimentos e tabelas de tempos-padrão de exploração, por exemplo.

- Métodos matemáticos: dependendo da natureza do problema os métodos adotados certamente irão variar.

• Cálculo: o uso do cálculo diferencial pode perfeitamente ser uma prática, muito embora tais casos sejam raros na ciência florestal se comparados ao campo da física.

• Programação matemática: algumas das aplicações mais espetaculares dos métodos matemáticos relacionam-se ao tratamento automático dos dados e à sua programação.

Os elementos característicos de um problema para o qual se procura uma solução programada tem como objetivo a minimização de custo ou maximização de lucro, sujeita a certas restrições que limitam o processo produtivo ou as atividades consideradas no trabalho.

Os problemas de transporte constituem-se em exemplos correntes a serem tratados pelo método da programação linear. Uma outra técnica da programação matemática é a programação paramétrica. Considerando o exemplo de transporte e utilizando-se

desta técnica descobrir-se-á uma família completa de soluções quando se fizer variar um dos parâmetros, por exemplo as solicitações da fábrica. Um outro instrumento potencialmente importante em planejamento é a programação dinâmica que diz respeito aos processos que implicam numa sequência de decisões ao longo de um período de duração definida ou indefinida.

. Simulação: possibilita alcançar uma exploração mais completa de um sistema em funcionamento. Um exemplo simples de simulação é fornecido por uma tabela de produção que apresenta a evolução do crescimento e da produção de uma ou mais espécies. Um programa de computador prevendo produções futuras em datas futuras constitui uma outra ilustração aparentemente mais complexa. E de se esperar que a simulação constitua-se num instrumento particularmente útil, sobretudo no caso do sistema incluir uma variável estocástica. A técnica matemática conhecida por método de Monte Carlo tem sido desenvolvida para tratar de situações deste tipo, muito embora raros sejam os exemplos de sua aplicação no campo florestal. Pode-se citar como exemplo a organização das operações de exploração, conforme JOHNSTON et al⁷⁴.

Segundo CLUTTER et al⁴⁷ o planejamento do manejo de florestas pode ser dividido em duas categorias distintas:

- Planejamento independente para cada povoamento.
- Planejamento global para todos os povoamentos da floresta em questão.

No primeiro caso o planejamento é efetuado de modo a otimizar individualmente cada povoamento, através da maximização do valor futuro do fluxo de caixa. Se todos os povoamentos da

floresta podem ser manejados desta maneira, os benefícios econômicos obtidos, serão superiores àqueles que envolvem situações diferentes da apresentada.

Este procedimento tipicamente produz planos de manejo com grandes flutuações de cortes e rendas anuais, sendo geralmente aplicados em pequenas áreas florestais. Considera que cada povoamento, pode ser analisado separadamente e independente na tomada de decisão.

Desta maneira, algumas florestas, não podem ser operacionalizadas com o manejo a nível do povoamento porque o plano de manejo resultante não é factível, indiferente, de ser aparentemente desejável economicamente. Como ilustração, considere que a floresta tenha sido adquirida ou estabelecida para fornecer madeira para atividades industriais. Neste caso, variações anuais significativas são inaceitáveis.

O segundo caso, é peculiar daquelas situações, onde o padrão de corte, a renda, as áreas de regeneração ou de plantio, dentre outras, são importantes. O manejo de grandes áreas florestais é um exemplo típico onde a colheita de madeira é relativamente estável ano após ano. Para encontrar esta estabilidade a floresta deve ser tratada como uma única entidade e procedimentos de análise e planejamento mais complexos, como o método de planejamento baseado na floresta, devem ser utilizados.

Este processo tem sido tradicionalmente chamado de regulação da floresta. Entretanto, os objetivos e técnicas envolvidas neste processo têm sofrido grandes mudanças nos anos recentes e a adoção de uma terminologia que enfatize a diferença entre a velha metodologia e a de enfoque moderno usada atualmente, é

necessária.

Os procedimentos de regulação tradicionais são baseados em estruturas florestais que deveriam permanecer estáveis ao longo do tempo, como no caso das florestas normais, que consistem de uma coleção de povoamentos equiâneos que estão sendo manejados numa idade de rotação de "R" anos, sendo suas produções fornecidas por tabelas de produções normais.

Segundo CLUTTER et al⁴⁷ em lugar da concepção anterior deve-se sustentar que o papel real do manejador é manejar inteligentemente estruturas florestais não estáveis ou não balanceadas.

Assim, procedimentos antigos para preparação do corte foram elaborados com base na estrutura de floresta normal e a escolha final de uma sequência de corte era influenciada pela estrutura desta floresta. Os procedimentos modernos de preparação do corte ao invés de considerarem o estado-regulado, o longo prazo, a boa estrutura, consideram mais as necessidades presentes do que distâncias futuras das características da floresta.

De acordo com WARE e CLUTTER¹²⁷ os problemas de corte/colheita podem ser estabelecidos como:

- O manejo da floresta deve em última análise buscar a maximização da utilidade da floresta para o seu proprietário.

- A existência de certas restrições influem na estratégia do manejador em encontrar esta maximização. Podem ser consideradas restrições, como por exemplo, a produção anual, estabilidade do fluxo de caixa, etc.

Assim, problemas envolvendo otimização e sujeitos a restrições podem constituir um problema de programação

matemática. Dentro deste ramo da ciência uma técnica importante é a programação linear, cuja implementação é quase que totalmente dependente da disponibilidade de modernos equipamentos computacionais, CLUTTER et al⁴⁷.

2.6.1. PROGRAMAÇÃO LINEAR

Como pode ser encontrado em LEUSCHENER⁸⁰ a Programação Linear é um ramo da Programação Matemática, que foi desenvolvido como um método de maximização ou minimização de uma função objetivo (f.o.) sujeita a restrições, ou seja, é uma otimização condicionada a restrições. Assim, desde que as equações que formam a f.o. e as restrições estejam na forma linear o problema será definido como sendo de Programação Linear.

A implementação desta técnica é dependente da existência de equipamentos modernos de computação e atualmente no campo florestal tem inúmeras aplicações.

Cita-se como exemplo, trabalhos de otimização de planejamento de florestas verticalizadas no sul do Chile, BARROS e WINTRAUB¹², otimização da exploração florestal, NEWNHAM⁹⁷, SESSIONS e FILIPETO¹¹⁶ e dentre muitos outros aqueles desenvolvidos por JOHNSON et al⁷², CLUTTER et al⁴⁷, RODRIGUEZ et al¹¹⁰, TAUBE NETTO¹²⁴, RODRIGUEZ et al¹¹¹, RODRIGUEZ e MOREIRA¹⁰⁹, CARNIERI³⁹, WEITRAUB e NAVON¹²⁶, PICKENS e DRESS⁹⁹, que visam a obtenção de modelos que auxiliem a tomada de decisões, em relação ao manejo e ao investimento daqueles empreendimentos florestais, voltados para o suprimento de indústrias.

Segundo NEWNHAM⁹⁷ os modelos de planejamento podem ser

categorizados por tipo ou por horizonte de planejamento. No Manejo Florestal quatro tipos podem ser reconhecidos:

- 1) Modelos detalhados: podem ser usados no planejamento em base diária, sendo que muitos dos dados necessários não são disponíveis, sendo obtidos por simulação. Usados para máquinas individuais ou grupos de máquinas.
- 2) Modelos de Manejo: são usados para planejar a ordem em que os povoamentos são cortados, na seleção de desbastes, em cortes e planejamento de construção de estradas.
- 3) Modelos de Operações: seu objetivo é alocar máquinas, equipamentos, capacidade de trabalho e recursos de madeira disponíveis, de maneira que seja minimizado o custo de fornecimento (abastecimento) num menor tempo possível.
- 4) Modelos Econométricos: são usados para projetar o suprimento e demanda de produtos manufaturados.

O horizonte de planejamento destes planos usualmente varia de um mês a 10 ou 30 anos, por exemplo. Geralmente horizonte de planejamento pequeno, são pertinentes ao planejamento de curto prazo e necessitam de informações mais detalhadas do que os planos de longo prazo. Os planos mantêm uma hierarquia, assim um plano de longo prazo fornece informações para um plano de curto prazo.

Para aquelas atividades que envolvam corte e desbaste de povoamentos, dentre outras, possibilitando uma otimização no planejamento da produção das florestas, JOHNSON e SCHEURMAN⁷³ definem a existência de dois modelos básicos:

- Modelo I (ou de Navon) - nos quais as atividades de manejo

são definidas para cada povoamento, por intervenções específicas ou tratamentos silviculturais, em diferentes períodos através do horizonte de planejamento. Desta maneira, as variáveis de decisão correspondem ao número da unidade de área (ha) do povoamento, que estão recebendo um determinado tratamento silvicultural num dado período.

Modelo II (ou de Johnson) - as atividades de manejo são definidas por períodos de plantio e de corte. Desta forma, a identificação física dos povoamentos é perdida pois eles são reagrupados em áreas de corte plantadas em períodos semelhantes. A variável de decisão corresponde ao número total de ha plantados num dado período i e cortadas em qualquer período j .

Segundo BARROS e WEINTRAUB¹² o modelo I é de uso intuitivo e fácil, entretanto, pode necessitar de muitas variáveis, para que uma adequada representação de todas as alternativas das atividades de manejo por povoamento sejam avaliadas. Já o Modelo II necessita de menos variáveis, tendo grande flexibilidade, entretanto sua forma básica é menos acurada, porque os cortes intermediários ou parciais não são considerados. Além disto, com a nova representação dos povoamentos a definição de localização do sítio (que determina os custos de transporte) torna-se grosseira.

Segundo WARE e CLUTTER¹²⁷ a existência de populações florestais compostas de vários talhões, além de outras variáveis técnicas tais como número, intensidade e época de desbaste e ainda variáveis operacionais, que devem ser consideradas para a otimização do planejamento florestal resulta na obtenção de inúmeros planos de manejo.

Segundo CLUTTER et al⁴⁷, NEWMAN⁹⁸, para identificação de qual regime de manejo produz resultados econômicos mais satisfatórios, estão disponíveis, na literatura florestal, uma série de critérios, podendo-se citar como os mais consagrados a:

- Maximização da Produção bruta
- Maximização da Produção anual
- Maximização do valor presente líquido para uma única rotação
- Maximização do valor presente líquido para uma série infinita de prováveis rotações ou valor presente líquido geral
- Maximização da renda líquida anual
- Maximização da taxa de crescimento do capital ou taxa interna de retorno
- Maximização da razão custo benefício.

Dos critérios apresentados, os dois primeiros definem rotações silviculturais enquanto os demais definem rotações econômicas.

Maximização da Produção Bruta (MPB): é um critério que segundo NEWMAN⁹⁶ não tem suporte teórico. Neste critério a taxa de juros e os custos são implicitamente assumidos como sendo zero. Os preços não têm efeito na formulação ótima e a rotação ótima é atingida quando a receita total máxima é atingida, ou seja, nesta idade o valor do produto marginal pela manutenção da floresta por mais um ano é igual a zero.

Segundo o mesmo autor, este critério é inaceitável porque ele ignora todos os custos envolvidos no crescimento do povoamento, e trata a terra como não tendo valor. A maior

deficiência é encontrar a produção de madeira total máxima planejada porque a produção anual proveniente deste modelo é menor do que a produção média máxima da produção.

Maximização da produção anual: como o procedimento anterior, não inclui o custo de oportunidade do capital. Neste critério a idade de rotação ótima é atingida quando a curva que expressa o incremento médio anual (IMA) e a curva que expressa o incremento corrente anual (ICA) se cruzam. Se o objetivo do proprietário é maximizar o volume produzido, o uso de qualquer outra idade de rotação pode resultar numa menor taxa de produção anual.

Este critério é conhecido como culminação do incremento médio anual. No ótimo a taxa de crescimento marginal é igual a taxa média de crescimento. Os problemas com este método, segundo NEWMAN⁹⁸, são que mudanças nos custos e na taxa de juros são ignoradas. A rotação ótima não é afetada por mudanças nas condições de mercado, independentemente do tamanho e idade das árvores.

Maximização do valor presente líquido (VPL): para uma única rotação, pode ser obtido facilmente pela fórmula:

$$VPL = \sum_{t=0}^n R_t / (1 + i)^t \quad (15)$$

Onde:

R_t = fluxo de caixa líquido no período t
 $n + 1$ = número de anos envolvidos
 i = razão de desconto

Se o valor de VPL é negativo o retorno do investimento não foi suficiente para repor o capital investido, se VPL é positivo

o inverso é verdadeiro.

O maior problema associado a este critério é a escolha de uma taxa de desconto apropriada. Embora não exista consenso alguns critérios subjetivos são utilizados para selecionar a taxa de desconto, quais sejam:

- A posição financeira da firma ou indústria
- As características de risco que estão envolvidas no projeto
- O impacto do projeto na posição financeira da indústria.

Segundo NEWMAN⁹⁸ o maior erro do VPL é que o custo de oportunidade não é associado com a terra. Assim, todas as rendas advêm do manejo e nenhuma do fator fixo, a terra.

Maximização do valor presente líquido proveniente de uma série infinita de rotações: os modelos que consideram a maximização do valor presente líquido consideram explicitamente o custo de oportunidade pelo uso do capital. Segundo NEWMAN⁹⁸ esta formulação foi primeiramente deduzida por Faustman em 1849 e mais tarde por Pressler e finalmente por Ohlin. Ela é conhecida no meio florestal como valor esperado da terra (VET). Este é segundo o referido autor, um critério de decisão superior, por várias razões:

- Ele assume que o "sitio" permanecerá para produção florestal infinitamente, existindo uma implícita atenção dos efeitos que as decisões presentes têm nas futuras possibilidades.

- Otimiza o uso de todos os "inputs" conforme as condições de preço de mercado, carreando qualquer retorno excedente, como renda para o "site".

Diferentemente do procedimento anterior este é mais

abrangente, incluindo os custos de oportunidade pelo uso da terra, assim como, considera que se procura maximizar o fluxo de caixa de uma sequência infinita de rotações, o que possibilita, segundo CLUTTER et al⁴⁷, efetuar comparações entre comprimentos de rotações diferentes.

Maximização da receita anual líquida: este critério é conhecido também como "Forest rent" e foi proposto, segundo NEWMAN⁹⁸, em parte para justificar rotações maiores que aquelas definidas no critério anterior. Este processo pode ser usado em florestas completamente reguladas, ou seja, uma floresta onde são feitas iguais colheitas anuais e a terra é imediatamente retornada a produção de madeira.

Este modelo, segundo BERGER¹⁶, "objetiva a maximização da receita líquida anual, a qual é definida como a razão entre a receita total menos os custos (sem incluir os encargos dos juros) pela idade do povoamento".

Neste critério tanto os preços como os custos afetam o comprimento da rotação ótima.

Maximização da taxa interna de retorno (TIR): é atribuída a Boulding em 1955, conforme NEWMAN⁹⁸. Expressa a taxa de desconto que faz o valor presente líquido (VPL) do projeto em questão ser igual a zero. Matematicamente a taxa interna de retorno é aquele valor de i^* , tal que:

$$\sum_{t=0}^n C_t / (1 + i^*)^t = 0 \quad (16)$$

Em geral procedimentos iterativos devem ser usados para encontrar a taxa interna de retorno. Após encontrada, se a TIR

excede a taxa interna desejada, o projeto pode ser aceito.

Maximização da razão benefício-custo: é um outro critério para análise do fluxo de caixa. Enquanto o VPL é expresso na moeda escolhida, a taxa interna de retorno é um valor em percentagem e a RBC não é vinculada a qualquer unidade, o que faz com que seu uso para comparar projetos que diferem grandemente em tamanho seja mais eficiente, na opinião de alguns economistas.

A formulação matemática mais apropriada para obtenção da RBC é:

$$RBC = \left[\sum_{t=1}^n \frac{FCL_t}{(1+i)^t} \right] / D_0 \quad (17)$$

Onde:

FCL = fluxo de caixa líquido no período t

D₀ = Despesa inicial

i = taxa de desconto

n = número de períodos envolvidos

Se a decisão em questão é para investir no projeto, as despesas nos períodos de tempo subsequentes são normalmente deduzidas mais frequentemente da renda do que do investimento.

Após calculada a RBC, se esta é igual a 1 implica que o valor presente dos benefícios é igual ao valor presente dos custos, portanto o valor presente líquido é zero. Projetos com RBC maior que 1 têm valor presente líquido positivo e taxa interna de retorno superior a taxa de desconto. Já valores menores que 1 expressam que o projeto não atinge os requisitos mínimos desejados.

Segundo NEWMAN⁹⁸ e CLUTTER et al⁴⁷ uma maneira eficiente de verificar qual o regime de manejo (ou plano de manejo) que mais

se aproxime do ótimo, é efetuar para cada unidade de corte particular (talhão ou grupo de talhões) uma análise através do valor atual líquido do fluxo de caixa de infinitas rotações.

Ainda segundo os mesmos autores o componente mais importante para esta análise é a predição presente e futura da produção por sítio, idade e densidade do povoamento. Um outro componente importante é o valor terminal da terra e o estoque de crescimento existente no fim do período de planejamento. Descrição detalhada deste procedimento é encontrada na literatura citada.

Segundo TAUBE NETTO¹²⁴, CLUTTER et al⁴⁷, BARROS e WEINTRAUB¹², dentre outros, a escolha do horizonte de planejamento é outro ponto que deve merecer atenção especial.

Assim a escolha de horizonte de planejamento (H) pequeno, sacrificará a representatividade da solução, enquanto um "H" grande acarretará um grande número de variáveis, já que o número de planos de manejo é influenciado pelo horizonte de planejamento.

No planejamento da produção florestal a escolha do horizonte de planejamento mais longo é importante pois as decisões dos primeiros anos de planejamento (que em suma são aquelas que interessam, já que a cada ano novas informações devem ser incorporadas ao modelo e o planejamento ser novamente implementado) estarão incorporando os efeitos das decisões dos anos futuros, com o objetivo de melhor atender aos suprimentos de madeira.

TAUBE NETTO¹²⁴ salienta que "se o efeito dos compromissos futuros do povoamento florestal não forem considerados, pode haver uma otimização no fornecimento de madeira nos primeiros

anos em detrimento da situação futura, podendo resultar em falta, excesso ou ainda numa condição de atendimento anti-econômica de madeira".

CLUTTER et al⁴⁷ sugerem que na prática este valor corresponda a 1,5 a 2,0 vezes o período de uma rotação típica para a floresta que está sendo manejada. Ainda o mesmo autor, sugere que este horizonte de planejamento seja dividido em períodos de corte, que variam segundo a espécie e o objetivo do planejamento, sendo que estes períodos de corte podem ser diferentes (desiguais).

Ainda com relação ao horizonte de planejamento considerações sobre o seu término merecem atenção especial e CLUTTER et al⁴⁷, BARROS e WEINTRAUB¹², TAUBE NETTO¹²⁴ consideram a possibilidade de se adotar diferentes critérios ou procedimentos. São eles:

- a) além do horizonte de planejamento, não se consideram nem receitas nem custos. Quando se faz esta opção é interessante proibir a venda da terra depois de uma determinada idade;
- b) considerar os efeitos econômicos dos planos de manejo além do horizonte de planejamento, considerando a condução de uma série perpétua de ciclos econômicos ótimos.

NEWNHAM⁹⁷ enfocando a aceitação da programação linear, diz que em geral P.L. não tem sido bem aceita para planejamento da indústria florestal, citando as razões fornecidas por Gillan que são apresentadas abaixo:

- a) Problemas reais não são frequentemente bem definidos;
- b) Existe uma quantidade insuficiente de dados para

solucioná-los;

- c) A P.L. é um método determinístico, quando a maioria dos problemas de planejamento florestal são estocásticos, isto é, uma quantidade considerável de incertezas são envolvidas como por exemplo: custos futuros e demandas futuras de madeira;
- d) A P.L. pode apresentar uma solução ótima que não produza números inteiros, ou seja, um talhão pode ser conduzido através do processo de otimização por mais de um regime de manejo, o que não é desejável.

Muito embora as críticas ao uso da P.L. sejam bem fundamentadas, o planejamento do corte das florestas com o auxílio desta é amplamente utilizado, conforme pode-se constatar em CLUTTER et al⁴⁷ e LEUSCHENER⁸⁰.

Dentre os modelos de planejamento gerais, implementados geralmente em computadores de grande porte, pode-se mencionar o MAX MILLION II, desenvolvido por Clutter, Fortson e Pienaar em 1978, e que é a versão atual do modelo teórico apresentado por Ware e Clutter em 1971.

Outro modelo é o Timber RAM, desenvolvido por Navon em 1971, com seu uso orientado para o setor público. Conforme LEUSCHENER⁸⁰, muitas similaridades existem entre o Max Million e o Timber Ram, embora com algumas mudanças de nomenclatura. Uma das críticas na formulação destes dois modelos é que o preço da madeira foi assumido permanecer constante, indiferentemente, de como muitas árvores são cortadas na floresta. Em 1971, Walter desenvolveu uma técnica para encontrar um planejamento de corte que maximize o valor presente líquido sobre o tempo. O programa

contendo esta técnica é chamado de modelo de otimização econômica de corte, ECHO.

O Timber Resource Economic Estimation System (TREES) é outro modelo de planejamento. Desenvolvido pela Escola de Floresta de Oregon, foi originalmente construído por Johnson, Scheurman e Bueter, para analisar o suprimento de madeira. O TREES tem sido expandido para uso público e inclusive com programa de planejamento de corte.

Um outro modelo de planejamento que tem uso diversificado é o FORPLAN, desenvolvido por Johnson, Jones e Kent em 1979, usando como base o Timber Ram. Este programa de otimização tem por objetivo dar suporte ao planejamento dos manejos das florestas públicas dos Estados Unidos.

Criticas tem sido feitas ao seu uso, como encontrado em BARE e FIELD¹¹. Destacam-se dois grupos. Aquelas referentes a um problema de programação linear florestal e as específicas ao uso do FORPLAN. O primeiro grupo de criticas, tem similaridade com aquelas citadas por NEWNHAM⁹⁷ e já enumeradas anteriormente. No segundo grupo destacam-se aquelas que enfocam os problemas de tempo computacional, de equipamento necessário para implementá-lo e no custo envolvido no processo de otimização. Outras criticas relevantes são relativas ao seu caráter muito genérico que muitas vezes o impede de ser bem utilizado, assim como sua opacidade, que dificulta o seu entendimento para o usuário.

3. METODOLOGIA

3.1 DADOS BASICOS UTILIZADOS

Os dados utilizados para desenvolver o modelo de crescimento e produção para populações de Pinus caribaea var hondurensis sujeitas a desbaste foram obtidos na empresa Freudenberg Agro-Florestal (desde 1988 incorporada pela empresa Duratex S.A.) e situada na região sudoeste do Estado de São Paulo, no município de Agudos.

Conforme GOLFARI et al⁶², esta região apresenta como características básicas, a periodicidade de chuvas, os invernos são secos com deficiência hídrica, a precipitação anual está entre 1100 e 1400 mm, as geadas ocorrem com pouca frequência, a temperatura média anual está entre 16 e 19 °C, o tipo de clima é submontano ou subtropical moderado ou úmido, o tipo de vegetação é a floresta umbrófila pluvial e campos submontanos, e a altitude é de aproximadamente 900 metros.

Os dados utilizados foram divididos em dois grupos. Um primeiro, para geração de equação de volume individual e equações de sortimento, advindos de 1300 árvores cubadas rigorosamente, pelo método de Smalian. Um segundo, obtido de parcelas permanentes circulares, com 500m² de área, que fornecem informações dendrométricas sobre o que existe antes do desbaste,

o que foi retirado e informações sobre as árvores remanescentes .

As parcelas utilizadas foram medidas em média aos 4,95 anos e remedidas nas idades médias de 7,62 ; 9,83 ; 12,53 ; 15,19 ; 19,17 e 21,87 anos , sendo que, por ocasião dos desbastes houve redução no número de árvores de em média 2380 para 1500 , 1000 , 700 , 500 , 300 e 200 árvores respectivamente. A rotação final considerada foi de 25 anos.

Para a obtenção das estatísticas das parcelas por classes de diâmetro, foi escrito pelo autor um programa denominado "ESTATIST" e uma síntese destas estatísticas nas diversas épocas de medição é apresentada na TABELA 1. O número de parcelas é diferente em cada época de medição, uma vez que o povoamento está numa situação dinâmica que envolve cortes e plantios.

TABELA 1: Sumário dos principais dados utilizados no trabalho

MEDICAO ANTES DO 1º DESBASTE	NUMERO DE PARCELAS	MENOR VALOR	VALOR MEDIO	MAIOR VALOR	1º DESBASTE	NUMERO DE PARCELAS	MENOR VALOR	VALOR MEDIO	MAIOR VALOR
I1	66	4,08	4,95	6,75	I1	113	6,42	7,62	9,08
I2	66	6,75	7,75	9,17	I2	113	8,83	10,24	13,17
IS	66	25,00	29,00	33,00	IS	113	25,00	29,00	33,00
NARV I	66	1960,00	2380,00	2660,00	NARV	113	1340,00	1484,00	1720,00
NARV P	66	1940,00	2288,00	2600,00	VOL 1	113	93,81	176,42	297,63
NARV R	66	1880,00	2236,00	2600,00	VOL 2	113	166,03	281,52	491,46
VOL 1	66	95,06	48,06	176,61	G1	113	20,55	34,36	45,95
VOL 2	66	126,66	228,66	340,84	G2	113	30,90	43,18	58,01
G1	66	21,68	30,62	41,80	HDOM 1	113	12,10	15,70	19,60
G2	66	32,22	44,42	52,76	HDOM 2	113	15,90	19,37	25,80
HDOM 1	66	7,10	10,29	15,30	DM1	113	13,09	16,96	21,62
HDOM 2	66	12,10	16,14	20,50	DM2	113	16,12	19,09	25,50
DM1	66	10,46	12,80	15,44	DMG 1	113	13,21	17,18	21,84
DM2	66	13,23	15,56	18,25	DMG 2	113	17,00	19,42	25,67
DMG 1	66	10,72	13,04	15,71	DMIN 1	113	5,00	10,88	17,50
DMG 2	66	13,48	15,90	18,70	DMIN 2	113	7,00	12,08	22,00
DMIN 1	66	1,50	3,07	10,00					
DMIN 2	66	2,50	6,58	11,00					

continua

TABELA 1: Sumário dos principais dados utilizados no trabalho (continuação)

2º DESBASTE	NUMERO DE PARCELAS	MENOR VALOR	VALOR MEDIO	MAIOR VALOR	3º DESBASTE	NUMERO DE PARCELAS	MENOR VALOR	VALOR MEDIO	MAIOR VALOR
I1	114	8,67	9,83	11,00	I1	142	10,83	12,53	14,92
I2	114	10,83	12,93	15,50	I2	142	14,00	15,35	19,75
IS	114	25,00	29,00	33,00	IS	142	25,00	29,00	33,00
NARV	114	900,00	1001,00	1180,00	NARV	142	600,00	700,00	800,00
VOL 1	114	128,19	202,32	315,58	VOL 1	142	146,50	231,05	380,94
VOL 2	114	188,14	309,41	543,24	VOL 2	142	222,83	322,28	473,58
G1	114	23,49	31,31	42,40	G1	142	21,90	29,80	40,85
G2	114	29,70	39,52	56,41	G2	142	26,27	36,00	44,82
HDOM 1	114	15,60	18,66	22,50	HDOM 1	142	17,90	21,60	27,10
HDOM 2	114	17,90	22,21	26,90	HDOM 2	142	20,70	24,42	28,00
DM1	114	16,98	19,73	22,79	DM1	142	19,83	23,00	27,10
DM2	114	18,68	22,10	26,26	DM2	142	21,91	25,33	29,84
DMQ 1	114	17,15	19,94	23,23	DMQ 1	142	19,96	23,19	27,26
DMQ 2	114	18,91	22,39	26,80	DMQ 2	142	22,13	25,58	30,21
DMIN 1	114	9,60	13,85	17,00	DMIN 1	142	12,50	18,13	22,50
DMIN 2	114	11,00	15,21	18,50	DMIN 2	142	15,00	19,70	23,50
4º DESBASTE	NUMERO DE PARCELAS	MENOR VALOR	VALOR MEDIO	MAIOR VALOR	5º DESBASTE	NUMERO DE PARCELAS	MENOR VALOR	VALOR MEDIO	MAIOR VALOR
I1	123	14,00	15,19	18,17	I1	88	18,00	19,17	22,17
I2	123	17,33	18,71	22,17	I2	88	20,42	22,05	25,25
IS	123	25,00	29,00	33,00	IS	88	25,00	29,00	33,00
NARV	123	500,00	500,00	520,00	NARV	88	300,00	300,00	300,00
VOL 1	123	146,11	247,44	422,73	VOL 1	88	183,38	242,70	350,46
VOL 2	123	256,46	348,41	518,80	VOL 2	88	228,82	312,79	422,26
G1	123	19,54	27,28	36,93	G1	88	18,17	23,07	30,74
G2	123	25,15	33,96	41,39	G2	88	22,16	27,28	34,57
HDOM 1	123	17,30	24,32	29,30	HDOM 1	88	23,90	27,29	30,20
HDOM 2	123	23,30	27,24	31,70	HDOM 2	88	25,30	29,40	33,50
DM1	123	22,04	26,11	30,42	DM1	88	27,63	31,11	35,67
DM2	123	26,08	29,16	32,18	DM2	88	30,40	33,84	37,83
DMQ 1	123	22,31	26,31	30,67	DMQ 1	88	27,77	31,25	36,12
DMQ 2	123	26,38	29,41	32,46	DMQ 2	88	30,67	34,00	38,30
DMIN 1	123	15,50	21,18	25,50	DMIN 1	88	19,50	26,98	31,00
DMIN 2	123	18,50	23,62	27,50	DMIN 2	88	25,00	29,26	32,50
6º DESBASTE	NUMERO DE PARCELAS	MENOR VALOR	VALOR MEDIO	MAIOR VALOR					
I1	77	20,42	21,87	25,92	G1	77	14,11	19,84	26,87
IS	77	25,00	29,00	33,00	HDOM 1	77	25,30	29,23	32,00
NARV	77	200,00	200,00	200,00	DM1	77	32,13	35,31	41,15
VOL 1	77	175,00	231,42	336,64	DMQ 1	77	32,55	35,57	41,36
					DMIN 1	77	27,50	32,06	35,00

Onde:

- I1 = idade de medição
 I2 = idade de remedição
 S = índice de sítio (idade referência 21 anos)
 NARV = número de árvores após desbaste

NARVI = número de árvores plantadas
 NARVP = número de árvores na primeira medição antes do desbaste
 NARVR = número de árvores na remedição imediatamente antes do primeiro desbaste
 VOL1 = volume 1ª medição (quando tem desbaste é imediatamente após este)
 VOL2 = volume da remedição (imediatamente antes do desbaste subsequente)
 G1 = área basal 1ª medição
 G2 = área basal remedição
 HDOM1 = altura média das dominantes na 1ª medição
 HDOM2 = altura média das dominantes na remedição
 DM1 = diâmetro médio aritmético na primeira medição
 DM2 = diâmetro médio aritmético na remedição
 DMQ1 = diâmetro médio quadrático na 1ª medição
 DMQ2 = diâmetro médio quadrático na remedição
 DMIN1 = diâmetro mínimo na 1ª medição
 DMIN2 = diâmetro mínimo na remedição

3.2 EQUAÇÃO DE VOLUME E SORTIMENTO

Foram usados dados de 1300 árvores, abrangendo todas as classes de diâmetro existentes nas idades de 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 19, 22, e 25 anos.

A equação de volume total foi obtida para volume com casca e para volume sem casca. Os modelos testados foram aqueles que o autor considera como os mais eficientes e são apresentados a seguir.

VARIAVEL COMBINADA

$$V = b_0 + b_1 D^2H \quad (18)$$

SCHUMACHER e HALL

$$V = b_0 \cdot D^{b1} \cdot H^{b2} \quad (19)$$

Onde:

V = volume total da árvore (m³) com e sem casca, exclusive a cepa

D = diâmetro a altura do peito com casca (cm)
 H = altura total da árvore (m)
 bi = coeficientes a serem estimados

Este último modelo foi ajustado em duas formas diferentes. Na primeira efetuou-se a sua linearização para torná-lo ajustável através de regressão linear. Na segunda, o ajuste foi na sua forma original, ou seja, na forma não linear, na tentativa de eliminar problemas de subestimativas que frequentemente ocorrem quando transformações logarítmicas são efetuadas para torná-lo ajustável na forma linear.

Para a obtenção dos volumes comerciais foram testados modelos utilizados com sucesso por CLUTTER⁴² e BURKHART²⁶, que inclusive derivaram funções de forma a partir da equação de volume comercial, usando o conceito de compatibilidade entre esta e a respectiva função de forma, como desenvolvido por DEMAERSCHALK⁵⁴.

Os diâmetros mínimos comerciais considerados foram de 4, 15, e 25cm sem casca. Para cada árvore, usando a espessura da casca foi obtido o correspondente ao diâmetro mínimo comercial com casca.

Os modelos testados foram:

$$V_c = V [1 - b_1 \cdot D_c^{b_2} \cdot D^{b_3}] \quad \text{CLUTTER (1980) (20)}$$

$$V_c = V [1 - b_1 \cdot D_c^{b_2} / D^{b_3}] \quad \text{BURKHART (1977) (21)}$$

Onde:

V_c = volume comercial com casca (m³).
 D = diâmetro a altura do peito (cm).
 D_c = diâmetro mínimo comercial com casca (cm).
 V = volume (m³) proveniente da equação de volume total
 bi = coeficientes a serem estimados

3.3. EQUAÇÕES DE SITIO

Para gerar as curvas de índice de sitio adotou-se o método da diferença algébrica desenvolvido por BAILEY e CLUTTER⁵.

Para o uso deste procedimento, são necessários dados advindos de parcelas permanentes, de análise de tronco, ou de um grande número de parcelas temporárias, sendo essencial a obtenção da forma da diferença algébrica para o modelo que se quer testar.

De acordo com o tratamento dado ao modelo de trabalho pode-se gerar a sua forma de ajuste para curvas monomórficas ou para curvas polimórficas.

A seguir apresenta-se como gerar a formulação da diferença algébrica para o modelo de Schumacher:

$$\log(H) = a + b (1/I) \quad (22)$$

Onde:

H = altura média das 100 árvores de maior diâmetro no hectare
 I = idade em anos
 a, b, c = coeficientes da função
 log = logaritmo natural

Com a primeira derivada do modelo da altura em relação a idade tem-se a taxa de crescimento instantânea em altura que é:

$$\left(\frac{\delta H}{\delta I} \right) / H = b / I^2 \quad (23)$$

Esta taxa é função de "b" e "I", não envolvendo o parâmetro "a".

Caso 1:

Se "a" é constante para todos os sitios, mas "b" é um parâmetro específico do sitio, ou seja, tem diferentes valores,

de modo que cada sitio tem um valor "bi", então tem-se um conjunto de curvas polimórficas.

Para efeito demonstrativo considere uma árvore num determinado sitio "i", nas idades sucessivas I_1 e I_2 . Assim a equação (22) assume a seguinte forma:

$$H_1 = a.e^{-b_i(1/I_1)} \quad e \quad H_2 = a.e^{-b_i(1/I_2)} \quad (24)$$

Onde:

H_1 e H_2 = respectivamente alturas da 1ª e 2ª medições.

I_1 e I_2 = idades da 1ª e 2ª medições.

a = e^a . É o parâmetro comum relativo aos sitios.

b_i = parâmetro específico para o sitio "i".

Isolando "bi" em cada expressão tem-se que:

$$(H_1 / a)^{I_1} = e^{-b_i} \quad : \quad (H_2 / a)^{I_2} = e^{-b_i} \quad (25)$$

Igualando os termos "bi" e resolvendo a igualdade em relação a H_2 tem-se:

$$H_2 = a.(H_1 / a)^{(I_1/I_2)} \quad (26)$$

que é a forma de ajuste para gerar curvas polimórficas. Efetuando-se um rearranjo em (26) tem-se a expressão função do índice de sitio (S). Para tal basta considerar H_2 como sendo igual a S e I_2 a idade de referência.

$$S = a (H_1/a)^{(I_1/I_{ref.})} \quad (26A)$$

A interseção (a) é comum para todos os sitios e a inclinação "bi" das curvas que expressam os diferentes sitios, varia

expressando a inexistência do caráter de proporcionalidade do crescimento da altura nestes sítios.

Caso 2:

Assumindo-se agora que "a" está no lugar do parâmetro específico de sítio, sendo "b" constante para todos os sítios, então, ao contrário do caso 1, tem-se curvas anamórficas (note que a taxa de crescimento instantâneo não depende de "a"). Assim considerando a mesma situação mostrada no caso 1 tem-se:

$$H_1 = a_i \cdot e^{-b(1/I_1)} \quad e \quad H_2 = a_i \cdot e^{-b(1/I_2)} \quad (27)$$

Onde:

$a_i = e^{ai}$. É o parâmetro específico para o sítio "i"
 b = é o parâmetro comum a todos os sítios.

Isolando a expressão em relação a " a_i " tem-se:

$$a_i = H_1 \cdot e^{b(1/I_1)} \quad : \quad a_i = H_2 \cdot e^{b(1/I_2)} \quad (28)$$

Igualando o termo e resolvendo esta igualdade em relação a " H_2 " tem-se que:

$$H_2 = H_1 \cdot e^{b(1/I_1 - 1/I_2)} \quad (29)$$

Observe que tanto no caso 1 como no caso 2 "b" pode ser estimado por regressão sem que seja necessário estimativas da taxa de crescimento.

Um rearranjo da expressão (29), semelhante ao já descrito no caso 1, fornece a equação que expressa índice de sítio(S).

$$S = H_1 \cdot e^{b(1/I_1 - 1/I_{ref.})} \quad (30)$$

As demais equações que foram ajustadas para fins de

classificação da capacidade produtiva dos locais são apresentadas a seguir, no QUADRO 2.

QUADRO 2: Modêlos para expressar a capacidade produtiva dos diferentes locais

EQUAÇÕES	FORMA GERAL	FORMA DE AJUSTE	
		MONOMÓRFICA	POLIMÓRFICA
SCHUMACHER	$H = a + b (1/I)^c$	$H_2 = H_1 e^{b(I_1^c - I_2^c)}$	$H_2 = e^a \left[\frac{H_1}{e^a} \right] (I_1, I_2^{-1})^c$
MONOMOLECULAR	$H = a(1 - e^{-bI})$	$H_2 = H_1 \left[\frac{1 - e^{-bI_2}}{1 - e^{-bI_1}} \right]$	-
RICHARDS	$H = a(1 - e^{-bI})^c$ onde $c = \frac{1}{(1-n)}$	$H_2 = H_1 \left[\frac{1 - e^{-bI_2}}{1 - e^{-bI_1}} \right]^c$	$H_2 = a \left\{ \left[\left(\frac{H_1}{a} \right)^c - 1 \right] I_2/I_1 + 1 \right\}^c$
BAILEY com parâmetros	$H = a(1 - e^{-bI^c})$	$H_2 = H_1 \left[\frac{1 - e^{-b \cdot I_2^c}}{1 - e^{-b \cdot I_1^c}} \right]$	$H_2 = a \left[\left(\frac{H_1}{a} - a \right) \frac{I_2^c}{I_1^c} + 1 \right]$
BAILEY com 4 parâmetros	$H = a(1 - e^{-bI^c})^d$	$H_2 = H_1 \left[\frac{(1 - e^{-bI_2^c})^d}{(1 - e^{-bI_1^c})^d} \right]$	$H_2 = a \left\{ \left[\left(\frac{H_1}{a} \right)^{1/d} - 1 \right] \left(\frac{I_2^c}{I_1^c} \right) + 1 \right\}^d$
PRODAN	$H = \frac{I^2}{a + bI + cI^2}$	-	-
CLUTTER	-	-	$\ln(H_2) = b I_2^{-1} - c + \ln(H_1) - b I_1^{-1} + c$ $\text{EXP} [a(I_1^{-2} - I_2^{-1})]$

Onde:

- H = altura média das 100 árvores de maior diâmetro por hectare.
a, b, c, d = coeficientes a serem estimados
I = idade (anos)
H₁, H₂ = respectivamente as alturas das medições nas idades I₁ e I₂
log = logaritmo natural
exp = exponencial

A equação de Prodan não foi ajustada pelo método da diferença algébrica, pela dificuldade de manuseio da mesma na geração das curvas de sítio propriamente ditas.

3.4. GERAÇÃO DO MODELO DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO

O desenvolvimento do modelo foi feito em duas etapas. Uma primeira que consistiu na geração dos atributos do povoamento e a outra envolvendo a determinação dos parâmetros da função Weibull. A informação produzida por classe de diâmetro é condicionada a fornecer valores agregados que são consistentes com os atributos preditos para o povoamento. A compatibilidade entre o modelo a nível de povoamento e por classe diamétrica é em termos de área basal já que um simulador de desbastes com base na redução em área basal ou no número de árvores foi utilizado para verificar diferentes intensidades e números de desbastes.

3.4.1. MODELO GLOBAL PARA O POVOAMENTO

Na seção 2.3. é feita uma abordagem das tendências da teoria de modelagem além de uma série de considerações das diferentes maneiras que se tem para calcular os parâmetros das funções, assim como suas vantagens e desvantagens.

BURKHART²⁷ considerando sua experiência pessoal no desenvolvimento de sistemas de crescimento e produção, expressa que é muito mais importante a especificação ou formulação dos modelos do que procedimentos para estimar os parâmetros, visto que estes basicamente envolvem a minimização da subestimativa do quadrado médio do erro da função.

Assim, optou-se por encontrar um modelo de crescimento e produção que apresente estimativa eficiente e simples das variáveis de interesse, ou seja, volume e área basal.

Foram usados os modelos clássicos encontrados na literatura conforme apresentado a seguir no QUADRO 3 e foi exaustivamente tentado pelo autor a obtenção de um modelo eficiente e flexível para fornecer estimativas da produção em volume e área basal.

Foram investigadas várias relações que expressam crescimento e produção. Para obtenção do novo modelo fez-se uso de um "Backward" em que o F parcial(calculado) de cada variável é confrontado com o F tabelar considerando-se o nível de probabilidade de 95%. O modelo resultante apresentou estrutura semelhante ao padrão já existente sendo apresentado a seguir :

A forma de ajuste foi:

$$\begin{aligned} \log(V_2) = & b_0 + b_1 (S) + b_2 \cdot I_2^{-1} + b_3 (I_1 / I_2) \\ & \log(G_1) + b_4 (1 - (I_1/I_2)) + b_5 (1 - (I_1/I_2)) \log(G_1) + \\ & b_6 (1 - (I_1 / (I_1 \cdot I_2))) \log(G_1^2) \end{aligned} \quad (37)$$

A forma geral é:

$$\log(V_2) = b_0 + b_1 (S) + b_2 I_2^{-1} + b_3 \cdot \log(G_2) \quad (38)$$

$$\begin{aligned} \log(G_2) = & \log(G_1) (I_1 / I_2) + a_1 (1 - (I_1 / I_2)) \\ & + a_2 (1 - (I_1 / I_2)) \log(G_1) + \\ & a_3 (1 - (I_1 / (I_1 \cdot I_2))) \cdot \log(G_1^2) \end{aligned} \quad (39)$$

onde :

$$b_0 = b_0 \quad ; \quad b_1 = b_1 \quad ; \quad b_2 = b_2 \quad ; \quad b_3 = b_3 \quad ;$$

$$b_4 = a_1 \cdot b_3 \quad ; \quad b_5 = a_2 \cdot b_3 \quad ; \quad b_6 = a_3 \cdot b_3$$

log = logaritmo natural

V₁, V₂ = volumes obtidos respectivamente nas idades I₁ e I₂

G₁, G₂ = são áreas basais obtidas respectivamente nas idades I₁ e I₂

b_{is} = coeficientes a serem estimados

S = valor do índice de sítio (idade de referência = 21 anos).

O ajuste utilizado para obter equações de projeção global do povoamento foi similar ao utilizado por BECK e DELLA BIANCA¹³.

QUADRO 3: Modelos de produção em volume e área basal, ajustados em cada época de desbaste.

EQUAÇÕES		FORMA DA EQUAÇÃO
BECK	E AJUSTE	$\log(V_2) = b_0 + b_1 (S)^{-1} + b_2 (I_2)^{-1} + b_3 (I_1 / I_2) \log(G_1) +$
DELLA-BIANCA		$b_4 (1 - (I_1 / I_2)) + b_5 (1 - (I_1 / I_2)) S$ (40)
	GERAL	$\left[\begin{array}{l} \log(V_2) = b_0 + b_1 (S)^{-1} + b_2 (I_2)^{-1} + b_3 \log(G_2) \quad (41) \\ \log(G_2) = (I_1 / I_2) \log(G_1) + a_1 (1 - (I_1 / I_2)) + \\ \quad a_2 (1 - (I_1 / I_2)) S \quad (42) \end{array} \right.$
		Onde: $b_0 = b_0 ; b_1 = b_1 ; b_2 = b_2 ; b_3 = b_3 ;$ $b_4 = b_3 \cdot a_1 ; b_5 = b_3 \cdot a_2$
CLUTTER	AJUSTE	$\log(V_2) = b_0 + b_1 (S) + b_2 I_2^{-1} + b_3 (I_1 / I_2) \cdot \log(G_1)$ $+ b_4 (1 - (I_1 / I_2)) + b_5 (S) (1 - (I_1 / I_2))$ (43)
	GERAL	$\left[\begin{array}{l} \log(V_2) = b_0 + b_1 (S) + b_2 (I_2)^{-1} + b_3 \log(G_2) \quad (44) \\ \log(G_2) = (I_1 / I_2) \log(G_1) + a_1 (1 - (I_1 / I_2)) \\ \quad + a_2 (S) (1 - (I_1 / I_2)) \quad (45) \end{array} \right.$
		Onde: $b_0 = b_0 ; b_1 = b_1 ; b_2 = b_2 ; b_3 = b_3 ;$ $b_4 = b_3 \cdot a_1 ; b_5 = b_3 \cdot a_2$
MODIFICADA P/ CLUTTER	AJUSTE	$\log(V_2) = b_0 + b_1 (S) + b_2 (I_2)^{-1} + b_3 (I_1 / I_2) \log(G_1) +$ $b_4 \log(G_1) (1 - (I_1 / I_2))$ (46)
	GERAL	$\left[\begin{array}{l} \log(V_2) = b_0 + b_1 (S) + b_2 (I_2)^{-1} + b_3 \log(G_2) \quad (47) \\ \log(G_2) = (I_1 / I_2) \log(G_1) + a_1 (1 - (I_1 / I_2)) \quad (48) \end{array} \right.$
		Onde: $b_0 = b_0 ; b_1 = b_1 ; b_2 = b_2 ; b_3 = b_3 ; b_4 = b_3 \cdot a_1$

Numa primeira fase foi feito o ajuste para cada situação de

desbaste considerado, quais sejam antes do 1º desbaste, após o 1º, após o 2º, 3º, 4º e após o 5º desbaste. Posteriormente foi realizada uma análise de variância em blocos ao acaso utilizando uma sub-amostra contendo 30 parcelas com remedições em todas as épocas de desbaste. A finalidade foi verificar se dados provenientes dos diferentes desbastes poderiam ser agrupados, de modo a se ter maior flexibilidade nas simulações de diferentes regimes de manejo.

Todos os modelos foram ajustados, considerando e não considerando o termo para correção da média (b_0) para cada época de desbaste.

Das equações selecionadas para expressar a predição presente e futura dos volumes foi obtida a 1ª derivada de modo a se obter a taxa de crescimento instantâneo.

Para aquela situação até o primeiro desbaste, onde efeitos da competição já são notados, uma série de funções de sobrevivência serão testadas.

Pode-se distinguir estas funções em duas categorias:

Uma primeira, quando os dados provenientes de remedições não são disponíveis. Neste caso utiliza-se o número de árvores obtido no inventário da única medição realizada, em relação ao número de árvores plantadas por ocasião do estabelecimento do povoamento.

Uma segunda, é aquela em que dados provenientes de remedições são disponíveis. No presente trabalho existem dados disponíveis de uma única remedição.

Foram então, realizados ajustes considerando as duas

situações enfocadas acima. No QUADRO 4, apresentam-se os modelos testados:

QUADRO 4: Modelos que expressam a sobrevivência das árvores.

EQUAÇÃO	CATEGORIA	EQUAÇÃO
FEDUCIA et al	1	$N_s = N_p / [\exp (I_1 (b_1 \log(N_p) + b_2 Hd + b_3 (Hd)^{1/2}))] \quad (49)$
CLUTTER 1984	2	$N_2 = [N_1^{b_1} + (b_0 + b_2 (S^{-1}) ((I_2)^{b_3} - (I_1)^{b_3}))]^{1/b_1} \quad (50)$
BURKHART e SPRINZ 1984	1	$N_s = \{N_p \cdot \exp[I(b_0 - b_1 \log(N_p))]\} \quad (51)$
CLUTTER	2	$N_2 = N_1 (I_2 / I_1)^{b_1} \cdot \exp [(b_0 + b_2 S)(I_2 - I_1)] \quad (52)$
LENHART	2	$N_2 = N_1 \cdot \exp [b_1 (I_2 - I_1) + b_2 (\log(I_2 / I_1))] \quad (53)$
CLUTTER e JONES	2	$N_2 = [N_1^{b_1} + b_2(I_2^{b_3} - I_1^{b_3})]^{b_1^{-1}} \quad (54)$
PIENNAR e SHIVER	2	$\log(N_2) = \log(N_1) - b_1(I_2^{b_2} - I_1^{b_2}) \quad (55)$

Onde:

- N_p = número de árvores plantadas
 N_s = número de árvores da medição feita na idade I
 N_1, N_2 = número de árvores encontradas respectivamente nas idades I_1 e I_2
 b_i = coeficientes a serem estimados
 Hd = altura média das árvores dominantes(m)

S = índice de sítio
 log = logaritmo natural
 exp = exponencial

3.4.2. MODELO POR CLASSE DIAMETRICA

A função de densidade de probabilidade empregada, foi a de Weibull. Esta função existe em duas formas, com três parâmetros e com dois parâmetros, respectivamente:

$$f(x) = (c / b) \cdot [(x - a) / b]^{c-1} \cdot e^{-[(x-a)/b]^c}, \quad (56)$$

onde:

$$x \geq a, \quad b > 0, \quad c > 0$$

$$f(x) = (c / b) \cdot [x / b]^{(c-1)} \cdot e^{-[x/b]^c}, \quad (57)$$

onde:

$$b > 0, \quad c > 0,$$

sendo:

a = parâmetro locação
 b = parâmetro escala
 c = parâmetro forma
 x = variável de interesse (no caso diâmetro)

O parâmetro forma pode assumir uma série de valores, os quais indicam a forma da distribuição dos diâmetros. Assim para $c < 1$ a função assume forma de "J" invertido, expressando a distribuição das árvores de uma floresta natural heterogênea em espécie e idade. Para $c = 1$ resulta na distribuição exponencial, para $1 < c < 3,6$ a função tem assimetria positiva, para $c = 2$ resulta na distribuição de qui-quadrado, para $c \approx 3,6$ resulta na distribuição normal, para $c > 3,6$ a distribuição assume uma

assimetria negativa.

Para geração de tabelas do povoamento adotou-se a teoria desenvolvida por HYINK⁶⁷, o qual tomou como base o método desenvolvido por STRUB e BURKHART¹²² para gerar intervalos de classes livres cuja forma geral é:

$$Y_{ij} = N_t \int_{D_{lj}}^{D_{uj}} f(x, \underline{\theta}_t) \delta x \frac{g_j(x) \int_{D_{lj}}^{D_{uj}} f(x; \underline{\theta}_t) \delta x}{\int_{D_{lj}}^{D_{uj}} f(x; \underline{\theta}_t) \delta x} \quad (58)$$

Onde:

- $f(x; \underline{\theta}_t)$ = uma função de densidade de probabilidade (f.d.p.) com K parâmetros. Neste trabalho utilizou-se Weibull
- x = DAP da árvore em cm
- $\underline{\theta}_t$ = um vetor de comprimento K, contendo os parâmetros da f.d.p., especificando a distribuição de diâmetros numa certa idade
- N_t = número total de árvores numa idade (t) a ser distribuído pela f.d.p.
- $g_j(x)$ = qualquer atributo do povoamento como uma função de x
- D_{uj} = limite superior da j-ésima classe de diâmetro
- D_{lj} = limite inferior da j-ésima classe de diâmetro
- Y_{ij} = valor por unidade de área do atributo da tabela de produção dado pela itésima função do DAP da árvore na j-ésima classe de diâmetro ($D_{lj} < D_j < D_{uj}$).

Após o conhecimento de que $N_t \int_{D_{lj}}^{D_{uj}} f(x; \underline{\theta}_t) \delta x$ representa

o número de árvores por unidade de área na j-ésima classe de DAP e que o restante da equação (58) é o valor esperado $g_j(x)$ na j-ésima classe de diâmetro, a expressão (58) pode ser simplificada para:

$$Y_{ij} = N_t \int_{D_{lj}}^{D_{uj}} g_j(x) \cdot f(x; \underline{\theta}_t) \delta x \quad (59)$$

Se $g_i(x) = 1$ então a expressão (58) fornece o número de árvores por unidade de área.

Por outro lado, assumindo que a distribuição de diâmetros é adequadamente caracterizada por $f(x; \underline{\theta}_t)$, ao se usar a equação (59) para qualquer $g_i(x)$ será necessário conhecer os valores N_t e $\underline{\theta}_t$.

Segundo HYINK⁶⁷ a determinação dos valores futuros destas variáveis é a essência do caminho da projeção da produção da floresta. Entretanto, segundo o mesmo autor, o conhecimento de N_t e $\underline{\theta}_t$ nem sempre permite computar os atributos de produção do povoamento global, mas especificam sua distribuição por classes de DAP, como no caso descrito na seção 2.4.

Um reexame de (58) sugere que nem sempre este precisa ser o caso.

Omitindo o tempo (t) para facilidade de notação (58) pode ser reescrita como:

$$h_{ij}(N_j, \underline{\theta}) = N \frac{\int_{D_{1j}}^{D_{uj}} f(x, \underline{\theta}) \partial x}{\int_{D_{1j}}^{D_{uj}} f(x, \underline{\theta}) \partial x} \frac{\int_{D_{1j}}^{D_{uj}} g_i(x) f(x, \underline{\theta}) \partial x}{\int_{D_{1j}}^{D_{uj}} f(x, \underline{\theta}) \partial x} = Y_{ij}$$

tem-se que $N_j = N \int_{D_{1j}}^{D_{uj}} f(X; \underline{\theta}) \delta x$ em qualquer $h_{ij}(N_j, \underline{\theta})$,

isto é, N_j é o número de árvores por unidade de área associado com o correspondente valor de Y_{ij} . Se o j -ésimo intervalo de classe é coincidente com toda a amplitude de $f(X; \underline{\theta})$, então $N_j = N$.

Suponha-se agora que estão sendo dados N_j , Y_{ij} e $K-1$ valores de $\underline{\theta}$ para um particular $h_{ij}(N_j; \underline{\theta})$. Assim, pode-se encontrar para o k éximo valor de $\underline{\theta}$:

$$\theta_k = F(Y_{ij}, N_j, \underline{\theta})$$

Além do mais considere-se que distintos pares (Y_{ij}, N_j) são conhecidos, provenientes de cada K $h_{ij}(N_j, \underline{\theta})$'s, tal que nenhum $h_{ij}(N_j, \underline{\theta})$ seja uma combinação linear de qualquer outro. Um sistema pode ser formado:

$$\theta_1 = F((Y_{ij}, N_j)_1, \underline{\theta})$$

$$\theta_2 = F((Y_{ij}, N_j)_2, \underline{\theta})$$

⋮

$$\theta_k = F((Y_{ij}, N_j)_k, \underline{\theta})$$

Este sistema resulta em uma única solução para $\underline{\theta}$, definindo assim um modelo de parâmetros recalculados. Escrevendo de outra maneira o sistema pode ser representado por um conjunto de K equações na forma:

$$h_{ij}(N_j, \underline{\theta}) - Y_{ij} = 0$$

Usando técnicas de ajuste não linear um vetor, contendo os parâmetros $\underline{\theta}$ pode ser determinado (isto é, recalculado com o conhecimento dos K pares (Y_{ij}, N_j)), tal que o valor esperado de $g_i(x)$ sobre o j éximo intervalo de classe de DAP seja igualmente associado com Y_{ij} .

Os (Y_{ij}, N_j) pares podem vir de modelos de produção médio para o povoamento, ou de modelos de produção médio desenvolvidos especialmente para o sistema de parâmetros recalculados.

Este procedimento, representa uma relação matemática, unificada e consistente entre a média do povoamento e o modelo de distribuição diamétrica.

Os atributos médios do povoamento utilizados neste trabalho são respectivamente o 1º e 2º momentos, quais sejam o diâmetro médio aritmético (\bar{D}) e o diâmetro médio quadrático ao quadrado (D_2^2)

Assim, usando a forma da expressão (58) tem-se:

$$\bar{D} = \int_a^{\infty} x \cdot f(x) \cdot \delta_x \quad (61)$$

$$G = k \cdot N \int_a^{\infty} x^2 \cdot f(x) \delta_x \quad (62)$$

Resolvendo a integral, tem-se que :

$$\bar{D} = a + b \cdot \Gamma(1 + 1 / c) \quad (63)$$

e

$$G = kN [a^2 + 2a\bar{D} + b^2 \cdot \Gamma(1 + 2 / c)] \quad (64)$$

ou

$$D_2^2 = a^2 + 2a\bar{D} + b^2 \cdot \Gamma(1 + 2 / c) \quad (65)$$

Onde:

- $\Gamma(\cdot)$ = função gamma completa associada ao valor x
- K = 0,0000785398163 se o diâmetro em cm e área basal em m^2 são considerados
- N = número de árvores por unidade de área.

Como o sistema baseado no método dos momentos para a distribuição Weibull, leva a problemas de convergência ao se utilizar os 3 parâmetros, (ver seção 2.4.) o parâmetro "a" será

estimado à parte e se utilizará a função com 2 parâmetros(57) de modo que:

$$\bar{D} = \int_0^{\infty} x \cdot f(x) \delta_x$$

$$G = 0,0000785398163 \cdot N \cdot \int_0^{\infty} x^2 \cdot f(x) dx$$

que geram:

$$\bar{B} = b \cdot \Gamma(1 + 1 / c) \quad (66)$$

$$D_G^2 = b^2 \cdot \Gamma(1 + 2 / c) \quad (67)$$

Assim, para se obter o valor de "a" (sabe-se que varia entre zero e o menor diâmetro existente no povoamento) se fixou uma série de possíveis valores de "a" como:

$$a = 0,00 * D \text{ mínimo}$$

$$a = 0,10 * D \text{ mínimo}$$

$$a = 0,20 * D \text{ mínimo}$$

$$a = 0,30 * D \text{ mínimo}$$

$$a = 0,40 * D \text{ mínimo}$$

$$a = 0,50 * D \text{ mínimo}$$

$$a = 0,60 * D \text{ mínimo}$$

$$a = 0,70 * D \text{ mínimo}$$

$$a = 0,80 * D \text{ mínimo}$$

$$a = 0,90 * D \text{ mínimo}$$

$$a = 0,95 * D \text{ mínimo}$$

$$a = 0,97 * D \text{ mínimo}$$

Para cada valor proposto de "a" é ajustada a distribuição Weibull para o conjunto das parcelas usadas no trabalho. Deste modo para cada valor de "a" há um correspondente valor de "b" e "c". Efetuando-se um teste de Qui quadrado para as frequências estimadas do número de árvores por classe de diâmetro (para cada valor de "a" proposto), em relação à frequência observada, pode-se com segurança estabelecer qual o valor de "a" é o mais adequado.

Para estimativa de "b" e "c" utilizou-se a técnica desenvolvida por BURK e BURKHART²⁴.

Considere-se que a variância estimada da distribuição é dada por:

$$s^2 = D_g^2 - \bar{D}^2 = b^2 [\Gamma(1 + 2/c) - \Gamma^2(1 + 1/c)] \quad (68)$$

e que o coeficiente de variação (CV) é estimado por:

$$cv = \frac{s}{\bar{D}} = \frac{[\Gamma(1 + 2/c) - \Gamma^2(1 + 1/c)]^{1/2}}{\Gamma(1 + 1/c)} \quad (69)$$

O coeficiente de variação é função somente de "c", existindo portanto uma única solução para "c", que pode ser obtida por uma técnica iterativa simples, sendo necessário para isto estimativas de \bar{D} e D_g^2 . Com o valor de "c" conhecido, facilmente se estima o parâmetro "b" a partir da expressão:

$$\bar{D} = b \cdot \Gamma(1 + 1/c)$$

A estimativa do parâmetro "a" é independente do sistema e será vinculada ao diâmetro mínimo do povoamento ($D_{min.}$). Para estabelecer este vínculo é necessário o estabelecimento de

equações que expressem o diâmetro mínimo. Para tal, uma série de modelos foram testados e são apresentados no QUADRO 5.

QUADRO 5: Modelos para estimar o diâmetro mínimo.

MODELOS	FORMA	DE	AJUSTE
KNOEBELL	$\log(D_{\min}) = b_0 + b_1 (G/(0,000078539816 \cdot N))^{0,5}$ $+ b_2 / N^{0,5} + b_3 (1 \cdot Hd)^{-1}$		(70)
LENHART	$\log(D_{\min}) = b_0 + b_1 Hd + b_2 N$		(71)
BURKHART e SPRINZ	$\log(D_{\min}) = b_0 + b_1 l + b_2 (Hd/l) + b_3 (N)$		(72)
AMATEIS et al	$D_{\min} = b_0 + b_1 Hd + b_2 Hd / l$		(73)
CAO et al	$D_{\min} = b_0 + b_1 / l + b_2 \log(Hd) +$ $b_3 \log(G) + b_4 \log(N)$		(74)
BURKHART et al	$D_{\min} = b_0 + b_1 \cdot Hd + b_2 (1 \cdot N) +$ $b_3 (Hd / N) + b_4 (Dg \cdot l)$		(75)
LENHART	$D_{\min} = b_0 + b_1 \log(l) + b_2 \log(N) +$ $b_3 Hd^{-1}$		(76)
LENHART e GLUTTER	$D_{\min} = b_0 + b_1 l + b_2 Hd + b_3 N^{-1}$		(77)
BURKHART e DANIELS	$D_{\min} = b_0 + b_1 Hd + b_2 (Hd \cdot N^{-1})$		(78)
BALDWIN	$D_{\min} = b_0 + Hd^{b_1} \cdot N^{b_2} \exp(b_3 / l)$		(79)

Onde:

- D_{\min} = menor diâmetro na parcela
 G, N = respectivamente a área basal (m^2)/ha e o número de árvores/ha numa idade l
 Hd, Dg = altura média das árvores dominantes (100 árvores de maior diâmetro por ha) e diâmetro médio quadrático
 \log = logaritmo natural
 b_i = coeficientes a serem estimados

Em complementação as equações do QUADRO 5, o autor desenvolveu uma série de modelos, para obtenção do diâmetro mínimo da floresta.

$$D_{\min} = b_0 + b_1 I + b_2 (Hd / I) + b_3 N \quad (70)$$

$$D_{\min} = b_0 + b_1 I^{-1} + b_2 (Hd / I) + b_3 N + b_4 Dg \quad (71)$$

$$D_{\min} = b_0 + b_1 I + b_2 (Hd / I) + b_3 N + b_4 Dg \quad (72)$$

$$D_{\min} = b_0 + b_1 I^{-2} + b_2 (Hd / I) + b_3 N + b_4 (Dg \cdot I) \quad (73)$$

Conforme já mencionado, existe a necessidade de estimar os dois primeiros momentos não centrais \bar{D} (diâmetro médio aritmético) e Dg^2 (diâmetro médio quadrático ao quadrado). Embora seja possível desenvolver equações para prever os diâmetros médios (\bar{D} e Dg) de qualquer povoamento, infelizmente, com a utilização deste procedimento, pode-se deparar com problemas no recálculo dos parâmetros da função Weibull.

FRAZIER⁶⁰ observou que estimativas independentes destes atributos do povoamento podem levar a problemas de convergência, ou seja, $s^2 (Dg^2 - \bar{D}^2) < 0$ e conforme BURK e NEWBERRY²⁵ é fundamental que o primeiro momento (μ'_1) seja menor ou igual ao segundo momento (μ'_2)^{1/2} (ver seção 2.4.).

Estimativas independentes destes dois momentos podem não garantir a condição de que $\bar{D} \leq (Dg^2)^{1/2}$. O uso de algumas relações dendrométricas fundamentais possibilita a eliminação deste possível problema.

Sabe-se que a variância dos diâmetros é dada:

$$\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2 = \sum_{i=1}^n D_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n D_i \right)^2 / n$$

Multiplicando ambos lados da expressão acima por $(1/n)$ não se altera a estrutura da mesma tendo-se :

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i^2 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \right)^2$$

Assim

$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2 + \left(\frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \right)^2}$$

ou que

$$D_g = \sqrt{\left(\frac{n-1}{n} \right) s^2 + \bar{D}^2} \quad (86)$$

onde s^2 é a variância da amostra dos D_i valores de diâmetros. Assim:

$$D_g^2 = S_{Di}^2 + \bar{D}^2 \quad (87)$$

Desse modo, torna-se necessário estimar a variância dos diâmetros, de modo que \bar{D} (diâmetro médio aritmético) seja sempre igual a D_g (diâmetro médio quadrático) menos o desvio padrão dos diâmetros S_{Di} .

Os modelos testados para expressar a variância dos diâmetros são apresentados no QUADRO 6. Os ajustes foram feitos considerando e não considerando a interseção.

QUADRO 6: Modelos para estimar a variância dos diâmetros.

MODELOS	FORMA DE AJUSTE
KNOEBELL BURKHART	$\log(Dg^2 - \bar{D}^2) = b_0 + b_1 \log(G) + b_2 \log(Hd) + b_3(I.N) \quad (88)$
BURK e BURKHART	$\log(Dg - \bar{D}) = b_0 + b_1 \log(Hd) + b_2 Hd^{-1} + b_3 \log(G) + b_4 G^{-1} \quad (89)$
CAO e	$\log(Dg - \bar{D}) = b_0 + b_1 \log(Hd) + b_2 \log(N.G) + Hd \cdot I^{-1} \quad (90)$

Em complementação as equações do QUADRO 6 o autor desenvolveu e adaptou modelos para expressar o comportamento da variância dos diâmetros.

$$\log(S_{di}^2) = b_0 + b_1 \log(N / G) + b_2 Hd^{-1} + b_3 I^2 \quad (91)$$

$$\log(Dg^2 - \bar{D}^2) = b_0 + b_1 \log(Hd) + b_2 \log(G/N) + b_3 (Hd/I) \quad (92)$$

onde :

- S_{di}^2 = variância dos diâmetros(cm^2)
- N = número de árvores por hectare
- G = área basal por hectare(m^2/ha)
- Hd = altura média das árvores dominantes(m)
- I = idade em anos
- Dg = diâmetro médio quadrático(cm)
- \bar{D} = diâmetro médio aritmético
- log = logaritmo natural

Conhecidos os parâmetros a, b e c da distribuição Weibull, a distribuição dos diâmetros é gerada para obter a área basal de acordo com a expressão:

$$G = 0,0000785398163 \cdot N \cdot \sum_{X_i=1}^{\infty} X_i^2 f_i \quad (93)$$

Onde:

N = número de árvores
 X_i = é o valor central da itésima classe de diâmetro
 f_i = $F(X_i + 1,5) - F(X_i - 1,5)$ é a proporção de árvores na itésima classe de diâmetro
 $F(X) = 1 - \exp(-((X-a)/b)^c)$ é a distribuição acumulativa Weibull.

Se a área basal, obtida através da equação (93) não é igual aquela estimada para o povoamento, os parâmetros serão recalculados até que a área basal proporcionada pela distribuição dos diâmetros seja igual aquela obtida para o povoamento todo.

No desenvolvimento do sistema de predição, informações complementares são necessárias, tais como: área basal presente (G), o número de árvores presentes (N) e altura média das dominantes (Hd) numa determinada idade "I".

A altura média das dominantes é obtida das equações que expressam o índice de sítio (QUADRO 2) tornando-se necessário o estabelecimento de equações para expressar G e N. Assim uma série de modelos foram testados, como os apresentados no QUADRO 7.

Entretanto, como os dados disponíveis advêm de desbastes pela redução do número de árvores, o ajuste para área basal(G) mostrou-se satisfatório, mas o ajuste do número de árvores(N) apresentou dependência apenas de b_0 . Ao se retirar b_0 , as variáveis independentes no modelo passaram a ter certo

grau de significância, mas proporcionando um erro padrão da estimativa altíssimo.

QUADRO 7: Modelos para expressar o número de árvores e a área basal presente

FORMA DE AJUSTE	
$\log(G) = b_0 + b_1 I^{-1} + b_2 S + b_3 \log(N)$	(94)
$\log(G) = b_0 + b_1 I^{-1} + b_2 S + b_3 N^{-1}$	(95)
$\log(G) = b_0 + b_1 \log(N) + b_2 I + b_3 (I^{-1}) + b_4 (S)^{-1}$	(96)
$\log(G) = b_0 + b_1 I^{-1} + b_2 \log(N) + b_3 \log(S) +$ $b_4 \log(N \cdot I^{-1}) + b_5 \log((S) \cdot I)$	(97)
$\log(N) = b_0 + b_1 I^{-1} + b_2 \log(S) + b_3 \log(G)$	(98)
$\log(N) = b_0 + b_1 I^{-1} + b_2 (S) + b_3 G^{-1}$	(99)
$\log(N) = b_0 + b_1 \log(G) + b_2 I + b_3 \log(S) + b_4 (G \cdot I^{-1})$	(100)
$\log(N) = b_0 + b_1 I^{-1} + b_2 \log(G) + b_3 S + b_4 \log(N/I)$	(101)

Onde:

- N = número de árvores por hectare
- G = área basal (m²/ha)
- S = índice de sitio (idade de referência = 21 anos)
- I = idade em anos
- b_i = coeficientes a serem estimados
- log = logaritmo natural

Investigou-se então uma série de possibilidades, obtendo-se como variável dependente a razão N/G, como aquela que apresentou uma correlação bastante significativa com as características do povoamento.

Os modelos com a razão (N/G) propostos pelo autor são apresentados no QUADRO 8.

QUADRO 8: Modelos para expressar o número de árvores e a área basal presente, através da razão

FORMA DE AJUSTE		
(N/G)	$= b_0 + b_1 I^{-1} + b_2 S + b_3 (I \cdot S)$	(102)
(N/G)	$= b_0 + b_1 I^{-1} + b_2 S + b_3 (I \cdot S)^{-1}$	(103)
(N/G)	$= b_0 + b_1 I^{-1} + b_2 S + b_3 (S \cdot I^{-1})$	(104)
(N/G)	$= b_0 + b_1 I^{-1} + b_2 I^{-2} + b_3 (S)$	(105)
$\log(N/G)$	$= b_0 + b_1 I^{-1} + b_2 \log(S) + b_3 \log(S \cdot I)$	(106)
$\log(N/G)$	$= b_0 + b_1 I^{-1} + b_2 \log(S) + b_3 (I \cdot S)^{-1}$	(107)

Deve-se salientar que tanto o ajuste da variância dos diâmetros, como da área basal presente e como a do número de árvores presentes foi feita para cada época de desbaste considerada, ou seja, antes do primeiro desbaste, após o 1º desbaste, o 2º, 3º, 4º, 5º e 6º desbastes, para o 1º e 2º desbastes conjugados e ainda o 2º e 3º desbastes conjugados.

Efetuuou-se então, como no caso do modelo para todo o povoamento, uma análise de variância com delineamento

experimental em bloco ao acaso para verificar a possibilidade ou não do agrupamento de dados provenientes de diferentes desbastes.

Um outro componente necessário ao modelo por classe diamétrica é a estimativa da altura média das árvores, já que evoluções acontecem na estrutura do povoamento.

Foram investigadas várias relações que expressam o desenvolvimento da altura. Os modelos obtidos pelo autor são apresentados a seguir

$$\begin{aligned} \log(H) = & b_0 + b_1 \log(Hd) + b_2 \log(Dg / D_i) + b_3 (1 / (I \cdot D_i)) \\ & + b_4 (1 / D_i) \end{aligned} \quad (108)$$

$$\begin{aligned} \log(H) = & b_0 + b_1 I^{-1} + b_2 \log(Hd) + b_3 \log(G) + \\ & b_4 \log(Dg \cdot I) \end{aligned} \quad (108A)$$

Outros modelos após várias investigações sofreram adaptações para estimar com confiabilidade a altura média das classes diamétricas. São eles :

$$\begin{aligned} \log(H) = & b_0 + b_1 \log(Hd) + b_2 I^{-1} + b_3 \log(Dg / D) \\ & + b_4 (1 / (I \cdot D)) \end{aligned} \quad (109)$$

$$\begin{aligned} \log(H) = & b_0 + b_1 \log(Hd) + b_2 (1/D) + b_3 \log(Dg / D) \\ & + b_4 (1 / (I \cdot D)) \end{aligned} \quad (110)$$

$$\begin{aligned} \log(H) = & b_0 + b_1 \log(Hd) + b_2 [(1 / D) - (1 / D_{max})] \\ & + b_3 \log(N / D) + b_4 (1 / (I \cdot D)) \end{aligned} \quad (111)$$

$$\begin{aligned} \log(H) = & b_0 + b_1 \log(Hd) + b_2 (1 / D) + b_3 \log(N / D) \\ & + b_4 (1 / (I \cdot D)) \end{aligned} \quad (112)$$

Em complementação aos modelos apresentados, foram ainda testados outros modelos, conforme apresentado no QUADRO 9.

QUADRO 9 : Modelos para estimar altura média das árvores

MODELOS	FORMA DE AJUSTE
BURKHART (113)	$\log(H) = \log(H_d) / [b_0 + ((1/D) - (1/D_{mx})) (b_1 + b_2 \cdot \log(G) + b_3 I^{-1} + b_4 (S))]$
AMATEIS et al (114)	$\log(H) = \log(H_d) / [b_0 + ((1/D) - (1/D_{mx})) (b_1 + b_2 \log(N) + b_3 I^{-1} + b_4(S))]$
AMATEIS et al (115)	$\log(H) = b_0 + b_1 \cdot I^{-1} + b_2 \cdot \log(H_d) + b_3 \log(G) + b_4 \ln(N) + b_5 D^{-1}$
CAO et al (116)	$\log(H) = b_0 + b_1 I^{-1} + b_2 \log(H_d) + b_3 \log(G)$
CLUTTER e BENNETT (117)	$\log(H) = b_0 + b_1 S + b_2 N + b_3 I^{-1} + b_4 D^{-1}$
LENHART e CLUTTER (118)	$\lg(H/H_d) = b_0 + b_1 (D^{-1} - D_{max}^{-1}) + b_2 I^{-1} \cdot ((1/D) - (1/D_{max})) + b_3 ((1/D) - (1/D_{max})) + \log(N)$
LENHART (119)	$\log(H) = \log(H_d) + b_0 + [\log(D) - \log(D_{max})] (b_1 + b_2 \log(I) + b_3 \log(H_d/I) + b_4 \log(N))$
LENHART (120)	$\log(H) = \log(H_d) + b_0 + [\log(D) - \log(D_{max})] (b_1 + b_2 \log(D_g))$
LENHART (121)	$\log(H) = b_0 + b_1 \log(H_d) + b_2 (1/I) + b_3 \log(N/D) + b_4 (1/(I \cdot D))$

Onde:

H = altura total da i-ésima árvore ou altura média das árvores de diâmetro "i"

Hd = altura média das árvores dominantes (critério 100
 árvores de maior diâmetro por hectare)
 Dg = diâmetro médio quadrático
 Di = diâmetro (DAP) da árvore "i" ou valor central da
 classe de diâmetro "i"
 I = idade em anos
 Dmax = maior diâmetro do povoamento ou valor da maior
 classe de diâmetro
 N = número de árvores por hectare
 G = área basal (m^2 por hectare)
 bi = coeficientes a serem estimados
 log = logaritmo natural

Foram efetuados dois tratamentos no conjunto de dados. Um primeiro que consiste de uma sub-amostragem no universo das parcelas utilizadas, com o uso de 1509 pares de valores altura total - diâmetro a altura do peito. Num outro enfoque, utilizou-se de uma sub-amostra de 16500 árvores que foram agrupadas em classes de diâmetro, cujos valores centrais da menor e da maior classe são 3,5 e 45,5cm e intervalo entre classes de 3cm.

3.4.3. EXPRESSÃO DE DESBASTE

Uma das ferramentas mais procuradas pelo manejador florestal é um modelo matemático que permita estimar o impacto das estratégias de manejo aplicadas num povoamento e que permita simular diferentes regimes de manejo.

Foram avaliadas variáveis que potencialmente representam o tipo e o nível de desbastes, como a proporção de árvores removidas, proporção de área basal removida, razões de diâmetro, idades de desbastes.

Como antecipadamente fez-se a opção por uma expressão que

represente o padrão de remoção do povoamento, sem que esta esteja embutida ou ligada a qualquer modelo, adotou-se que os critérios para se estabelecer os desbastes podem ser, ou remoção em área basal ou redução do número de árvores. Estas variáveis, como são as características de interesse devem ser as variáveis dependentes do modelo.

O desbaste tomado como base é um desbaste seletivo com retirada das árvores com características indesejáveis (desbaste seletivo das piores árvores). Portanto, notadamente se retirará mais árvores nas menores classes de diâmetro e menos árvores nas maiores classes de diâmetro.

Em cada parcela foi feito um agrupamento dos dados por classe de diâmetro, considerando-se em cada classe o volume, área basal, número de árvores, número de árvores defeituosas e a altura média existente, imediatamente antes de se fazer o desbaste, nas árvores removidas no desbaste e nas árvores remanescentes. Outras características tais como: diâmetro médio aritmético e diâmetro médio quadrático das árvores antes do desbaste, daquelas retiradas no desbaste e das remanescentes também foram consideradas. Este procedimento foi realizado em todas as parcelas e em todas as ocasiões de desbaste, ou seja 1º, 2º, 3º, 4º, 5º e 6º desbastes, no 1º-2º e no 2º-3º desbastes conjugados, através de programa GERCLAD, desenvolvido pelo autor.

Após vários e exaustivos testes optou-se pelas seguintes formas de trabalho, apresentados no QUADRO 10, e que também foram usados com sucesso em KNOEBELL et al⁷⁵.

QUADRO 10: Modelos para quantificar o número de árvores e a área basal, removidos a cada desbaste.

VARIAVEIS DEPENDENTES	FORMA DE AJUSTE
$N_i/N = Dqrd / Dqr$	$N_i/N = \exp [b_1 (d_i^2 / d_g^2)^{b_2}] \quad (122)$
$N_i/N = Dqad / Dqr$	
$G_i/G = Dqrd / Dqr$	$G_i/G = \exp [b_1 (d_i^2 / d_g^2)^{b_2}] \quad (123)$
$G_i/G = Dqad / Dqr$	

Onde:

- Dqrd = diâmetro médio quadrático das árvores removidas no desbaste
Dqr = diâmetro médio quadrático das árvores remanescentes
Dqad = diâmetro médio quadrático das árvores antes do desbaste
 d_i = valor central da classe de diâmetro "i"
 d_g = diâmetro médio quadrático do povoamento
 N_i/N = proporção do número de árvores removidas na classe de diâmetro "i"
 G_i/G = proporção da área basal removida na classe de diâmetro "i"

3.4.4. CRITERIOS DE SELEÇÃO DOS MODELOS QUE COMPOEM O SISTEMA DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO E A VALIDAÇÃO DO SISTEMA

O critério de seleção dos modelos estudados baseia-se no coeficiente de determinação (R^2), no erro padrão da estimativa (EPE), na análise visual da distribuição gráfica dos resíduos e na simplicidade do modelo, se igualdades são observadas nas 3 primeiras condições.

Para validação do sistema de crescimento e produção a nível global, por classe diamétrica e da função que quantifica o que é removido a cada desbaste foi feito o confronto entre os valores reais obtidos de 200 parcelas não utilizadas no ajuste de cada

uma destas equações que compõem o referido sistema.

3.5. O ASPECTO ECONOMICO E A PROGRAMAÇÃO LINEAR

3.5.1. DEFINIÇÃO DO HORIZONTE DE PLANEJAMENTO

Existe a necessidade do estabelecimento de dois periodos de tempo para que se possa fazer o planejamento.

Um primeiro é aquele que define o horizonte de planejamento, e que WARE e CLUTTER¹²⁷ sugerem ser 1,5 a 2 vezes a idade de rotação adotada. Este horizonte de planejamento foi definido para um periodo de 30 anos, neste trabalho.

Um segundo é a periodicidade do corte que foi definido como sendo de um ano devido ao rápido desenvolvimento da floresta em questão.

3.5.2. DEFINIÇÃO DAS UNIDADES DE CORTE

Varias são as formas para se definir a formação das unidades de corte conforme CLUTTER et al⁴⁷.

As unidades de corte serão compostas por talhões de mesma idade, sítio, densidade, sujeitos a mesmos tratamentos silviculturais e denominadas de estrato. A população florestal considerada envolve uma área de 10.484 ha, e será subdividida em "200" estratos com diferentes tamanhos.

3.5.3. DEFINIÇÃO DOS REGIMES DE MANEJO

Conforme LEUSCHENER⁸⁰ o regime de manejo é uma sequência de corte que é realizada dentro de cada estrato no horizonte de

planejamento definido.

Foram fixados para cada extrato, 10 regimes de manejo para ser escolhido um. Como os estratos ou unidades de corte, foram definidas igual a 200, tem-se um total de 10^{200} combinações de possíveis regimes de manejo.

A definição de cada regime de manejo deve levar em consideração aspectos como época e intensidade dos desbastes. A época dos desbastes pode ser definida pelo ponto onde se verifica a ocorrência do saturamento do crescimento, identificada pelo ponto onde ocorre o cruzamento das curvas de incremento corrente anual e do incremento médio anual. Este ponto é perfeitamente identificado analiticamente, conforme pode se encontrar em CLUTTER et al⁴⁷ e HOSOKAWA⁶⁹, dentre outros. Sobre a definição da intensidade do desbaste detalhes podem ser encontrados em HOSOKAWA⁶⁹.

O critério para estabelecer os regimes de manejo foi adotar um procedimento padrão, que é aquele disponível da base de dados utilizados neste trabalho, e a partir dele, estabelecer variações que incluam diferentes intensidades, números e épocas de desbastes.

A população utilizada como base para o trabalho sofre desbaste seletivo, onde se retira as árvores menores e as de pior forma, nas idades de 8, 10, 12, 15, 19, 22 anos, e um corte final aos 25 anos. Esta sequência de desbastes é considerada o padrão de comparação em relação às outras 9 possibilidades a serem estabelecidas em cada unidade de corte.

Os regimes de manejo adotados em cada unidade de corte são mostrados na TABELA 2.

TABELA 2: Dez regimes de manejo a serem efetuados em cada unidade de corte.

PERIODOS DE CORTE	REGIMES DE MANEJO									
	NUMERO DE ARVORES REMANESCENTES APOS O DESBASTE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7								1400		
8	1500	1700	1500	1500	1600	1500	1400		1400	
9										1400
10	1000							800		
11									800	
12	700	900	700	700	1000	900	800			800
13										
14								500		
15	500	500	500		600	600	450		500	
16										500
17										
18								300		
19	300	300	300	300	300	251	200		300	
20										300
21										
22	200	200	200							
23					CF	CF	CF	CF	CF	
24										CF
25	CF	CF	CF	CF						

CF = corte final

Deve-se enfatizar que o sistema é flexível e qualquer que seja o desbaste padrão tomado como base de comparação, ele pode ser aplicado. A preocupação em estabelecer outros regimes de manejo que não difiram em demasiado do padrão utilizado é puramente operacional, ou seja, acredita-se que mudanças drásticas em relação ao que já existe em geral não é implementado a nível prático pois constituem-se em grandes riscos de erros.

Mesmo no estabelecimento destes outros nove regimes de manejo o padrão de desenvolvimento biológico é respeitado.

3.5.4. O ASPECTO ECONOMICO

Associados aos regimes de manejo existem custos e receitas.

Os custos que serão levados em consideração são:

- **Custo da Terra:**

Este custo reveste-se de grande importância, já que em algumas circunstâncias o seu uso ou não define qual método deve ser utilizado para determinação da maturidade financeira da população florestal em questão. BERGER¹⁶, descrevendo os modelos que objetivam a maximização do valor líquido presente, consagrados na literatura mundial, mostra que a distinção básica entre o valor presente líquido e o valor presente líquido geral é que o segundo é bem mais amplo e abrangente, considerando o custo da terra e a maximização do valor presente de todas as produções futuras e não somente de uma rotação.

Em LEUSCHNER⁸⁰ e NEWMAN⁹⁸ encontram-se considerações da inclusão ou não do custo da terra na definição do ciclo economicamente ótimo. Pode-se considerar de maneira geral, que se o proprietário florestal está interessado continuamente no processo produtivo florestal, não existe necessidade de comparar a atividade em questão com qualquer valor de custo de oportunidade de outras atividades que não a florestal.

No presente estudo serão consideradas duas opções: a inclusão do custo da terra e a não inclusão do custo da terra, de modo que todas as expectativas possíveis com relação ao empreendimento florestal serão consideradas.

No modelo considerado, quando é computado o custo da terra, deve-se salientar que este entra na forma de custo de oportunidade devido ao uso deste fator, conforme BERGER¹⁶.

- Custos de formação de mudas
 - mão de obra direta
 - mão de obra indireta
 - sementes
 - materiais
 - fertilizantes
 - herbicidas
 - veiculos

- Custos com implantação e tratos florestais
 - custos de plantio e replantio
 - roleteamento,
 - pré-plantio,
 - coveamento,
 - plantio e replantio
 - tratos culturais
 - 2 ano
 - 3-4 ano
 - 5 ano (poda baixa)
 - 6-8 ano
 - 9 ano (poda alta)
 - 10-25 ano

- Custo de marcação de desbaste
 - 1º desbaste
 - 2º desbaste
 - 3º desbaste
 - 4º desbaste
 - 5º desbaste
 - 6º desbaste
 - corte raso

- Custo de corte
 - inclui os custos de derrubada e desgalhamento para todas as épocas do item anterior

- Custos de arraste

- Custo de carregamento

- Custo de transporte

existem 3 zonas distintas que definem
três valores para custo de transporte

- Custo de descarregamento

- Custo de recebimento

- Custo de conferir

- Custo de administração : estes custos não serão considerados separadamente, pois cada um dos itens de custo anteriormente discriminados já o apresenta.

- Custo de oportunidade de capital: é um fator fundamental, já que possibilita a avaliação econômica da população florestal pela incorporação da taxa de juros. Pode ser definido como sendo a taxa de juros mínima que faz o investidor optar por determinado projeto de investimento. Como considerado em CLUTTER et al⁴⁷, as avaliações dos empreendimentos florestais devem considerar riscos e incertezas e estas devem se abster de considerações sobre o processo inflacionário.

Neste trabalho serão adotados dois diferentes custos de oportunidade de capital, 10% e 12% ao ano, taxas estas comumente utilizadas no meio florestal.

- Receitas: " Para uma correta determinação das classes de renda propriamente dita, ainda necessita-se de instrumentos que possam prognosticar a longo prazo e com maior segurança a evolução da forma de distribuição dos diâmetros ou dos volumes em classes diamétricas", dentre outras, conforme HOSOKAWA⁶⁹.

Como receitas incluem-se as produções advindas dos cortes intermediários e do corte final. As produções que possibilitam a obtenção destas receitas são conforme metodologia descrita na

primeira fase deste trabalho e as simulações são obtidas através do programa "SIMULADOR", desenvolvido pelo autor. Aspectos relacionados ao funcionamento deste programa podem ser observados no APENDICE C.

Como visto na TABELA 2 cada regime de manejo está associado a uma determinada idade de rotação pré-estabelecida. A escolha de qual regime de manejo é o melhor será feito através do valor presente líquido do fluxo de caixa de uma série infinita de rotações.

A geração dos manejos das diversas unidades de corte dentro do período definido como horizonte de planejamento é necessária, pois as unidades de cortes (lotes ou talhões) existentes na propriedade apresentam plantações com as mais variadas idades.

Existem dentre muitas outras situações talhões com 1 ano, com 20 anos e já desbastados 5 vezes, com 10 anos, com 27 anos, estando inclusive acima das rotações definidas. Este ordenamento dos estratos em relação ao horizonte de planejamento é feito para os diferentes regimes de desbastes com o programa "GERADOR", desenvolvido pelo autor, assim como as atualizações de todos os custos envolvidos na atividade florestal dentro do horizonte de planejamento para cada estrato e para os dez regimes de manejos definidos na TABELA 2.

3.5.5. DEFINIÇÃO DO CICLO ECONOMICAMENTE OTIMO

Para efeito de simplicidade, adotou-se para fins do cálculo do valor esperado da terra (VET), a definição de "grandes" estratos, conforme as classes de sítio definidas para a população.

O valor esperado da terra será calculado em cada "grande" estrato para cada regime de manejo. O maior valor do VET neste grande estrato é escolhido para ser usado nos estratos correspondentes aquele índice de sítio.

Considere a seguir uma ilustração, para o cálculo de VET.

QUADRO 11: Fluxo de receitas e custos para uma rotação de t anos.

ANO	RENDA	CUSTOS
0	R0	C0
1	R1	C1
2	R2	C2
3	R3	C3
4	R4	C4
.	.	.
.	.	.
.	.	.
t	Rt	Ct

O valor esperado da terra pode então ser calculado como:

$$VET = \frac{\sum_{j=0}^t (R_t - C_t) (1 + i)^{t-j}}{(1 + i)^t - 1} \quad (124)$$

Onde:

VET = valor esperado da terra
 R_t = receita no ano t
 C_t = custos no ano t
 i = razão de juros

Observe que simplesmente se calcula a renda líquida em cada ano, compondo estas no final da rotação. A sua soma resulta no

fluxo de caixa líquido no momento do corte e a divisão por $[(1+i)^t - 1]$ fornece o fluxo de caixa líquido para o valor presente considerando uma série infinita de pagamentos periódicos.

Os valores do VET devem ser obtidos para cada regime de manejo (10) em cada sítio (3). Para tal deve-se obter as produções de cada um destes regimes de manejo utilizando o programa "SIMULADOR" que permite a simulação dos vários regimes de manejo pré-estabelecidos.

Com relação aos custos verifica-se que uma série deles são custos fixos, para os dez regimes de manejo propostos.

formação de mudas
 plantio e tratos culturais
 arraste
 carregamento
 transporte
 recebimento
 conferir

Os custos de marcação de desbastes e custos de corte são variáveis e, portanto, para que se possa utilizá-los para os 10 regimes de manejo será estabelecida uma função que permite estimar estes custos em relação às diferentes idades de desbastes adotadas, para cada regime de desbaste.

Esta função será ajustada separadamente para marcação dos desbastes e para o corte, a seguir, apresenta-se aquela mais usual para este tipo de ajuste.

$$C = k \cdot e^{-mt} \quad (125)$$

Onde:

C = custo de marcar $1m^3$ ou custo de cortar $1m^3$

t = idade em que o desbaste é realizado ou idade de cortar
 k, m = são coeficientes de regressão a serem ajustados

3.5.6. VALOR DO ESTOQUE DE CRESCIMENTO E DA TERRA NO FINAL DO PERIODO DE PLANEJAMENTO

No fim do período de planejamento para que se tenha continuidade das produções futuras, será assumido, que cada regime de manejo consiste de uma série contínua de rotações similares, obedecendo-se as seguintes suposições, conforme sugerido por CLUTTER et al⁴⁷.

se a idade do povoamento existente no fim do período de planejamento é maior ou igual a rotação ótima o povoamento será cortado no fim do período de planejamento.

se a idade do povoamento existente no fim do período de planejamento é menor que a da rotação econômica ótima o povoamento será cortado quando atingir a idade de rotação econômica ótima.

após o corte do povoamento no fim de período de planejamento, a unidade de corte será usada para gerar uma série de contínuas rotações ótimas, ou seja, após cortar o povoamento existente no final do período de planejamento será adicionado ao fluxo de caixa existente o valor correspondente ao valor esperado da terra.

Assim, o valor terminal da terra e estoque de crescimento para o regime de manejo k pode ser calculado como:

$$VTT = \frac{RL_k + VET}{ak(1+i)} \quad (126)$$

Onde:

VTT = valor por ha do estoque de crescimento e da terra existente no fim do periodo de planejamento
 RL_k = renda líquida por ha proveniente do corte do povoamento existente no fim do periodo de planejamento
 VET = valor esperado da terra/ha para a unidade de corte que sendo avaliada
 i = razão de desconto
 a_k = intervalo de tempo entre o fim do periodo de planejamento e o corte do povoamento existente no fim do periodo de planejamento para o regime de manejo k.

Se REO é a rotação econômica ótima e A_k a idade do povoamento existente no fim do periodo de planejamento, com regime k, então a_k pode ser determinado como a seguir:

$$\begin{aligned} \text{se } A_k \geq \text{REO} & \quad a_k = 0 \\ A_k < \text{REO} & \quad a_k = \text{REO} - A_k \end{aligned}$$

Pode-se então obter o valor presente para os regimes de manejo bastando para tal atualizar as receitas líquidas dos cortes intermediários e o valor terminal do estoque de crescimento e da terra.

3.5.7. MODELO MATEMATICO

O modelo adotado é aquele definido como sendo do tipo I (ou de NAVON) conforme JOHNSON e SCHEURMAN⁷³, BARROS e WEINTRAUB¹² no qual as atividades de manejo são definidas para cada povoamento por específicas intervenções ou tratamentos silviculturais. Assim, a variável de decisão é o número de hectares do povoamento sujeito a um determinado regime de manejo num dado periodo de tempo.

A modelagem apresentada a seguir, foi desenvolvida levando

em conta as peculiaridades envolvidas no processo produtivo considerado.

A seguir apresenta-se a definição das variáveis de trabalho:

X_{ij} = fração da área do estrato "i" sujeita ao regime de manejo "j"

Y_{jt} = volume de madeira destinado ao uso "l" (laminação, serraria, aglomerado) no período "t"

PARAMETROS:

a_{ijl}^t = fração do volume de madeira produzido no estrato "i" sujeito ao regime de manejo "j" que pode ter uso "l" no período "t"

C_{ij} = custos atualizados no estrato "i" sujeito ao regime de manejo "j"

VTT_{ij} = valor terminal da terra e do estoque de crescimento do estrato "i" sujeito ao regime de manejo "j"

P_l^t = preço de venda do produto "l" no ano "t"

1 = 1 (produto para laminação)

2 = 2 (produto para serraria)

3 = 3 (produto para aglomerado)

f_l^t = demanda da indústria para o produto "l" no período "t"

$\tau_{2,1}$ = fatores que expressam o quanto da porcentagem da demanda da indústria para serraria e laminação é aproveitado para aglomerado (resíduos advindos da serraria e laminação).

OUTRAS DEFINIÇÕES

NE = número de unidades de corte ou estratos

NM = número de manejos

O problema consiste em maximizar renda. A função objetivo que expressa esta característica é apresentada a seguir.

$$Z = \text{MAX} \left[\sum_{l=1}^3 \sum_{t=1}^{30} P_l^t \cdot Y_l^t + \sum_{i=1}^{NE} \sum_{j=1}^{NM} (VTT_{ij} - C_{ij}) \cdot X_{ij} \right] \quad (127)$$

Os preços, diferentemente dos custos, não são neste caso considerados especificamente para cada regime de manejo, haja visto que os volumes de madeira para laminação, serraria e aglomerado são inicialmente superpostos para uma mesma árvore.

A necessidade de adotar esta superposição de volumes, é porque não se sabe a princípio o que será destinado para laminação, serraria ou aglomerado. Este fato, obriga o estabelecimento de restrições, que impeçam que o mesmo volume seja usado duas ou mais vezes. A escolha de qual uso será dado ao volume de uma dada árvore, depende do processo de otimização.

A função objetivo está sujeita a uma série de restrições, a saber:

a) RESTRIÇÃO DE AREA

Considerando a situação ideal, a restrição de área deveria apresentar a seguinte forma:

$$\sum_{j=1}^{NM_i} x_{ij} = 1, \quad x_{ij} = 0 \quad \text{ou} \quad 1, \quad \text{para cada } i.$$

Assim se $X_{ij} = 1$ o manejo "j" do estrato "i" será usado, caso contrário este manejo "j" não será usado. Desta maneira apenas um manejo será adotado para cada unidade de corte. Este

procedimento expressa que 10^{200} possíveis combinações dos regimes de manejo deveriam ser percorridos para ver quais delas vão estar na base final do processo de otimização.

Entretanto, este é um caso de programação inteira, pois as variáveis são inteiras, de difícil e demorada resolução, de tal maneira que é necessário se fazer uma relachação linear, para que a solução do problema se torne mais acessível, uma vez que o uso desta técnica transforma o problema num problema de programação linear.

Assim a restrição de área usada em nível prático é:

$$NM_i \sum_{j=1} x_{ij} = 1 \quad x_{ij} \geq 0 \quad , \text{ para cada } i.$$

Onde x_{ij} é a fração da área do estrato "i" sujeita ao manejo

Desta forma, cada estrato (unidade de corte) pode ser subdividido, de modo que cada fração dele pode seguir qualquer dos dez regimes de manejo propostos. Entretanto, o que acontece é que apenas um certo número de lotes ou estratos apresentarão uma solução ótima fracionada, (normalmente correspondente ao número de linhas das restrições de produção em relação ao horizonte de planejamento) e os demais adotarão apenas um único manejo. Possivelmente este não seja o caso deste problema, já que as restrições são definidas para cada ano do período de planejamento, o que implica num grande número de linhas de restrições (440), porquanto os 1200 talhões existentes na população foram agregados em 200 estratos.

b) RESTRIÇÕES DE PRODUÇÃO

b1) O volume de madeira produzido no estrato "i" (unidade de corte) para o produto l (l=1 laminação; l=2 serraria; l=3 aglomerado) sujeito a um determinado regime de manejo "j", no ano "t", não pode ser inferior ao que vai ser vendido de cada um dos produtos.

$$\sum_{i=1}^{NE} \sum_{j=1}^{NM_i} \sum_{l=1}^3 a_{ijl}^t x_{ijl} \geq Y_l^t \quad t = 1, 2, \dots, 30$$

b2) A capacidade produção de aglomerado (l=3) não pode ser superior a produção de todos os produtos juntos.

O volume da árvore é calculado para aglomerado até um diâmetro mínimo de 4 cm sem casca. Para a mesma árvore o volume para serraria é calculado até 15 cm de diâmetro sem casca e ainda para a mesma árvore o volume para laminação é calculado até 25 cm de diâmetro sem casca.

$$\sum_{i=1}^{NE} \sum_{j=1}^{NM_i} a_{ij3}^t x_{ij3} \geq \sum_{l=1}^3 Y_l^t \quad t = 1, 2, \dots, 30$$

b3) Para que o volume da mesma árvore não seja usado simultaneamente para laminação e serraria.

$$\sum_{i=1}^{NE} \sum_{j=1}^{NM_i} a_{ij2}^t x_{ij2} \geq Y_1^t + Y_2^t \quad t = 1, 2, \dots, 30$$

c) RESTRIÇÕES DE DEMANDA

c1) A madeira cortada do produto 1,2,3 tem de ser no mínimo igual a demanda da fábrica para estes três produtos. O excedente será vendido a terceiros.

$$y_1 \geq f_1$$

c2) Ao volume de madeira destinado para aglomerado devem ser incorporados os resíduos advindos da serraria e laminação.

$$y_3 + \tau_2 f_2 + \tau_1 f_1 \geq f_3$$

O método usado para obtenção da solução ótima é uma especialização do Simplex Revisado, denominado GUB. Como o problema proposto necessita do uso de variáveis artificiais* tem-se a possibilidade de utilizar dois métodos que garantam que os valores destas variáveis serão zero, se evidentemente existem soluções factíveis.

O primeiro é o método "BIG M" e conforme DYKSTRA⁵⁶ este método consiste em se colocar valores em módulo (M) muito grandes de custo ou valores negativos para os coeficientes na função objetivo das variáveis artificiais (α_i). Este procedimento, torna (α_i) sem atração, e no decorrer do processo de otimização os seus valores vão tendendo para zero, de tal modo que na solução ótima todos sejam iguais a zero. O nome "BIG M" vem portanto do uso de coeficientes (M) grandes para as variáveis artificiais.

Para resolver um problema usando o "BIG M" na base inicial, os coeficientes das variáveis artificiais são "M" ao invés de zero, e aplica-se o GUB para obter a solução ótima.

Um outro método, é o das duas fases, que é usado para problemas de programação linear nos quais as variáveis

* variáveis artificiais são fornecidas ao problema como uma base inicial e não afetam os resultados de otimização. Na prática elas são essencialmente variáveis de folga, com a ressalva que devem apresentar uma folga zero para a solução ser factível.

artificiais fornecem como no "BIG M" pelo menos parte da base inicial. O método das duas fases tem aparentemente vantagens sobre o "BIG M", particularmente para implementação em computadores. Um problema com o método "BIG M" é que se "M" tem um valor muito grande erros de arredondamento associados com precisão finita aritmética do computador podem existir. Por outro lado se "M" é demasiadamente pequeno a parte sem "M" dos coeficientes zero podem negar o efeito de punição imposta pelo custo e permitir que variáveis artificiais reentrem na base. Desafortunadamente os valores de "M" variam de problema para problema.

O método das duas fases evita esta possibilidade usando um valor de $m = 1$ para as variáveis artificiais, estabelecendo ainda valores zero para os coeficientes das variáveis de folga e também para as variáveis originais. O uso de $m = 1$ diminui a possibilidade de arredondamento. Assim numa primeira fase encontra-se uma solução factível, que é a base inicial da fase dois, que irá buscar a solução ótima.

Neste trabalho, foram adotados a princípio os dois métodos de trabalho, ou seja, um programa que faça uso do método das duas fases e outro que faz uso do método "BIG M".

A definição e os problemas encontrados em cada um dos procedimentos adotados será abordada na seção relativa aos resultados.

3.5.8. PROCEDIMENTO DE OTIMIZAÇÃO

3.5.8.1. SIMPLEX REVISADO: enquanto no simplex padrão a cada iteração, todas as colunas sofrem cálculos provenientes do

pivoteamento, mesmo aquelas que nunca seriam usadas, no simplex revisado se faz uso da matriz inversa da base e a partir dela atualiza-se os demais vetores e matrizes.

O uso deste procedimento traz uma série de vantagens, como economia de memória rápida e redução no tempo de processamento podendo-se guardar, a matriz tecnológica, o vetor de recursos e o vetor de custos no disco rígido, além da característica mencionada anteriormente.

3.5.8.2. GUB (Generalized Upper Bounding):

Conforme LASDON⁷⁶ este procedimento foi descrito por Dantzig e Van Slyke em 1967, sendo uma especialização do simplex revisado. É adequado para resolução de problema semelhante ao apresentado na TABELA 3 mantendo uma base de trabalho de dimensão $m \times m$.

TABELA 3: Ilustra a estrutura de um problema em que o GUB pode ser utilizado

	$C_{1,1}x_{1,1} \ C_{1,2}x_{1,2} \ \dots \ C_{1,NN}x_{1,NN}$	$C_{2,1}x_{2,1} \ C_{2,2}x_{2,2} \ \dots \ C_{2,NN}x_{2,NN}$	$C_{NE,1}x_{NE,1} \ C_{NE,2}x_{NE,2} \ \dots \ C_{NE,NN}x_{NE,NN}$	
P					
L	$1x_{1,1} \ 1x_{1,2} \ \dots \ 1x_{1,NN}$				= 1
:					
N		$1x_{2,1} \ 1x_{2,2} \ \dots \ 1x_{2,NN}$			= 1
H					
A					
S				$1x_{NE,1} \ 1x_{NE,2} \ \dots \ 1x_{NE,NN}$	= 1
<hr/>					
M	$A^1_{1,1}x_{1,1} \ A^1_{1,2}x_{1,2} \ \dots \ A^1_{1,NN}x_{1,NN}$	$A^2_{1,1}x_{2,1} \ A^2_{1,2}x_{2,2} \ \dots \ A^2_{1,NN}x_{2,NN}$	$A^{NE}_{1,1}x_{NE,1} \ A^{NE}_{1,2}x_{NE,2} \ \dots \ A^{NE}_{1,NN}x_{NE,NN}$	= D_1
C					
O					
L					
U					
N					
A	$A^{RP}_{1,1}x_{1,1} \ A^{RP}_{1,2}x_{1,2} \ \dots \ A^{RP}_{1,NN}x_{1,NN}$	$A^{RP}_{2,1}x_{2,1} \ A^{RP}_{2,2}x_{2,2} \ \dots \ A^{RP}_{2,NN}x_{2,NN}$	$A^{RP}_{NE,1}x_{NE,1} \ A^{RP}_{NE,2}x_{NE,2} \ \dots \ A^{RP}_{NE,NN}x_{NE,NN}$	= D_{NE}
S					

Onde :

C_{ij} = custo no estrato i do manejo j , $\forall j = 1, NM$ (número de manejos)

X_{ij} = fração da área do estrato i sujeita ao manejo j

$A_{t,j}^i$ = produção no ano t do manejo j no estrato i (estrato varia de 1 a NE = número de estratos)

DB = dimensão da base obtida pela soma de $p + m$

D_i = demanda do ano 1 até o horizonte de planejamento (HP)

A dimensão desta base de trabalho em relação a base original implica em ganhos de eficiência computacional e será tanto maior quanto maior for o número de linhas que expressam o número de estratos (NE).

A estrutura da TABELA 3 expressa um problema da natureza:

$$Ax = b \quad (128)$$

Onde:

A = matriz tecnologica

x = vetor das variáveis

b = vetor de recursos

Neste trabalho, a estrutura matricial do problema modelado na seção 3.5.7., é apresentada na seção de resultados, na TABELA 35. A forma apresentada é uma miniatura do problema original, com todos as características deste. A sua estrutura assume uma forma muito mais complexa do que a apresentada na TABELA 3. São considerados oito tipos de colunas a saber:

1. colunas representativas dos regimes de manejo
2. colunas representativas das folgas nos estratos quando se faz opção por não manejar o estrato
3. colunas representativas das vendas de madeira
4. colunas representativas das folgas no uso específico
5. colunas representativas das folgas no uso global

6. colunas representativas das folgas no laminado e serraria
7. colunas representativas das folgas na demanda
8. colunas representativas das variáveis artificiais

É de pleno conhecimento, que quando existem mais colunas (como no presente caso) que o número de restrições, que o sistema é indeterminado. O simplex trabalha com DB variáveis básicas, de modo que o sistema indeterminado é transformado num sistema determinado com dimensões DB * DB, para poder ser resolvido.

Como encontrado em LASDON⁷⁶ e em CARNIERI³⁹ a matriz básica apresenta-se com a seguinte estrutura:

$$B = \left[\begin{array}{c|c} I_{NE} & C \\ \hline A^1, A^2 \dots A_{NE} & B \end{array} \right]_{DB}$$

NE

Onde:

I_{NE} = é a matriz identidade com dimensão igual ao número de estratos NE

A^i = colunas de produção correspondente ao manejo na posição chave (estão na base em qualquer posição entre 1 e NE) do estrato i, sua dimensão é NE

C = matriz de dimensões DB - NE. Possui colunas onde todos os elementos são zero se as folgas ou venda de madeira ou ainda variáveis artificiais estão na base. Caso a coluna j que está na base seja manejo, esta coluna apresenta o k-ésimo elemento igual a 1, pois corresponde a área do estrato que está na base nesta posição e todos os demais elementos são iguais a zero.

B = matriz de dimensões DB-NE, podendo ser composta por qualquer um dos 8 grupos previamente definidos.

Identificada como é composta a base, será apresentado o procedimento para identificar qual coluna dos oito grupos previamente definidos quer entrar na base.

O cálculo de qual coluna quer entrar na base é feito através da fórmula:

$$\hat{C}_j = C_j - PI.A^j \quad (129)$$

Onde :

\hat{C}_j = corresponde ao custo relativo da variável que quer entrar na base

C_j = corresponde ao custo do manejo j se a coluna do tipo 1 é considerada, preço de venda do metro cúbico se a coluna do tipo 3 é considerada, custo pré-especificado para as variáveis artificiais se ainda estão na base e zero se qualquer das folgas for considerada.

PI = preço sombra ou vetor multiplicador ou vetor controlador de qual variável quer entrar na base.

A^j = conforme apresentada na TABELA 35, quando da representação matricial do problema, expressa as produções advindas do regime de manejo j, se coluna do tipo 1 é considerada e -1 ou 1 se as demais colunas são consideradas.

O cálculo da candidata a entrar na base deve ser feito para todos os tipos de coluna definidos anteriormente e será escolhido para entrar na base o maior valor de \hat{C}_j , já que este é um problema de maximização.

Para o cálculo da candidata a entrar na base, no que se refere as colunas de manejo, é necessário, a cada iteração que sejam percorridas todas as 2000 colunas existentes, para os 200

estratos, de modo a se ter o melhor \hat{C}_j (o maior valor positivo). Procurando diminuir o tempo computacional já que um grande número de iterações estão envolvidas no processo de otimização, se fará uso do procedimento denominado "Partial Pricing", que consiste em percorrer os regimes de manejos e se é encontrado algum, com valor \hat{C}_j positivo, entra-se com este valor na base, sem precisar ir até o fim.

CARNIERI³⁹ utilizando este procedimento em planejamento de longo prazo, para Eucalyptus sp, encontrou que o melhor "PARTIAL PRICING", quando o GUB foi usado, é apenas um estrato. Este mesmo critério será adotado neste trabalho. Enquanto o simplex revisado tem como característica trabalhar com a matriz inversa da base B^{-1} , o GUB é utilizado para as estruturas particulares como a definida anteriormente e não usa B^{-1} , mas sim uma matriz menor básica, que será definida como a matriz inversa de trabalho \underline{p}^{-1} .

No presente trabalho se apresentará uma ilustração de como obter esta matriz inversa de trabalho, partindo-se da matriz básica B apresentada anteriormente. Para tal, considere a situação em que a coluna escolhida para entrar na base, será atualizada num vetor \hat{A}^j de dimensões DB .

$$\hat{A}^j = B^{-1} \cdot A^j \quad (130)$$

Onde:

\hat{A}^j = coluna que apresentou o maior \hat{C}_j e vai ser atualizada para entrar na base

B^{-1} = matriz inversa da base

A^j = já definida anteriormente

Considere que a coluna que será atualizada \hat{A}^j é uma coluna incógnita. Multiplicando-se ambos os lados da expressão (130) pela matriz básica B, tem-se:

$$B \cdot \hat{A}^j = A^j \quad (131)$$

Para resolução deste sistema, considere a utilização de uma matriz T, convenientemente estabelecida:

$$T = \left[\begin{array}{c|c} I_{NE} & -C \\ \hline 0 & I_{(DB-NE)} \end{array} \right]_{DB}$$

Fazendo a mudança de variável mediante :

$$\hat{A}^j = T \cdot Z \quad (132)$$

Substituindo (132) em (131) tem-se que:

$$B (T \cdot Z) = A^j$$

Usando a propriedade associativa tem-se:

$$(B \cdot T) \cdot Z = A^j \quad (133)$$

Com estes procedimentos está se buscando encontrar o vetor incógnita Z que possibilitará, posteriormente, a obtenção de \hat{A}^j .

Efetuando-se o produto das matrizes B e T utilizando a regra do produto de matrizes em blocos, tem-se:

$$B.T = \left[\begin{array}{c|c} I_{NE} & 0 \\ \hline A^1, A^2 \dots A^{NE} & \bar{B} - (A^1, A^2 \dots A^{NE}) \cdot C \end{array} \right] \quad (134)$$

NE

DB

A matriz resultante de $(\bar{B} - (A^1, A^2 \dots A^{NE}) \cdot C)$ será definida como sendo \underline{B} e denominada de matriz de trabalho. E com esta matriz que o GUB faz as atualizações necessárias nos demais vetores e matrizes, a cada nova iteração.

Considerando o produto obtido em (134) se na coluna da matriz C , considerada, existem folgas ou venda de madeira, ou ainda variável artificial então os elementos que fazem parte de C são zero e \bar{B} não se modifica em \underline{B} . Caso a coluna considerada em C , seja manejo, existe na k ésima posição do vetor, entre 1 e NE , o número 1 correspondente ao manejo j do estrato que está na base nesta posição. Neste caso \underline{B} é obtido pela diferença entre a coluna de um manejo na posição não chave e a coluna de um manejo na posição chave, manejos estes pertencentes a um mesmo estrato.

Para encontrar a coluna incógnita Z resolve-se o sistema :

$$\left[\begin{array}{c|c} I_{NE} & 0 \\ \hline A^1, A^2 \dots A^{NE} & \underline{B} \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} z_1 \\ \vdots \\ z_{NE} \\ z_{DB} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} A^j_1 \\ \vdots \\ A^j_{NE} \\ A^j_{DB} \end{array} \right] \quad (135)$$

DB

DB

DB

$$I_{NE} [A_1^j z_1 + A_2^j z_2 + \dots + A_{NE}^j z_{NE}] + \underline{B} \begin{bmatrix} z_{NE+1} \\ \vdots \\ z_{DB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{NE+1}^j \\ \vdots \\ A_{DB}^j \end{bmatrix} \quad (136)$$

$$\underline{B} \begin{bmatrix} z_{NE+1} \\ \vdots \\ z_{DB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{NE+1}^j \\ \vdots \\ A_{DB}^j \end{bmatrix} - \left[A_1^j z_1 + A_2^j z_2 + \dots + A_{NE}^j z_{NE} \right] \cdot I_{NE} \quad (137)$$

Como \underline{B} é inversível

$$\begin{bmatrix} z_{NE+1} \\ \vdots \\ z_{DB} \end{bmatrix} = \underline{B}^{-1} \begin{bmatrix} A_{NE+1}^j \\ \vdots \\ A_{DB}^j \end{bmatrix} - \underbrace{\left[A_1^j z_1 + A_2^j z_2 + \dots + A_{NE}^j z_{NE} \right]}_A \cdot \underbrace{I_{NE}}_{ASP} \quad (138)$$

$\underbrace{\hspace{15em}}_{ADIF}$
 $\hat{\delta}^s$

Se é manejo que quer entrar na base, existe produção para A, se for qualquer outra situação $A = 0$.

Assim para se encontrar o valor atualizado da coluna que vai entrar na base, existem dois caminhos:

1. Se a coluna é manejo: $\hat{A}^j = T \cdot Z$

$$\begin{bmatrix} \hat{A}_1 \\ \hat{A}_2 \\ \vdots \\ \hat{A}_{NE} \\ \hline \hat{A}_{NE+1} \\ \vdots \\ \hat{A}_{DB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I & & -C \\ & & 0 \\ \hline & & Z_{NE+1} \\ & 0 & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 1 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ Z_{DB} \end{bmatrix} \quad (139)$$

2. Se a coluna a entrar na base é venda de madeira, ou qualquer das folgas ou ainda variável artificial, \hat{A}^j também é obtido do produto de T por Z, sendo que, o vetor Z da posição 1 até NE (número de estrato) apresenta todos os seus elementos nulos, diferentemente do caso 1 onde na posição de 1 até NE existe na késima linha um elemento com número "1", expressando a ocorrência de um manejo para o estrato que está na base.

Com a ilustração apresentada, procura-se mostrar que o GUB tem como principal característica a cada iteração atualizar a matriz de trabalho B^{-1} . Verifique-se que, sua dimensão é menor do que a matriz básica, em exatamente "p" linhas e "p" colunas, correspondentes ao número de estratos definidos no trabalho.

Atualizada a coluna que vai entrar na base, pode-se fazer o bloqueio, de modo a identificar qual variável sairá da base (RSAI).

Identificada a variável que sairá da base, dois casos são considerados:

- A coluna atualizada quer entrar na base numa posição não chave, vai de NE + 1 até DB.

- A coluna atualizada quer entrar na base numa posição chave, isto é, de 1 até NE. Este caso apresenta dois sub-casos:

.O estrato que contém a coluna atualizada que vai entrar na base, possui pelo menos um manejo na posição não chave. Neste caso trocas de posições são efetuadas de modo que o manejo do estrato na posição não chave passa para a posição RSAI na posição chave, e o manejo que contém a coluna atualizada vai entrar na base naquela posição não chave.

. No sub-caso 2 o estrato que contém a coluna atualizada \hat{A}_j que vai entrar na base, não possui nenhum manejo na posição não chave.

$$B = \left[\begin{array}{c|c} I & C \\ \hline A^1 A^2 \dots A^{NE} & \bar{B} \end{array} \right] \quad (140)$$

posição chave
posição não chave

Observe de B que a matriz identidade deve manter esta característica a cada iteração. Os números 1 da identidade referem-se aos 1 dos manejos que estão na base. Assim nesta posição somente manejos ou folga nos lotes(estratos) podem estar na base. Vale salientar que folga no estrato seria um décimo primeiro regime de manejo, em que se faz a opção de não mexer no estrato.

Por isso neste segundo sub-caso somente manejos poderão entrar na posição chave, e o que possibilita este fato é que a

restrição de área deve ser igual a 1.

Em todos estes casos uma série de atualizações devem ser feitas e para ilustrá-las apresenta-se o FLUXOGRAMA 1.

Um outro componente importante que deve ser considerado é o vetor controlador de preços ou preço sombra (PI). Este vetor é obtido por:

$$PI = C_B \cdot B^{-1} \quad (141)$$

Onde:

C_B = custo das variáveis básicas. Este custo corresponde ao custo do manejo, se ele está na base, corresponde ao preço por metro cúbico se venda de madeira está na base, corresponde a zero se as folgas estão na base e nas iterações onde ainda tem variável artificial na base representam um valor negativo e grande em módulo. Na base inicial este valor é -10^8 .

B^{-1} = matriz inversa da base

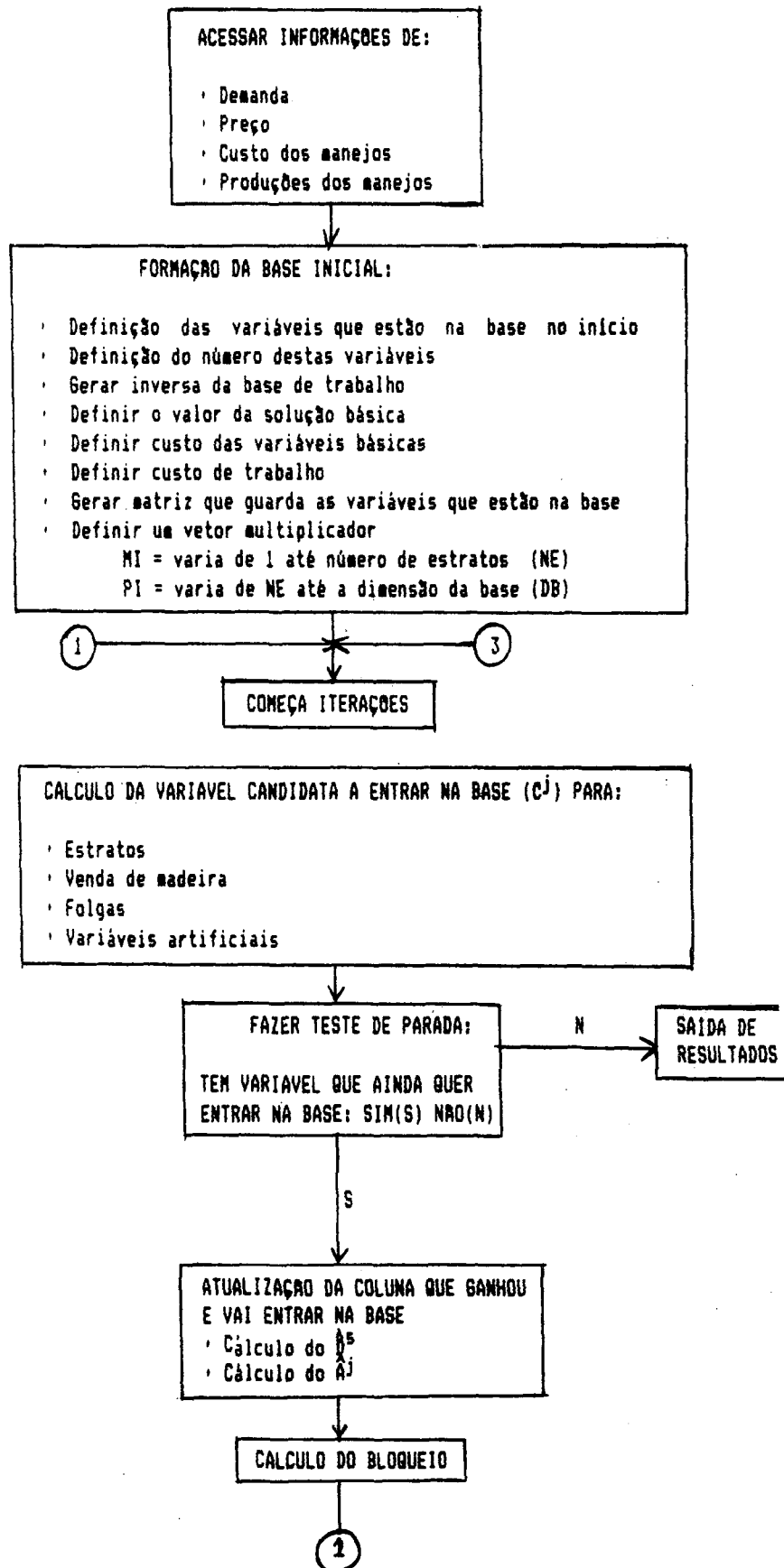
Também no cálculo do PI a matriz T é utilizada de modo que a atualização do PI é feita não em função da inversa da base B^{-1} , mas sim em função da matriz de trabalho inversa da base \underline{B}^{-1} , já que esta mantém as propriedades de B^{-1} .

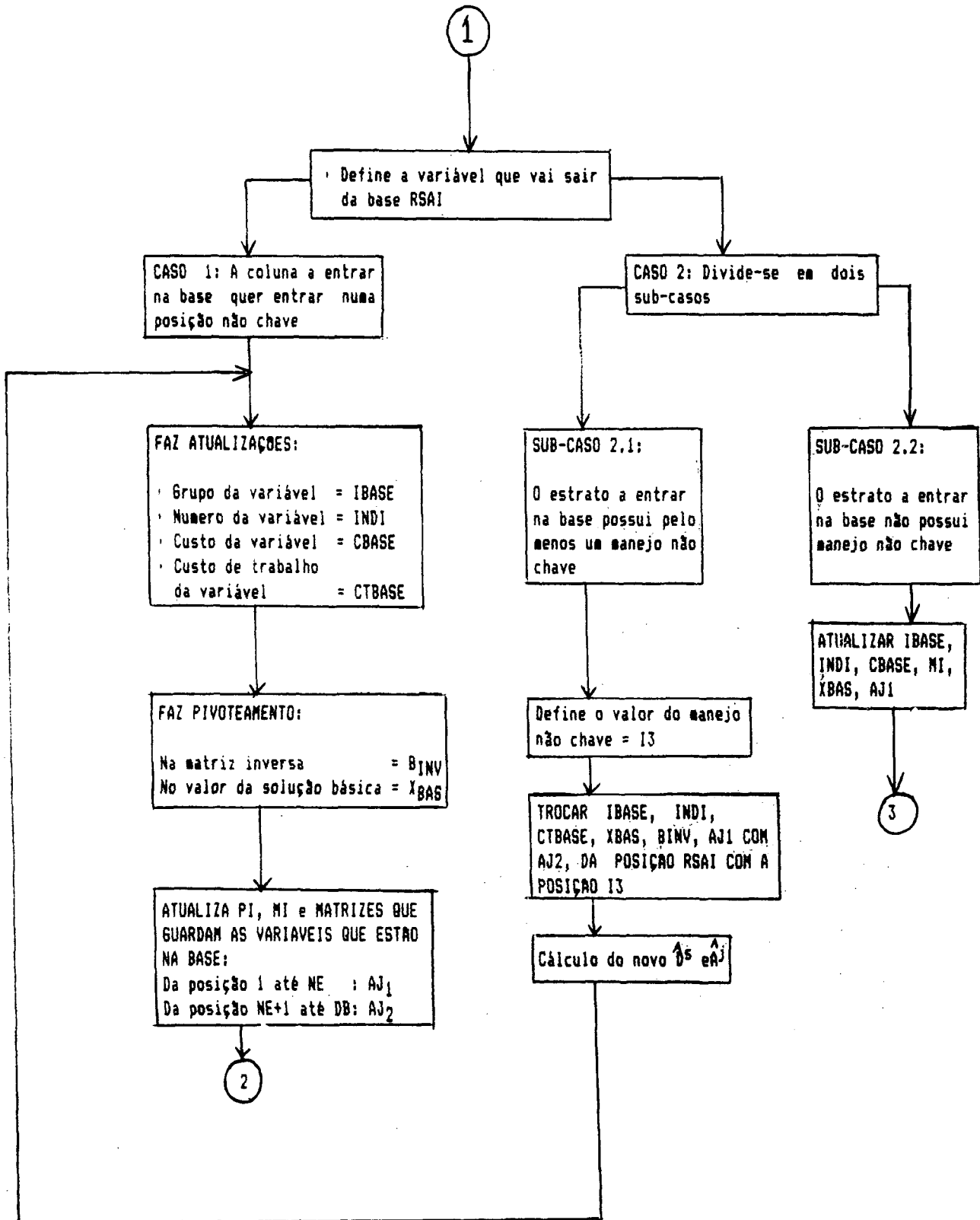
O vetor PI é para fins de cálculo subdividido em dois vetores:

- Um denominado MI que vai da posição 1 a NE
- Outro denominado PI que vai da posição NE + 1 a DB

Descrições detalhadas do Algoritmo GUB podem ser encontradas em LASDON⁷⁶ e em CARNIERI³⁹ que o utiliza para um problema florestal.

FLUXOGRAMA 1: Apresenta a seqüência de desenvolvimento do processo de otimização envolvendo o GUB





4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. A EQUAÇÃO DE VOLUME E A FUNÇÃO DE VOLUME COMERCIAL

As equações de volume selecionadas foram obtidas através de ajuste não linear e são apresentadas na TABELA 4 com suas respectivas medidas de precisão.

O modelo selecionado é o de Schumacher e Hall:

$$V = b_0 \cdot D^{b1} \cdot H^{b2}$$

Onde:

- V = volume total da árvore com ou sem casca (m³), exclusive a cepa
- D = diâmetro a altura do peito com casca (cm)
- H = altura total da árvore (m)
- bis = coeficientes estimados

TABELA 4: Coeficientes das equações de volume com e sem casca e suas respectivas medidas de precisão

TIPO	COEFICIENTES			RESIDUO MEDIO (m3)	EPE (m3)	R ² (%)
	b0	b1	b2			
VOLUME COM CASCA	0,00004509	1,96446936	0,97363380	0,0010190	0,065570	97,85
VOLUME SEM CASCA	0,00001657	1,95638711	1,23175898	0,0006206	0,048980	98,38

Ambas equações apresentaram uma excelente distribuição dos resíduos, propiciando estimativas sem tendências, em todas as idades consideradas.

As equações que fornecem estimativas dos sortimentos foram geradas para diâmetro sem casca a 4, 15 e 25 cm, definindo respectivamente, diâmetro mínimo de uso para aglomerado, serraria e laminação. As bitolas mínimas podem ser redefinidas para outros valores sem que haja perda de precisão na estimativa dos sortimentos.

Os modelos selecionados foram:

$$V_c = V (1 - b_1 \cdot D^{b_2} \cdot D_c^{b_3})$$

$$V_c' = V (1 - b_1' \cdot D^{b_2'} \cdot D_c^{b_3'})$$

Onde:

V_c e V_c' = respectivamente volume comercial com e sem casca (m³) associado a um diâmetro mínimo com casca D_c (cm)

V e V' = respectivamente, volume total com e sem casca (m³)

D = diâmetro a altura do peito com casca (cm)

D_c = diâmetro mínimo comercial com casca (cm)

b_{is} = coeficientes do modelo que expressa volume comercial com casca

b_{is}' = coeficientes do modelo que expressa volume comercial sem casca

Na TABELA 5 são apresentados os coeficientes que possibilitam a estimativa dos volumes comerciais com e sem casca.

Para gerar os diâmetros mínimos comerciais médios com casca, correspondente as bitolas de 4, 15 e 25 cm de diâmetro sem casca, e implementá-las, na obtenção do volume comercial sem casca, utilizou-se um polinômio de 2º grau que expressa o diâmetro com casca (D_{cc}) em função do diâmetro sem casca (D_{sc})

TABELA 5: Equações que fornecem estimativas dos volumes a serem usados para fabricação de aglomerado, em serraria e em laminação.

EQUACOES	TIPO DO SORTIMENTO	COEFICIENTES			R ² (%)	EPE (#3)
	DESEJAVEL	b0	b1	b2		
1	VOLUME COMERCIAL COM CASCA	0,13116434	4,02763066	-3,49155123	99,56	0,03605
2	VOLUME COMERCIAL SEM CASCA	0,28502414	4,29190978	-3,96881555	99,67	0,02645

$$D_{cc} = 0,014662 + 1,23922 \cdot D_{sc} - 0,003669 \cdot (D_{sc})^2$$

$$R^2 = 99,5\%$$

$$EPE = 0,6126369 \text{ cm}$$

Onde :

D_{cc} = diâmetro comercial com casca

D_{sc} = diâmetro comercial sem casca

4.2. INDICE DE SITIO

Os dados utilizados atendem ao requisito básico da regressão que haja homogeneidade de variância.

Dentre os modelos testados, o de Bailey com quatro parâmetros, o de Richards, ambos com ajuste para gerar curvas anamórficas e o modelo de Clutter com ajuste para gerar curvas de sitio polimórficas, apresentam resultados muito semelhantes, tanto com relação as medidas de precisão como em relação as alturas limites obtidas para cada classe de sitio definida.

Para as três equações mencionadas foram feitas estimativas dos limites superior e inferior de cada classe de sitio e através

do teste de F verificou-se a inexistência de diferença entre estes valores ao nível de 99% de probabilidade.

Este fato é também comprovado visualmente através da superposição dos 3 gráficos gerados, um para cada equação, onde se nota claramente que há uma superposição de todas as curvas geradas em todas as fases de desenvolvimento do povoamento, a exceção das idades bem jovens, até 5 anos, quando acredita-se que o povoamento ainda está em fase de estabelecimento e portanto maior variabilidade é esperada.

Com este comportamento pode-se concluir a existência de uma relação linear entre o índice de sítio e as alturas dominantes médias das 100 árvores de maior diâmetro por hectare (observadas numa idade pré-especificada) o que indica que o índice de sítio não depende da idade mas sim da capacidade produtiva do local. Este mesmo comportamento foi observado por SCOLFORD e MACHADO¹¹² em plantios de Pinus taeda e Pinus elliottii no Estado do Paraná e Santa Catarina.

Por questão de simplicidade foi escolhido o modelo desenvolvido por Bailey em 1980 (ver QUADRO 2), que é apresentado a seguir em duas formas:

Uma primeira que possibilita a partir do Índice de Sítio (S) estimar a altura dominante média (Hd) das 100 árvores de maior diâmetro por hectare,

$$Hd = S \left[\frac{1 - \exp(-3,454065 \cdot I^{0,162451})}{1 - \exp(-3,454065 \cdot I_{ref}^{0,162451})} \right] \quad 125,683073$$

E uma segunda que possibilita, a partir da altura dominante,

se identificar o índice de sítio.

$$S = Hd \left[\frac{1 - \exp(-3.454065 \cdot I_{ref}^{0.162451})}{1 - \exp(-3.454065 \cdot I^{0.162451})} \right]^{125.683073}$$

Onde:

Hd = altura média das 100 árvores de maior diâmetro/ha
 S = índice de sítio na idade de referência de 21 anos
 I = idade de interesse
 exp = exponencial

A partir destas equações e da análise da dispersão dos dados reais foram estabelecidas, 3 classes de produtividade, que são expressas graficamente na FIGURA 2.

Deve-se salientar que a equação ajustada apresentou valor de R^2 de 99,62%, Erro Padrão da Estimativa igual a 1,446 m, uma excelente distribuição gráfica dos resíduos. A equação foi ajustada na forma não linear, a partir de 918 pares altura dominante média-idade.

Na TABELA 6 apresenta-se os limites das alturas dominantes médias, estimadas por idade e classes de sítio.

Para comprovar a eficiência das curvas construídas adotou-se o critério de verificar a estabilidade das alturas das árvores ao longo das curvas que expressam as classes de sítio, conforme adotado em MACHADO⁸² e SCOLFORO e MACHADO¹¹².

Para tal foram utilizadas todas as parcelas envolvidas no trabalho. Os resultados obtidos foram plenamente satisfatórios e vêm de encontro às afirmativas de CLUTTER et al⁴⁷ de que a essência na confecção das curvas de sítio é que a altura média das árvores dominantes da parcela permaneçam na mesma classe de

sítio durante toda sua vida, pois desta maneira esta classificação propiciará uma forte base para os estudos de crescimento e produção.

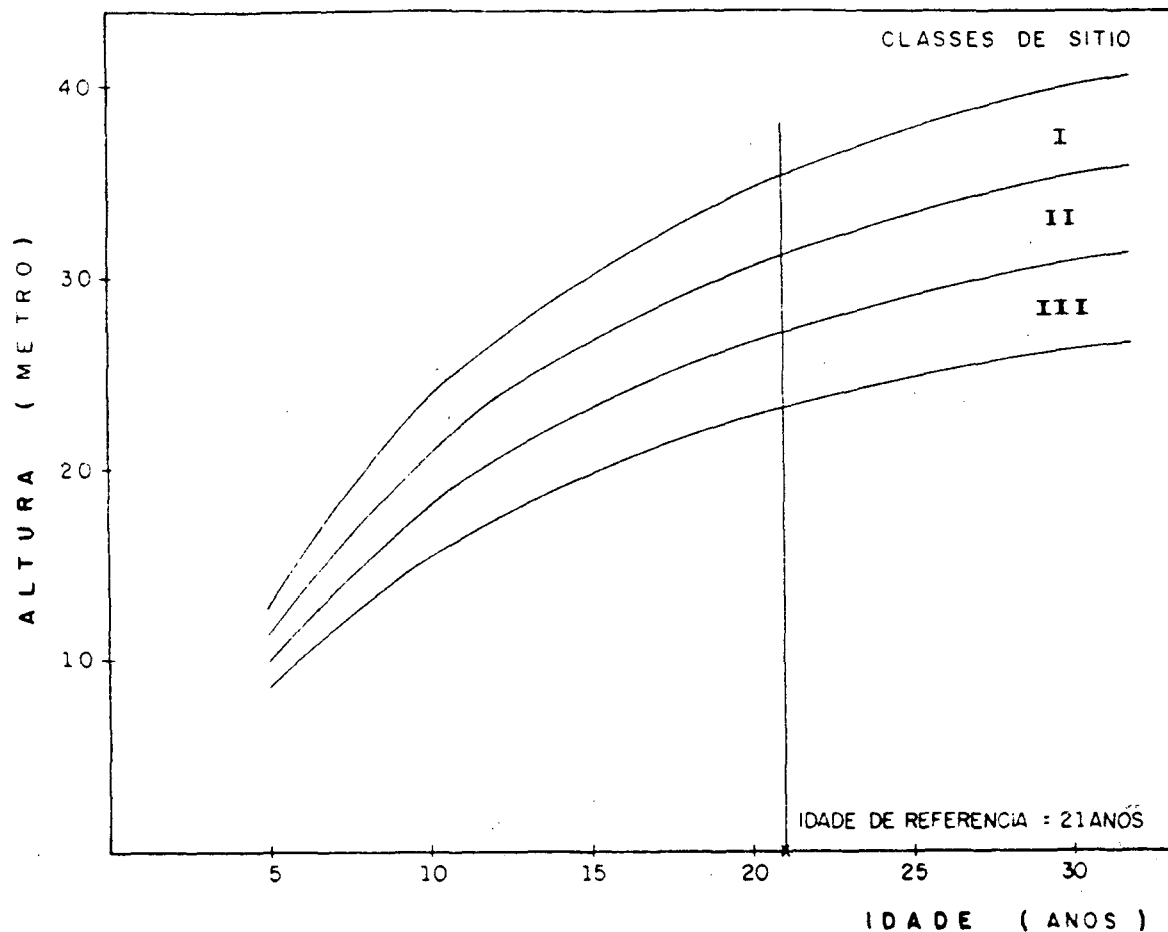


FIGURA 2: Curvas que expressam as classes de sítio para Pinus caribaea var hondurensis na região de Agudos, Estado de São Paulo.

Para efeito de ilustração gráfica é apresentado na FIGURA 3 o comportamento da altura dominante média de 3 parcelas que apresentam uma idade inicial em torno de 8 anos e uma idade final em torno de 21 anos.

TABELA 6: Limites das alturas estimadas em metros, por idade e classes de sitio

IDADE EM ANOS	CLASSES DE SITIO		
	III	II	I
4	6,69 - 7,85	7,85 - 9,01	9,01 - 10,18
5	8,57 - 10,06	10,06 - 11,55	11,55 - 13,04
6	10,27 - 12,05	12,05 - 13,84	13,84 - 15,63
7	11,79 - 13,84	13,84 - 15,89	15,89 - 17,94
8	13,15 - 15,44	15,44 - 17,73	17,73 - 20,01
9	14,38 - 16,88	16,88 - 19,38	19,38 - 21,88
10	15,49 - 18,18	18,18 - 20,88	20,88 - 23,57
11	16,49 - 19,36	19,36 - 22,23	22,23 - 25,10
12	17,41 - 20,44	20,44 - 23,46	23,46 - 26,49
13	18,25 - 21,42	21,42 - 24,59	24,59 - 27,77
14	19,01 - 22,32	22,32 - 25,63	25,63 - 28,93
15	19,72 - 23,15	23,15 - 26,58	26,58 - 30,01
16	20,37 - 23,91	23,91 - 27,46	27,46 - 31,00
17	20,97 - 24,62	24,62 - 28,27	28,27 - 31,92
18	21,54 - 25,28	25,28 - 29,03	29,03 - 32,77
19	22,06 - 25,89	25,89 - 29,73	29,73 - 33,57
20	22,54 - 26,47	26,47 - 30,39	30,39 - 34,41
21	23,00 - 27,00	27,00 - 31,00	31,00 - 35,00
22	23,43 - 27,50	27,50 - 31,58	31,58 - 35,65
23	23,83 - 27,97	27,97 - 32,12	32,12 - 36,26
24	24,21 - 28,42	28,42 - 32,62	32,62 - 36,83
25	24,56 - 28,83	28,83 - 33,10	33,10 - 37,38
26	24,90 - 29,23	29,23 - 33,56	33,56 - 37,89
27	25,21 - 29,60	29,60 - 33,98	33,98 - 38,37
28	25,52 - 29,95	29,95 - 34,39	34,39 - 38,83
29	25,80 - 30,29	30,29 - 34,78	34,78 - 39,26
30	26,07 - 30,61	30,61 - 35,14	35,14 - 39,67
31	26,33 - 30,91	30,91 - 35,49	35,49 - 40,07
32	26,57 - 31,20	31,20 - 35,82	35,82 - 40,44
33	26,81 - 31,47	31,47 - 36,13	36,13 - 40,80
34	27,03 - 31,73	31,73 - 36,43	36,43 - 41,13
35	27,24 - 31,98	31,98 - 36,72	36,72 - 41,46
36	27,45 - 32,22	32,22 - 37,00	37,00 - 41,77

Embora as curvas de índice de sitio geradas tenham um padrão anamórfico, condicionado pelo padrão de desenvolvimento das alturas dominantes médias para Pinus caribaea var hondurensis na região de Agudos - SP, acredita-se que o método da diferença

algébrica, em que pese a necessidade de manipulação algébrica das equações, além do que para modelos na forma não linear este manuseio não é simples, é um caminho eficiente para o ajuste das equações de sítio podendo representar um grande avanço na geração de curvas de índice de sítio polimórficas.

Possivelmente o seu pouquíssimo uso, referências na literatura são encontradas em BAILEY e CLUTTER⁵, CLUTTER et al⁴⁵, BORDERS et al¹⁹ se deva justamente à dificuldade no manuseio das equações e de acesso a pacotes estatísticos e microcomputadores.

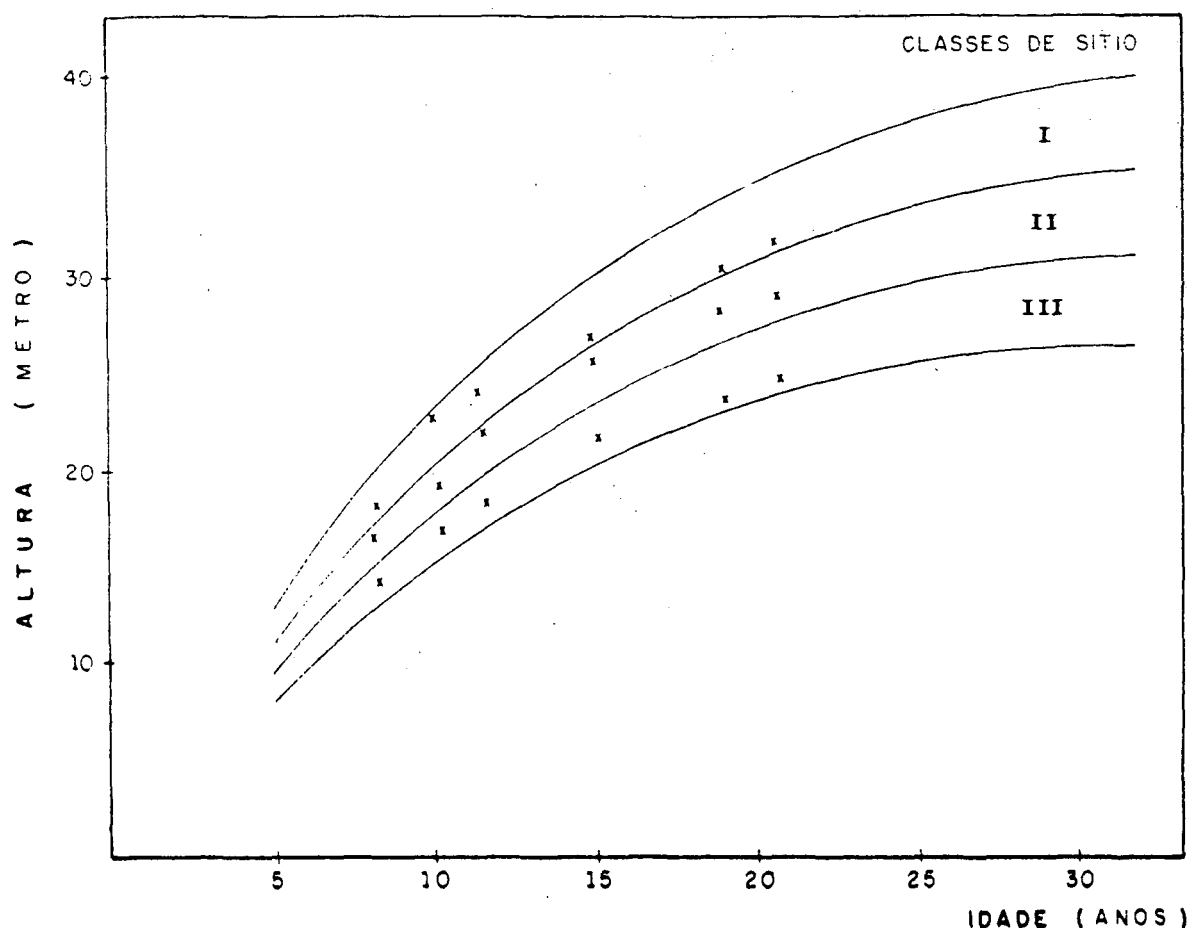


FIGURA 3: Alturas reais por idade, advindas de medições em parcelas permanentes, e traçadas graficamente entre os limites das classes de sítio.

4.3. MODELO A NIVEL DE POVDAMENTO

A compatibilidade adotada neste trabalho é a nível de área basal. A consideração sobre modelo de produção em volume se deve ao fato de um maior enriquecimento do trabalho desenvolvido.

O modelo selecionado para fornecer as informações de projeção em volume e área basal obedeceu a critérios já definidos anteriormente. O uso da discrepância logarítmica não foi efetivado por não apresentar contribuição significativa do ponto de vista estatístico para as equações geradas neste trabalho.

Observou-se que o modelo de CLUTTER⁴¹, e SULLIVAN e CLUTTER¹²³ modificado por BECK e DELLA-BIANCA¹³ e o modelo obtido pelo próprio autor a partir de um Stepwise foram os que melhor se ajustaram ao conjunto de dados. A opção pelo modelo de Beck e Della-Bianca se deveu a sua maior simplicidade, o que não invalida o modelo obtido através de Stepwise.

Constatou-se que o modelo selecionado, bem como os demais modelos testados (ver seção 3.4.1.) apresentaram valores em torno de 99% para o coeficiente de determinação (R^2) quando o ajuste feito considerou os modelos não centrados para a média (não considera a interseção b_0).

Em contraposição, quando se fez o ajuste para os modelos centrados para a média (com b_0) obteve-se valores de R^2 sistematicamente menores que os obtidos para o mesmo modelo sem b_0 . Entretanto, quase sempre, os modelos com b_0 apresentaram um menor valor para o erro padrão da estimativa, além de uma melhor distribuição gráfica dos resíduos, elementos considerados os mais

fundamentais na escolha do melhor modelo.

Assim, o modelo selecionado inclui a correção para a média (com b_0) e é apresentado a seguir.

$$\log(V_2) = b_0 + b_1 (S)^{-1} + b_2 \cdot I_2^{-1} + b_3 \cdot I_1 \cdot I_2^{-1} \cdot \log(G_1) \\ + b_4 (1 - (I_1 \cdot I_2^{-1})) + b_5 (S) \cdot (1 - (I_1 \cdot I_2^{-1}))$$

Onde:

V_2 = volume (m^3 /ha) projetado da idade I_1 para a idade I_2
 S = índice de sítio (idade de referência = 21 anos)
 I = idade em anos
 G_2 = área basal na idade I_1 (m^2 /ha)
 b_i = coeficientes a serem estimados

TABELA 7: Coeficientes das equações ajustadas para cada época de desbaste para projeção do volume.

MEDICOES	COEFICIENTES					
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
ANTES 1º DESBASTE	0,687924	11,231980	-7,622297	1,455610	2,539051	0,119259
APÓS 1º DESBASTE	2,132831	-0,402351	-7,763560	1,157956	2,141305	0,092310
APÓS 2º DESBASTE	-	13,067681	-3,033588	1,485956	2,478282	0,150700
APÓS 3º DESBASTE	3,343518	-11,123050	-12,644336	1,023925	2,449151	0,070517
APÓS 4º DESBASTE	3,429719	-18,584495	-7,140557	1,003560	3,733677	0,012693
APÓS 5º DESBASTE	-	35,799274	-1,186727	1,363275	-4,720790	0,389150

A necessidade de seleção do modelo sem b_0 por ocasião do 2º e 5º desbastes se deve ao fato de que o último termo da equação (contém S) embora contribuindo significativamente para esta, apresentou sinal negativo para seu coeficiente, o que implica em

inconsistência na estimativa da projeção do volume e área basal, ou seja, sítios de pior qualidade apresentavam volume e área basal projetados para uma determinada idade com maiores valores que aqueles verificados em sítios mais produtivos.

Assim, como as equações ajustadas sem b_0 apresentaram as características desejáveis, ou seja, sítios de melhor qualidade com maiores produções que as dos sítios de pior qualidade, elas foram as escolhidas para estas duas ocasiões.

A seguir, na TABELA 8 apresenta-se uma síntese das principais estimativas propiciadas pelas equações selecionadas para projeção em volume.

TABELA 8: Síntese das medidas de precisão e principais estimativas propiciadas pelas equações de projeção do volume para as épocas de desbaste consideradas.

MEDICOES	NUMERO DE PARCELAS	MAIOR VALOR SUPERESTIMADO PELA EQUACAO		MAIOR VALOR SUBESTIMADO PELA EQUACAO		VALOR MEDIO DO RESIDUO ESTIMADO PELA EQUACAO		EPE		R ²	VOLUME MEDIO		
		s3	I	s3	I	s3	I	s3	I		I	REAL	ESTIMADO
ANTES 1º DESBASTE	66	53,98	21,42	61,60	21,08	0,76	0,33	20,21	8,84	81,57	228,66	227,89	
1º DESBASTE	113	99,58	29,19	84,08	23,99	1,59	0,57	31,12	11,05	78,77	281,52	279,92	
2º DESBASTE	114	56,39	20,35	83,78	29,00	0,76	0,24	28,21	9,11	99,23	309,41	308,63	
3º DESBASTE	142	58,32	20,79	67,27	18,58	0,84	0,26	24,06	7,46	81,68	322,27	321,43	
4º DESBASTE	123	63,98	25,03	70,90	18,47	0,85	0,24	24,56	7,05	76,65	348,41	347,55	
5º DESBASTE	88	48,53	17,94	62,32	15,45	0,11	0,03	25,14	8,03	99,39	312,79	312,67	

Como já mencionado anteriormente verificou-se na análise visual dos resíduos a inexistência de tendências além da sua boa distribuição para todas as equações.

As porcentagens para os maiores valores super e subestimados e para o valor médio do resíduo foram consideradas em relação aos

respectivos valores reais. Estes valores máximos de erro sem dúvida servem para dar consistência às equações escolhidas, o que é confirmado pela aplicação do teste de "t" e perfeitamente identificado pela simples comparação dos volumes médio real e médio estimado.

A seguir apresenta-se o modelo para projeção da área basal desmembrado da equação de projeção de volume e na TABELA 9 seus coeficientes para as várias situações de desbastes consideradas.

$$\log(G_2) = I_1 \cdot I_2^{-1} \cdot \log(G_1) + a_1 (1 - (I_1 \cdot I_2^{-1})) + a_2(S) \cdot (1 - (I_1 \cdot I_2^{-1}))$$

Onde:

- I_1 = idade presente em anos
- I_2 = idade de projeção
- a_1 = b_4 / b_3
- a_2 = b_5 / b_3
- G_1 = área basal presente (m^2/ha)
- S^1 = índice de sítio
- log = logaritmo natural

TABELA 9: Coeficientes das equações para projeção da área basal.

MEDICOES	COEFICIENTES	
	b_4/b_3	b_5/b_3
ANTES 10 DESBASTE	2,539051 / 1,455610	0,119259 / 1,455610
APOS 10 DESBASTE	2,141305 / 1,157956	0,092310 / 1,157956
APOS 20 DESBASTE	2,478282 / 1,485956	0,150700 / 1,485956
APOS 30 DESBASTE	2,449151 / 1,023925	0,070517 / 1,023925
APOS 40 DESBASTE	3,733677 / 1,003560	0,012693 / 1,003560
APOS 50 DESBASTE	-4,720794 / 1,363275	0,389150 / 1,363275

Na TABELA 10 apresenta-se a síntese das principais estimativas propiciadas pelas equações que fazem a projeção em

área basal.

Como discutido para a TABELA 8, os erros máximos proporcionados pelas equações servem para ilustrar melhor a consistência das equações selecionadas, o que é confirmado pela aplicação do teste de "t" e perfeitamente identificado pela simples comparação da área basal média real e a média estimada, considerando que os valores estimados foram projetados para o futuro.

TABELA 10: Medidas de precisão e síntese das principais estimativas propiciadas pelas equações de projeção da área basal para as épocas de desbaste consideradas.

MEDIDAS	NUMERO DE PARCELAS	MAIOR VALOR SUPERESTIMADO PELA EQUACAO		MAIOR VALOR SUBESTIMADO PELA EQUACAO		VALOR MEDIO DO RESIDUO ESTIMADO PELA EQUACAO		EPE		R ²	ÁREA BASAL MEDIA PROJETADA PARA IDADE (12)	
		n ^o	l	n ^o	l	n ^o	l	n ^o	l		l	REAL
ANTES 10 DESBASTE	66	0,61	1,45	14,09	29,90	3,65	12,72	6,53	14,71	97,95	44,41	38,76
APOS 19 DESBASTE	113	2,82	7,25	13,42	26,45	3,23	7,48	4,62	10,70	98,90	43,18	39,94
APOS 29 DESBASTE	114	6,34	18,76	5,51	12,59	-0,86	2,17	2,82	7,15	99,51	39,32	40,38
APOS 39 DESBASTE	142	3,68	12,33	7,46	20,32	0,65	1,82	2,14	5,96	99,65	36,00	35,34
APOS 49 DESBASTE	123	2,65	9,72	8,03	22,67	2,45	7,21	3,01	8,86	99,24	33,96	31,51
APOS 59 DESBASTE	88	3,56	14,01	6,68	22,04	-0,38	1,39	2,49	9,14	99,19	27,28	27,66

Os valores de R² e EPE apresentados na TABELA 10 não correspondem aos da TABELA 8, onde o ajuste realizado englobou tanto a equação de produção em volume como a de produção em área basal. Estes valores advêm da situação quando se considera a equação de produção em área basal na sua forma original, ou seja, isoladamente, uma vez que ela será utilizada nesta forma e ter uma visão real das estimativas propiciadas pela equação é de

grande importância.

O comportamento considerado anteriormente é obviamente para cada intervalo de desbaste. Ilustração do comportamento da produção em volume e área basal são apresentadas, respectivamente através das FIGURAS 4 e 5.

Pode-se constatar da FIGURA 4 que o volume total é sempre maior nos sítios mais produtivos, mesmo após os desbastes.

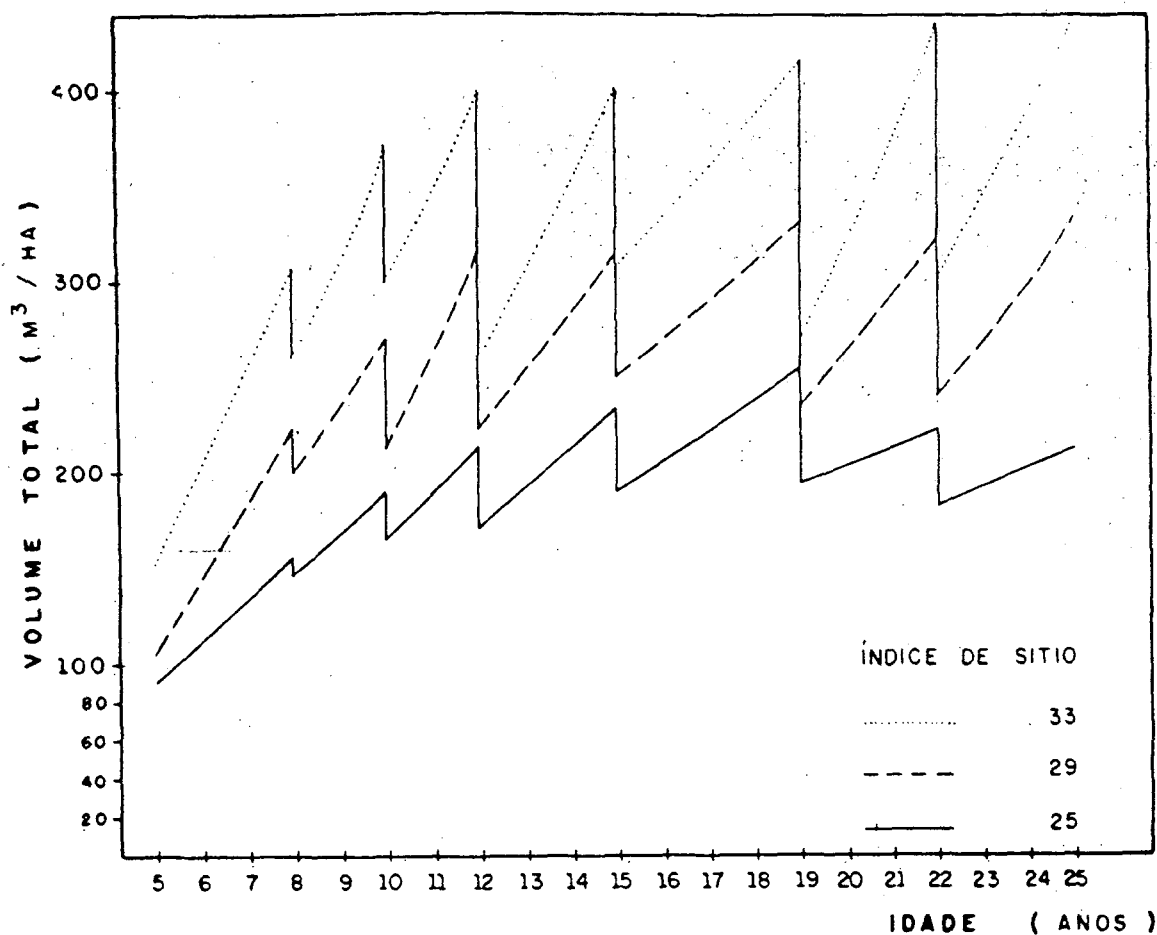


FIGURA 4: Tendência do volume estimado (m^3 por ha) para Pinus caribaea var hondurensis para índice de sítio 25,29,33 plantadas com 2300 árvores e desbastadas para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores respectivamente nas idades de 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos.

Possivelmente porque, os desbastes sendo efetuados de maneira uniforme em todos os sítios, podem propiciar uma densidade mais próxima da ideal, para os sítios mais produtivos. Já nos sítios menos produtivos podem constituir-se em desbastes muito pesados o que dificulta a reação do crescimento em volume das árvores. Uma maior diferenciação no crescimento do volume dos sítios mais produtivos em relação ao menos produtivo é observado mais nitidamente nos dois últimos desbastes.

Com relação a FIGURA 5 pode-se observar que existe uma influência, comprovada estatisticamente, do sítio em relação ao desenvolvimento da área basal e que a área basal é sempre maior nos sítios mais produtivos.

Como no caso do volume, verifica-se que uma maior diferenciação, no crescimento da área basal nos sítios mais produtivos, em relação, ao menos produtivo é observada, principalmente, nos dois últimos desbastes, possivelmente pelos mesmos motivos expostos para o desenvolvimento do volume.

A constante redução no valor absoluto da área basal por unidade de área, por ocasião de cada desbaste, se deve a redução contínua do número de árvores, de em média 2300 na idade de 8 anos antes do primeiro desbaste, para 200 na idade de 22 anos.

Verificou-se que o grande número de desbastes realizados na população não possibilita que a área basal retorne após cada época de desbaste aos níveis próximos ao existente antes da implementação dos mesmos. Este fato é semelhante ao encontrado em PIENNAR¹⁰⁰, quando este considera parcela de Pinus elliotii sujeita a vários desbastes.

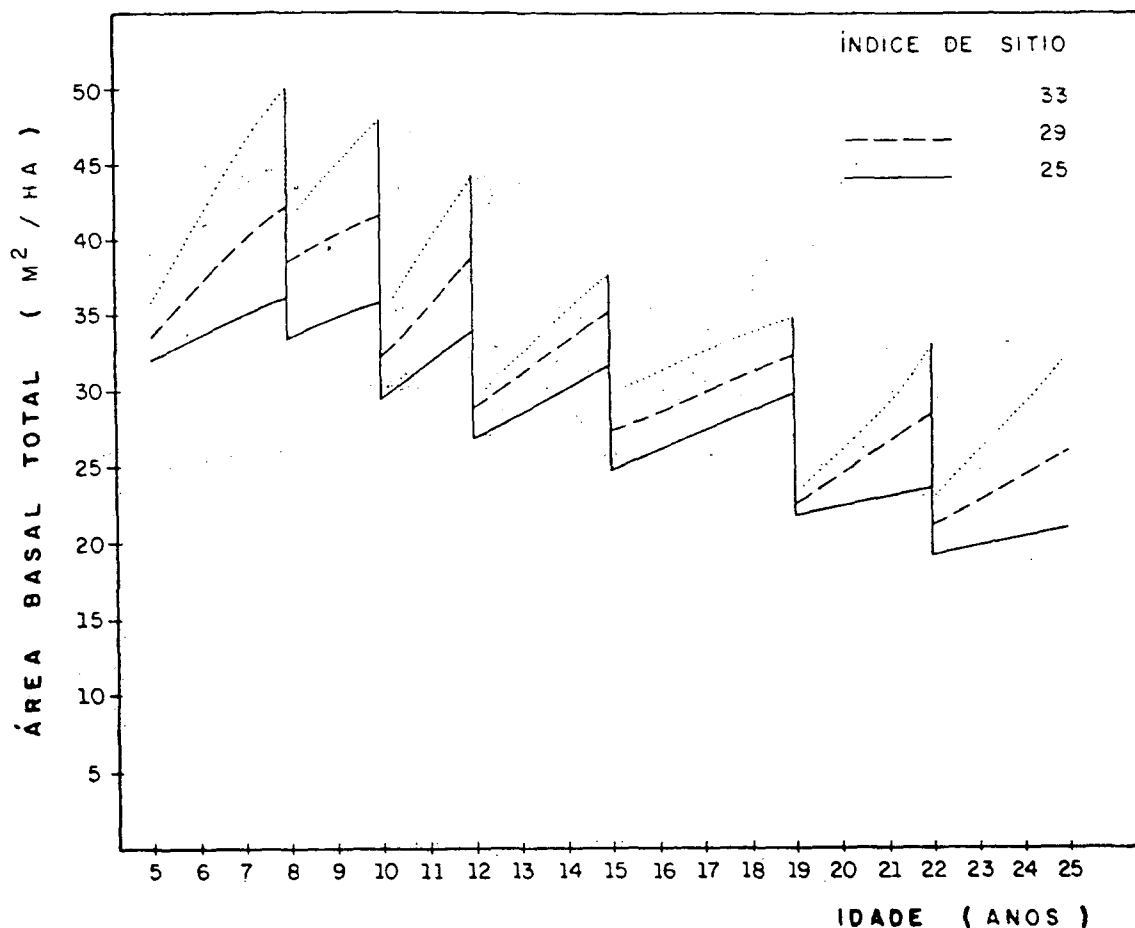


FIGURA 5: Tendência da área basal estimada (m^2 por ha) para Pinus caribaea var hondurensis para índice de sítio 25,29,33 plantadas com 2300 árvores e desbastadas para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores respectivamente nas idades de 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos.

A partir da equação de projeção da produção em área basal, é estabelecida uma compatibilidade com as informações fornecidas por classe diamétrica. Estimativas para diferentes idades nos três sítios, considerando-se um número inicial de 2300 árvores na idade de 5 anos, e que são desbastadas para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores respectivamente nas idades de 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos são efetuadas. Cada intervenção é considerada como início do período de projeção e para tal usa-se somente o número de árvores do início do período de projeção.

Na TABELA 11, são apresentadas as estimativas de volume e

área basal imediatamente antes de se efetuar o desbaste, assim como as estimativas imediatamente após os desbastes obtidas através do simulador de desbastes, com o intuito de mostrar a consistência no desenvolvimento em volume e área basal. O programa usado para gerar tais informações foi o SIMULADOR. Os dados de entrada foram somente as idades inicial e de projeção, o valor do índice de sítio e o número de árvores existentes no início do período de projeção.

A área basal presente, ou seja, do início do período de projeção, se utilizada levaria a uma maior precisão pois evitaria a necessidade de sua estimativa, entretanto, o seu não uso foi proposital, já que se deseja apresentar o comportamento do sistema de produção com um grau máximo de dificuldade, ou seja, a partir do menor número de informações possíveis, justamente para que sejam avaliadas mais criticamente suas estimativas.

Na TABELA 11 os números entre parênteses são aqueles obtidos pelo uso da expressão de desbaste. Considerou-se o índice de sítio 29, com 2300 árvores na idade de 5 anos, fez-se a projeção em volume e área basal até a idade de 8 anos obtendo-se respectivamente $222,17 \text{ m}^3/\text{ha}$ e $42,1 \text{ m}^2/\text{ha}$. Nesta idade de projeção fez-se um desbaste para 1500 árvores através da expressão de desbaste (será apresentada posteriormente) e encontrou-se os valores de $182,8 \text{ m}^3/\text{ha}$ para volume e $33,62 \text{ m}^2/\text{ha}$ para área basal.

Já o valor assinalado no quadrado expressa o valor presente estimado para volume e área basal naquela idade especificada. No exemplo adotado vai se considerar uma população com 1500 árvores na idade de 8 anos, com um desbaste seletivo das piores árvores

já tendo sido efetuado, e índice de sítio igual a 29. Os valores de volume estimados são de 198,05 m³/ha e os de área basal 36,73 m²/ha.

Note-se que as estimativas obtidas são somente em função do número de árvores e que para os índices de sítio 25 e 29 os valores obtidos do simulador de desbastes e aqueles obtidos independentemente através de estimativas presentes em volume e área basal são praticamente iguais, a partir do 29 desbaste. A relevância deste fato torna-se mais considerável à medida em que o simulador de desbaste está efetuando redução no volume e na área basal a partir de dados projetados.

Deve-se salientar que aproximadamente, 70% das parcelas usadas para gerar o sistema estão em locais cujo valor do índice de sítio é 29, 25% nos locais cujo índice de sítio é igual a 25 e o restante nos locais cujo índice de sítio é igual a 33.

Como as parcelas localizadas nos locais correspondentes ao índice de sítio 33 ainda estão nos estágios mais jovens de desenvolvimento, pode-se atribuir a este fator as discrepâncias encontradas entre as estimativas propiciadas pelo simulador de desbaste e aquelas para o estágio presente, muito embora estes valores ainda não sejam ilógicos ou inconsistentes.

Pode-se verificar que a produção tanto em volume como em área basal aumentam dos sítios menos produtivos para os mais produtivos. Da mesma maneira, à medida em que aumenta a idade a produção aumenta, quer seja em volume quer seja em área basal, mantendo-se a concepção de que sítios mais produtivos têm mais volume e área basal que sítios menos produtivos, já que nos sítios menos produtivos, em geral, o ritmo de crescimento é menos

acentuado, o que pode ser constatado pelos acréscimos anuais menores nestes sítios.

TABELA 11: Predição futura em volume e área basal para os índices de sítio 25, 29 e 33, considerando 2300 árvores na idade de 5 anos, com redução para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores respectivamente nas idades de 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos.

IDADE	VOLUME			ÁREA BASAL		
	18			16		
	25	29	33	25	29	33
5	89,65	106,64	136,16	32,00	33,52	35,95
6	110,37	147,75	193,64	33,81	37,09	41,53
7	136,62	185,82	253,37	35,15	39,88	46,04
8	139,15 (131,8) 149,6	222,14 (182,6) 201,43	311,09 (256,4) 262,19	36,19 (29,00) 33,30	42,10 (33,62) 37,29	49,74 (39,90) 41,10
9	171,39	237,47	318,27	34,61	39,61	44,75
10	193,79 (153,3) 164,4	271,09 (213,0) 213,5	371,17 (293,3) 267,0	35,66 (27,33) 29,30	41,56 (32,00) 32,20	47,89 (37,00) 34,70
11	189,00	254,96	332,38	31,80	35,68	39,64
12	216,20 (172,7) 174,3	298,90 (240,0) 221,0	399,73 (323,1) 260,27	33,82 (26,54) 26,80	38,89 (30,70) 28,70	44,30 (35,20) 29,27
13	195,83	251,90	307,31	28,60	31,07	32,32
14	216,72	286,44	350,81	30,17	33,26	35,18
15	236,24 (186,4) 190,3	316,88 (252,5) 246,63	400,83 (320,7) 315,65	31,63 (24,69) 24,87	35,28 (27,76) 27,71	37,87 (29,84) 29,83
16	203,95	271,51	342,61	26,19	28,78	31,25
17	221,40	292,62	370,65	27,40	30,03	32,55
18	240,82	312,17	396,75	28,53	31,20	33,76
19	256,12 (177,9) 193,06	330,40 (227,3) 236,2	419,20 (291,4) 269,7	29,58 (20,25) 21,86	32,30 (22,01) 22,64	34,88 (23,90) 22,20
20	202,29	265,61	320,75	22,51	24,65	25,66
21	214,41	293,73	376,86	23,12	26,61	29,19
22	222,64 (163,8) 182,59	323,30 (237,2) 243,19	434,70 (320,0) 304,61	23,69 (17,31) 19,23	28,53 (20,77) 21,08	32,83 (23,98) 22,92
23	194,99	265,76	347,84	19,84	22,76	25,91
24	206,70	284,44	380,82	20,42	24,42	29,00
25	211,30	315,45	437,82	20,96	26,06	32,17

onde :

() = valores obtidos da expressão de desbaste

☐ = estimativa do valor presente

Verifica-se assim que tanto as equações que expressam a produção em área basal, como as expressões que representam o padrão de remoção das árvores por ocasião dos desbastes, estão em conformidade com o padrão de desenvolvimento biológico esperado.

Tanto para, o modelo de projeção do volume como de área basal, foi feita a primeira derivada, de modo a se ter o incremento corrente anual (ICA).

Os modelos para ICA em volume e área basal são apresentados a seguir:

$$VICA = Y^* [-b_2 \cdot I^{-2} + I^{-1} * (b_4 + b_5(S) - b_3 \cdot \log(G))]$$

$$GICA = G \cdot I^{-1} \cdot [(b_4 / b_3) + (b_5 / b_3) \cdot (S) - \log(G)]$$

Onde:

VICA = incremento corrente anual em volume

GICA = incremento corrente anual em área basal

Y^* = volume presente (m^3/ha) . Quando $I_1 = I_2 = I$

G = área basal (m^2/ha)

S = índice de sítio (idade de referência = 21 anos)

bis = coeficientes obtidos do modelo de projeção em volume.

A seguir, nas TABELAS 12 e 13 são apresentados respectivamente os coeficientes para os modelos do incremento corrente anual em volume e do incremento corrente anual em área basal.

TABELA 12: Coeficientes para se obter o incremento corrente anual em volume para Pinus caribaea var. hondurensis em cada intervalo de desbaste.

MEDICOES	COEFICIENTES			
	b2	b3	b4	b5
ANTES 1º DESBASTE	-7,622970	1,455610	2,539051	0,119259
APOS 1º DESBASTE	-7,763560	1,157956	2,141305	0,092310
APOS 2º DESBASTE	-3,033588	1,485956	2,478282	0,150700
APOS 3º DESBASTE	-12,644336	1,023925	2,449151	0,070517
APOS 4º DESBASTE	-7,140557	1,003560	3,733677	0,012693
APOS 5º DESBASTE	-1,186727	1,363275	-4,720794	0,389150

TABELA 13: Coeficientes para se obter o incremento corrente anual em área basal para Pinus caribaea var. hondurensis em cada intervalo de desbaste.

MEDICOES	COEFICIENTES		
	b3	b4	b5
ANTES 1º DESBASTE	1,455610	2,539051	0,119259
APOS 1º DESBASTE	1,157956	2,141305	0,092310
APOS 2º DESBASTE	1,485956	2,478282	0,150700
APOS 3º DESBASTE	1,023925	2,449151	0,070517
APOS 4º DESBASTE	1,003560	3,733677	0,012693
APOS 5º DESBASTE	1,363275	-4,720794	0,389150

4.4. MODELO POR CLASSE DIAMETRICA

Uma primeira abordagem é feita para cada um dos elementos necessários para a geração das informações por classe diamétrica.

Numa segunda etapa considerações são feitas sobre a consistência do sistema.

O valor do parâmetro "a" é estimado independentemente do sistema. Como este parâmetro corresponde a um valor que está entre zero e o menor diâmetro das árvores da floresta, torna-se necessário vinculá-lo ao valor do diâmetro mínimo. Para tal é preciso uma equação que expresse o comportamento do diâmetro mínimo durante todas as fases de desenvolvimento da floresta. O modelo apresentado a seguir é o que melhor representa este comportamento.

$$DMIN = 10,891531 + 18,975244 \cdot (1 / I^2) + 2,05388 \cdot (Hd / I) - 0,005381 \cdot N + 0,02357 \cdot (Dg \cdot I)$$

$$R^2 = 92,53 \%$$

$$EPE = 1,9675 \text{ cm}$$

$$N^{\circ} \text{ observ} = 1518$$

A equação ajustada tem medidas de precisão satisfatórias e apresenta uma distribuição gráfica dos resíduos sem a existência de qualquer tendenciosidade, conforme pode ser observado na FIGURA 6.

É fundamental no sistema uma estimativa confiável do diâmetro mínimo pois este afeta diretamente toda a distribuição diamétrica. Para tal basta observar a forma de se distribuir os diâmetros por classes.

$$P(l_i < x < l_s) = \exp[-(l_i - a / b)^c] - \exp[-(l_s - a / b)^c]$$

Onde:

P = proporção de árvores estimada para os diâmetros (x) que estão dentro do limite inferior (l_i) e o limite superior (l_s) da classe considerada e "a", "b" e "c" correspondem respectivamente aos parâmetros localização, escala e forma da função de densidade de probabilidade.

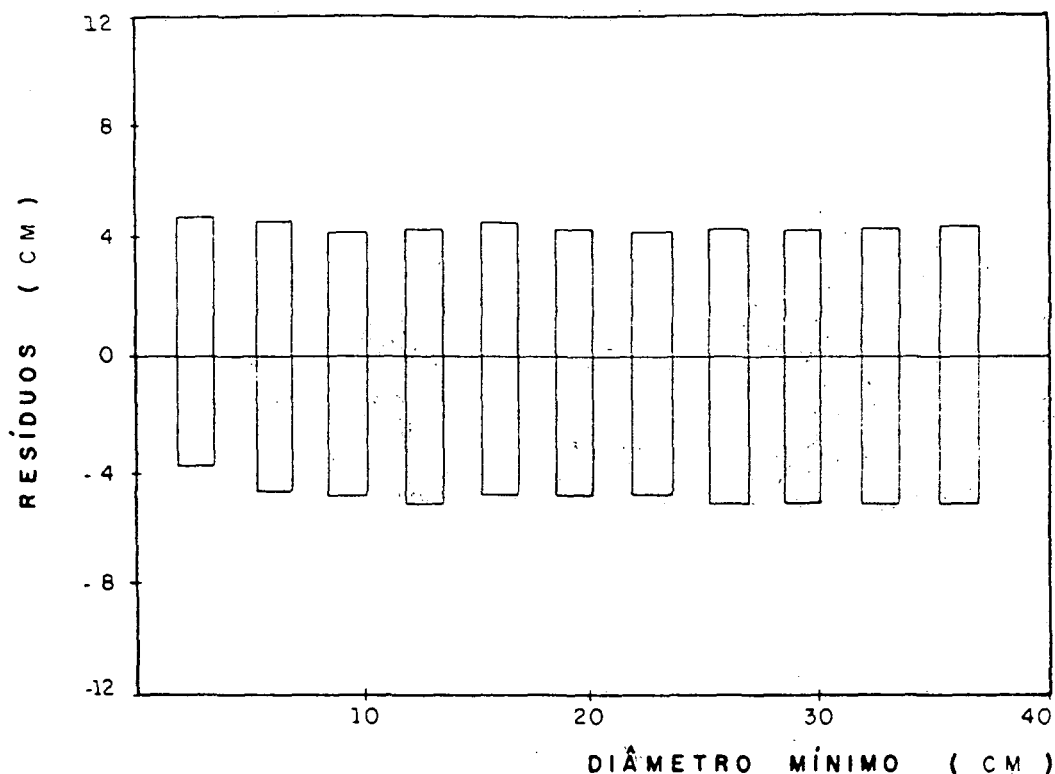


FIGURA 6: Distribuição dos desvios (resíduos) dos diâmetros mínimos (em cm) para população sujeita a 6 desbastes, de Pinus caribaea var. hondurensis

Dada a importância do parâmetro de localização que está relacionado com o diâmetro mínimo, exaustivos testes foram realizados para verificar qual valor desta variável corresponde ao melhor valor para "a".

Após comparar a frequência observada e a estimada para as parcelas do trabalho através do teste de qui-quadrado, chegou-se a conclusão que antes de ocorrer o 1º desbaste o valor de "a" deve ser igual a zero, o que é comprovado pela configuração de

assimetria negativa bastante acentuada nos dados reais. Na situação onde através do primeiro desbaste se reduz o número de árvores até um mínimo de 1250, encontra-se que o valor de "a" mais satisfatório é aquele correspondente a 70% do diâmetro mínimo, o que é comprovado pela ligeira assimetria existente nos dados. Para todas as demais situações conclue-se que o valor que melhor expressa a posição de "a" corresponde a 95% do diâmetro mínimo já que uma acentuada assimetria positiva é observada.

Na FIGURA 7 apresenta-se graficamente a evolução do diâmetro mínimo para os três sítios delimitados neste trabalho.

Foram considerados 4 casos: 1º caso com idade base de 5 anos com 2300 árvores com projeção para as idades de 6, 7 e 8 anos; o 2º caso com a idade de 10 anos e 1000 árvores projetadas para as idades de 11 e 12 anos; o 3º caso com a idade de 15 anos e 500 árvores, projetadas para as idades de 16, 17, 18 e 19 anos e o caso 4 com idade de 22 anos e 200 árvores projetadas para as idades de 23, 24 e 25 anos.

Observe que no caso 1, na idade de 5 anos os índices de sítio 25 e 29 apresentam árvores com diâmetro mínimo na classe cujo valor central é de 3,5 cm. Como é esperado existe um maior número de árvores na classe de sítio menos produtiva, já que as árvores apresentam um ritmo de crescimento menos intenso devido as disponibilidades de água e nutrientes. Em contraposição a este fato, verifica-se para o índice de sítio 33 que o menor diâmetro mínimo é superior ao valor correspondente a classe de valor central 3,5 cm o que está dentro de esperado já que em sítios mais produtivos, tem-se um maior ritmo de crescimento.

Na idade de 6 anos, encontra-se para os índices de sítio 29

e 33, árvores com diâmetro mínimo na classe cujo valor central é de 6,5 cm, com uma maior frequência no número de árvores do sítio menos produtivo. A inexistência de árvores para o índice de sítio 25 expressa que o menor diâmetro nestes locais, estão pelo menos uma classe aquém daquela considerada nesta idade, ou seja ainda existem para este sítio árvores na classe de 3,5 cm.

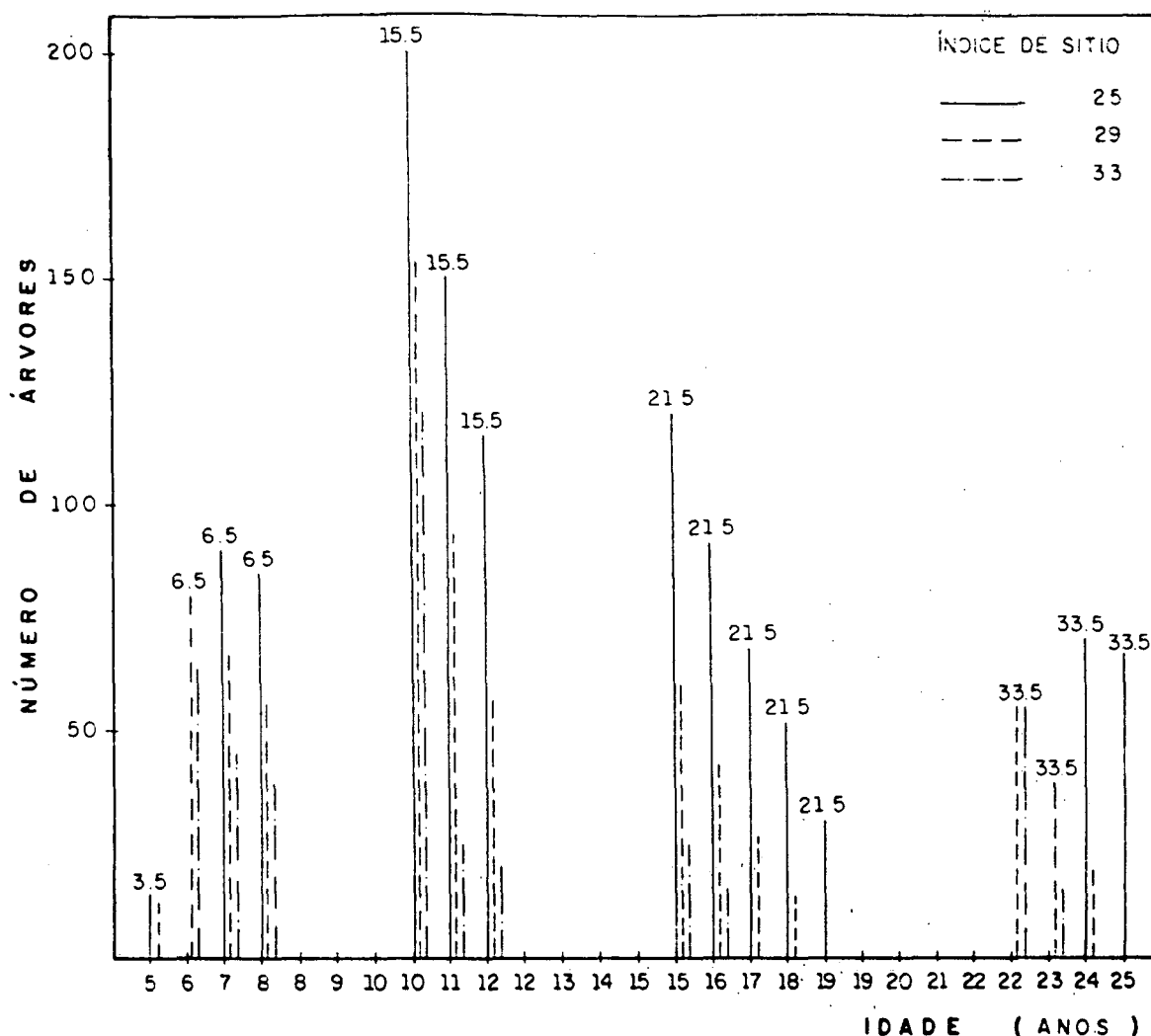


FIGURA 7: Tendência do comportamento do diâmetro mínimo para os índices de sítio 25, 29 e 33 a partir de 2300 árvores existentes na idade de 5 anos, desbastadas para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores, respectivamente nas idades de 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos para Pinus caribaea var. hondurensis.

Nas idades de 7 e 8 anos, verifica-se que para os três índices de sítios considerados, as árvores de menor diâmetro estão dentro da classe de valor central igual a 6,5 cm, e que o seu número nesta classe decresce do sítio menos produtivo (que expressa um menor ritmo de crescimento) para os sítios mais produtivos, já que quanto mais produtivo o sítio um maior acúmulo de árvores nas maiores classes de diâmetro é esperado.

Nas demais idades consideradas o comportamento mencionado acima se apresenta dentro da mesma lógica, ou seja em locais mais produtivos normalmente se tem maiores valores de diâmetro mínimo que em sítios menos produtivos e quando ocorre do diâmetro mínimo estar na mesma classe de diâmetro para os três sítios considerados sempre há um maior número de árvores naquela classe do sítio menos produtivo.

Em todas as baterias de testes realizados encontrou-se uma grande consistência entre os diâmetros mínimos e máximos, gerados pelo sistema e os seus respectivos valores reais. Este fato sugere que, tanto a expressão que estima o diâmetro mínimo, como o gerador do diâmetro máximo imbutido dentro do programa SIMULADOR são bastante consistentes e muito próximos do real.

Além do diâmetro mínimo, as equações que permitem calcular os dois primeiros momentos, são apresentadas a seguir, já que estes elementos são necessários para se efetuar a estimativa dos parâmetros da função de densidade de probabilidade Weibull.

Observe que na metodologia foi mencionado o uso das equações de projeção da área basal (podem ser observada na TABELA 9) como fundamentais para estimativas dos momentos, já que a compatibilidade adotada neste trabalho foi em termos de área

basal.

Outra informação necessária é da variância dos diâmetros de modo que se atenda a condição apresentada em BURK e NEWBERRY²⁵ de que o 1º momento deve ser menor ou igual a raiz quadrada do segundo momento, de modo que não haja problemas de que $S^2(Dg^2 - \bar{D}^2) < 0$.

O modelo selecionado é apresentado a seguir e os seus coeficientes para cada época de desbaste na TABELA 14.

$$\log(Dg^2 - \bar{D}^2) = b_1 \cdot \log(Hd) + b_2 \cdot \log(N / G) + b_3 \cdot (Hd/I)$$

TABELA 14: Medidas de precisão e os coeficientes das equações que estimam a variância dos diâmetros em cada intervalo de desbaste.

MEDICOES	NUMERO DE OBSERVACOES	COEFICIENTES			R ² %	EPE (ln. cm ²)
		b1	b2	b3		
ANTES 1º DESBASTE	132	1,231830	-0,104429	-0,323432	97,95	0,299296
APOS 1º DESBASTE	226	1,467161	-0,368307	-0,330136	97,71	0,338426
APOS 2º DESBASTE	228	1,728632	-0,787452	-0,154431	97,69	0,355098
APOS 3º DESBASTE	286	1,449643	-0,804471	0,062603	96,92	0,285000
APOS 4º DESBASTE	248	1,692346	-0,637314	-0,926253	95,22	0,206900
APOS 5º DESBASTE	176	2,205404	-0,975195	-2,063499	93,69	0,550098
APOS 6º DESBASTE	76	2,999533	-2,993005	-1,083318	88,69	0,635706
APOS CONJ. 1º e 2º	87	1,475295	-0,291031	-0,725722	98,58	0,236942
APOS CONJ. 2º e 3º	60	1,921475	-0,888962	-0,516087	97,99	0,335452

Houve grande dificuldade em obter-se equações com desempenho satisfatório. As equações apresentadas embora apresentem erros padrões da estimativa relativamente elevados tem um desempenho satisfatório na estimativa da variância dos diâmetros. Quando comparado a outros trabalhos, como por exemplo KNOEBELL et al⁷⁵ apresentam valores de medida de precisão superiores, inclusive para os modelos com correção para a média, que não foram os

selecionados neste trabalho.

Deve-se enfatizar ainda que maiores correlações foram encontradas quando a população não está sujeita a qualquer desbaste e quando sujeita a desbastes pesados. Este fato é observado tanto quando o ajuste foi feito considerando a correção para a média, como quando não se considerou a correção para a média.

Na FIGURA 8 apresenta-se uma ilustração gráfica do comportamento da variância dos diâmetros.

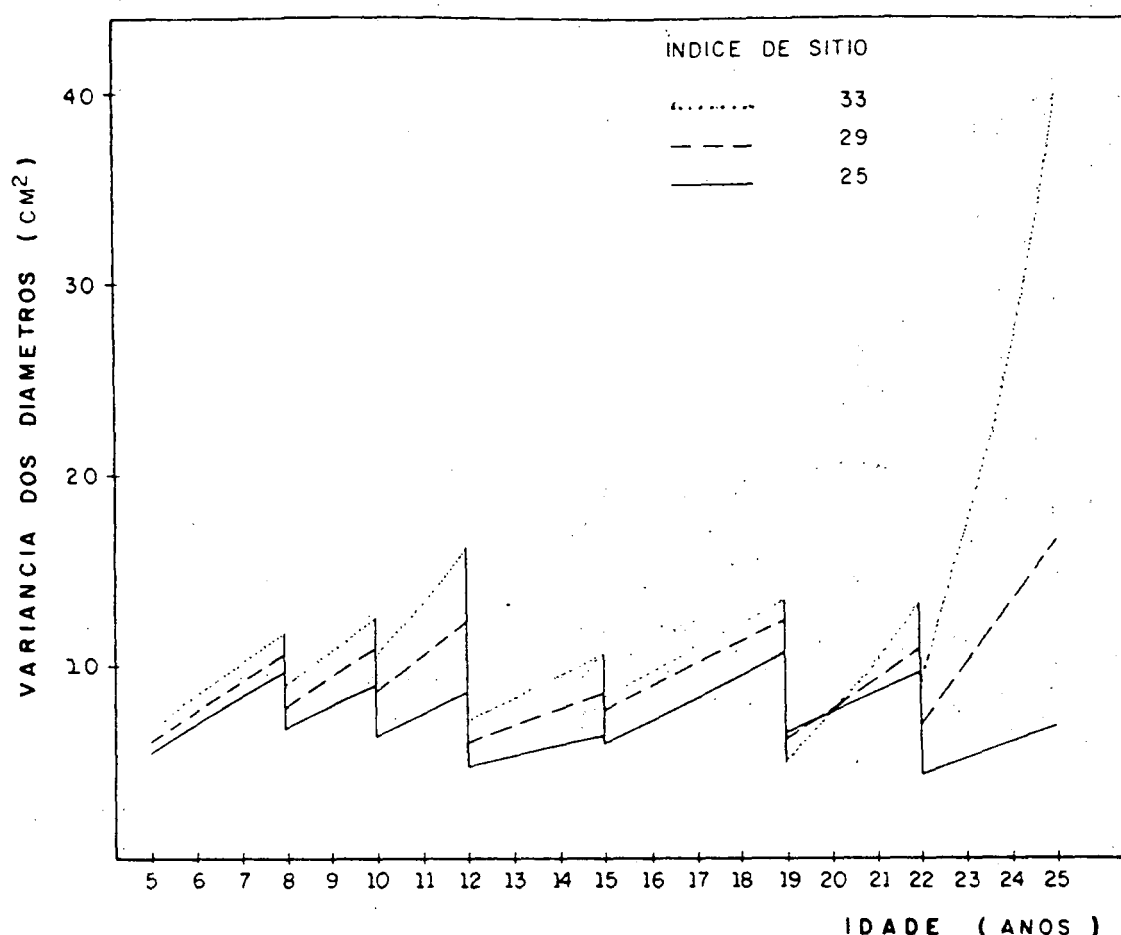


FIGURA 8: Comportamento da variância dos diâmetros para os índices de sítios 25, 29 e 33, a partir de 2300 árvores existentes na idade de 5 anos, desbastadas para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores, respectivamente nas idades 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos (considere a idade de desbaste como período inicial de projeção).

De maneira generalizada, verifica-se que, nos sítios mais produtivos ocorre uma maior variabilidade dos diâmetros que nos locais menos produtivos, o que está em conformidade com o padrão esperado. Nestes sítios, espera-se uma maior amplitude entre a menor e a maior classe diamétrica, o que traduz um ritmo de crescimento mais intenso das árvores. Constatou-se ainda, que a medida em que novas interferências são efetuadas na população, a variabilidade dos diâmetros nos sítios mais produtivos é ainda mais acentuada, conforme ilustração na FIGURA 8.

Com estes elementos, pode-se gerar o diâmetro médio quadrático ao quadrado, o diâmetro médio aritmético e usando a função de densidade de probabilidade Weibull estimar os valores correspondentes aos parâmetros de locação, escala e forma.

Na FIGURA 9 apresenta-se uma evolução do diâmetro médio quadrático nos três sítios considerados e sujeitos a desbastes no 8º, 10º, 12º, 15º, 19º e 22º ano com redução para respectivamente 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores.

Pode-se constatar nas idades mais jovens que as diferenças no diâmetro médio quadrático são menores que nas idades mais avançadas, sujeitas a várias intervenções. Verifica-se também que sítios mais produtivos apresentam sempre maior diâmetro médio quadrático que sítios menos produtivos e que a cada novo desbaste efetuado na população, se acentua esta diferença, sendo mais nítida após os últimos desbastes. Possivelmente, porque o espaçamento ideal entre árvores tenha sido encontrado e também por que os desbastes mais tardios tenham sido efetuados mais acuradamente, já que com um menor número de árvores tem-se condições de melhor selecionar as árvores a serem retiradas da

população.

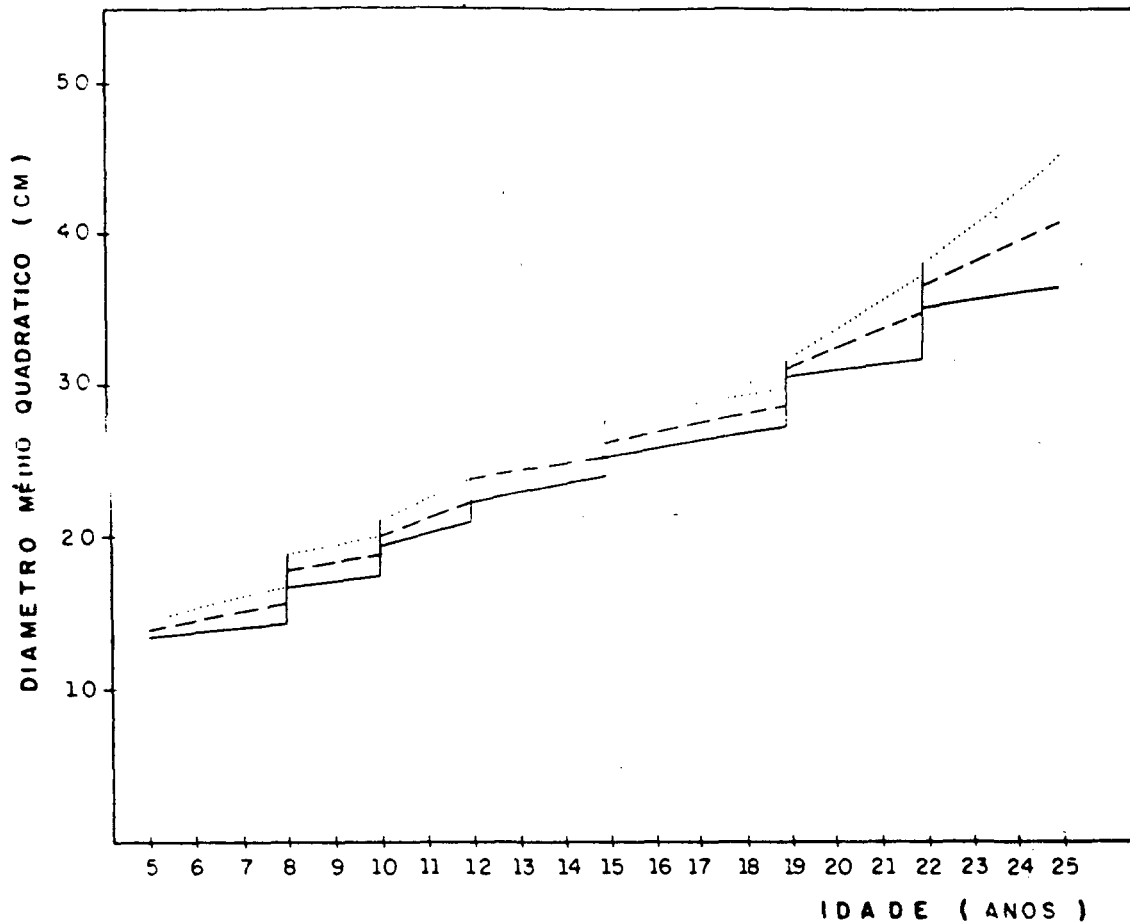


FIGURA 9: Comportamento do diâmetro médio quadrático para os sítios 25, 29 e 33, a partir de 2300 árvores existentes na idade de 5 anos desbastadas para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores, respectivamente nas idades 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos.

Pode-se a partir destas estimativas gerar a distribuição dos diâmetros por classes. Ao se considerar projeções presentes e futuras das produções por classe diamétrica, e buscando dar flexibilidade ao procedimento de estimativas, torna-se necessário modelos para predizer o número de árvores presente e a área basal presente.

A partir destas informações, pode-se projetar para o futuro e mesmo efetuar a estimativa dos dois primeiros momentos não

centrais, se nenhuma predição futura é desejada. Estas duas equações juntamente com a expressão de projeção em área basal, afetam profundamente o sistema de predição por classe diamétrica.

O modelo selecionado é apresentado a seguir e na TABELA 15 são apresentados os coeficientes das equações para cada época de desbaste.

$$\log(N / G) = b_1 \cdot I^{-1} + b_2 \cdot \log(S) + b_3 \cdot \log(S \cdot I)$$

O ajuste da razão N/G foi conseguido após exaustivas tentativas de obter estimativas confiáveis para o número de árvore a para a área basal presente, já que ajustes separados destas variáveis propiciaram estimativas confiáveis para área basal e péssimas estimativas para o número de árvores.

TABELA 15: Coeficientes das equações para estimativa presente do número de árvores e da área basal, para as épocas de desbaste para Pinus caribaea var. hondurensis.

MEDICOES	NUMERO DE OBSERVACOES	COEFICIENTES		
		b1	b2	b3
ANTES 10 DESBASTE	128	17,765265	-2,875201	2,085648
APOS 10 DESBASTE	234	21,957430	-2,429815	1,676535
APOS 20 DESBASTE	240	24,877844	-1,847147	1,264360
APOS 30 DESBASTE	294	27,033289	-1,452443	0,996588
APOS 40 DESBASTE	254	34,598229	-1,689269	1,034562
APOS 50 DESBASTE	184	36,607968	-1,420935	0,854460
APOS 60 DESBASTE	85	27,689941	-0,938081	0,650178

Este fato, se deveu ao desbaste em cada ocasião, ser efetuado em função do número de árvores, o que tornou o ajuste impraticável, já que o número de árvores foi explicado apenas

pela significância de b_0 . Esta característica é absolutamente inaceitável, uma vez se deseja estabelecer padrão de remoção das árvores do desbaste através do número de árvores e da área basal, além de efetuar simulações de desbastes, e aí uma expressão que estime o número de árvores em função das características da população é indispensável.

Nas TABELAS 16 e 17 apresenta-se as medidas de precisão e as principais estimativas propiciadas pela equação quando estima o número de árvores e quando estima a área basal presente.

TABELA 16: Síntese das medidas de precisão e principais estimativas propiciadas pelas equações por ocasião da predição do número de árvores.

MEDICOES	NUMERO DE PARCELAS	MENOR VALOR SUPERESTIMADO PELA EQUACAO		MAIOR VALOR SUPERESTIMADO PELA EQUACAO		VALOR MEDIO SUPERESTIMADO PELA EQUACAO		EPE		R ²	NUMERO DE ARVORES MEDIO	
		ud	%	ud	%	ud	%	(ud)	%		REAL	ESTIMADO
		ANTES 10 DESBASTE	128	367,61	18,56	540,81	22,53	-6,58	0,29	183,07	8,07	99,37
APOS 10 DESBASTE	234	342,90	24,50	485,30	32,35	-6,10	0,41	153,50	10,30	98,94	1483,20	1489,40
APOS 20 DESBASTE	240	237,90	23,80	311,80	27,80	-3,60	0,36	91,50	9,10	99,17	1001,50	1005,10
APOS 30 DESBASTE	294	162,10	23,20	183,00	26,10	-2,40	0,35	62,40	8,90	99,20	700,70	703,10
APOS 40 DESBASTE	254	106,40	21,30	134,40	26,80	-2,20	0,45	47,60	9,50	99,10	500,50	502,70
APOS 50 DESBASTE	284	36,90	12,30	88,00	29,30	6,70	2,20	27,90	9,30	99,10	299,80	293,00
APOS 60 DESBASTE	85	31,10	15,60	63,00	31,50	-0,90	0,46	18,20	9,10	99,20	200,00	200,90

Os valores em porcentagens para os maiores valores super e sub-estimados e para o valor médio do resíduo foram considerados em relação aos respectivos valores reais. Estes valores máximos de erro servem para definir o grau de confiabilidade no sistema, já que expressam os valores de erros em casos extremos e de ocorrência não predominante. Através da aplicação de um teste de "t" verificou-se a igualdade estatística das estimativas obtidas em relação aos valores reais para um nível de

probabilidade de 95%, o que equivale dizer que ao se repetir o procedimento de estimativa 100 vezes, em 95 delas deve-se estar dentro da margem de acerto das mesmas.

TABELA 17: Síntese das medidas de precisão e principais estimativas propiciadas pela equações por ocasião da predição da área basal presente

MEDICOES	NUMERO DE PARCELAS	MAIOR VALOR SUPERESTIMADO PELA EQUACAO		MENOR VALOR SUPERESTIMADO PELA EQUACAO		VALOR MEDIO DO RESIDUO ESTIMADO PELA EQUACAO		EPE		R ²	AREA BASAL MEDIA	
		g ¹	%	g ¹	%	g ¹	%	g ¹	%		REAL	ESTIMADO
ANTES 1º DESBASTE	128	7,23	21,50	5,43	17,12	0,10	0,27	3,00	8,04	99,40	37,40	37,30
APOS 1º DESBASTE	234	9,50	36,00	8,30	22,60	0,13	0,35	3,90	10,03	99,00	38,88	38,74
APOS 2º DESBASTE	240	9,38	36,20	11,70	20,80	0,12	0,36	3,30	9,30	99,10	35,49	35,36
APOS 3º DESBASTE	294	8,41	32,03	7,18	19,00	0,11	0,35	2,93	8,90	99,20	32,89	32,77
APOS 4º DESBASTE	254	9,40	34,50	7,40	18,70	0,13	0,44	2,90	9,50	99,10	30,63	30,50
APOS 5º DESBASTE	184	6,80	36,80	3,75	13,42	0,10	0,43	2,33	9,26	99,16	25,16	25,05
APOS 6º DESBASTE	85	3,18	19,09	5,29	19,68	0,09	0,48	1,82	9,21	99,19	19,84	19,74

Em SCOLFORD e MACHADO¹¹² é apresentada discussão pormenorizada de como selecionar equações de maneira adequada, enfatizando-se que escolha dos modelos simplesmente por R² e EPE podem levar a grandes erros, e portanto a análise visual dos resíduos, expressos graficamente é fundamental. Para todas as equações selecionadas verificou um valor de R² próximo de 100%, um erro padrão da estimativa em geral menor que 10% e uma boa distribuição dos resíduos.

Para complementar informações a respeito da estimativa do número de árvores, observou-se dos dados, que a mortalidade após os desbastes praticamente inexistente e portanto foi desconsiderada. Entretanto, também da análise dos dados verificou-se que a mortalidade está presente antes de se efetuar o primeiro desbaste

e para expressar o seu comportamento foi selecionado o modelo de sobrevivência apresentado a seguir, assim como o seu comportamento ilustrado graficamente.

$$N_2 = N_1 \cdot (I_2 / I_1)^{0,00403912} \cdot \exp[-0,0037908 + (-0,0001857 \cdot S) \cdot (I_2 - I_1)]$$

$R^2 = 94,09\%$
 EPE = 41,71 árvores

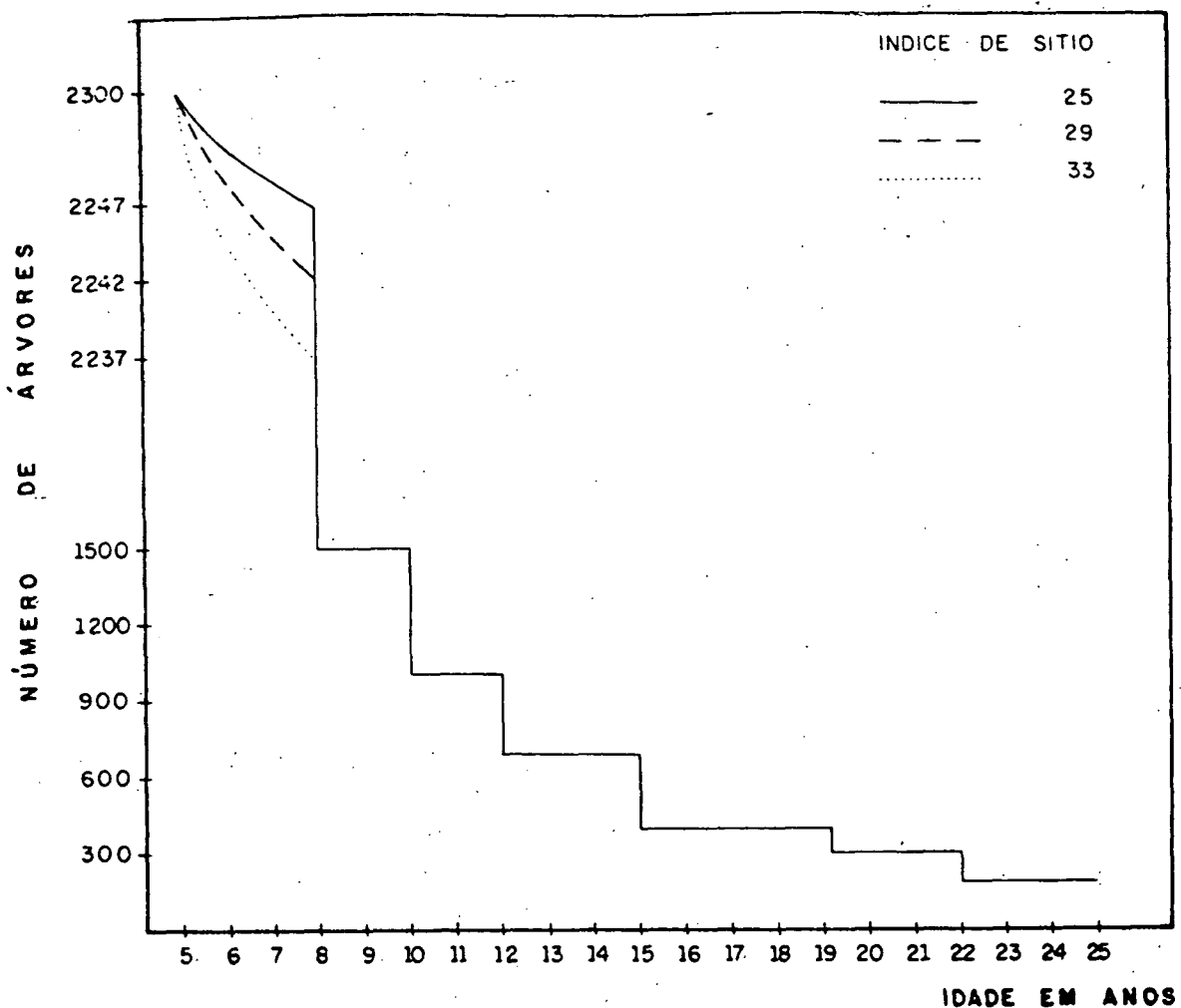


FIGURA 10: Comportamento da sobrevivência para os índices de sítio 25, 29 e 33 a partir de 2300 árvores existentes na idade de 5 anos e desbastadas para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores respectivamente nas idades de 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos para Pinus caribaea var. hondurensis.

Observa-se que mesmo sendo consideradas idades relativamente jovens a mortalidade é maior nos sítios mais produtivos que nos menos produtivos, o que está em conformidade com o padrão esperado.

Um outro elemento fundamental é a predição das alturas médias dos valores centrais das classes diamétricas.

Da série de modelos testados (observar modelos 108 até 121) o que apresentou melhor desempenho foi:

$$\log (H) = 0,344917 + 0,929915 \log (Hd) - 0,126947 \cdot \log(Dg / Di) + 4,292072 / (I_2 \cdot Di) - 4,654672 / Di$$

$$R^2 = 96,74\%$$

$$EPE = 0,0721862 \log m$$

Onde:

- H = altura média das árvores na itésima classe de diâmetro
- Hd = altura média das 100 árvores de maior diâmetro por hectare
- Dg = diâmetro médio quadrático do povoamento
- Di = valor central da itésima classe de diâmetro
- I₂ = idade de projeção
- log = logaritmo neperiano

No ajuste da expressão altura média-diâmetro médio central da classe, foram consideradas variáveis do povoamento tais como produtividade do sítio, diâmetro médio quadrático (reflete o comportamento da área basal) de modo que sítios produtivos devem apresentar numa mesma idade e para uma mesma classe diamétrica, maior valor de altura média que um sítio menos produtivo.

Na FIGURA 11, apresenta-se o padrão de desenvolvimento da altura média, aumentando consistentemente das menores para as maiores classes de diâmetro, dentro de uma mesma idade e entre

idades diferentes. Esta tendência ocorre em todas as fases de desenvolvimento do povoamento e como esperado, é maior em locais mais produtivos do que nos menos produtivos.

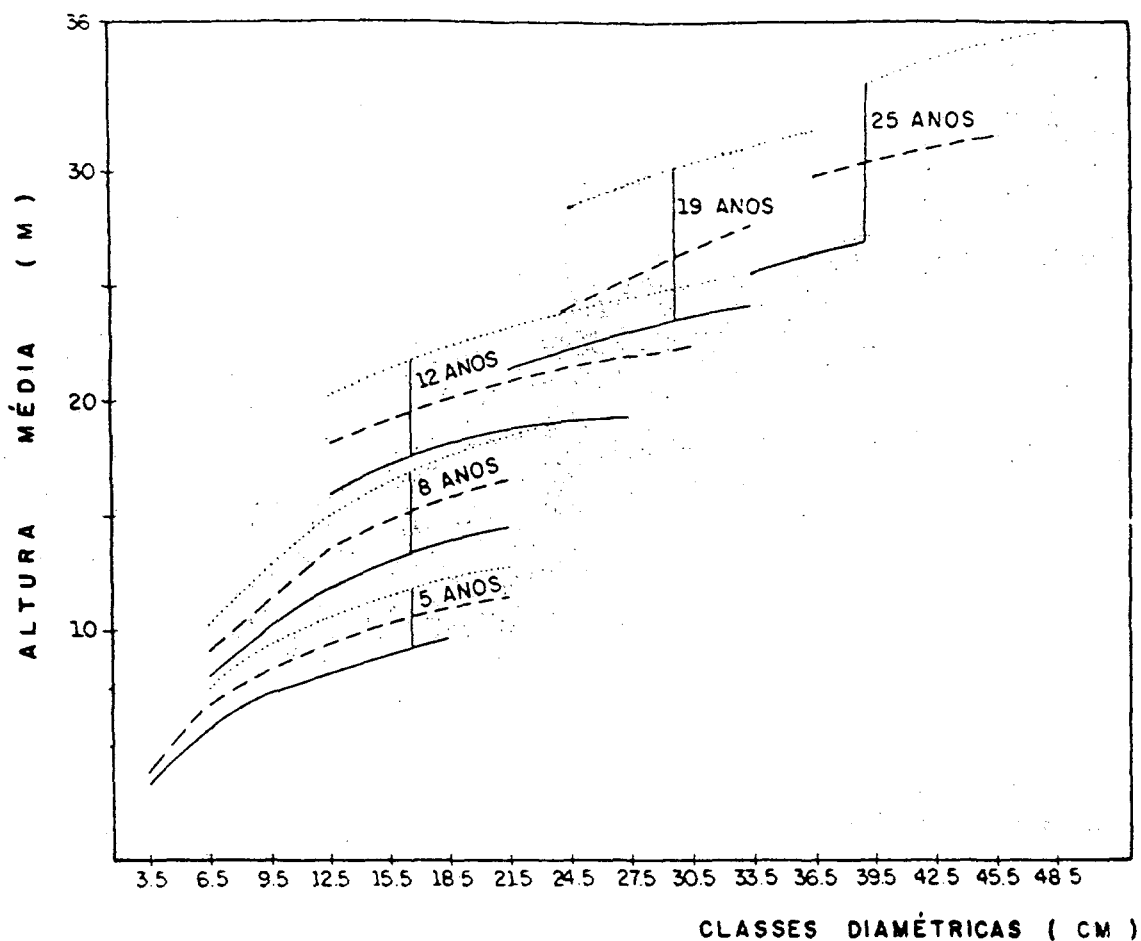


FIGURA 11: Comportamento da altura média para índices de sítio 25, 29 e 33, a partir de 2300 árvores na idade de 5 anos, desbastadas para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores respectivamente para 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos para Pinus caribaea var. hondurensis.

No APENDICE A, são apresentadas as tabelas por classe diamétrica considerando-se uma série de situações. Uma primeira consiste em adotar a idade base de 5 anos com 2300 árvores e efetuar projeções para as idades de 6, 7 e 8 anos de idade; uma segunda consiste em adotar a idade base de 8 anos, com a

ocorrência de 1 desbaste, com 1500 árvores e efetuar projeções para as idades de 9 e 10 anos; uma terceira consiste em adotar a idade base de 10 anos, com a ocorrência de 2 desbastes, com 1000 árvores e efetuar projeções para as idades de 11 e 12 anos. Uma quarta consiste em adotar a idade base de 12 anos, com a ocorrência de 3 desbastes, com 700 árvores e efetuar projeções para as idades de 13, 14 e 15 anos; uma quinta consiste em adotar a idade base de 15 anos, com a ocorrência de 4 desbastes, com 500 árvores e efetuar projeções para as idades de 16, 17, 18 e 19 anos; uma sexta consiste em adotar a idade base de 19 anos, com ocorrência de 5 desbastes, com 300 árvores e efetuar projeções para as idades de 20, 21 e 22 anos e uma sétima situação consiste em adotar a idade base de 22 anos, com a ocorrência de 6 desbastes, com 200 árvores e efetuar projeções para as idades de 23, 24 e 25 anos.

Os volumes para laminação, serraria e aglomerado são superpostos, ou seja parte do volume para serraria, pode ser usado para laminação, como parte do volume de aglomerado pode ser usado para serraria e outra parte para laminação.

Uma avaliação do comportamento biológico do sistema de predição é efetuado a seguir considerando-se os resultados obtidos nas tabelas do APENDICE A.

Assim, considere-se a situação onde se mantém estável a idade e o número de árvores. Verifica-se que com frequência, índice de sítios menos produtivos apresentam uma menor amplitude de classe diamétrica, que sítios mais produtivos. Outro fato que está absolutamente dentro do padrão esperado é que nos sítios menos produtivos ocorre uma maior concentração de árvores nas

menores classes de diâmetro, comparativamente com sítios mais produtivos, já que estes apresentam maior concentração de árvores nas maiores classes de diâmetro, o que é ilustrado graficamente na FIGURA 12.

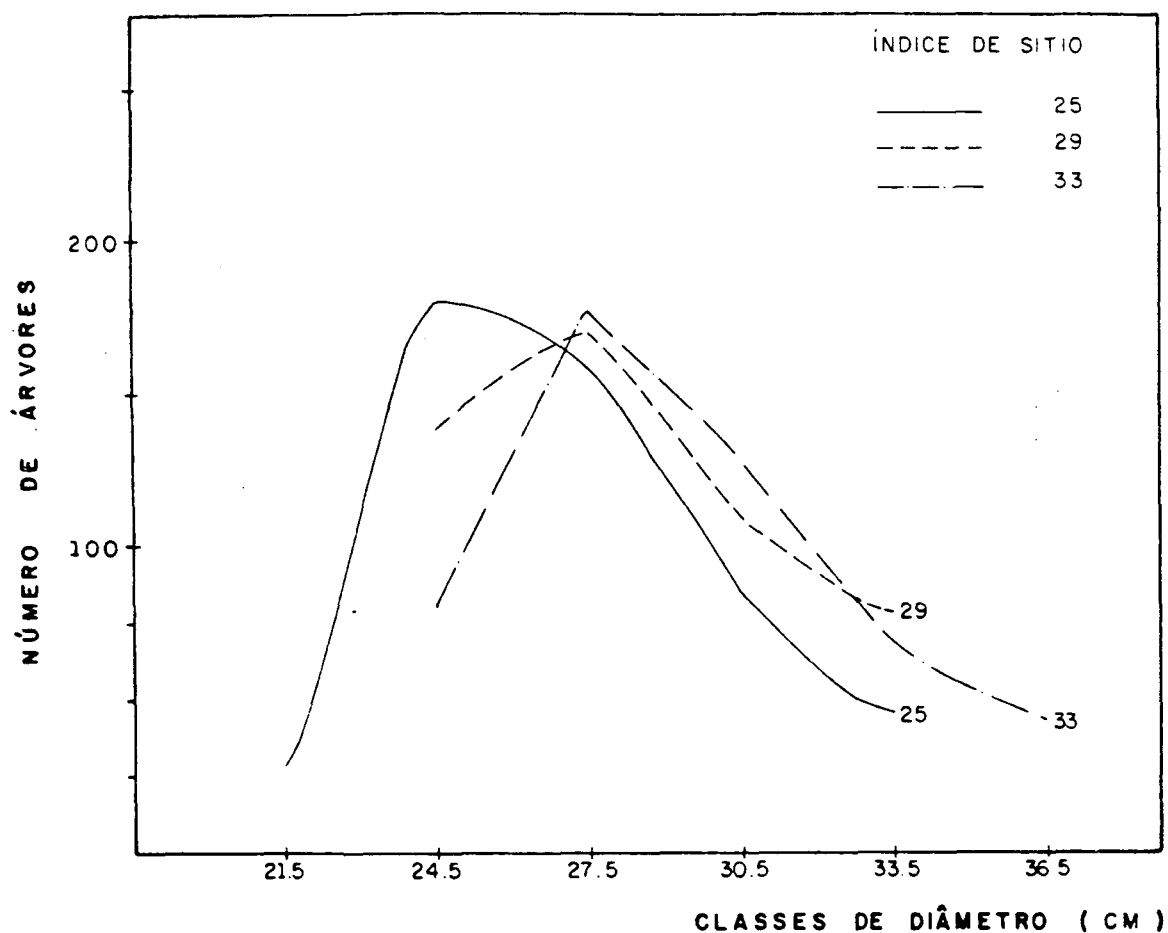


FIGURA 12: Comportamento da distribuição diamétrica na idade de 19 anos para os índices de sítio 25, 29 e 33, considerando 500 árvores de Pinus caribaea var. hondurensis.

Verifica-se ainda, que antes de se efetuar o 1º desbaste na população, os sítios mais produtivos tem menos árvores que os sítios menos produtivos, o que é comprovado ao se observar a FIGURA 10 que mostra o comportamento da sobrevivência para diferentes sítios.

Uma outra situação é que para determinado número de árvores e índice de sítio a medida que se avança no tempo (considere a situação entre um desbaste e outro) verifica-se um aumento nas maiores classes, nunca nas menores. Outro fato relevante é que o número de árvores nas menores classes de diâmetro diminui, com um conseqüente acréscimo nas maiores classes de diâmetro, conforme pode-se notar na FIGURA 13.

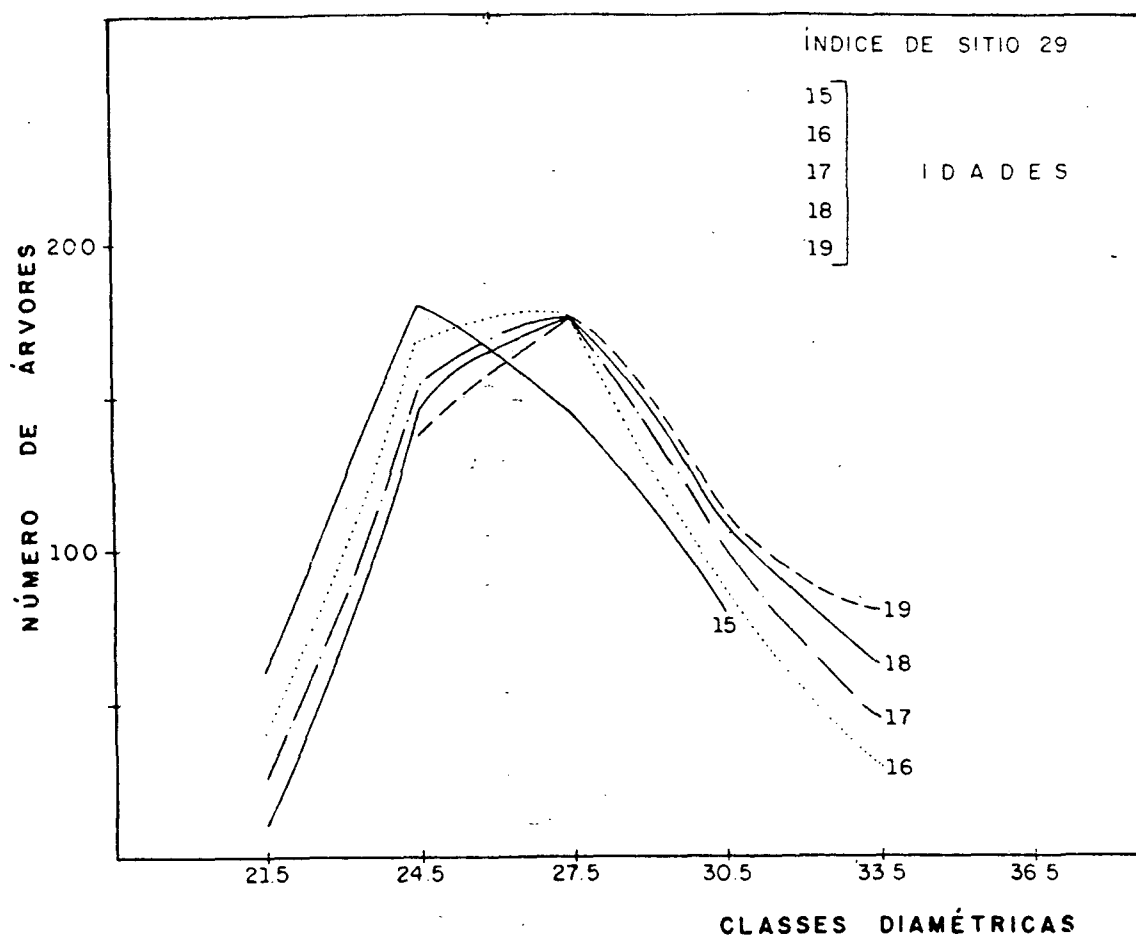


FIGURA 13: Evolução da distribuição diamétrica para o índice de sítio 29, considerando-se 500 árvores por hectare, nas idades de 15 a 19 anos.

Para aquela situação onde ainda não foi efetuado o desbaste

(após considera-se que a mortalidade inexistente) o número de árvores decresce a medida em que o tempo passa (ver FIGURA 10), fato perfeitamente esperado já que ocorre uma maior competição entre as mesmas.

Numa outra situação vai se considerar novamente uma mesma idade e um mesmo número de árvores para os três sítios considerados. Verifica-se que sítios mais produtivos tem uma maior área basal que os menos produtivos, o que leva a considerar que se ao invés de fixar o número de árvores tivessem sido estabelecidas faixas de área basal, ter-se-ia dentro de um determinado sítio mais árvores nas maiores classes de área basal e obviamente estes valores cresceriam a medida em que se considerasse sítios mais produtivos.

Pode-se verificar assim, que os padrões de desenvolvimento biológico analisados, das tabelas dos povoamentos, geradas para diferentes combinações de idade, índice de sítio e número de árvores estão em conformidade com o esperado.

Complementando esta discussão apresenta-se na FIGURA 14 uma evolução da distribuição diamétrica ao longo do desenvolvimento do povoamento, para uma situação específica. Nota-se claramente que a medida em que novos desbastes são efetuados na população esta vai cada vez mais aumentando sua assimetria positiva.

A acuracidade do modelo foi testada a partir do confronto do número de árvores observado e o estimado utilizando-se do teste do qui-quadrado, o qual foi também aplicado para o volume e área basal real e estimados por classe diamétrica. Os resultados obtidos indicam a aceitação da hipótese da nulidade, o que indica que as frequências esperadas e as observadas são as mesmas do

ponto de vista estatístico, para praticamente a totalidade das parcelas testadas.

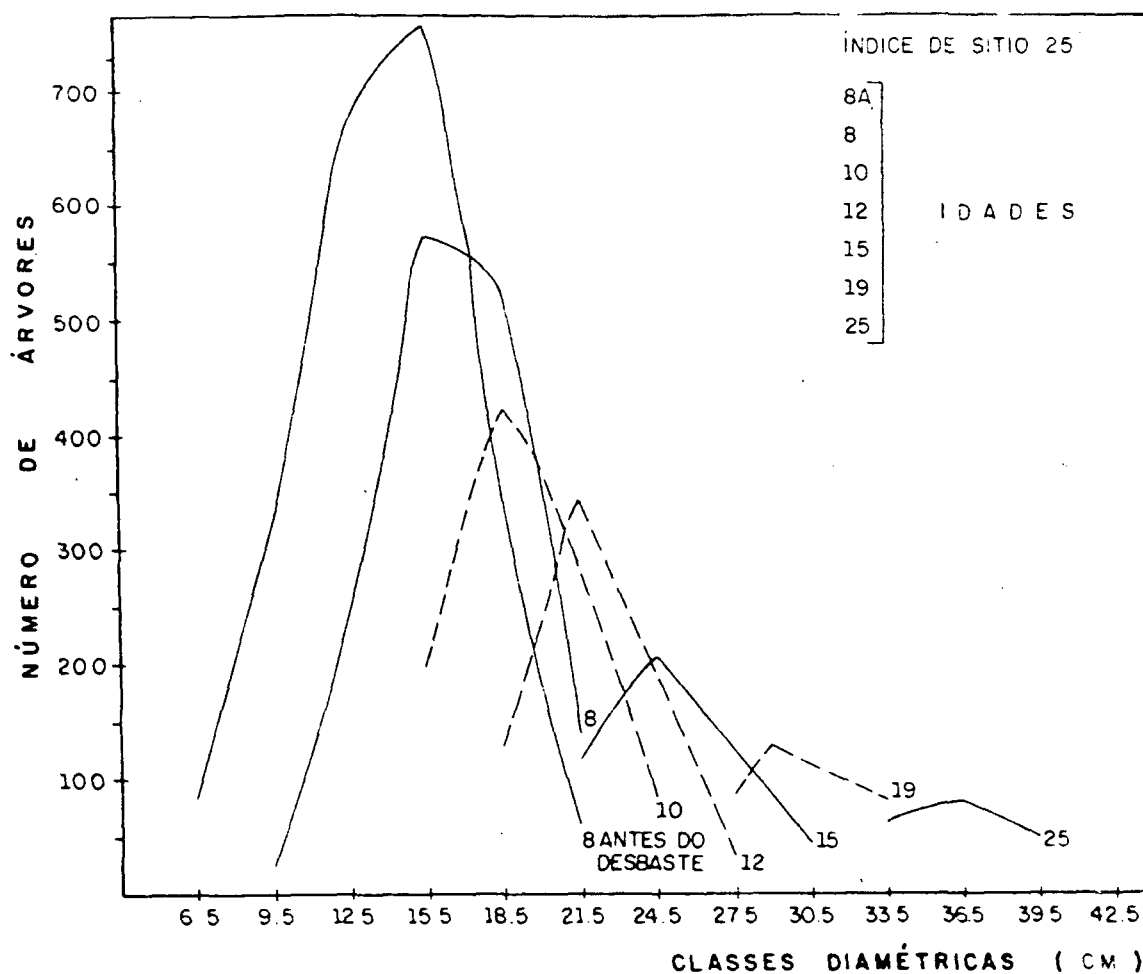


FIGURA 14: Evolução da distribuição diamétrica para a ocasião imediatamente antes do primeiro desbaste, após o 1º, 2º, 3º, 4º, 5º e 6º desbastes, considerando-se o índice de sítio 25, com número de árvores médio inicial de 2300, desbastado para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores respectivamente nas idades de 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos para população de Pinus caribaea var. hondurensis.

Evidentemente, dado o caráter genérico das estimativas e as variabilidades que as situações reais expressam, em oposição

aquelas obtidas em experimentos, onde se controlam diversos fatores, é esperado que em determinadas situações específicas, diferenças entre o que é gerado pelo modelo e o que é real podem ser efetivamente maiores do que o máximo desejável.

Para demonstrar a validação do sistema apresenta-se uma ilustração do comportamento predominante da distribuição dos diâmetros nas FIGURAS 15A, 16A, 17A e 18A para o número de árvores e, nas FIGURAS 15B, 16B, 17B e 18B para o volume projetado, para uma parcela escolhida aleatoriamente e desbastada nas idades de 7,9; 10; 15 e 19 anos. A idade base para as projeções foram respectivamente 5; 7,9; 12 e 15 anos.

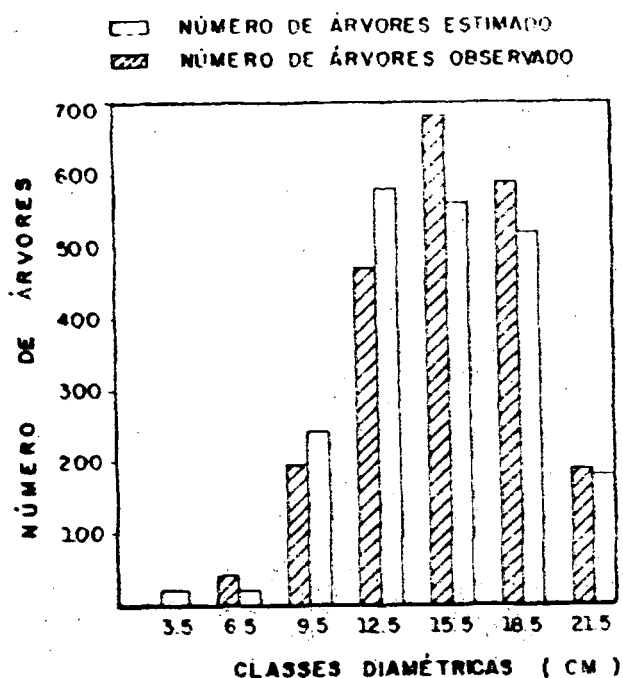


FIGURA 15 A: Número de árvores observadas e estimada na idade de 7,9 anos.

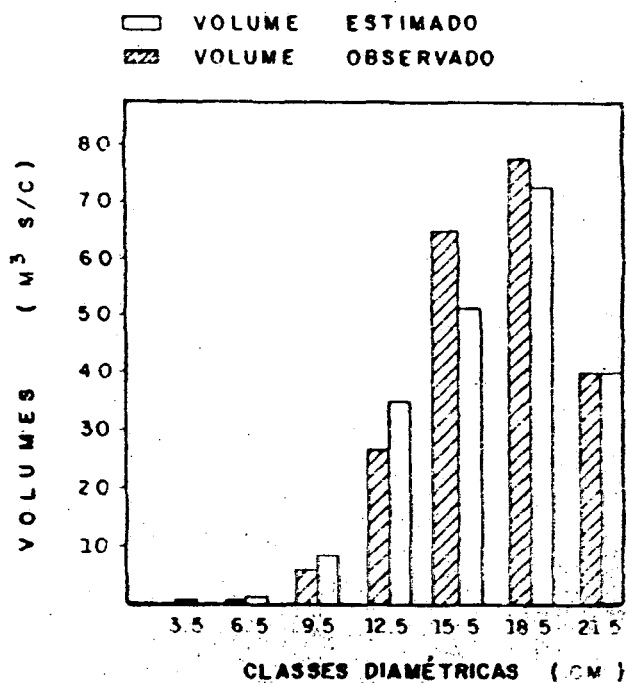


FIGURA 15B: Volume observado e estimado na idade de 7,9 anos.

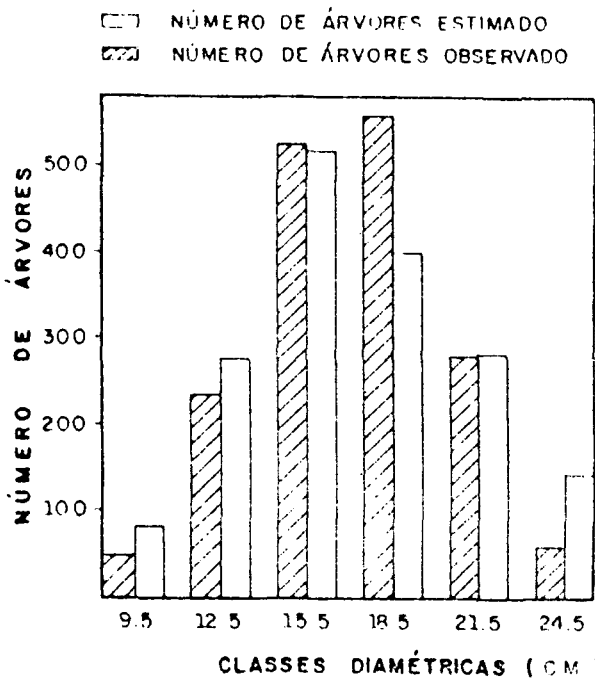


FIGURA 16 A: Número de árvores observadas e estimadas na idade de 10 anos.

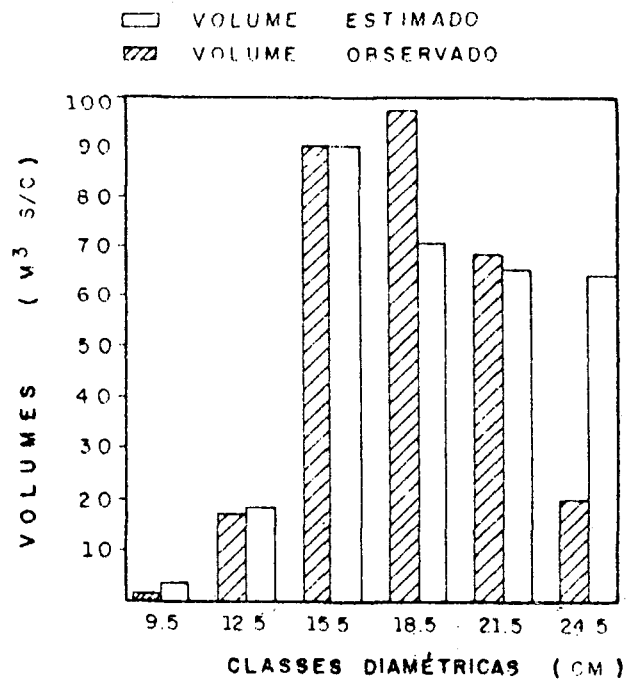


FIGURA 16B: Volume observado e estimado na idade de 10 anos

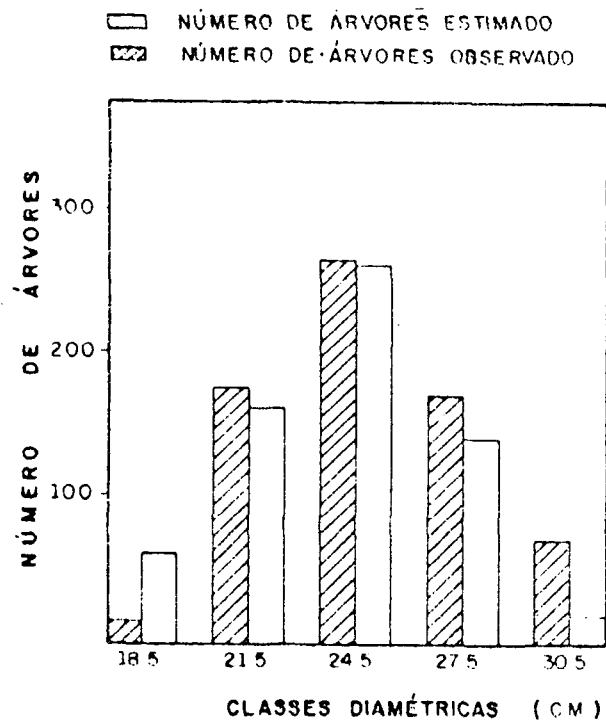


FIGURA 17 A: Número de árvores observadas e estimadas na idade de 15 anos.

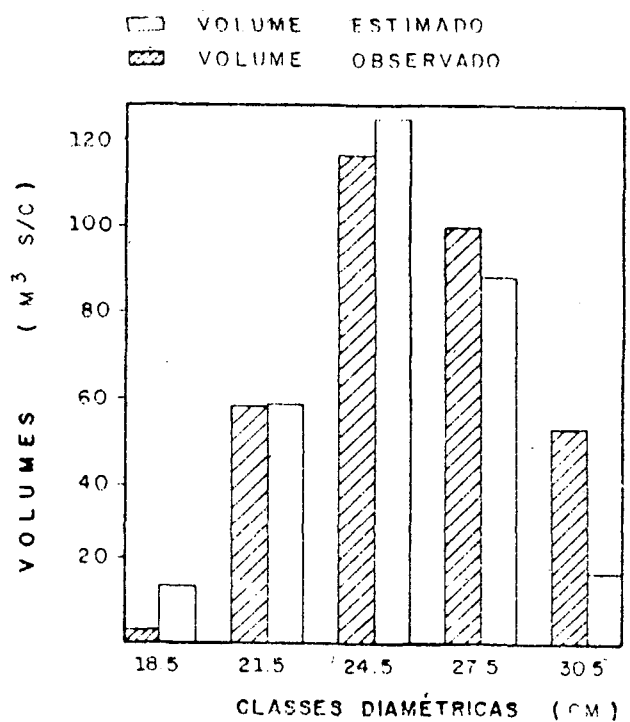


FIGURA 17B: Volume observado e estimado na idade de 15 anos.

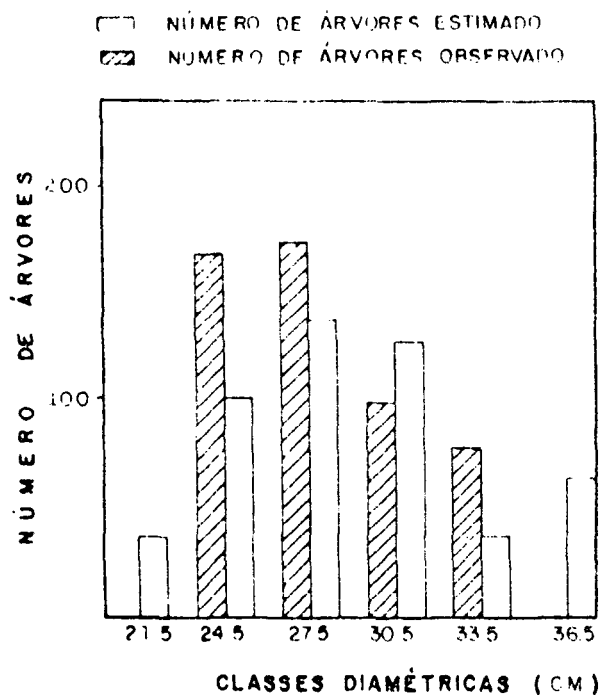


FIGURA 18 A: Número de árvores observadas e estimadas na idade de 19 anos.

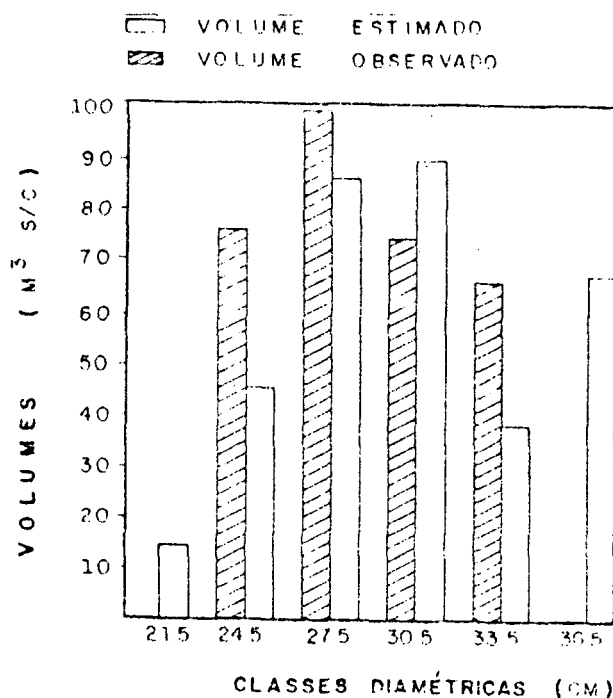


FIGURA 18B: Volume observado e estimado na idade de 19 anos.

Verifica-se que o limite inferior e superior das classes diamétricas estão, na grande maioria dos casos, em conformidade com os valores reais e mesmo quando não estão, normalmente existem poucas árvores naquela classe, cujo valor é discrepante. Também um contínuo acréscimo nos valores das classes diamétricas a medida em que o tempo passa é observado. Os valores estimados de volume e o número de árvores, em confronto com os valores reais apresentam-se dentro do esperado para este tipo de sistema, apresentando resultados confiáveis e precisos.

4.5. A EXPRESSÃO DE DESBASTE

Existem algumas possibilidades já exploradas de quantificar desbastes, como o uso de função de distribuição que sofre truncamento, ou ainda expressões imbutidas nos modelos globais de produção ou mesmo expressões independentes do sistema de predição. Todas, a princípio, têm vantagens e desvantagens e, a escolha de qual caminho adotar depende muito do julgamento pessoal do pesquisador.

Procurando dar uma maior flexibilidade ao sistema de simulação do crescimento e produção, adotou-se o critério de trabalhar com uma expressão de desbaste independente, dada a possibilidade de adaptá-la a outros sistemas que sejam conceitualmente semelhantes ao adotado neste trabalho.

Como já mencionado, foram investigadas várias relações dendrométricas para representar o padrão de remoção dos desbastes. O modelo selecionado foi:

$$P_i = \exp [b_1 \cdot (d_i^2 / d_g^2)^{b_2}]$$

Onde:

P_i = proporção de área basal ou número de árvores removidas na classe de diâmetro "i".

d_i = valor central da classe de diâmetro "i".

d_g = diâmetro médio quadrático do povoamento antes de se fazer o desbaste.

Nas TABELAS 18 e 19 são apresentados os coeficientes com as respectivas medidas de precisão para a expressão de remoção de área basal e para a expressão de remoção do número de árvores.

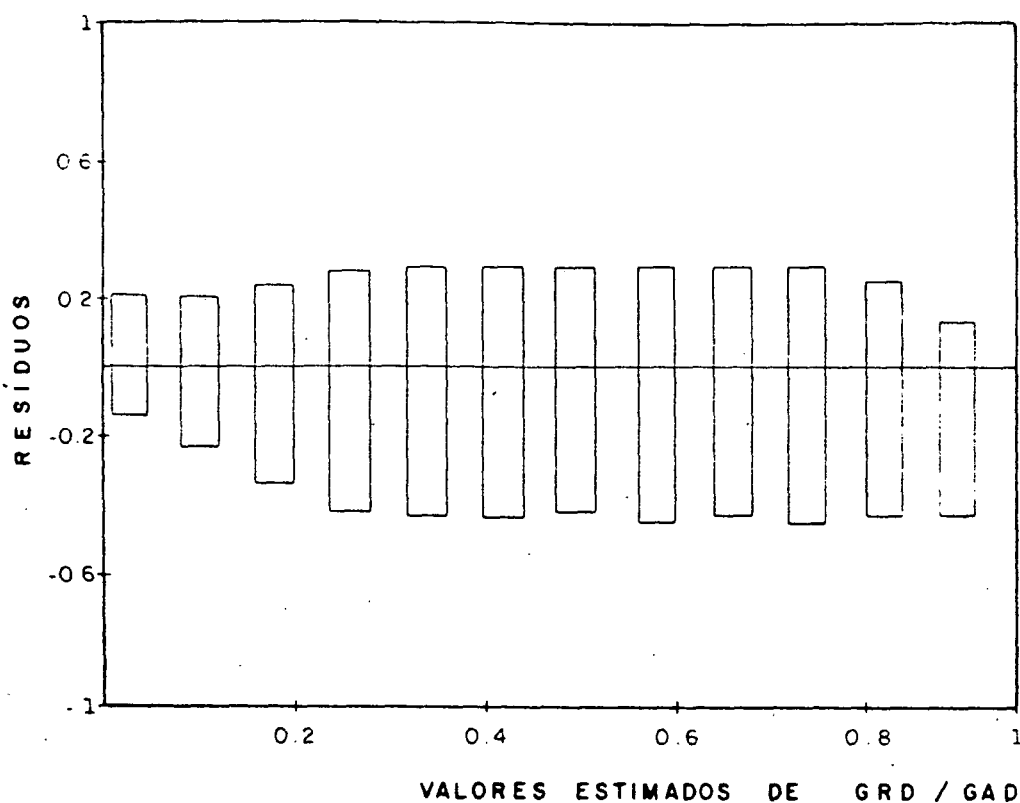
TABELA 18: Medidas de precisão e coeficientes das equações ajustadas para cada época de desbaste, para remoção do número de árvores.

DESBASTES	COEFICIENTES		R ² (%)	EPE	RESIDUO MEDIO
	b1	b2			
1	-1,72832742	2,1891446	90,92	0,1212023	0,00924067
2	-1,66772739	2,6804186	86,89	0,1360140	0,00878878
3	-2,28936124	4,6951476	88,94	0,1345734	0,01051560
4	-3,25217112	7,0762733	85,38	0,1536220	0,01043680
5	-2,15622880	10,2957106	88,57	0,1450860	0,00783275
6	-4,89466220	15,6883291	91,28	0,1233280	0,00499895

TABELA 19: Medidas de precisão e coeficientes das equações ajustadas para cada época de desbaste, para remoção da área basal.

DESBASTES	COEFICIENTES		R ² (%)	EPE	RESIDUO MEDIO
	b1	b2			
1	-1,76079163	2,1454380	90,49	0,12377	0,00921651
2	-1,70147236	2,6631080	86,77	0,13630	0,00907598
3	-2,35649674	4,6493322	88,74	0,13531	0,01108120
4	-3,31629804	7,0131174	85,33	0,15329	0,01033320
5	-2,23620450	10,2827893	88,42	0,14587	0,00816480
6	-4,93628710	15,4500959	91,28	0,12284	0,00500462

A FIGURA 19 mostra os resíduos da equação que expressa o padrão de remoção das árvores para o 2º desbaste. Observe que existe uma subestimativa no padrão de remoção nas maiores classes de diâmetro, mas que de modo geral, o padrão que representa a retirada do número de árvores é plenamente satisfatório na quase totalidade das classes diamétricas.



GRD : Área basal (m^2/ha) retirada no desbaste, por classe diamétrica

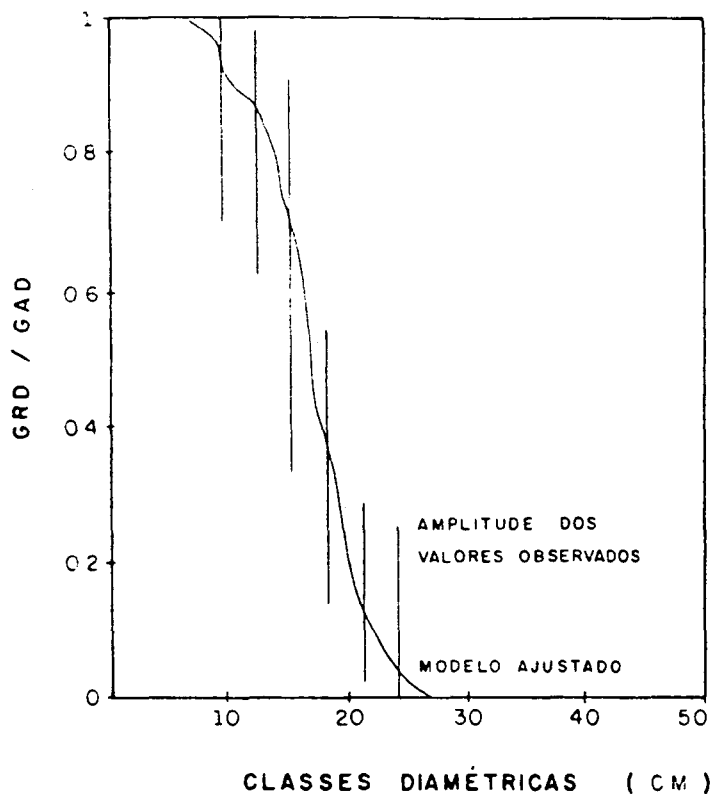
GAD : Área basal (m^2/ha) existente antes do desbaste, por classe diamétrica

FIGURA 19: Dispersão dos resíduos relativos a proporção do número de árvores removidas por classe diamétrica em relação ao seu valor estimado.

A curva ajustada para a proporção do número de árvores, removidas por classe diamétrica em relação aos valores reais é apresentada na FIGURA 20. Pode-se observar que, de maneira geral, este ajuste é muito bom e que de fato na maior classe diamétrica existe um problema de sub-estimativa. Este fato entretanto não é preocupante, haja visto que o padrão de desbaste adotado é o seletivo por baixo, ou seja, prioritariamente removem-se as menores árvores e, das árvores de grande porte somente aquelas que apresentam defeitos é que são removidas.

Na situação padrão, onde seis são os desbastes realizados é

notado que a cada desbaste menos árvores de grande porte apresentam defeitos, a não ser naqueles casos relativos a causas naturais (raios, ventos) ou ataques de pragas ou incêndios.



GRD : Área basal (m^2/ha) retirada no desbaste, por classe diamétrica

GAD : Área basal (m^2/ha) existente antes do desbaste, por classe diamétrica

FIGURA 20: Curva ajustada para a proporção do número de árvores removidas por classe diamétrica.

Com relação a aplicação generalizada da expressão que representa algebricamente os desbastes pode-se considerá-la com grande grau de inflexibilidade. Entretanto, como várias foram as intervenções efetuadas na população em estudo, tem-se uma série de padrões reais de desbaste seletivos com retirada das piores árvores, o que em oposição ao primeiro fato possibilita uma maior flexibilização do procedimento de desbaste e mesmo de

se fazer simulações, desde que, os critérios sejam os mesmos que deram origem aos dados usados para gerar os coeficientes das equações apresentados nas Tabelas 18 e 19.

São eles:

- . Retirar prioritariamente as menores árvores.
- . Retirar árvores defeituosas mesmo que sejam de grande porte.
- . Evitar a formação de clareiras quando da seleção das árvores a serem marcadas para serem retiradas do povoamento.

Estes critérios são usados subjetivamente pelas equipes que efetuam os desbastes e representá-los matematicamente de maneira eficiente requer uma série de ensaios e testes. E exatamente em função deste fato que acredita-se ter obtido expressões de desbastes plenamente satisfatórias.

A expressão que melhor representa o padrão de desbaste efetuado na população também foi utilizada com sucesso em KNOEBELL et al⁷⁵.

Para que se possa simular situações de desbaste e mesmo a implementação da representação matemática foi desenvolvido um algoritmo apropriado que permite de maneira fácil realizar a simulação de uma série de diferentes possibilidades de época e intensidade de desbastes.

Para um grande número de parcelas foi feito o confronto entre as frequências e volumes estimados após o desbaste por classe diamétrica, com os respectivos valores reais e os resultados foram plenamente satisfatórios.

4.6. GENERALIZAÇÃO DO SISTEMA DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO

Buscando dar uma maior generalização ao sistema desenvolvido foi efetuada análise de variância nos diversos segmentos desenvolvidos até então, quais sejam:

- Equações de projeção do volume e da área basal
- Equações para estimar o número de árvores e a área basal presentes.
- Equações para estimar a variância dos diâmetros.
- Equações que representam o padrão de remoção do número de árvores e da área basal.

Para as situações mencionadas foram consideradas as seguintes ocasiões para efeito de análise de variância.

Antes do 1º desbaste (exceto para o padrão de remoção da área basal e nº de árvores presentes)

1º desbaste

2º desbaste

3º desbaste

4º desbaste

5º desbaste

1º e 2º desbastes conjugados

2º e 3º desbastes conjugados

Para todas as situações referenciadas acima não se adotará o agrupamento dos dados, buscando gerar novas equações mais genéricas, para aquela situação onde ainda não se efetuou desbastes, mesmo que pela análise de variância se tenha indicativo que este procedimento seja possível.

Para estimativa da projeção do volume e área basal

verificou-se pela análise de variância e testes afins a possibilidade de formação de 4 grupos.

GRUPO 1: composto pela ocasião onde nenhum tratamento (desbaste) tenha sido efetuado no povoamento

GRUPO 2: composto pelo 1º desbaste, 2º desbaste e o conjugado 1-2

GRUPO 3: composto pelo 3º desbaste, 4º desbaste e o conjugado 2-3

GRUPO 4: composto pelo 5º ou mais desbastes

O modelo ajustado é o mesmo da seção 4.3. e na TABELA 20 são apresentados os seus coeficientes. Na TABELA 21 apresenta-se uma síntese das principais estimativas propiciadas pelas equações agrupadas para projeção em volume.

A análise visual dos resíduos distribuídos graficamente não mostrou indicio de tendenciosidade nas estimativas obtidas.

Os maiores valores super e subestimados e o valor médio do residuo foram obtidos do confronto dos valores reais, com os seus respectivos valores estimados pela equação de projeção do volume. Estes valores máximos de resíduos ilustram a consistência do modelo, o que é confirmado pela aplicação do teste de "t" e perfeitamente identificado pela simples comparação dos volumes médio real e médio estimado.

Especificamente para os grupos 2 e 3, pode-se verificar que tanto as estimativas, como as medidas de precisão, e a distribuição gráfica dos resíduos observados pelo autor são semelhantes ou apresentam um mesmo comportamento que aqueles observados na TABELA 8, e que expressam estas mesmas informações

para as equações ajustadas separadamente por ocasião de cada desbaste. Este fato vem reforçar a possibilidade do agrupamento dos dados, de diferentes épocas de desbaste, para fins de projeção de volume.

TABELA 20: Coeficientes das equações ajustadas para cada grupo de desbaste visando a projeção do volume e da área basal.

GRUPO	COEFICIENTES					
	b0	b1	b2	b3	b4	b5
1	0,687924	11,231980	-7,622297	1,455610	2,539051	0,119259
2	2,845296	-11,742683	-9,602816	1,119425	3,735376	0,032722
3	3,390047	-14,122695	-12,857076	1,041737	2,952862	0,053735
4	-	35,799274	-1,186727	1,363275	-4,720794	0,399150

TABELA 21: Síntese das medidas de precisão e principais estimativas propiciadas pelas equações de projeção para os 4 grupos definidos pela análise de variância

GRUPOS	NUMERO DE PARCELAS	MAIOR VALOR SUPERESTIMADO PELA EQUACAO		MAIOR VALOR SUBESTIMADO PELA EQUACAO		VALOR MEDIO DO RESIDUO EST. PELA EQ.		EPE		R ²	VOLUME MEDIO	
		EPE		EPE		EPE		EPE			EPE	
		n3	%	n3	%	n3	%	n3	%	%	REAL	ESTIMADO
1	66	53,98	21,42	61,60	21,08	0,76	0,33	20,21	8,84	81,57	228,66	227,89
2	271	66,28	30,84	85,40	26,33	1,37	0,47	28,11	9,68	81,35	290,14	288,77
3	295	51,82	21,79	72,96	20,15	6,26	1,87	25,72	7,70	80,68	333,74	327,47
4	88	48,53	17,94	62,32	15,45	0,11	0,03	25,14	8,03	99,39	312,79	312,67

O mesmo comportamento foi verificado para projeção em área basal. Nas TABELAS 22 e 23 apresenta-se respectivamente os coeficientes e as medidas de precisão e principais estimativas propiciadas pela equação que estima a área basal.

TABELA 22: Coeficientes das equações para projeção da área basal

GRUPOS	COEFICIENTES	
	b4/b3	b5/b3
1	2,539051 / 1,4556100	0,119259 / 1,455610
2	3,735376 / 1,1194250	0,032722 / 1,119425
3	2,952962 / 1,0417370	0,053735 / 1,041737
4	-4,720794 / 1,3632750	0,389150 / 1,363275

TABELA 23: Medidas de precisão e síntese das principais estimativas propiciadas pelas equações de projeção da área basal para os 4 grupos estabelecidos.

GRUPOS	NUMERO DE PARCELAS	MAIOR VALOR SUPERESTIMADO PELA EQUACAO		MAIOR VALOR SUBESTIMADO PELA EQUACAO		VALOR MEDIO DO RESIDUO EST.PELA EQ.		EPE		R ²	AREA BASAL MEDIA PROJETADA P/ IDADE 12	
		m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%		%	REAL
1	66	0,61	1,45	14,09	29,90	5,65	12,72	6,53	14,71	97,95	44,41	38,76
2	271	3,05	9,36	13,18	25,99	2,58	6,39	3,82	9,44	99,10	40,48	37,89
3	295	4,08	16,23	7,38	20,12	1,00	2,84	2,17	6,18	99,62	35,21	34,21
4	88	3,56	14,01	6,68	22,04	-0,38	1,39	2,49	9,14	99,19	27,28	27,66

Ao observar na TABELA 23 o grupo 1, verifica-se que os

percentuais dos maiores valores, super e subestimados, podem dar a impressão que há uma desproporção na distribuição dos resíduos. Vale salientar que o valor 29,9% é um valor isolado de uma parcela bastante discrepante dos demais valores que expressam as subestimativas. O mesmo comportamento é verificado para o grupo 2.

Para a estimativa do número de árvores presentes e da área basal presente obteve-se 5 grupos distintos, a partir dos resultados obtidos pelo uso de delineamento em blocos ao acaso, com o uso de teste de Tuckey para discriminar médias.

GRUPO 1: composto pela ocasião antes de efetuar desbaste

GRUPO 2: composto pelo 1º desbaste, 2º desbaste e o conjugado 1-2

GRUPO 3: composto pelo 3º desbaste, 4º desbaste e o conjugado 2-3

GRUPO 4: composto pelo desbaste 5

GRUPO 5: composto pelo desbaste 6

Deve-se ressaltar que o número de árvores presentes antes de se efetuar o 1º desbaste é estimado por uma função de sobrevivência apropriada e para estes dados não se justifica agrupá-los com outros advindos de interferência na população.

Na TABELA 24 são apresentadas os coeficientes dos grupos mencionados anteriormente.

A estimativa do número de árvores se constitui seguramente numa das maiores limitações para que se obtenha sucesso no sistema de predição do crescimento e produção.

Fatores tais como, área incorreta de talhões, informações incorretas da densidade inicial de plantio, variações do número de árvores plantadas em cada hectare, falta de critério por

ocasião do lançamento das parcelas para fins de inventário, falta de controle nas medições, desbastes efetuados nas parcelas não obedecerem ao mesmo padrão daquele efetuado no restante da população, e falta de informações sobre mortalidade são fatores que seguramente afetam o desempenho dos sistemas de predição do crescimento e da produção.

TABELA 24: Coeficientes das equações ajustadas por grupos de desbastes para estimativa do número de árvores e da área basal presentes.

GRUPOS	COEFICIENTES		
	b1	b2	b3
1	17,765265	-2,875201	2,085648
2	21,632627	-1,676004	1,220774
3	29,893565	-1,480502	0,972282
4	36,607968	-1,420935	0,854460
5	27,689941	-0,938081	0,650178

Nas TABELAS 25 e 26 apresenta-se respectivamente as medidas de precisão e síntese das principais estimativas propiciadas pela equação que estima o número de árvores presente e pela equação que estima a área basal presente.

TABELA 25: Síntese das medidas de precisão e principais estimativas propiciadas pela equação de predição do número de árvores presente.

GRUPOS	MAIOR VALOR SUPERESTIMADO PELA EQUACAO		MAIOR VALOR SUBESTIMADO PELA EQUACAO		VALOR MEDIO DO RESIDUO EST. PELA EQ.		EPE	EPE	R ²	NUMERO DE ARVORES MEDIO (ud)	
	ud	%	ud	%	ud	%				ud	%
	1	576,55	26,20	575,22	23,96	-5,60	0,24	206,84	9,12	99,19	2266,4
2	395,98	39,60	424,52	28,30	-0,43	0,03	148,02	12,31	98,55	1202,0	1202,4
3	208,39	29,77	208,40	29,70	-0,70	0,11	63,74	10,28	98,97	619,8	620,5
4	36,90	12,30	88,00	29,30	6,70	2,20	27,90	9,30	99,10	299,8	293,0
5	31,10	15,60	63,00	31,50	-0,90	0,46	18,20	9,10	99,20	200,0	200,9

Para todos os grupos verificou-se pelos valores de R^2 , EPE, pela distribuição gráfica dos resíduos e pelo confronto dos valores estimados com os reais, que o modelo ajustado apresenta estimativas satisfatórias tanto do número de árvores como da área basal presente.

TABELA 26: Síntese das medidas de precisão e principais estimativas propiciadas pela equação de predição da área basal presente.

GRUPOS	MAIOR VALOR SUPERESTIMADO PELA EQUACAO		MAIOR VALOR SUBESTIMADO PELA EQUACAO		VALOR MEDIO DO RESIDUO EST.PELA EQ.		EPE	EPE	R ²	AREA BASAL MEDIA	
	a ² %		a ² %		a ² %		a ²	%	%	a ²	
	REAL	ESTIMADO	REAL	ESTIMADO	REAL	ESTIMADO				REAL	ESTIMADO
1	9,21	27,40	7,57	23,89	0,06	0,17	3,35	8,96	99,25	37,40	37,30
2	7,48	36,40	10,96	29,66	-0,05	0,15	4,31	11,92	98,64	36,14	36,20
3	9,88	37,62	8,82	27,58	0,01	0,04	3,23	10,14	99,00	31,86	31,85
4	6,80	36,80	3,75	13,42	0,10	0,43	2,33	9,26	99,16	25,16	25,05
5	3,18	19,09	5,29	19,68	0,09	0,48	1,82	9,21	99,19	19,84	19,74

Para os grupos 2 e 3, verifica-se uma diminuição na precisão das estimativas se comparadas aqueles resultados obtidos na seção 4.4., nas TABELAS 16 e 17, quando ajustes foram efetuados para cada época de desbaste. Todavia a possibilidade de agrupamento dos dados é concreta propiciando estimativas confiáveis tanto do número de árvores como da área basal presente.

Para as equações que expressam a estimativa da variância dos diâmetros e para as equações que representam os padrões de remoção do número de árvores e da área basal, não houve indicativos claros através do teste de médias efetuado, que possibilitassem o agrupamento das diferentes épocas de desbaste.

Os agrupamentos efetuados, fornecem resultados consistentes

e ao compará-los com os gerados pelas equações definidas para cada época de desbaste verificou-se serem praticamente iguais. Por estes motivos estas equações foram adotadas como as equações de trabalho. Na TABELA 27 são geradas estimativas de volume e área basal semelhantes aquelas geradas na TABELA 11, quando as equações ainda não haviam sido agrupadas. Procura-se demonstrar visualmente que existe uma grande semelhança entre os valores de volume e área basal obtida por classe diamétrica, quando as equações definidas para cada época de desbaste foram usadas e quando as equações agrupadas através do teste de médias foram usadas.

Isto mostra que o agrupamento não acarreta perda de precisão. Considerações sobre os resultados são as mesmas efetuadas para a TABELA 11.

Como forma de ilustrar o desempenho e consistência da expressão de desbaste, no APENDICE B apresenta-se, uma série de tabelas correspondentes as 10 opções de manejo definidas na seção 3.5.3. Os resultados advêm de simulações feitas através do programa SIMULADOR, utilizando todo o conjunto de informações apresentados até o momento.

Deve-se observar na seção 3.5.3. que os 4 primeiros manejos simulados enfocam diferentes números de desbastes, enquanto que os 3 seguintes enfocam o efeito de diferentes intensidades de desbaste e os últimos 3 enfocam diferentes épocas na realização do desbaste, considerando-se o mesmo número e intensidade.

Os três primeiros regimes de manejos correspondem a situações reais e portanto, tem-se dados reais para efetuar comparações com os valores simulados a cada desbaste.

TABELA 27: Predição futura em volume e área basal para os índices de sítio 25, 29 e 33, considerando 2300 árvores na idade de 5 anos, com redução para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores respectivamente nas idades de 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos, usando equações agrupadas pela análise de variância.

IDADE	VOLUME			AREA BASAL		
	IS			IS		
	25	29	33	25	29	33
5	85,65	106,64	136,16	32,00	33,52	35,95
6	110,37	147,75	193,64	33,81	37,09	41,53
7	136,62	185,82	253,37	35,15	39,88	46,04
8	159,16 (131,8) <u>134,4</u>	222,17 (182,6) <u>198,05</u>	311,13 (256,4) <u>243,05</u>	36,19 (29,00) <u>34,30</u>	42,11 (33,62) <u>36,73</u>	49,75 (39,90) <u>38,95</u>
9	182,63	234,65	291,52	36,42	39,18	41,82
10	208,91 (164,1) <u>166,75</u>	268,93 (211,9) <u>212,5</u>	343,05 (271,6) <u>261,2</u>	38,18 (29,31) <u>29,35</u>	41,25 (31,81) <u>32,02</u>	44,26 (34,14) <u>33,96</u>
11	189,10	243,70	303,97	31,81	34,18	36,45
12	213,70 (170,8) <u>172,68</u>	272,91 (218,8) <u>220,65</u>	342,75 (277,1) <u>261,03</u>	33,46 (26,26) <u>26,57</u>	36,09 (28,49) <u>28,65</u>	38,87 (30,72) <u>29,42</u>
13	194,22	250,42	305,65	28,35	30,88	32,15
14	213,26	283,94	345,91	29,98	32,94	34,70
15	234,98 (185,4) <u>192,27</u>	312,67 (249,1) <u>244,0</u>	393,55 (314,8) <u>289,90</u>	31,46 (24,35) <u>23,14</u>	34,82 (27,40) <u>27,11</u>	37,07 (29,17) <u>27,80</u>
16	209,12	272,92	328,90	26,60	28,92	30,03
17	229,37	298,35	366,92	27,95	30,61	32,10
18	246,84	325,74	400,34	29,20	32,19	34,06
19	263,27 (182,5) <u>195,06</u>	350,04 (243,3) <u>236,2</u>	431,81 (299,9) <u>269,7</u>	30,39 (20,79) <u>21,86</u>	33,68 (23,09) <u>22,64</u>	35,92 (24,66) <u>22,20</u>
20	202,29	265,61	320,75	22,51	24,65	25,66
21	214,41	295,73	376,86	23,12	26,61	29,19
22	222,64 (163,8) <u>182,59</u>	323,30 (237,2) <u>243,19</u>	434,70 (320,0) <u>304,61</u>	23,69 (17,31) <u>19,23</u>	28,53 (20,77) <u>21,08</u>	32,83 (23,98) <u>22,92</u>
23	195,00	265,76	347,84	19,84	22,76	25,91
24	206,70	284,44	380,82	20,42	24,42	29,00
25	211,30	315,45	437,82	20,96	26,06	32,17

() = obtido a partir da expressão de desbaste

 = valor presente estimado

Para validação do sistema várias simulações foram realizadas dentro do escopo de dados reais. O teste de qui-quadrado foi efetuado para número de árvores, volume e área basal e em 92% dos casos testados houve aceitação da hipótese de nulidade, ou seja, o padrão de remoção obtido através de desbaste está em conformidade com os dados reais o que é comprovado ainda pela observação visual e análise crítica do autor.

Uma análise do APENDICE B, para os quatro primeiros regimes de manejo mostra que para os três sítios considerados, a opção de manejo 4 que inclui o menor número de desbastes é aquela que apresenta a maior produção volumétrica total.

Entretanto, pode-se constatar que o regime de manejo 1 é o que apresenta maior produção de madeira para laminação e serraria nos locais com índice de sítio 25 e 29. Isto porque, um maior número de intervenções propicia aumento freqüente no espaçamento entre árvores o que diminui a competição e possibilita um maior desenvolvimento da área seccional da árvore.

No índice de sítio 33, é o regime 4 que contrariamente ao esperado, apresenta um maior volume para laminação e serraria. Provavelmente devido a distorções na projeção da área basal do ano 19 para o 25, já que não existiam valores reais nestas idades para este sítio quando da geração dos modelos em área basal. Outra possibilidade é que através dos desbastes pode ter sido obtido o espaçamento ideal para as árvores deste sítio.

Uma análise das tabelas do povoamento (não apresentadas na tese), que originaram aquelas do APENDICE B, para estes 4 regimes de manejo mostram que para o índice de sítio 29, os regimes de manejo 2 e 4 na idade final de projeção (25 anos) apresentam

menor valor de classe de diâmetro que os regimes 1 e 3. Deve-se salientar que nesta idade o manejo 4 apresenta um número de árvores sensivelmente menor que o regime 2 nas 3 últimas classes diamétricas o que está em conformidade com o comportamento esperado.

Já os regimes de manejo 1 e 3 apresentam o maior valor de classe de diâmetro, muito embora o regime 1 apresente um maior número de árvores nas duas últimas classes o que traduz uma maior produção em volume e área basal, se forem consideradas estimativas somente da idade 25. Assim observa-se que as respostas obtidas contemplam o que é esperado, ou seja, populações sujeitas a maior número de desbastes apresentam árvores com maiores dimensões ao final da rotação, do que populações sujeitas a menos desbastes, mostrando consistência nas estimativas obtidas do simulador de desbastes.

Nos locais correspondentes a classe de sítio menos produtiva os regimes de manejo 1, 2 e 3 apresentaram os maiores valores de classe diamétrica. Entretanto, nas três maiores classes o regime de manejo 1 apresentou-se com um número superior de árvores, que os demais regimes considerados. Já o manejo 4 como esperado tem menor valor de classe diamétrica na idade de 25 anos que os demais regimes.

Nos locais correspondentes a classe de sítio mais produtiva o regime de manejo 4 é o que apresentou maior valor de classe diamétrica, seguido pelos regimes 1, 2 e 3. Este comportamento não é o esperado, entretanto, nas idades de projeção de 19 a 25 anos o comportamento da produção volumétrica e em área basal para esta classe de produtividade é o oposto ao observado nas classes

menos produtivas, possivelmente pelas mesmas razões já apresentadas anteriormente.

De maneira geral, pode-se constatar que para uma mesma rotação grande número de desbastes levam a maior produção em volumes para laminação e serraria, já que quanto mais interferências mais as árvores vão migrar para as maiores classes diamétricas. Já com relação a produção total e aí também se enquadra a produção para aglomerado, os regimes que incluem menor número de desbastes apresentam maior produção volumétrica total que aqueles com maior número de intervenções.

Os manejos 5, 6, 7 expressam diferentes intensidades de desbastes sendo que este aumenta do regime 5 para o regime 7.

De maneira geral, em todos os três sítios e considerando os 3 regimes de manejo, verifica-se que o regime de manejo 5, que foi o mais moderado, leva a uma maior produção do volume total acumulado na idade de 23 anos, muito embora as diferenças não sejam grandes. Constata-se ainda que em termos absolutos, esta diferença é muito pequena no sítio menos produtivo, aumentando a medida em que o sítio considerado é mais produtivo. Já os volumes produzidos para laminação e serraria são maiores no regime de manejo 7, que inclui desbastes com maior intensidade, notando-se que apenas no último período de projeção do sítio mais produtivo tal fato não ocorre, para serraria.

O comportamento obtido novamente confirma o que é esperado, já que desbaste menos intenso implica num menor espaçamento entre árvores o que influe no desenvolvimento da área seccional da árvore, mas ao mesmo tempo propicia uma maior produção total. Deve-se observar que um desbaste seletivo onde as piores árvores

são retiradas, (prioritariamente as menores) a medida em que novos desbastes são efetuados um maior deslocamento das árvores no desbaste de maior intensidade, será em relação as maiores classes diamétricas o que implica em maior produção de madeira para laminação e serraria.

O fato descrito acima é perfeitamente comprovado ao se observar as tabelas do povoamento (não apresentadas na tese) que deram origem as TABELAS B5, B6 e B7 do APENDICE B. Verificando-se que, não só o diâmetro máximo, mas também o diâmetro médio quadrático aumenta na medida em que aumenta a intensidade dos desbastes.

Os regimes de manejo 8, 9 e 10, expressam o mesmo número de desbastes, mesma intensidade, mas sendo efetuados em épocas diferentes, sendo que o regime de manejo 8 é mais precoce que o regime 9 e o 10.

Para os três sítios considerados o regime de manejo 8 apresenta uma maior produção em volume total que o manejo 9. Comparando este mesmo regime em relação ao décimo, que tem um ano a mais na rotação final, verifica-se que nas classes de sítio II e III as estimativas do volume total são praticamente iguais e na classe de sítio mais produtiva o regime de manejo 8 apresenta uma maior produção volumétrica total. Este fato possivelmente ocorre, porque em sítios mais produtivos a competição se estabelece mais cedo em comparação aquela verificada nos sítios menos produtivos. O desbaste ao ser efetuado mais precocemente, elimina boa parte da competição, dando chance a um maior desenvolvimento das árvores sujeitas a este regime de manejo.

Com relação ao volume de madeira para laminação e serraria,

verifica-se que desbastes ocorrendo mais cedo invariavelmente levam a maiores produções que desbastes realizados mais tardiamente, e que a remoção de árvores mais cedo propicia um maior desenvolvimento da área seccional das árvores, o que propicia um deslocamento maior do número de árvores para as maiores classes de diâmetro.

Em termos percentuais, o aumento nos volumes para laminação e serraria é menos intenso do sítio menos produtivo para o mais produtivo. Pode-se através das tabelas do povoamento (não apresentadas na tese) que deram origem as TABELAS B8, B9 e B10 do APENDICE B comprovar que no desbaste mais precoce, ocorre um maior deslocamento de árvores para as maiores classes diamétricas, conforme constata-se, pela evolução do diâmetro máximo e do diâmetro médio quadrático, além das produções em volume para serraria e laminação, nos três sítios considerados.

Assim, de maneira geral, pode-se observar que desbastes precoces levam a maiores produções, principalmente dos volumes para laminação e serraria do que aqueles desbastes realizados mais tardiamente e que percentualmente os maiores acréscimos se verificam nos sítios menos produtivos que nos mais produtivos.

E fato que diferentes números de desbastes, intensidade no desbaste ou época em que ele é efetuado, afetam a produção do povoamento florestal, já que interferem frequentemente em sua estrutura. A partir desta análise e utilizando as informações do sistema de crescimento e produção desenvolvido devem ser feitas avaliações econômicas dos regimes de manejo considerados, o que será efetuado posteriormente.

Da validação do modelo observou-se que as informações

obtidas do simulador de desbastes foram consistentes, apresentando-se dentro de um padrão biológico esperado. Um comportamento contraditório é notado apenas no último período de projeção para o índice de sítio 33, talvez devido a inexistência de dados reais nestas idades, na geração das equações para estimar a área basal presente e futura, as quais tem grande influência nas estimativas obtidas ou talvez, por se ter atingido o espaçamento ideal para as árvores deste sítio nas idades consideradas.

A seguir, ilustra-se nas FIGURAS 21A, 22A, 23A e 24A e 21B, 22B, 23B e 24B os valores reais e estimados do volume obtido através do simulador de desbastes, por ocasião do manejo tipo 1, para as idades 7,9, 10, 15 e 19 anos e os valores presentes para estas mesmas idades e estimados de maneira independente.

Observou-se, que na maioria das situações, os limites, inferior e superior, da situação real e daquela obtida através do programa SIMULADOR, são idênticos, assim como diâmetro quadrático, altura média das árvores dominantes, entre outros.

As diferenças observadas entre os histogramas obtidos através da expressão de desbastes e aqueles da estimativa presente do volume, se devem ao fato destes procedimentos serem independentes.

O desempenho da expressão de desbaste é tanto mais satisfatório, na medida em que não está sendo considerada em relação aos valores atuais estimados para o volume, sendo sim realizada nos valores projetados para o futuro.

Outro fato verificado, é que quanto maior o acerto na projeção futura do volume, maior a eficiência da expressão que

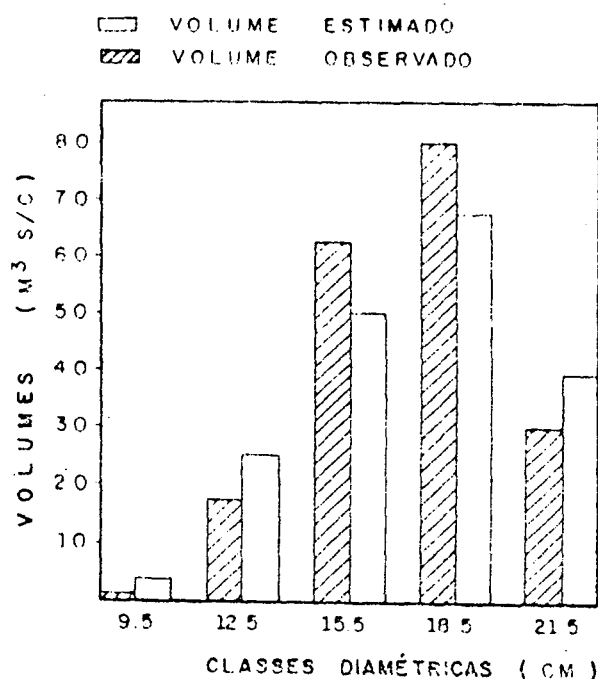
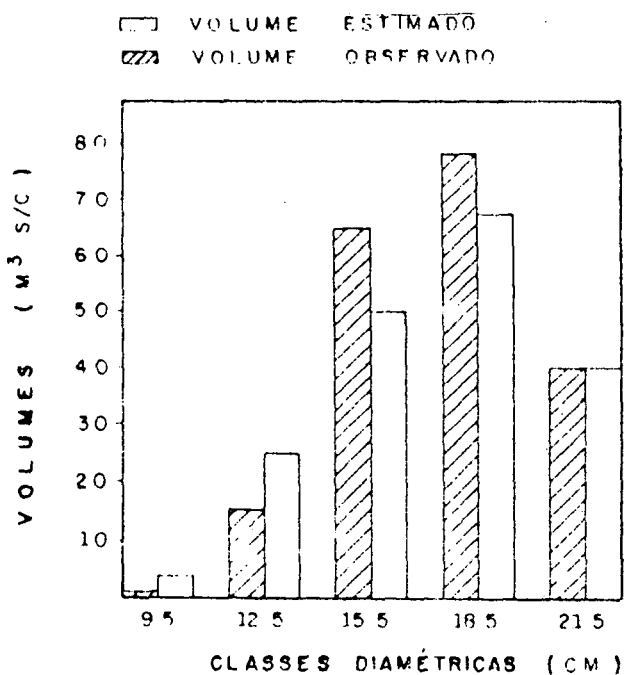


FIGURA 21 A: Volume obtido através do simulador de desbaste e o observado na idade de 7,9 anos.

FIGURA 21B: Volume presente observado e estimado na idade de 7,9 anos.

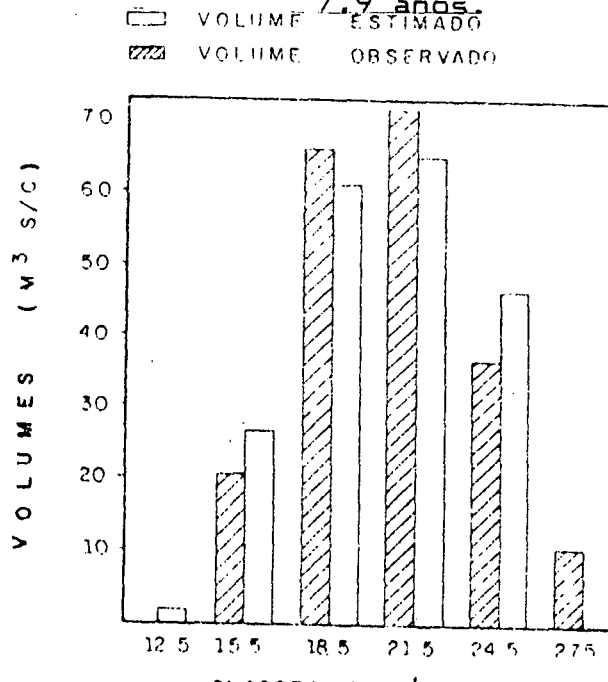
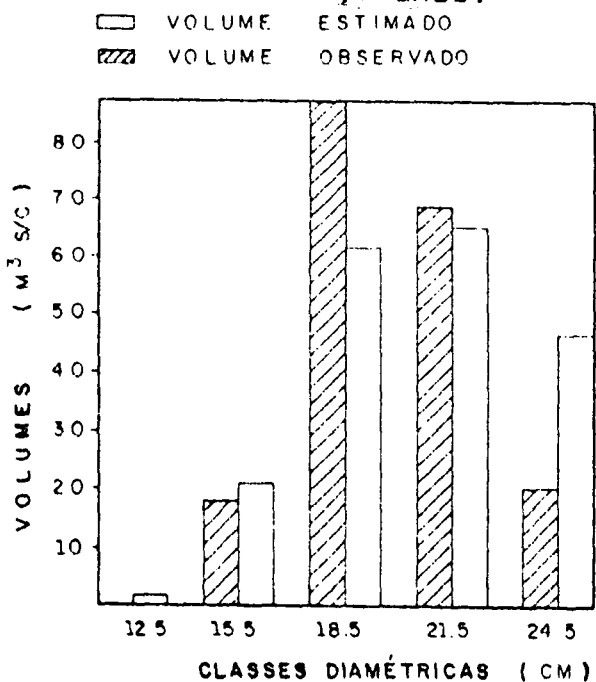


FIGURA 22 A: Volume obtido através do simulador de desbaste e o observado na idade de 10 anos.

FIGURA 22B: Volume presente observado e estimado na idade de 10 anos.

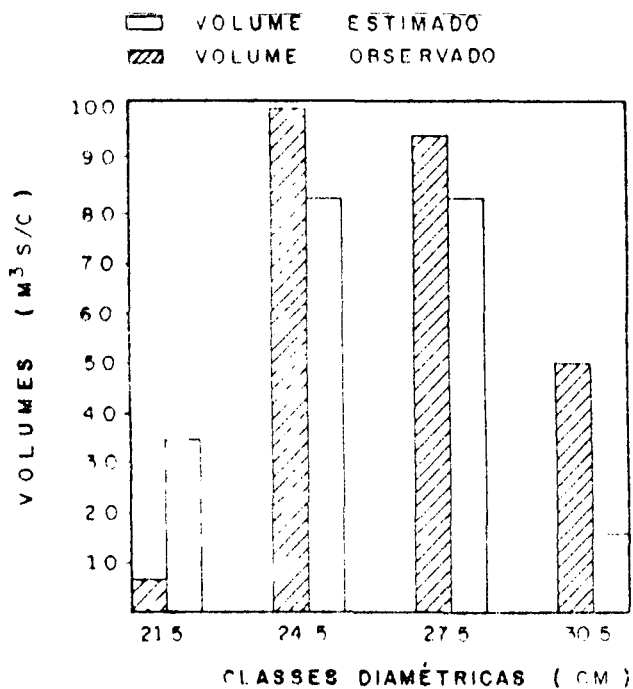


FIGURA 23 A: Volume obtido através do simulador de desbaste e o observado na idade de 15 anos.

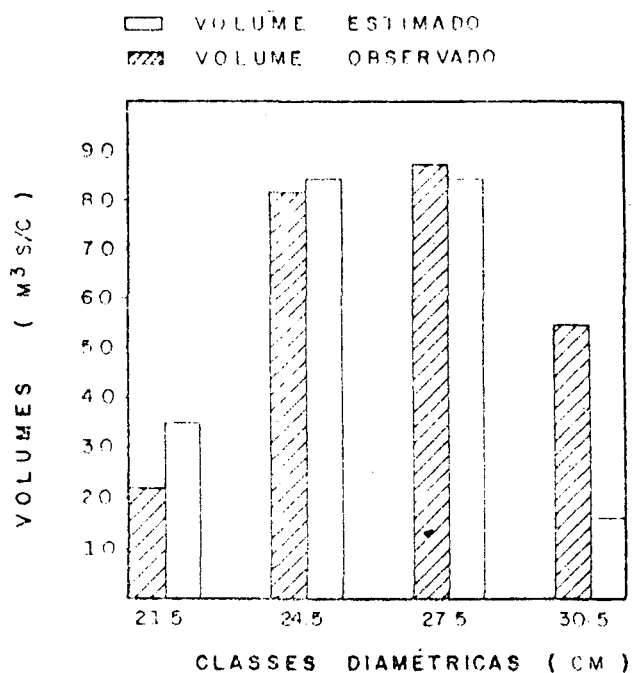


FIGURA 23B: Volume presente observado e estimado na idade de 15 anos.

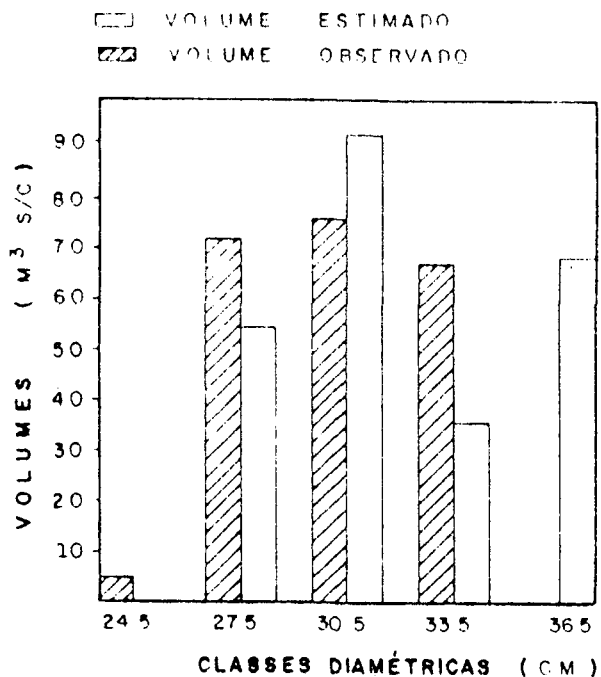


FIGURA 24 A: Volume obtido através do simulador de desbaste e o observado na idade de 19 anos.

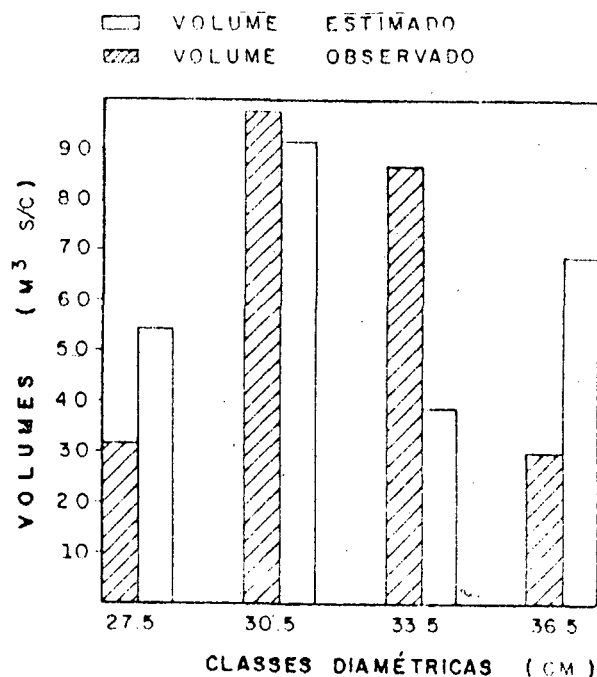


FIGURA 24B: Volume presente observado e estimado na idade de 19 anos.

quantifica o que é removido a cada desbaste. Considere para tal a idade de 19 anos, onde o valor projetado do volume é de 323,0 e o valor real é 347,0. Este erro de 24 m³ na projeção do volume, não é levado em consideração quando se usa a expressão de desbaste. Neste caso o volume remanescente após a expressão de desbaste ser usado é de 222,8 m³, enquanto o volume remanescente real é 253,2 m³. Verifique que enquanto na realidade foi retirado da população 94 m³, pela expressão de desbaste se retirou 100,0 e portanto se este volume fosse subtraído do volume real na idade de projeção, o volume das árvores remanescentes obtido através da expressão de desbaste seria 247,0, bem mais preciso que os 222,8 apresentados.

Este fato comprova a eficiência da expressão de desbaste e a afirmação de que quanto mais precisa a projeção futura do volume, mais próxima do real estará o volume das árvores retiradas a cada desbaste. Somente para fins de comparação, os valores reais dos volumes (m³ s/c) nas idades consideradas são 185,5, 195,3, 275,1, 253,2, enquanto os obtidos através da expressão de desbastes são 201,5, 202,04, 253,8, 222,8 e os estimados pela equação de volume presentes são 192,2, 206,16, 222,9, 246,3, 247,5.

No APENDICE C, é apresentado um exemplo de uma execução completa do programa de crescimento e produção (Simulador).

4.7. O ASPECTO ECONOMICO

Nas seções anteriores foram apresentadas as equações de produção e o procedimento que possibilita estimativas a nível global do povoamento e por classe diamétrica, para locais com diferentes níveis de produtividades, diferentes densidades, diferentes idades, incluindo projeções futuras destas estimativas

e simulações de desbaste.

Pode-se assim estimar os sortimentos por classe diamétrica para cada talhão da propriedade florestal, simular uma série de desbastes que a priori nunca seriam implementados, dado a inexistência de experimentos de desbaste.

Tem-se, assim, uma grande quantidade de informações sobre os talhões, tanto a nível presente como a nível futuro, propiciando ao manejador florestal, elementos mais consistentes, para implementar as práticas de manejo. Entretanto, o objetivo fundamental do empresário florestal é obter uma maximização do lucro de seu empreendimento.

A questão que se impõe ao manejador, é fazer uso destas informações de crescimento e produção, associadas aos custos e receitas advindas do empreendimento em questão e usar, por exemplo, técnicas de programação linear, buscando otimizar a remuneração do capital, além de estabelecer uma base para o planejamento estratégico da empresa florestal.

Para que isto seja possível, uma série de considerações econômicas devem ser efetuadas. Nos ANEXOS D e E encontram-se respectivamente, os custos das atividades envolvidas no processo produtivo da floresta, além dos preços dos produtos e as demandas anuais ditadas pelas condições de mercado e que restringem o processo produtivo; e tabelas de produções relativas aos volumes obtidos dos desbastes, por produto (para laminação, serraria, aglomerado) para cada um dos regimes de manejo definidos na seção 3.5.3.

4.7.1. A AVALIAÇÃO ECONOMICA DOS REGIMES DE MANEJO

O processo de simular opções de desbaste que nunca foram efetuadas no empreendimento florestal em questão, está associado, a custos e receitas advindas de cada regime de manejo.

Verifica-se que a grande maioria dos custos é a mesma, para todos os regimes simulados. Entretanto, custos como os de cortar árvores e de fazer marcação das árvores a serem desbastadas são custos variáveis. Para implementá-los nas opções que nunca foram efetuadas na prática, ajustou-se modelos que expressam o comportamento destes em função da idade.

Para expressar o corte, os modelos testados não apresentaram desempenho satisfatório. Embora apresentassem valores de R^2 (coeficiente de determinação) em torno de 95%, os desvios dos valores observados em relação aos estimados, foram em alguns casos, até de 100%. Por esta razão elaborou-se por interpolação uma tabela que expresse os custos de cortar árvores, nas diversas idades. Os valores resultantes são apresentados na TABELA 28 e são bastante satisfatórios.

TABELA 28: Custos em dólar de cortar cada m^3 de madeira, para diferentes idades.

IDADE (anos)	CUSTO DE CORTAR/ m^3	IDADE (anos)	CUSTO DE CORTAR/ m^3
7	5,900	18	1,592
8	4,960	19	1,510
9	4,080	20	1,453
10	3,200	21	1,396
11	2,800	22	1,340
12	2,400	23	1,296
13	2,213	24	1,253
14	2,026	25	1,210
15	1,840	26	1,210
16	1,757	27	1,210
17	1,675	28	1,210

A partir da idade de 25 anos este custo foi considerado constante. Na FIGURA 25 apresenta-se o comportamento dos custos de cortar árvores.

Os valores assinalados expressam custos reais. Pode-se assim visualizar, que as interpolações efetuadas levam a pequenos desvios, o que garante a precisão do procedimento.

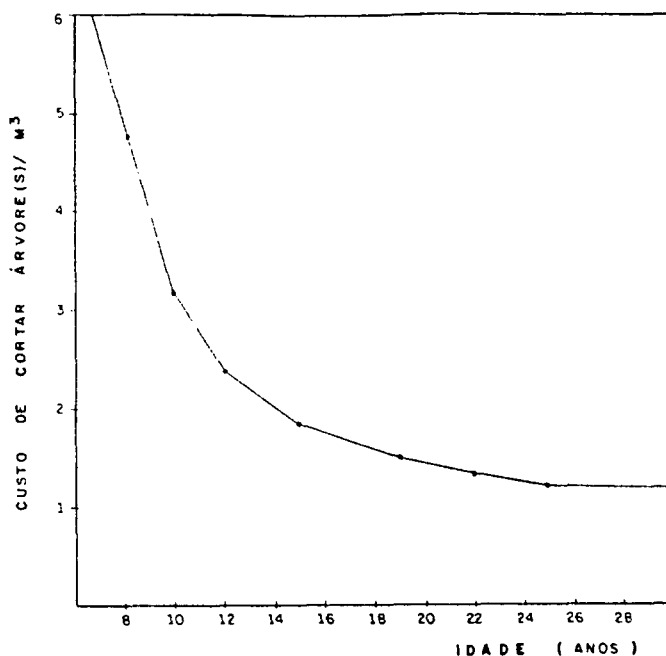


FIGURA 25: Custo de cortar 1 metro cúbico de madeira em função da idade.

Para o custo de marcação das árvores a serem desbastadas, foi escolhido o modelo:

$$Y = b_0 \cdot e^{-b_1 \cdot I}$$

Onde:

Y = custo em dólar de cortar $1m^3$ de madeira

I = idade

bis = coeficientes a serem estimados

$$Y = 0,17639982 \cdot \exp(-0,002258554 \cdot I)$$

$$R^2 = 95,26\%$$

$$EPE = 0,0038987 \$$$

A definição de como obter os custos variáveis, aliada aos custos fixos e receitas, possibilita identificar qual regime de manejo, apresenta uma maior rentabilidade. Os valores que expressam esta rentabilidade, são apresentados por estrato e para diferentes taxas de juros nas TABELAS 29 e 30, incluindo e não o custo da terra.

O critério adotado define que a rotação ótima é aquela idade que produz um fluxo de caixa com o maior valor líquido presente. Assim, para cada estrato, apenas o maior valor do VET será utilizado e portanto considerado, juntamente, com os custos e receitas de um ciclo completo previsto dentro do horizonte de planejamento. Considera-se que o estrato será conduzido infinitamente por aquele manejo definido como ótimo ou de maior VET, dentro do espectro de alternativas testadas.

TABELA 29: Valor esperado da terra para os 10 regimes de manejo definidos para as três classes de sítio em questão, considerando o custo da terra, e para taxa de juros de 10 e 12%.

REGIMES DE MANEJO	TAXA DE JUROS					
	10%			12%		
	ESTRATO I	ESTRATO II	ESTRATO III	ESTRATO I	ESTRATO II	ESTRATO III
	IS = 25	IS = 29	IS = 33	IS = 25	IS = 29	IS = 33
1	299,4	1022,8	1798,9	-82,1	422,9	961,2
2	229,1	909,4	1695,8	-146,0	327,2	865,0
3	287,8	946,5	1804,8	-94,6	364,3	956,4
4	231,9	918,2	1874,8	-143,6	327,0	968,4
5	268,4	921,1	1769,9	-120,8	330,1	909,9
6	285,0	960,8	1804,2	-103,8	366,8	947,2
7	378,7	1084,7	1904,5	-26,6	469,9	1067,9
8	386,8	1111,3	2135,0	-15,2	491,1	1192,1
9	322,4	1067,2	2025,2	-70,8	449,6	1109,2
10	232,1	930,4	1878,2	-145,5	340,6	990,0

Observou-se das TABELAS 29 e 30 que para todas as situações consideradas, o regime de manejo 8 (pode-se ver as tabelas de produção no APENDICE E) é o que apresentou o maior valor de VET, indicando que a rotação ótima é de 23 anos, com um valor esperado da terra associado igual a 491,1 \$, se for considerado o estrato II, sujeito a uma taxa de juros de 12%, na tabela 29. Este valor expressa que o proprietário florestal pode dispender até 491,1 \$ para aquisição de cada novo hectare de terra, se assim o desejar, desde que o regime ótimo de manejo seja aquele a ser implementado.

TABELA 30: Valor esperado da terra para os 10 regimes de manejo definidos para as três classes de sítio em questão, sem considerar o custo da terra, e para taxa de juros de 10 e 12%.

REGIMES DE MANEJO	TAXA DE JUROS					
	10%			12%		
	ESTRATO I	ESTRATO II	ESTRATO III	ESTRATO I	ESTRATO II	ESTRATO III
	IS = 25	IS = 29	IS = 33	IS = 25	IS = 29	IS = 33
1	959,4	1682,8	2458,9	589,9	1094,9	1633,2
2	889,1	1569,4	2355,8	526,0	999,2	1537,0
3	947,8	1606,5	2464,8	577,4	1036,3	1628,4
4	891,9	1578,2	2534,8	528,4	999,0	1640,4
5	928,4	1581,1	2429,9	551,2	1002,1	1581,9
6	945,0	1620,8	2464,2	568,2	1038,8	1619,2
7	1038,7	1744,7	2600,5	645,4	1141,9	1739,9
8	1046,8	1771,3	2795,0	656,8	1163,1	1864,1
9	982,4	1727,2	2685,2	601,2	1121,6	1781,2
10	892,1	1590,4	2538,2	526,5	1012,4	1662,0

Efetuuou-se para fins de cálculo do VET (valor esperado da terra) uma simplificação na formação dos estratos, sendo utilizados para este fim apenas três, conforme as classes de

sítio. Assim é esperado que locais de pior qualidade, que refletem uma menor produtividade, devem proporcionar um menor valor de VET que locais mais produtivos. Verifica-se que em todas as situações testadas, os valores de VET, crescem dos locais menos produtivos, para os mais produtivos, o que é perfeitamente lógico, já que estes locais apresentam uma maior produção.

Os valores apresentados nas TABELAS 29 e 30 foram obtidos usando formulação descritas nas seções 3.5.5. e 3.5.6. e implementadas através do programa ROTOTIMA. Através do programa mencionado pode-se facilmente encontrar a taxa interna de retorno.

4.7.2. GERAÇÃO DOS MANEJOS DENTRO DO HORIZONTE DE PLANEJAMENTO

Para cada unidade de corte foram definidos dez diferentes manejos a serem implementados dentro de um horizonte de planejamento de 30 anos. Entretanto, as unidades de corte existentes têm as mais variadas idades, já sofreram diferentes números de intervenções, apresentam diferentes espaçamentos iniciais, têm associados a elas uma série de custos e rendas, dependendo de sua idade, o que foi retirado e as intervenções efetuadas, ou seja, cada unidade de corte tem uma série de peculiaridades, que devem ser consideradas, por ocasião do seu enquadramento dentro do horizonte de planejamento condicionado aos regimes de manejo definidos.

Para geração dos manejos e atualização dos custos associados a cada regime de manejo em cada unidade de corte, por cada ano do horizonte de planejamento foi desenvolvido um programa, denominado GERADOR. Considerando-se 10 regimes de manejo e as 200

TABELA 33: Matriz dos manejos e custos para o estrato 168. Para cada estrato foram implementados dez regimes de manejos.

CUSTO (171)	CUSTO (172)	CUSTO (173)	CUSTO (174)	CUSTO (175)	CUSTO (176)	CUSTO (177)	CUSTO (178)	CUSTO (179)	CUSTO (180)
-72635	-71225	-72103	-79502	-79458	-81258	-78041	-80317	-77094	-89062
MANEJO(171)	MANEJO(172)	MANEJO(173)	MANEJO(174)	MANEJO(175)	MANEJO(176)	MANEJO(177)	MANEJO(178)	MANEJO(179)	MANEJO(180)
4	4	4	4	4	4	4	3	4	1
0	0	0	0	0	0	335	0	0	0
2940	2785	2830	5060	3640	4545	4360	2905	2905	2105
3775	3645	3685	6885	5025	6105	5330	3710	3745	3635
7	7	7	10	8	8	8	8	8	5
35	0	25	2805	2025	2485	3635	4020	2945	0
2400	2385	2440	9470	8715	7805	7350	10090	9315	2935
2745	2735	2750	10445	9690	8580	7890	10975	10245	3805
10	10	10	18	16	16	16	15	16	9
4550	4130	4270	0	0	0	0	0	0	2725
8195	7890	7990	20	0	20	20	15	20	9300
8730	8435	8510	1485	1225	1485	1720	1525	1720	10235
18	18	18	22	20	20	20	18	19	18
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	20	675	265	320	345	285	225	30
1485	835	1485	4470	2895	3060	3190	2830	2905	1895
20	22	22	29	23	23	23	22	23	21
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170	215	675	5060	1100	1065	2415	2065	2080	160
2085	3835	4470	6885	3415	2755	4115	3450	3545	2960
22	25	25	0	27	27	27	26	27	25
0	0	0	0	0	0	335	0	0	0
460	1350	1315	0	3640	4545	4360	2905	2905	2105
2015	3625	2305	0	5025	6105	5330	3710	3745	3635
25	29	29	0	0	0	0	0	0	29
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1405	2785	2830	0	0	0	0	0	0	2935
2375	3645	3685	0	0	0	0	0	0	3805
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2940	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3775	0	0	0	0	0	0	0	0	0

As tabelas geradas para cada unidade de corte, consideram a esparsidade da matriz de produção, já que em muitos anos estas não ocorrem, pois nenhum desbaste é efetuado. Conforme apresentado nas tabelas mencionadas, cada ano do horizonte de planejamento necessita de 4 informações, o ano da unidade de corte (estrato) já enquadrada ao horizonte de planejamento, o volume de madeira para uso em laminação, o volume a ser usado

considerado, para 2000 colunas por 120 linhas, o que acarretaria no processo de otimização grandes transtornos computacionais, tanto no que diz respeito a ocupação de memória, como em relação ao tempo de processamento. Entretanto, o uso da esparsidade implica em uma série de cuidados no processo de otimização, pois, implica num aumento da complexidade dos cálculos a serem efetuados, que envolvam esta matriz de produção.

Nas TABELAS 31, 32, 33 e 34 pode-se observar, para os 10 regimes de manejo propostos, como as unidades de corte, se comportam, quando enquadradas dentro de um horizonte de planejamento de 30 anos. As unidades de corte tem respectivamente 2, 7, 15 e 21 anos de idade estando situados nos locais cujos índices de sitio são, 29, 29, 25 e 29, estando portanto sujeitas as tabelas de produção destes sítios.

Considerou-se para fins de exemplo, a 19ª coluna da TABELA 32, que corresponde ao regime de manejo 1, com desbastes aos 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos e corte final aos 25. A idade da unidade de corte considerada é 7 anos e pode-se verificar que dentro do horizonte de planejamento de 30 anos produções ocorrerão nos anos 1, 3, 5, 8, 12, 15, 18, 26, 28 e 30 anos, sendo que no décimo-oitavo ano é feito um corte raso, seguido imediatamente de plantio.

4.7.3. REPRESENTAÇÃO MATRICIAL DO PROBLEMA

Dentro de um horizonte de planejamento estabelecido para 30 anos e de acordo com as restrições estabelecidas na seção 3.5.7. a matriz básica terá dimensão de 440 linhas por 440 colunas. Para que se tenha uma visão de como é esta matriz, apresenta-se na

TABELA 35, uma miniatura da matriz original, mantendo todas as características desta.

O problema considerado, inclui 3 produtos, considera 3 unidades de corte, um horizonte de planejamento de 3 anos e 3 regimes de desbastes. A opção de se apresentar uma matriz delimitada desta maneira é puramente didática.

Deve-se salientar que os dados de custos e volumes das unidades de corte consideradas, advêm daquela matriz obtida através do programa GERADOR.

Deve-se observar que quanto maior o horizonte de planejamento maior será a matriz básica.

4.8. PROCESSAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Problemas de otimização que envolvem sequências de cortes e colheitas de madeira, estão geralmente associadas a várias alternativas de manejo. Se a espécie considerada é do gênero Eucalyptus, que no Brasil não estão sujeitos a desbastes, estes regimes de manejo são na grande maioria das vezes, diferentes ciclos de corte. Se por outro lado, a espécie considerada é do gênero Pinus, normalmente sujeita a prática de desbaste, os regimes de manejo podem considerar além de diferentes comprimentos de rotações, diferentes intensidade, número e épocas de desbastes.

Uma outra característica do problema florestal, é que geralmente estão associados a grandes áreas, com um grande número de talhões, que mesmo ao serem agrupados em estratos com características semelhantes, ainda somam um grande número.

Assim, um grande número de estratos, associados a diferentes possibilidades de manejos, fatalmente implicam em matrizes de grandes dimensões. A implementação de problemas desta natureza, que apresente desempenho computacional satisfatório, é com frequência obtida em computadores de grande porte. Entretanto, a difusão de microcomputadores da linha PC - XT ou AT, é um desafio para que estes problemas sejam resolvidos em tais equipamentos, com desempenho computacional satisfatório, de modo a torná-lo acessível a muitos usuários.

O acesso eficiente a tais equipamentos, está implicitamente associado ao uso de técnicas sofisticadas no processo de otimização. CARNIERI³⁹ comparou o desempenho de um programa desenvolvido para microcomputadores, usando o algoritmo GUB, e uma estrutura de redes, como geradora dos manejos, com um problema de mesma natureza, desenvolvido para computadores de grande porte, com a geração dos manejos, sendo realizada por uma matriz de transição. Observou-se que a implementação do GUB e das Redes em microcomputadores propicia um excelente desempenho computacional, quando comparado ao mesmo problema, resolvido em equipamento de grande porte.

Dada a natureza específica do problema considerado neste trabalho, a estrutura de redes não foi utilizada, sendo que, os manejos são gerados por coluna, estrutura similar a do FORPLAN, desenvolvido por JONHSON et al⁷². Entretanto, pode-se observar na TABELA 35, a estrutura peculiar de 1, que representam os manejos dos estratos, fato que possibilita o uso do GUB.

Assim, as matrizes e vetores que inicialmente apresentavam-se com dimensões de 440 * 440 e 440, respectivamente, foram

reduzidos para as dimensões de 240×240 e 240 . Deve-se salientar que somente uma matriz de 440×440 que representa a matriz inversa do problema, ocupa aproximadamente 774k de memória da máquina, o que torna a resolução do problema a princípio inviável. O uso do GUB propicia uma matriz de 240×240 que ocupa aproximadamente 230k de memória da máquina. Como a linguagem de programação utilizada foi o turbo basic (comporta 10 matrizes de até 64 k), esta matriz de dimensões 240×240 foi subdividida em 4 matrizes com dimensões de 240×60 , ocupando cada uma aproximadamente 58 k de memória. Esta redução implica em uma maior eficiência computacional, além de tornar o problema viável a nível de microcomputadores da linha PC - XT ou PC - AT.

Um outro elemento que implica em sofisticação e já mencionado anteriormente é o aproveitamento da característica de esparsidade da matriz de produção, já que em muitos anos dentro do horizonte de planejamento, nenhuma colheita é feita, em se considerando, um manejo específico, num dado estrato.

Como definido na metodologia, tanto o caminho Fase 1 - Fase 2 como aquele que faz uso das variáveis artificiais foram considerados. Em ambos a implementação do GUB é perfeitamente possível. A opção pelo uso de variáveis artificiais não obedeceu a qualquer critério técnico, mas sim ao fato de existir maior experiência local com este procedimento.

O processamento de problemas de otimização desta natureza, está sujeito a complicações como a encontrada neste trabalho, quais sejam, problemas numéricos, normalmente associados a precisão dos cálculos efetuados pelos microcomputadores, e problemas de escala das diferentes variáveis consideradas. Do

modelo apresentado na seção 3.5.7. pode-se observar que os custos são considerados por estrato enquanto o preço de madeira, dada a peculiaridade do problema, é considerado em metro cúbico. Problemas desta natureza levam a grandes transtornos no procedimento, sendo de difícil identificação e solução.

Um outro fato pertinente ao processamento do problema é da necessidade de um "Winchester", já que matrizes como a de produção, que contém 2000 colunas e 44 linhas são particionadas e armazenadas no "Winchester". Também um co-processador 8087 é fundamental para que o procedimento se revista de êxito.

Levando em consideração as críticas de BARE e FIELD¹¹ ao FORPLAN, procurou-se desenvolver um programa de otimização transparente e acessível a técnicos do setor florestal. Para tal, evitou-se estabelecer um número exagerado de restrições, elegendo-se aquelas que realmente afetam o processo produtivo. Uma outra providência foi possibilitar a implementação do referido programa em microcomputadores com já mencionado, minimizando aspectos como tempo de processamento e custos no processo de otimização.

Quanto aos resultados advindos do processo de otimização uma série de considerações podem ser efetuadas. O instrumental (programa) desenvolvido para a otimização é flexível, adaptando-se a uma série de situações.

Duas são as situações predominantes:

1. Considerou-se uma empresa verticalizada, com parte de sua produção comprometida com sua indústria e com o excedente vendido para terceiros. Neste caso a restrição de demanda considerou, para cada ano do horizonte de

planejamento, as necessidades da indústria, com relação ao volume de madeira para laminação, para serraria e aglomerado.

2. Considerou-se uma empresa essencialmente vendedora de madeira. A restrição de demanda apresenta valor bastante próximo de zero, de modo que possa ser desconsiderada.

Para as duas situações consideradas, os valores da função objetivo são bastante próximos podendo-se no APÊNDICE F verificar o plano de aproveitamento da floresta durante o período de planejamento previamente definido, para o caso 1.

Para fins de ilustração, vai-se considerar neste apêndice, o estrato 1, cujo manejo a ser implementado é o de número 8, numa área de 100 ha, com um custo de 124121\$ e produções esperadas de madeira para laminação, serraria e aglomerado dentro do horizonte de planejamento nos anos 5, 8, 12, 16, 21 e 28 com corte final aos 21 anos, seguido imediatamente de plantio. Observe ainda que o manejo 8 é predominante, dentre os 10 manejos testados por estrato, o que mostra que este procedimento pode para fins práticos ser aquele implementado na quase totalidade dos 10484ha considerados.

Considere-se agora o estrato 13. A sua área é de 50 ha, entretanto foi particionada de modo que um manejo seja implementado em 17,8 ha e outro nos 32,2 ha restantes. Este comportamento não é o desejável, mas sua ocorrência é inevitável, já que a relaxação linear, para transformar o problema de programação inteira em programação linear implica na partição da área dos estratos para que sejam manejados por mais de um

regime de manejo, já que na restrição de área X_{ij} passa a ser maior ou igual a zero.

Para fins práticos, compete ao manejador adotar ou não o particionamento do estrato. Neste problema, afortunadamente, verificou-se que houve venda de madeira para diferentes usos na quase totalidade dos anos do horizonte de planejamento. Este fato propiciou que grande número de variáveis, que expressam vendas, estejam na base na solução ótima, o que obrigou, a uma diminuição no número de estratos a serem particionados.

Vale a pena ressaltar, que embora o planejamento seja de longo prazo, o que vai se utilizar são as informações para o primeiro ano do horizonte de planejamento, já que a cada ano novas informações deverão ser incorporadas ao programa para que ele seja novamente executado. Neste caso se o estrato sujeito a mais de um regime de manejo na solução ótima não apresentar produções no primeiro ano do horizonte de planejamento não haverá qualquer inconveniente, já que só as informações do primeiro ano do horizonte de planejamento interessam. Assim se não há produção não há necessidade de implementar qualquer desbaste no estrato.

A base final é composta obrigatoriamente de 1 manejo por estrato, da posição 1 até NE. Da posição NE + 1 até DB, quaisquer dos 8 tipos de colunas definidas na seção 3.5.8.2., à exceção das variáveis artificiais, podem estar presentes. Variáveis artificiais somente estarão na base na solução ótima se o problema for infactível. Quando manejos são encontrados na posição NE + 1 até DB na base final tem-se a definição que o estrato a que ele pertence será particionado. A medida em que muitas vendas ocupam estas posições na base, na solução ótima,

diminui-se as possibilidades de muitos manejos estarem na base nesta posição.

Um outro fato que veio contribuir para que um menor número de estratos fossem particionados, foi a manipulação efetuada nas linhas correspondentes a restrição de demanda, que foram eliminadas. Neste caso, houve uma redução da base, de 440 * 440 para 350 * 350 já que, esta restrição corresponde a 3 produtos por ano, num horizonte de planejamento de 30 anos. Este fato reduz o número de possibilidades de que outros manejos, que não aqueles que já formam as primeiras duzentas posições da base (correspondem ao número de estratos) estejam na base na solução ótima.

O tratamento de eliminação das 90 linhas de demanda no problema considerado (na TABELA 35, são 9 linhas), não implica que a restrição de demanda foi eliminada do problema. Esta restrição passou a ser implicitamente considerada nas restrições de produção, de tal maneira que estas assumiram a seguinte forma:

$$\sum_{i=j}^{NE} \sum_{j=1}^{NM} \sum_{l=1}^3 a_{ijl}^t x_{ij} \geq Y_l^t + f_l^t \quad t = 1, 2, \dots, 30$$

$$\sum_{i=1}^{NE} \sum_{j=1}^{NM} a_{ij3}^t x_{ij} \geq \sum_{l=1}^3 Y_l^t + f_l^t \quad t = 1, 2, \dots, 30$$

$$\sum_{i=1}^{NE} \sum_{j=1}^{NM} a_{ij2}^t x_{ij} \geq Y_1^t + Y_2^t + f_1^t + f_2^t$$

Definições dos parâmetros e variáveis considerados são encontrados na secção 3.5.7.

Conseguiu-se desta maneira, não descaracterizar o problema, somando às restrições de produções, as demandas previamente especificadas. Deve-se observar, que a matriz de trabalho quando o GUB é usado, decresceu de 240 * 240, para 150 * 150. Com a manipulação na restrição de demanda, aumentou-se a eficiência computacional do procedimento de otimização, além de diminuir a possibilidade de mais manejos estarem na base na solução final, na posição que vai de NE + 1 até DB. Este fato é bastante desejável já que implica num menor número de estratos, sujeitos a mais de um regime de manejo.

Com relação a característica de vender o excedente de madeira, ver APENDICE F, verifica-se que a liberdade de deixar com que a cada ano seja vendido o máximo possível de madeira, não parece ser o procedimento mais adequado, já que em determinados anos a grande oferta de madeira pode propiciar uma diminuição da rentabilidade do empreendimento. Parece mais adequado, a inclusão de uma nova restrição que limite as vendas anuais de madeira para terceiros. Esta restrição pode ser da forma:

$$Y_l^t \leq MVP_l^t$$

Onde:

Y_l^t = expressa o que será vendido de madeira para uso $l = 1$ laminação, ou $l = 2$ serraria, ou $l = 3$ aglomerado, no ano t .

MVP_l^t = máximo volume de madeira para uso l que será permitido vender no ano t

Neste problema esta restrição implica num acréscimo da matriz de trabalho, muito embora se possa efetivamente controlar qual produto que se deseja vender, além de se poder controlar a

quantidade a ser vendida de cada um deles.

Uma alternativa para que esta restrição não implique num acréscimo da matriz de trabalho é tratá-la como variável canalizada, muito embora deva-se ressaltar que haverá um aumento de complexidade na elaboração do programa para obtenção da otimização.

Uma outra forma de evitar a forma livre de vender madeira, é adicionar à demanda da indústria, o que se deseja vender para terceiros a cada ano, eliminando a variável venda do problema. Neste caso, venda de madeira passa a implicitamente fazer parte da restrição de demanda, que por sua vez, está implicitamente considerada nas restrições de produção. Este caso implica em grande rigidez já que a quantidade exata do que se quer vender para terceiros deve ser previamente especificada.

A primeira consideração sobre venda de madeira é mais apropriada porque especifica o máximo que se deseja vender de madeira para um determinado uso. Do ponto de vista computacional a segunda consideração é mais eficiente já que não implica em qualquer acréscimo nas linhas de restrições.

Ainda com relação ao APENDICE F, considerando-se os itens vendas e folgas e a produção de madeira, pode-se demonstrar o funcionamento da restrição de produção mostrando sua consistência.

Esta restrição expressa que num determinado ano o:

- - Volume de madeira vendido para laminação - folga de laminação + produção de madeira para laminação = demanda para laminação
- - Volume de madeira vendida para serraria - folga de

serraria + produção de madeira para serraria = demanda para serraria

- - Volume de madeira vendida para aglomerado - folga de aglomerado + produção de madeira para aglomerado = demanda para aglomerado

Para tanto considere somente o primeiro ano no APENDICE F. Vai-se na tabela que expressa vendas e folgas de madeira e verifica-se que:

- 354035,18 - 0 + 357718,3 = 3683
- 0 - 482637,1 + 575062,9 = 92425
- 145037,20 - 450145,3 + 673048,2 = 77865

Pode-se ainda observar que a soma do que é vendido para terceiros de produto para laminação, serraria e aglomerado mais as respectivas demandas da indústria por estes produtos é igual a produção total do ano 1, qual seja 673048.

Vale salientar que as produções de cada ano são cumulativas por produto ou seja a produção de serraria, também incorpora a produção de madeira para laminação e a produção para aglomerado engloba a produção de madeira para serraria e por conseguinte de laminação, uma vez que a princípio não se sabe quanto de volume será destinado para cada uso "1". Veja pelo exemplo, que o mesmo volume de madeira não é destinado para mais de um uso, apesar dos volumes serem superpostos, já que as restrições que impedem a ocorrência deste fato estão funcionando com absoluta perfeição.

O plano de manejo do APENDICE F, apresenta de maneira geral grande consistência, fornecendo informações estratégicas ao

gerente da empresa. Também o plano de manejo obtido para aquela empresa que tem por objetivo vender madeira para terceiros apresentou-se com grande consistência. Sua não apresentação é puramente por problema de espaço.

Para demonstrar a flexibilidade do programa desenvolvido, para implementar a modelagem de programação linear estabelecida na seção 3.5.7 foram adotados cinco situações, onde uma empresa verticalizada é considerada e aquela referente a empresa vendedora de madeira somente para terceiros. As diferentes situações de otimização, são:

1. Inclusão do custo da terra e taxa de juros de 10% a.a.
2. Inclusão do custo da terra e taxa de juros de 12% a.a.
3. Não inclusão do custo da terra e taxa de juros de 10% a.a.
4. Não inclusão do custo da terra e taxa de juros de 12% a.a.
5. Inclusão do custo da terra, taxa de juros de 12% ao ano e um acréscimo na demanda (ver APÊNDICE E) de produtos para laminação de 300%, de 50% para serraria e de 65% para aglomerado.
6. Venda de madeira somente para terceiros, com inclusão do custo da terra e taxa de juros de 12% ao ano. Neste caso há necessidade de se fixar demandas próximas a zero, e não zero, para que não haja degenerescência no início do processo de otimização ou seja variáveis nulas na base.

O processo de otimização em todos os casos, como esperado,

propiciam diferentes rentabilidades ao empreendimento. Os planos de manejo obtidos apresentam diferenças, uma vez que os custos e taxas de juros são diferentes, mas de maneira geral em todas as situações o manejo B é muito presente. A coerência dos planos de manejo obtidos, é evidente, e a versatilidade do procedimento plenamente comprovada.

Os valores das funções objetivo de cada uma das situações de otimização, assim como o número de iterações são apresentados a seguir na TABELA 36.

TABELA 36: Apresenta os valores das funções objetivo, das diferentes situações de otimização.

DIFERENTES SITUAÇÕES DE OTIMIZAÇÃO	NUMERO DE INTERACOES	RENDA OBTIDA EM FUNÇÃO DA DEMANDA DA INDUSTRIA	VALOR DA FUNÇÃO OBJETIVO SEM CONSIDERAR A DEMANDA DA INDUSTRIA	VALOR TOTAL DA RENDA (FUNÇÃO OBJETIVO)
1	2090	34090616	27117048	61207664
2	2367	29130020	22969044	52099064
3	1910	34090616	32615480	66706096
4	1842	29130020	28007772	57137792
5	4058	48175320	-5964048	42211272
6	531	6835	51238085	51244920

Constatou-se que à medida em que maior demanda da indústria é considerada, maior será o número de iterações necessárias para atingir o ótimo. Do ponto de vista de política de expansão da indústria, verifica-se pela alternativa 5, que esta pode ser incrementada, até utilizar 300% a mais de madeira para laminação, 65% para serraria e 75% para aglomerado, do que aquela previamente definida. Neste novo patamar de demanda ainda não seria necessário efetuar compras de madeira de terceiros, já que

o suprimento próprio é suficiente.

Se esta alternativa 5, for considerada em relação as alternativas 2 e 6, que também incluem os juros da terra e uma taxa de juros de 12%, verifica-se que a sua menor rentabilidade, muito provavelmente é devido, a imposição de acréscimo na madeira a ser vendida para serraria e aglomerado, as quais possuem um menor preço de mercado.

Em resumo maiores quantidades de madeira a serem destinadas para uso em serraria e na fabricação de aglomerados, restringem a possibilidade de madeira para laminação ser vendida para terceiros. Assim com menos madeira para uso em laminação sendo comercializada, tem-se, uma menor rentabilidade, que nas outras duas situações de otimização considerada.

Os valores da função objetivo são função das demandas dos três produtos, no horizonte de planejamento considerado, e também da venda de madeira para terceiros. Obviamente, se existe madeira disponível para laminação, esta será preferencialmente vendida já que apresenta o maior preço de venda. Entretanto restrições a quantidade de madeira vendida por ano para cada produto, como considerado anteriormente, terão implicações sobre o valor da função objetivo.

A implementação prática deste procedimento somente é possível após ajustes com o padrão operacional adotado pela empresa florestal, em todas as questões discutidas anteriormente e mesmo em situações peculiares não consideradas neste trabalho, já que o intuito do mesmo é apresentar um sistema de manejo genérico para florestas plantadas, com aproveitamento dos multi-produtos proporcionados pelas mesmas.

5. CONCLUSÕES

. O sistema desenvolvido constitui-se num instrumento confiável de auxílio no manejo de florestas plantadas, propiciando estimativas precisas e confiáveis das características abordadas na população.

. O método de razão de volume propicia estimativas precisas dos volumes para laminação, serraria e aglomerado.

. O método da diferença algébrica em que pese a dificuldade no manuseio das equações, de modo a prepará-las para o ajuste, constitui-se num procedimento prático e rápido na geração tanto de curvas polimórficas quanto anamórficas.

. Houve uma grande estabilidade no padrão de desenvolvimento das alturas dominantes medidas na classe de sítio para a qual foi classificada, fato extremamente desejado nos estudos de crescimento e produção.

. A compatibilidade entre características como a área basal do povoamento e a área basal advinda do modelo por classe diamétrica é obtida, proporcionando uma maior confiabilidade no sistema de predição.

. A estimativa da densidade presente do povoamento, através da área basal e do número de árvores é um elemento fundamental ao funcionamento do sistema. O modelo obtido propicia estimativas confiáveis e para fins de simulações elimina dificuldades no ajuste, para estimar o número de árvores presentes, quando o

desbaste é feito pela redução destas.

· A função Weibull apresentou-se eficiente e flexível, propiciando estimativas precisas da distribuição diamétrica, na quase totalidade dos casos. As exceções que ocorreram foram quando em idades mais avançadas os desbastes efetuados não obedeceram aos padrões previamente definidos.

· As equações que representam os padrões de remoção do número de árvores e da área basal demonstraram ser bastante eficientes para expressar o desbaste seletivo das piores árvores, muito embora o procedimento possa apresentar certo grau de inflexibilidade.

· As relações dendrométricas adotadas expressam muito bem o caráter subjetivo envolvido no desbaste seletivo com retirada das piores árvores.

· O uso de funções que estimam altura média por classe de diâmetro, ao considerar o efeito da densidade e do sítio, além da idade, propicia informações consistentes e precisas.

· O método de análise econômica utilizado propiciou estimativas coerentes do preço da terra, se comparado ao padrão adotado neste trabalho.

· O conjunto de restrições desenvolvidas, assim como o problema de maximização, apresentaram grande consistência, levando à obtenção de resultados bastante coerentes.

· O uso do GUB (Generalized Upper Bounding) propiciou um desempenho computacional eficiente no programa desenvolvido para a obtenção do processo de otimização.

· A modelagem do problema de otimização é flexível, propiciando uma ampla gama de utilizações deste modelo em

planejamentos estratégicos da empresa florestal, que envolvam seqüência de corte e colheita.

. O regime de manejo 8 foi o mais eficiente dentro do processo de otimização para os dois sítios mais produtivos. Assim recomenda-se para estes sítios 4 desbastes nas idades de 7, 11, 15 e 18 anos e um corte final aos 23 anos, com redução de 2380 árvores em média para 1400, 800, 500 e 300 árvores respectivamente. Já para o sítio menos produtivo o regime de manejo 7 predominou no processo de otimização.

• Embora o manejo do tipo 8 tenha sido definido como o que apresenta maior rentabilidade, não se pode desprezar a rentabilidade dos manejos 7, 9, 1 e 4.

• Manipulações adequadas, nas restrições que limitam o processo produtivo, podem implicar numa diminuição de manejos na base, na solução ótima, na posição que vai do número de estrato +1 até a dimensão da base. Este fato afortunadamente propicia uma redução no número de estratos que estarão sujeitos a mais de um regime de manejo na solução ótima.

• Em empresa com potencial produtivo, tem-se possibilidades de além de atender a demanda prevista pela indústria, vender o excedente de madeira. Quando vários produtos são considerados e sua venda ocorre em praticamente todos os anos do período de planejamento, tem-se novamente, a situação que propicia a redução do número de estratos que estarão sujeitos a mais de um regime de manejo na solução ótima.

6. RECOMENDAÇÕES

- Pesquisar o uso de funções splines para quantificação de volume total, sortimentos e para serem implementadas em inventários florestais.

- Desenvolver procedimentos para expressar a precisão das curvas de índice de sítio.

- Usar sistemas conceitualmente diferentes, envolvendo outras funções de densidade de probabilidade e mesmo aquelas bi e tri-variadas.

- Desenvolvimento de novas teorias que expressem o crescimento de populações sujeitas a uma série de desbastes.

- Desenvolvimento de procedimentos de predição presente e futura de área basal e volume a nível de povoamento.

- Testar métodos econométricos no processo de estimativa dos parâmetros dos modelos mencionados anteriormente, incluindo o processo de regressão em três estágios.

- Investigar novos padrões que expressem a remoção das árvores através do desbaste seletivo das piores árvores.

- Investigar o padrão de remoção das árvores através de desbaste sistemático e do misto (sistemático - seletivo).

- Investigar a compatibilidade em termos do volume global do povoamento e aquele advindo das classes diamétricas.

- Estabelecer um sistema de informações, tanto a nível biológico como a nível econômico, onde se tenha um controle exato

das variáveis utilizadas no estabelecimento de planos de manejo.

- Investigar os diferentes critérios de análise de investimento, assim como o custo de remuneração do capital para a atividade considerada.

- Incorporar restrições que controlem o volume de madeira vendida anualmente, e também incorporar flexibilidade nas idades de corte.

- Investigar o uso de geração dos manejos de populações que sofrem desbastes através do uso da programação dinâmica.

- Investigar problemas de escala e novas técnicas que aumentem ainda mais o desempenho computacional do instrumental utilizado no processo de otimização.

- Investir na formação de bancos de dados informatizados, inclusive com os critérios utilizados na coleta dos mesmos.

- Investigar novos conceitos e formas de expressar a densidade de povoamentos sujeitos a desbastes, fundamentalmente o número de árvores e a área basal presente.

7. RESUMO

Foi desenvolvido um sistema de predição do crescimento e produção de estimativas para o povoamento, tanto em níveis gerais como discriminados por classes diamétricas, de modo a se ter compatibilidade entre ambas a nível de área basal. Simulações de desbastes, envolvendo a quantificação dos multiprodutos proporcionados pela árvore foram possíveis, devido a expressões que representam o padrão de remoção em área basal e do número de árvores, e funções de razão de volumes.

Foram usados dados provenientes de aproximadamente 120 parcelas permanentes circulares com área de 500 m², de Pinus caribea var hondurensis, sujeitas a uma rotação de 25 anos e desbastes seletivos das piores árvores, pré-estabelecidos nas idades de 8, 10, 12, 15, 19 e 22 anos, com uma redução para 1500, 1000, 700, 500, 300 e 200 árvores respectivamente.

Foram testados inúmeros modelos para predição de sobrevivência até o 10 desbaste, da área basal futura, da altura média, do diâmetro mínimo, de expressões para possibilitar a estimativa do diâmetro médio e do diâmetro médio quadrático, de expressões matemáticas para expressar desbastes, de funções para expressar os volumes comerciais, e especialmente expressões para estimar o número de árvores presente e a área basal, já que os desbastes, feitos em relação ao número de árvores, provocam inúmeros contratempos em sua estimativa. A função de distribuição utilizada foi a de Weibull com 2 parâmetros, sendo o parâmetro "a" estimado independentemente, em função do diâmetro mínimo.

De maneira geral, em todos os testes realizados verificou-se que os modelos selecionados apresentaram um ajuste muito satisfatório, sem qualquer tendenciosidade. Na avaliação da distribuição diamétrica encontrou-se grande consistência entre os diâmetros mínimos e máximos gerados pelo sistema e os seus respectivos valores reais, inclusive quando desbastes foram simulados. O comportamento de desenvolvimento em área basal, volume e altura média apresentou-se dentro do padrão biológico esperado, assim como os volumes, a área basal e o número de árvores retirados no desbaste apresentaram-se estatisticamente semelhantes aos valores reais em 92% dos casos testados.

Utilizando-se as informações de crescimento e produção, juntamente com informações dos custos de um empreendimento florestal, foi modelado um problema de maximização de remuneração de capitais, usando a programação linear.

Este planejamento de longo prazo inclui restrições que envolvem o atendimento da indústria verticalizada e venda do excedente de madeira para o mercado.

O sistema apresentou-se flexível, eficiente computacionalmente, fornecendo resultados bastante coerentes. A eficiência computacional se deveu ao uso de algoritmos especiais, como o GUB (Generalized Upper Bounding).

Os planos de manejo obtidos implicam em uma associação salutar entre as informações de crescimento, produção, econômicas e de programação linear, podendo fornecer informações estratégicas para a empresa florestal.

8. SUMMARY

A growth and yield prediction system was developed, both at the stand level as a whole, and discriminated by diameter classes, aiming to get compatibility in basal area between the two methods. Thinning simulations quantifying multiproducts from the tree were possible by using expressions representing the removing standard in basal area and number of trees, and functions to express volume ratios.

The data came from 120 permanent circular sample plots with 500 m² in *Pinus caribaea* var *hondurensis* plantations, submitted to rotation age of 25 years old, and to 6 selective thinnings of the worse trees, at ages of 8, 10, 12, 15, 19 and 22 years, reducing the number of trees to 1500, 1000, 700, 500, 300 and 200 respectively.

Several mathematical models were tested for predicting survival until the first thinning, future basal area, average height, maximum DBH, average DBH, and average quadratic diameter. They were also tested models to express thinnings, commercial volumes, present number of trees and basal area. The weibull function with 2 parameters was used for diameter distribution estimation. The parameter "a" was independently estimated as a function of minimum DBH.

The selected models presented a satisfactory fitting and unbiased estimations for all tested cases. The diameter distribution function presented great consistency between minimum and maximum diameter generated by the system, and their respective observed values, inclusive when thinnings were simulated. The behavior of basal area, volume and average height development was within the expected biologic pattern. The same thing occurred with volumes, basal area and number of trees removed in the thinnings, being the estimated values statistically similar to their observed values in 92% of the tested cases.

Using growth and yield informations combined with cost informations of a forestry enterprise, it was modeled a problem of maximization of capital remuneration, by using linear programming.

The system presented flexible, efficient in terms of computation, giving consistent results. The computing efficiency was due to the use of special algorithms as the GUB (Generalized Upper Bounding).

The obtained management plans imply in a salutary association among informations on the growth, yield, economics and linear programming, being able to furnish strategic informations for the forestry enterprise.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALDER, D. A distance independent tree model for exotic conifer plantations in East Africa. Forest Science, Peking 25(1):59-71, Mar. 1979.
2. AMATEIS, R.L.; BURKHART, H.E.; KNOEBEL, B.R. & SPRINZ, P.T. Yields and size class distributions for unthinned loblolly pine plantations and cutover site-prepared lands. Virginia, 1984. 69 p. (publ. FWS, 2).
3. ASSMANN, B. The principles of forest yield study. Oxford: Pergamon Press, 1970. 506 p.
4. BAILEY, R.L. Individual tree growth derived from diameter distribution models. Forest Science, Peking, 26(4):626-32, Dec. 1980.
5. BAILEY, R.L. & CLUTTER, J.L. Base-age invariant polymorphic site curves. Forest Science, Peking, 20(2):155-9, June 1974.
6. _____ & DELL, T.R. Quantifying diameter distribution with the Weibull function Forest Science, Peking, 19(2):27-104, June 1973.
7. _____ & WARE, K.D. Compatible basal area growth and yield model for thinning and unthinned stand Canadian Journal of Forest Research, Ottawa, 13: 563-71, 1983.
8. _____ ; BORDERS, B.E.; WARE, K.D. & JONES JR., E.P. A compatible model relating Slash Pine plantation survival to density, age, site index and type and intensity of thinning Forest Science, Peking, 31(1):180-9, Mar. 1985.
9. BAILEY, R.L.; GRIDER, G.E.; RHENEY, J.W. & PIENAAR, L.V. Stand structure and yields for site-prepared loblolly pine

- plantations in the piedmont and upper coastal Plain of Alabama, Georgia, and South Carolina. Research Bulletin, n. 328, p.118. 1985.
10. BALDWIN JR. & V.C., FEDUCCIA, D.P. Loblolly pine growth and yield prediction for managed west Gulf plantations. New Orleans, Forest Service, 1987. 32 p. (Research Paper SO,236)
 11. BARE, B.B. & FIELDS, R.C. An avaluation of FORPLAN from operations research perspectiva . In : SYMPOSIUM. FORPLAN, an Evaluation of a Forest Planning Tool, Denver, Colorado, 1986.
 12. BARROS, O. & WEINTRAUB, A. Planning for a vertically integrated forest industry. Operations Research, TOKYO, 30(6):1168-83, 1982.
 13. BECK, D.E. & DELLA-BIANCA, L. Growth and yield of thinned yellow-poplar. Asheville, Forest Service, 1972. 20 p. (Research Paper SE, 101)
 14. BENNETT, F.A. Variable density yield for managed stand of natural slash pine. Asheville, USDA Southeastern Forest Experiment Station, 1980. 7p. (Forest Service Research Note SE, 141)
 15. BENNETT, F.A. Growth and yield in natural stands of slash pine and suggested management alternatives, Asheville, Forest Service, 1980. n.211, 8p.
 16. BERGER, R. Aplicação de critérios econômicos para determinação da maturidade financeira de povoamentos de Eucalipto. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1985. Tese (Professor de titular)

17. BLISS, D.M. & REINKER, K.A. A lognormal approach to diameter distribution in even aged stands Forest Science, Peking, 10(3):350-60, sept. 1964.
18. BORDERS, B.E. & BAILEY, R.L. A compatible system of growth and yield equations for slash pine fitted with restricted three-stage least squares. Forest Science, Peking, 32(1):185-201, mar. 1968.
19. BORDERS, B.E.; BAILEY, R.L. & WARE, K.D. Slash pine site index from a polymorphic model by joining (splining) nonpolynomial segments with an algebraic difference method. Forest Science, Peking, 30(2):411-23, june 1984.
20. BRICKELL, J.E. Site index curves for Engelmann spruce in the Northern & Central Rocky Mountains. Ogden, Forest Service, 1966. 43p. (Research Note INT, 42).
21. BRICKELL, J.E. A method for constructing site index curves from measurements of tree age and height, its application to Inland Douglas fir. Ogden, Forest Service, 1968. 23 p. (Research Paper INT, 47).
22. BUCKMAN, R.E. Growth and yield of red pine in Minnesota. Technical Bulletin. United States Department Agriculture, Washington, (1272):1-50, 1962.
23. BUONGIORNO, J. & GILLESS, J.K. Forest management and economics Primer in Quantitative Methods. New York, Collin Macmillan, 1987. 283 p.
24. BURK, T.E. & BURKHART, H.E. Diameter distributions and yields of natural stands of loblolly pine. Virginia, 1984. 46 p. (Publ. FWS, 1).
25. BURK, T.E., NEWBERRY, J.D. A simple algorithm for moment -

- based recovery of Weibull distribution parameters. Forest Science, Peking, 30(2):329-32, June 1984.
26. BURKHART, H.E. Cubic-foot Volume of Loblolly pine to any merchantable top limit. South Journal Applied Forestry, Washington, 1:7-9, 1977.
27. BURKHART, H.E. Data collection and modeling approaches for forest growth and yield prediction. In: Predicting Forest Growth and Yield: Current issues, future prospects. University Washington. Seattle, 1987. p.3-16
28. BURKHART, H.E.; CAD, Q.V. & WARE, K.D. A comparison of growth and yield prediction models for Loblolly pine. School of Forestry and Wildlife Resources. Virginia, 1981. 59 p. (Publ. FWS, 2).
29. _____.; FARRAR, R.D.; AMATEIS, R.L. & DANIELS, R.F. Simulation of individual tree growth and stand development in Loblolly Pine plantations on cutover, site prepared areas. Virginia, 1987. 47 p. (Publ. FWS, 1).
30. _____.; PARKER, R.C. & ODERWALD, R.G. Yields for natural stands of loblolly pine. Virginia, 1972. 63p. (Publ. FWS, 2).
31. _____.; _____.; STRUB, M.R. & ODERWALD, R.G. Yields of old-field loblolly pine plantations. Virginia, 1972. 51 p. (Publ. FWS, 3).
32. _____ . & SPRINZ, P.T. Compatible cubic volume and basal area projection equations for thinned old-field loblolly pine plantations. Forest Science, Peking, 30(1):86-93, mar. 1984.
33. CAMPOS, J.C.C. Análise de crescimento e produção em

- plantações desbastadas. Revista Arvore, Viçosa, 2(4):157-69, jul/dez. 1980.
34. CAMPOS, J.C.C. Diameter distribution yields tables and their applications to compare levels of thinning practices. In: IUFRO. Forest resources inventory, growth models, management planning, and remote sensing. Nigata, Japan, 1981. p. 23-4.
35. _____ . & RIBEIRO, J.C. Produção dos povoamentos de Eucalyptus spp. na região do Triângulo Mineiro. Viçosa, 1983. 43p. (Boletim Técnico, 1).
36. _____ . & TURNBULL, J.K. Um sistema para estimar produção por classe de diâmetro e sua aplicação na interpretação do efeito do desbaste. Revista Arvore, Viçosa, 5(1):1-16, jan./jun. 1981.
37. CAO, Q.V. Recovering diameter distributions from Schumacher and Coile's model for natural even-aged loblolly Pine stands, Forest Service SE-42, Georgia, 514-516, 1986.
38. CAO, Q.V.; BURKHART, H.E. & LEMIN JR., R.C. Diameter distributions and yields of thinned loblolly pine plantations. Virginia, 1982. 62 p. (Publ. FWS, 1).
39. CARNIERI, C. Planejamento florestal otimizado via redes de manejo. Campinas, UNICAMP, 1989. (Tese Doutorado). 40.
- CHAPMAN, D.G. Statistical problems in dynamics of exploited fishing populations. In: Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 4, Berkely, 1960. Proceedings. Berkely, 1960. p. 153-68.
41. CLUTTER, J.L. Compatible growth and yield models for Loblolly Pine. Forest Science, Peking, 9(3):354-71, sept.

- 1963.
42. CLUTTER, J.L. Development of taper equations from variable-top merchantable volume equations. Forest Science, Peking, 26(1):117-20, mar. 1980.
 43. _____ . & ALLISON, B.J. A growth and yield model for Pinus radiata in New Zeland. Research Notes, Stockholm, (30):137-60, 1974.
 44. _____ . & BENNETT, F.A. Diameter distributions in old-field slash pine plantations. General Forestry Resource Council, 1965. n.13, 9 p.
 45. _____ .; HARMS, W.R.; BRISTER, G.H. & RHENEY, J.W. Stand structure and yields of site-prepared loblolly pine plantations in the lower coastal plain of the Carolinas, Georgia, and North Florida. General Technical Report SE. Forest Service, Asheville, 1984. n.27, 173 p.
 46. _____ . & JONES JR., E.P. Prediction of growth thinning in old-field Slash pine plantations. Ogden, 1980. 19 p. (USDA. Forest Service SE-217).
 47. _____ .; FORTSON, J.C.; PIENAAR, L.V. & BRISTER, G.H., BAILEY, R.A. Timber management: a quantitative approach. New York, John Wiley, 1983. 333 p.
 48. COUTO, H.T.Z. Distribuição de diâmetros em plantações de Pinus caribaea Morelet var. caribaea. ESALQ, Piracicaba, 1980. 79p. (Tese de Livre Docência).
 49. CURTIS, R.D. A study of gross yield in Douglas Fir. Washington, University of Washington, 1965. (Ph.D. Thesis).
 50. DANIELS, R.F. & BURKHART, H.E. Simulation of individual

- tree growth and stand development in managed Loblolly pine plantations. Virginia, 1975. 69 p. (Publ. FWS, 5).
51. _____ .; _____ .; SPITTLE, G.D. & SOMERS, G.L. Methods for modeling individual tree growth and stand development in seeded Loblolly pine stands. Virginia, 1979. (Publ. FWS, 1).
52. _____ .; _____ . & STRUB, M.R. Yield estimates for Loblolly Pine plantations. Journal of Forestry, Bethesda, 58:3-6, 1979.
53. DAVIS, L.S. & JOHNSON, K.N. Forest management. 3 rd ed. New York, McGraw-Hill, 1987. 790 p.
54. DEMAERSCHALK, J.P. Converting volume equations to compatible taper equations. Forest Science, Peking, 18(3):241-245, Sept. 1972.
55. DIXON, C.R. Predicting individual tree height of planted Loblolly and slash pines in East Texas, update: 1987. ETPPRP Report No 15, School of Forestry. SFASU. 1987. 8 p.
56. DYKSTRA, D.P. Mathematical programming for natural resource management. New York, McGraw-Hill, 1984. 336 p.
57. EK, A.R.; ISSOS, J.N. & BAILEY, R.L. Solving for Weibull diameter distribution parameters to obtain specified mean diameters. Forest Science, Peking, 21(3):290-292, sept. 1975.
58. FARRAR, R.M. Growth yield predictions for thinneds stands of even-aged natural longleaf pine. Forest Service, New Orleans, 1979. 78 p. (Research Paper SO, 156).
59. FINGER, C.A.G. Distribuição de diâmetros em Acacia

- mearnsii de Wild, em diferentes povoamentos e idades. Universidade Federal do Paraná, 1979, 124 p. (Dissertação de Mestrado).
60. FRAZIER, J.R. Compatible whole-stand and diameter distribution models for loblolly pine stands. VPI and SU, Dep. For., 1981. 125 p. (Unpublished Ph. D. diss.).
61. GLADE, J.E. Prognose de volume por classe diamétrica para Eucalyptus grandis Hill ex Maiden. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1986. 99 p. (dissertação de Mestrado).
62. GOLFARI, L.; CASER, R.L. & MOURA, V.P.G. Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil. Belo Horizonte, Centro de Pesquisas Florestais do IBDF na Região do Cerrado, 1978. 66p. (Série Técnica, 11).
63. HAFLEY, W.L. & BUFORD, M.A. A bivariate model for growth and yield prediction. Forest Science, Peking, 31(1):237-247, mar. 1985.
64. HAFLEY, W.L., SCHREUDER, H.T. Statistics distributions for fitting diameter and height data in even-aged stands. Canadian Journal of Forestry Research, Ottawa, 7(2):480-7, 1977.
65. HAFLEY, W.L.; SMITH, W.D. & BUFORD, M.A. A new yields prediction model for unthinned loblolly pine plantations. Raleigh, South Forest Resource Cent., 1982. 65p. (Bioeconomic Modeling Prol. Tech. Report, 1).
66. HARRISON, W.C.; BURK, T.E. & BECK, D.E. Individual tree basal area increment and total height equations for Appalachian mixed hardwoods after thinning. Southern Journal of Applied Forestry, Washington, 1986.

67. HYINK, D.M. Diameter distribution approaches to growth and yield modeling. In: BROWN, K.M. & CLARKE, F.R., eds. Forecasting forest stand dynamics. Ontario, Lakehead Univ., 1980. p.138-63.
68. _____. & MOSER JR., J.W. A generalized framework for projecting forest yield and stand structure using diameter distributions. Forest Science, Peking, 29(1):85-95, mar. 1983.
69. HOSOKAWA, R.T. Manejo e economia de florestas. Roma, FAO, 1986, 125p.
70. INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL Estatísticas de reflorestamento, Brasília. 1988.
71. JOHNSON, N.L. Systems of frequency curves generated by methods of translation. Biometrika, London, 36:149-76, 1949.
72. JOHNSON, K.N.; JONES, D.B. & KENT, B.M. Forest planning model (FORPLAN): user's guide and operations manual. U.S. For. Serv. Land Management Planning, Fort Collins, 1980.
73. JOHNSON, K.N. & SCHEURMAN, H.L. Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives - Discussion and Synthesis. Forest Sciences Monograph, Washington, 18:1-31, 1977.
74. JOHNSTON, D.R.; GRAYSON, A.J. & BRADLEY, R.T. Planejamento Florestal. Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian. 1977. 788p.
75. KNOEBELL, B.C.; BURKHART, H.E. & BECK, D.E. A growth and yield model for thinned stands of yellow-poplar. Forest

- Science, Peking, 1-62, June 1968. (Monograph, 27).
76. LASDON, L.S. Optimization theory for large systems. London, The Macmillan Company, 1970. 523p.
77. LENHART, D.J. Stand structure and yield of Slash pine plantations in East TEXAS, Update: 1987. Center for applied studies School of Forestry. Stephen F. Austin State University, Nacogdoches, Report no 17, Texas, 1987. 23p.
78. LENHART, D.J. A Fortran computer program for estimating yield of east texas pine plantations. Center for applied studies School of Forestry Stephen F. Austin State University, Nacogdoches, . Report no 21, Texas, 1988. 17p.
79. LENHART, D.J. & HACKETT, L.T. Estimating survival for east texas pine plantations. ETPPRP Report no 19. School of Forestry Stephen F. Austin State University, Nacogdoches, SFASU, 1988, 10p.
80. LEUSCHENER, W.A. Introduction to forest resource management. New York, John Wiley, 1984. 304p.
81. LOHREY, R.E. & BAILEY, R.L. Yield tables and stand structure for unthinned longleaf pine plantations in Louisiana and Texas. Research Paper 50. Forest Service , New Orleans, 1976. n.133, 53p.
82. MACHADO, S.A. Curvas de índice de sitio para plantações de Pinus taeda L. na região central do Estado do Paraná. Revista Floresta, Curitiba, 11(2):4-18, dez. 1980.
83. MACHADO, S.A. The use of a flexible biological model for basal area growth and yield studies of Pinus taeda. In: IUFRO. Forest Resources Inventory, Growth Models,

- Management Planning and Remote Sensing. Nigata, Japan, 1981.
84. MACKINNEY, A.L. & CHAIKEN, L.E. Volume, yield, and growth of loblolly pine in the Mid-Atlantic Coastal Region. USDA Forest Service Technical Note, Washington, 33, 1939. 30p.
85. _____; SCHUMACHER, F.X. & CHAIKEN, L.E. Construction of yield tables for non normal Loblolly Pine stands. Journal of Agricultural Research, Washington, 54(7):531-45, abr. 1937.
86. MATNEY, T.G. & SULLIVAN, A.D. Compatible stand and stock tables for thinned and unthinned loblolly pine stands. Forest Science, Peking, 28(1):161-71, mar. 1982.
87. MATNEY, T.G.; LEDBETTER, J.R. & SULLIVAN, A.D. Diameter distribution yield systems for unthinned cutover site-prepared slash pine plantations in Southern Mississippi. Southern Journal Applied Forestry, Washington, 11(1):32-36, 1987.
88. MUNRO, D.D. Growth modeling for fast-growing plantations. In: IUFRO. Symposium on site and productivity of fast growing plantations, Pretoria and Pietermaritzburg, South Africa, 1984, 333-44.
89. MURPHY, P.A. A nonlinear timber yield equation system for Loblolly pine. Forest Science, Peking, 29(3):582-591, sept. 1983.
90. MURPHY, P.A. & BELTZ, R.C. Growth and yield shortleaf Pine in the west gulf region. New Orleans, Forest Service, 1981. 15p. (Research Paper SO, 169).
91. MURPHY, P.A. & FARRAR, R.M. Basal-area projection equations

- for thinned natural even-aged forest stands. Canadian Journal Forest Research, Ottawa, 18:827-832. 1988.
92. _____. & STERNITZKE, H.S. Growth and yield estimation for Loblolly Pine in West Gulf Region, New Orleans, Forest Service, 1979. 8p. (Research Paper SO, 169).
93. MYERS, C.H. A computer program for variable density yield tables for Loblolly Pine plantations. General Technical Report SO. New Orleans, Forest Service, 1977. n.11.
94. NAVON, D.I. Timber RAM a long range planning method for commercial timber lands under multiple-use management, Berkeley, Forest Service, 1971. (Research Paper PSW, 70).
95. NAZARETH, L. A land management model using Dantzig-Wolfe decomposition. Management Science, Rhode Island, 26(5):510-523, may. 1980.
96. NELSON, T.C. Diameter distribution and growth of Loblolly pine. Forest Science, Peking, 10(1):105-14, mar. 1964.
97. NEWNHAM, R.M. LOGPLAN: A model for planning logging operations, Ottawa, 1975. (Information Report FMR-X, 77). 59p.
98. NEWMAN, D.H. The optimal forest rotation: a discussion and annotated bibliography. General Technical Report SO. (48):1-47, abr.1988.
99. PICKENS, J.B. & DRESS, P.E. Use of stochastic production coefficients in linear programming models; objective function distribution, feasibility, and dual activities. Forest Science, Peking, 34(3):574-91, sept. 1988.
100. PIENAAR, L.V. Quantitative theory of forest growth.

- Washington, University of Washington, 1965. (Ph.D. Thesis).
101. PIENAAR, L.V. & SHIVER, B.D. Dominant height growth and site index curves for loblolly pine plantations in the Carolina flatwoods. Southern Journal of Applied Forestry, Washington, 4:55-59, 1980.
102. PIENAAR, L.V. & SHIVER, B.D. Basal area prediction and projection equations for pine plantations. Forest Science, Peking, 32(3):626-633, sept. 1986.
103. _____. & TURNBULL, K.V. The Chapman - Richard generalization of Von Bertalanffy's growth for basal area growth and yield in even aged stands. Forest Science, Peking, 19(1):2-22, mar. 1973.
104. PIENAR, L.V., SHIVER, B.D., GRIDER, G.E. Predicting basal area growth in thinned slash pine plantations. Forest Science, Peking, 31(3):731-41, sept. 1985.
105. RAWAT, A.S. & FRANZ, F. Detailed non-linear asymptotic regression studies on tree and stand growth with particular reference to forest yield research in Bavaria and India. In: IUFRO. Working party S4.01-4. Growth models for tree and stand simulation. Stockholm, 1973. p.180-221.
106. RIBAS, L.C. Estratégia econômica da reforma de povoamentos florestais de Pinus sp. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1989. (Dissertação de Mestrado).
107. RICHARDS, F.J. A flexible growth function for empirical use. Journal of Experimental Botany, London, 10(29):290-300, 1959.

108. RODRIGUEZ, L.C.E. GERADOR - Forest Management Matrix Generator. Piracicaba, ESALQ/USP, 1988.(Mimeogr.).
109. RODRIGUEZ, L.C.E. & MOREIRA, R.M. Gerenciamento de Florestas de Eucalyptus com modelos de programação linear. Série Técnica. IPEF, Piracicaba, 6(19):1-15, Maio 1989.
110. RODRIGUEZ, L.C.E. & LIMA, A.B.N.P.M. A utilização da programação linear na determinação de uma estratégia ótima de reforma de um talhão florestal. IPEF. Piracicaba, (31):47-53, dez. 1985.
111. RODRIGUEZ, L.C.E.; LIMA, A.B.N.P.M. ; BUENO, A.C. & MARTINI, E.L. Programação linear no planejamento florestal: uma aplicação prática, Silvicultura, São Paulo, 11(41):163-8, 1986. (Edição especial).
112. SCOLFORO, J.R.S. & MACHADO, S.A. Curvas de índice de sítio para plantações de Pinus elliottii nos Estados do Paraná e Santa Catarina. Revista Floresta, Curitiba, 18(1/2):140-158, jun./dez. 1988.
113. SCHREUDER, H.T. et al. Maximum likelihood estimation for selected distribution. Technical Report, Raleigh, 1978. n.61, 21p.
114. SCHREUDER, H.T. & HAFLEY, W.L. A useful bivariate distribution for describing stand structure of tree heights and diameters. Biometrics, Raleigh, 33(3):471-488, sept. 1977.
115. SHIFLEY, R.S.; MOSER, J.W. & BROWN, K.M., Growth and yield model for the Elm-Ash-Cotton wood type in Indiana. Research Paper NC. St. Paul, Forest Service, 1982. n.218, 14p.

116. SESSIONS, J. & FILIPPETTO, L.S. Determinação de custos marginais em níveis alternativos de produção. Brasil Florestal, Rio de Janeiro, 14(60):54-9, out./dez. 1984.
117. SILVA, J.A.A da & BAILEY, R.A. Predicting diameter distribution in fertilized Slash pine plantations with the Weibull distribution. Acta Forestalia Brasiliensis, 2(1):47-62, 1987.
118. SMITH, V.G. Compatible basal area growth and yield models consistent with forest growth theory. Forest Science, Peking, 2(2):279-88, june 1983.
119. SMITH, W.D. & HAFLEY, W.L. Multiproduct yield tables for single-thinned loblolly pine plantations. Technical Report, Raleigh, 1984. n.1, 63p.
120. SMITH, W.D. & HAFLEY, W.L. Evaluation of a loblolly pine plantation thinning model. Southern Journal Applied Forest, Washington, 10(1):52-63, 1986.
121. SPURR, S.H. Forestry inventory. New York, Ronald Press. 1952. 476 p.
122. STRUB, M.R. & BURKHART, H.E. A class-interval-free method for obtaining expected yields from diameter distributions. Forest Science, Peking, 21(1):67-68, mar. 1975.
123. SULLIVAN, A.D. & CLUTTER, J.L. A simultaneous growth and yield model for Loblolly Pine. Forest Science, Peking, 18(1):76-86, mar. 1972.
124. TAUBE NETO, M. Um modelo de programação linear para o planejamento de florestas de Eucalyptus. Pesquisa Operacional, 4(1):19-38, 1984.
125. TREVISOL JR, T.L. Análise de um modelo compatível de

crescimento e produção em plantações de Eucalyptus grandis (W. Hill ex-Maiden). Viçosa, UFV, 1985. 74p. (Tese de Mestrado)

126. TURNBULL, K.V. Population dynamics in mixed forest stands. A system of mathematical models of mixed stand growth and structure. Washington, University of Washington, 1963. 186p. (Ph.D. Thesis).
127. WARE, G.O. & CLUTTER, J.L. A mathematical programming system for the management of industrial forests. Forest Science, Peking, 17(4):425-445, dec. 1971.
128. WEINTRAUB, A. & NAVON, D. A forest management planning model integrating silvicultural and transportation activities. Management Science, Rhode Island, 22(12), 1976.
129. WHITE, A.G.D. Modelos de crescimento e de produção para plantações florestais. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ciclo de Palestras, Curitiba, 1986.
130. ZARNOCH, S.J. & DELL, T.R. An evaluation of percentile and maximum likelihood estimators of Weibull parameters. Forest Science, Peking, 31(1):260-268. mar. 1985.

APÊNDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 2300 árvores na idade de 5 anos para o índice de sítio 25.

ÁRVORES = 2300								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ÁRVORES	ALTURA (m)	ÁREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINAÇÃO	SERRARIA	AGLOMERADO
5	3,5	12,8	3,2	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
	6,5	117,6	5,7	0,39	0,65	0,00	0,00	0,54
	9,5	441,8	7,2	3,13	6,85	0,00	0,00	6,59
	12,5	841,0	8,2	10,32	26,19	0,00	0,00	25,86
	15,5	700,1	9,0	13,21	36,93	0,00	0,00	36,73
	18,5	186,7	9,6	4,96	15,02	0,00	5,78	14,98
6	3,5	11,4	3,6	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
	6,5	102,7	6,6	0,34	0,68	0,00	0,00	0,56
	9,5	387,0	8,4	2,74	7,20	0,00	0,00	6,93
	12,5	773,4	9,6	9,49	29,06	0,00	0,00	28,69
	15,5	738,2	10,5	13,93	47,11	0,00	0,00	46,86
	18,5	269,6	11,2	7,30	26,31	0,00	10,11	26,24
7	6,5	89,7	7,4	0,30	0,68	0,00	0,00	0,56
	9,5	346,0	9,4	2,45	7,42	0,00	0,00	7,14
	12,5	724,8	10,8	8,89	31,47	0,00	0,00	31,07
	15,5	759,3	11,8	14,33	56,09	0,00	0,00	55,79
	18,5	304,0	12,6	8,17	34,38	0,00	13,22	34,29
	21,5	40,8	13,2	1,01	6,59	0,00	4,35	6,58
8	6,5	83,7	8,0	0,28	0,70	0,00	0,00	0,58
	9,5	319,7	10,3	2,27	7,67	0,00	0,00	7,38
	12,5	679,4	11,8	8,34	33,09	0,00	0,00	32,67
	15,5	757,2	13,0	14,29	62,84	0,00	0,00	62,51
	18,5	350,0	13,9	9,41	44,52	0,00	17,20	44,40
	21,5	56,9	14,6	1,61	10,32	0,00	6,82	10,31

APÊNDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 1500 árvores na idade de 8 anos para o índice de sítio 25.

ÁRVORES = 1500								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ÁRVORES	ALTURA (m)	ÁREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
8	9,5	25,7	10,1	0,18	0,60	0,00	0,00	0,58
	12,5	218,6	11,6	2,68	10,38	0,00	0,00	10,25
	15,5	572,6	12,7	10,81	46,34	0,00	0,00	46,09
	18,5	540,1	13,6	14,52	66,99	0,00	25,75	66,81
	21,5	142,9	14,3	5,16	25,30	0,00	16,72	25,26
9	9,5	27,3	10,9	0,19	0,70	0,00	0,00	0,67
	12,5	210,2	12,5	2,58	10,96	0,00	0,00	10,82
	15,5	520,8	13,7	9,83	46,33	0,00	0,00	46,08
	18,5	532,7	14,7	14,32	72,68	0,00	27,94	72,48
	21,5	209,1	15,4	7,69	40,73	0,00	26,92	40,67
10	9,5	29,0	11,6	0,21	0,80	0,00	0,00	0,77
	12,5	207,0	13,3	2,54	11,67	0,00	0,00	11,52
	15,5	484,6	14,6	9,14	46,65	0,00	0,00	46,40
	18,5	514,3	15,6	13,82	75,98	0,00	29,21	75,77
	21,5	228,9	16,5	8,31	48,30	0,00	31,93	48,23
	24,5	36,3	17,1	1,64	10,40	0,00	8,30	10,39

APÊNDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 1000 árvores na idade de 10 anos para o índice de sítio 25.

ÁRVORES = 1000								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ÁRVORES	ALTURA (m)	ÁREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
10	15,5	197,1	14,4	3,72	18,60	0,00	0,00	18,56
	18,5	430,7	15,4	11,58	62,56	0,00	24,05	62,40
	21,5	291,3	16,2	10,58	60,46	0,00	39,95	60,37
	24,5	80,8	16,9	3,63	22,78	0,00	18,18	22,76
11	15,5	148,3	15,2	2,80	14,95	0,00	0,00	14,87
	18,5	384,2	16,2	10,33	59,47	0,00	22,86	59,31
	21,5	326,9	17,1	11,87	72,32	0,00	47,80	72,22
	24,5	140,6	17,8	6,97	42,25	0,00	33,72	42,21
12	15,5	114,1	15,9	2,15	12,14	0,00	0,00	12,08
	18,5	349,9	17,0	9,30	56,57	0,00	21,75	56,42
	21,5	336,8	17,9	12,23	78,74	0,00	52,05	78,63
	24,5	159,3	18,6	7,51	50,58	0,00	40,37	50,54
	27,5	43,9	19,3	2,63	18,21	0,00	15,88	18,20

APÊNDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 700 árvores na idade de 12 anos para o índice de sítio 25.

ÁRVORES = 700								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ÁRVORES	ALTURA (m)	ÁREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
12	18,5	130,3	16,9	3,50	21,09	0,00	8,10	21,04
	21,5	343,5	17,7	12,47	79,53	0,00	52,57	79,41
	24,5	199,7	18,5	9,42	62,80	0,00	50,12	62,74
	27,5	26,5	19,1	1,43	10,88	0,00	9,49	10,87
13	18,5	88,1	17,5	2,37	14,96	0,00	5,75	14,92
	21,5	305,7	18,4	11,10	74,20	0,00	49,04	74,09
	24,5	249,4	19,2	11,76	82,23	0,00	65,63	82,16
	27,5	56,7	19,9	3,35	24,45	0,00	21,33	24,13
14	18,5	59,2	18,1	1,59	10,47	0,00	4,02	10,44
	21,5	268,2	19,1	9,74	67,85	0,00	44,85	67,75
	24,5	275,0	19,9	12,97	94,54	0,00	75,45	94,45
	27,5	97,6	20,6	5,88	43,87	0,00	38,27	43,85
15	18,5	38,6	18,7	1,04	7,08	0,00	2,72	7,06
	21,5	236,1	19,6	8,57	61,97	0,00	40,96	61,88
	24,5	284,4	20,5	13,41	101,45	0,00	80,97	101,36
	27,5	141,0	21,2	8,62	65,74	0,00	57,35	65,70

APENDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 500 árvores na idade de 15 anos para o índice de sítio 25.

ÁRVORES = 500								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ARVORES	ALTURA (m)	AREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
15	21,5	117,0	19,5	4,25	30,48	0,00	20,15	30,44
	24,5	208,7	20,4	9,84	73,88	0,00	58,96	73,81
	27,5	130,8	21,1	7,77	60,54	0,00	52,81	60,51
	30,5	43,5	21,7	3,02	25,57	8,63	23,40	25,56
16	21,5	91,9	20,0	3,33	24,72	0,00	16,34	24,68
	24,5	197,5	20,9	9,31	72,22	0,00	57,64	72,16
	27,5	146,1	21,6	8,68	69,85	0,00	60,93	69,81
	30,5	64,5	22,3	4,86	39,16	13,22	35,84	39,14
17	21,5	68,9	20,5	2,50	19,09	0,00	12,62	19,06
	24,7	187,9	21,4	8,86	70,75	0,00	56,47	70,69
	27,5	153,7	22,1	9,13	75,65	0,00	65,99	75,60
	30,5	89,5	22,8	6,91	55,90	18,88	51,17	55,88
18	21,5	48,6	21,0	1,76	13,81	0,00	9,13	13,79
	24,5	181,9	21,9	8,58	70,31	0,00	56,12	70,25
	27,5	157,2	22,6	9,34	79,45	0,00	69,31	79,40
	30,5	78,5	23,3	5,73	50,34	17,00	46,08	50,32
	33,5	33,9	23,9	3,12	26,91	14,63	25,34	26,90
19	21,5	28,4	21,4	1,03	8,28	0,00	5,47	8,27
	24,5	180,4	22,3	8,51	71,43	0,00	57,01	71,37
	27,5	159,4	23,1	9,47	82,55	0,00	72,02	82,51
	30,5	85,1	23,7	6,22	55,94	18,89	51,20	55,92
	33,5	46,6	24,3	4,35	37,91	20,61	35,70	37,90

APÊNDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 300 árvores na idade de 19 anos para o índice de sítio 25.

ÁRVORES = 300								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ÁRVORES	ALTURA (m)	ÁREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
19	27,5	87,7	22,8	5,18	4,42	0,00	38,75	44,40
	30,5	128,2	23,4	9,36	82,85	27,98	75,84	82,82
	33,5	84,6	24,0	7,31	67,78	36,85	63,83	67,77
20	27,5	80,8	23,2	4,80	42,10	0,00	36,73	42,08
	30,5	122,2	23,9	8,93	80,79	27,28	73,96	80,76
	33,5	96,9	24,5	8,78	79,40	43,16	74,76	79,38
21	27,5	76,0	23,6	4,51	40,39	0,00	35,23	40,36
	30,5	118,5	24,3	8,66	79,96	27,00	73,20	79,94
	33,5	72,8	24,9	6,42	60,85	23,08	57,30	60,83
	36,5	32,7	25,4	3,53	33,21	22,42	31,83	33,20
22	27,5	67,8	23,9	4,03	36,71	0,00	32,02	36,69
	30,5	118,5	24,6	8,66	81,47	27,51	74,58	81,44
	33,5	72,2	25,3	6,36	61,50	33,43	57,92	61,49
	36,5	41,5	25,8	4,64	42,96	29,01	41,17	42,95

APÊNDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 200 árvores na idade de 22 anos para o índice de sítio 25.

ÁRVORES = 200								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ÁRVORES	ALTURA (m)	ÁREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
22	30,5	15,9	24,3	1,17	10,79	3,64	9,88	10,79
	33,5	87,4	24,9	7,70	73,31	39,85	69,04	73,29
	36,5	96,6	25,5	10,36	98,49	66,50	94,40	98,47
23	30,5	10,7	24,7	0,78	7,36	2,49	6,74	7,36
	33,5	77,0	25,3	6,79	65,66	35,69	61,83	65,64
	36,5	84,7	25,8	8,86	87,75	59,25	84,11	87,73
	39,5	27,6	26,3	3,42	34,23	26,10	33,19	34,22
24	33,5	71,0	25,6	6,25	61,46	33,41	57,88	61,45
	36,5	83,2	26,2	8,70	87,52	59,10	83,89	87,50
	39,5	45,9	26,7	5,46	57,71	44,01	55,96	57,70
25	33,5	67,6	25,9	5,96	59,42	32,30	55,96	59,41
	36,5	81,6	26,5	8,54	87,13	58,84	83,52	87,12
	39,5	50,8	27,0	6,46	64,79	49,41	62,83	64,78

APENDICE A. Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 2300 árvores na idade de 5 anos para o índice de sítio 29.

ÁRVORES = 2300								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ÁRVORES	ALTURA (m)	ÁREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
5	3,5	12,1	3,7	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
	6,5	108,4	6,6	0,36	0,71	0,00	0,00	0,59
	9,5	404,4	8,3	2,87	7,40	0,00	0,00	7,12
	12,5	793,5	9,4	9,74	29,19	0,00	0,00	28,28
	15,5	731,6	10,3	13,80	45,57	0,00	0,00	45,33
	18,5	249,9	10,9	6,74	23,76	0,00	9,13	23,70
6	6,5	80,5	7,5	0,27	0,62	0,00	0,00	0,52
	9,5	314,6	9,6	2,23	6,89	0,00	0,00	6,63
	12,5	683,0	10,9	8,38	30,20	0,00	0,00	29,82
	15,5	777,8	12,0	14,68	58,41	0,00	0,00	58,09
	18,5	366,0	12,7	9,84	42,02	0,00	16,16	41,91
	21,5	58,7	13,4	1,70	9,60	0,00	6,35	9,59
7	6,5	64,9	8,4	0,22	0,58	0,00	0,00	0,48
	9,5	259,5	10,7	1,84	6,53	0,00	0,00	6,28
	12,5	596,6	12,3	7,32	30,39	0,00	0,00	30,01
	15,5	771,6	13,4	14,56	66,89	0,00	0,00	66,53
	18,5	463,3	14,3	12,45	61,50	0,00	23,64	61,33
	21,5	105,3	15,1	3,49	19,94	0,00	13,18	19,91
8	6,5	55,1	9,1	0,18	0,54	0,00	0,00	0,45
	9,5	222,8	11,7	1,58	6,26	0,00	0,00	6,03
	12,5	530,5	13,5	6,51	30,26	0,00	0,00	29,88
	15,5	745,6	14,7	14,07	72,47	0,00	0,00	72,08
	18,5	528,1	15,7	14,20	78,66	0,00	30,24	78,45
	21,5	159,7	16,6	5,57	33,94	0,00	22,44	33,89

APÊNDICE A. Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 1500 árvores na idade de 8 anos para o índice de sítio 29.

ÁRVORES = 1500								
IDADE	CLASSES DE DAP	NÚMERO DE ÁRVORES	ALTURA (m)	ÁREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINAÇÃO	SERRARIA	AGLOMERADO
8	9,5	14,6	11,5	0,10	0,40	0,00	0,00	0,39
	12,5	151,2	13,2	1,86	8,44	0,00	0,00	8,33
	15,5	455,9	14,5	8,60	43,36	0,00	0,00	43,12
	18,5	577,0	15,5	15,51	84,08	0,00	32,32	83,85
	21,5	267,5	16,3	9,71	55,64	0,00	36,78	55,56
	24,5	33,7	16,9	1,51	9,51	0,00	7,59	9,50
9	9,5	13,4	12,4	0,10	0,40	0,00	0,00	0,39
	12,5	135,1	14,2	1,66	8,26	0,00	0,00	8,16
	15,5	397,2	15,6	7,50	41,44	0,00	0,00	41,22
	18,5	542,9	16,7	14,59	86,88	0,00	33,40	86,54
	21,5	331,7	17,6	12,04	75,80	0,00	50,10	75,69
	24,5	79,6	18,3	3,72	24,68	0,00	19,70	24,66
10	9,5	12,7	13,2	0,09	0,41	0,00	0,00	0,40
	12,5	126,3	15,2	1,55	8,34	0,00	0,00	8,23
	15,5	359,2	16,6	6,78	40,50	0,00	0,00	40,28
	18,5	506,3	17,8	13,61	87,60	0,00	33,68	87,36
	21,5	362,5	18,7	13,16	89,61	0,00	59,23	89,48
	24,5	133,0	19,5	6,38	44,63	0,00	35,62	44,59

APÊNDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 1000 árvores na idade de 10 anos para o índice de sítio 29.

ÁRVORES = 1000								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ÁRVORES	ALTURA (m)	ÁREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
10	15,5	153,2	16,5	2,89	17,07	0,00	0,00	16,98
	18,5	373,6	17,6	10,04	63,88	0,00	24,56	63,71
	21,5	314,3	18,5	11,41	76,79	0,00	50,76	76,68
	24,5	128,6	19,3	6,06	42,64	0,00	34,03	42,60
	27,5	30,3	20,0	1,77	13,15	0,00	11,47	13,14
11	15,5	92,9	17,3	1,75	11,00	0,00	0,00	10,94
	18,5	312,3	18,5	8,39	56,79	0,00	21,83	56,63
	21,5	331,8	19,5	12,04	86,22	0,00	56,99	86,09
	24,5	187,7	20,3	8,85	66,23	0,00	52,86	33,71
	27,5	75,3	21,0	4,64	34,73	0,00	30,30	34,71
12	15,5	56,0	18,1	1,06	6,99	0,00	0,00	6,95
	18,5	262,7	19,3	7,06	50,37	0,00	19,37	50,24
	21,5	324,2	20,3	11,77	88,86	0,00	58,73	88,73
	24,5	223,9	21,2	10,56	83,36	0,00	66,53	83,28
	27,5	98,3	21,9	5,84	47,84	0,00	41,73	47,81
	30,5	34,8	22,6	2,60	21,48	7,25	19,66	21,47

APÊNDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 700 árvores na idade de 12 anos para o índice de sítio 29.

ÁRVORES = 700								
IDADE	CLASSES DE DAP	NÚMERO DE ÁRVORES	ALTURA (m)	ÁREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
12	18,5	97,4	19,3	2,61	18,60	0,00	7,15	18,55
	21,5	295,2	20,3	10,72	80,58	0,00	53,26	80,46
	24,5	238,0	21,1	11,22	88,24	0,00	70,43	88,16
	27,5	69,4	21,9	4,14	33,62	0,00	29,32	33,60
13	18,5	54,8	20,0	1,47	10,95	0,00	4,21	10,92
	21,5	245,3	21,1	8,91	70,11	0,00	46,34	70,00
	24,5	269,0	21,9	12,68	104,44	0,00	83,35	104,34
	27,5	130,9	22,7	8,01	66,42	0,00	57,94	66,38
14	18,5	29,1	20,7	0,78	6,05	0,00	2,33	6,03
	21,5	200,2	21,8	7,27	59,57	0,00	39,38	59,49
	24,5	274,1	22,7	12,92	110,82	0,00	88,45	110,72
	27,5	154,2	23,5	9,16	81,50	0,00	71,10	81,45
	30,5	42,5	24,1	3,13	28,50	9,62	26,09	28,49
15	18,5	13,2	21,3	0,35	2,84	0,00	1,09	2,83
	21,5	162,7	22,4	5,91	50,21	0,00	33,19	50,13
	24,5	266,3	23,3	12,55	111,62	0,00	89,09	111,52
	27,5	183,9	24,2	10,92	100,79	0,00	87,93	100,74
	30,5	73,9	24,9	5,54	51,42	17,36	47,07	51,40

APÊNDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 500 árvores na idade de 15 anos para o índice de sítio 29.

ÁRVORES = 500								
IDADE	CLASSES DE DAP	NÚMERO DE ÁRVORES	ALTURA (m)	ÁREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
15	21,5	60,2	22,3	2,19	18,45	0,00	12,20	18,42
	24,5	184,7	23,2	8,71	76,93	0,00	61,40	76,86
	27,5	170,6	24,0	10,13	92,89	0,00	81,03	92,83
	30,5	84,5	24,7	6,39	58,36	19,71	53,42	58,34
16	21,5	41,6	22,9	1,51	13,18	0,00	8,71	13,16
	24,5	167,6	23,8	7,90	72,10	0,00	57,55	72,04
	27,5	173,6	24,7	10,31	97,64	0,00	85,17	97,58
	30,5	88,5	25,4	6,46	63,15	21,32	57,80	63,13
	33,5	28,8	26,0	2,59	25,44	13,83	23,96	25,44
17	21,5	26,3	23,4	0,96	8,58	0,00	5,67	8,57
	24,5	155,2	24,4	7,31	68,74	0,00	54,87	68,68
	27,5	172,5	25,3	10,25	99,96	0,00	87,20	99,90
	30,5	100,3	26,0	7,33	73,75	24,91	67,51	73,73
	33,5	45,7	26,7	4,19	41,58	22,60	39,16	41,57
18	21,5	12,5	23,9	0,45	4,17	0,00	2,76	4,16
	24,5	146,7	25,0	6,92	66,75	0,00	53,28	66,69
	27,5	171,1	25,8	10,16	101,80	0,00	88,81	101,74
	30,5	107,0	26,6	7,82	80,81	27,29	73,97	80,78
	33,5	62,7	27,3	5,85	58,64	31,88	55,22	58,62
19	24,5	139,3	25,4	6,57	64,91	0,00	51,81	64,86
	27,5	171,5	26,3	10,19	104,54	0,00	91,20	104,49
	30,5	110,4	27,1	8,07	85,39	28,84	78,17	85,36
	33,5	78,8	27,8	7,46	75,54	41,06	71,13	75,32

APÊNDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 300 árvores na idade de 19 anos para o índice de sítio 29.

ÁRVORES = 300								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ÁRVORES	ALTURA (m)	ÁREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
19	27,5	68,2	26,1	4,05	41,05	0,00	35,81	41,02
	30,5	133,4	26,8	9,75	101,96	34,43	93,33	101,92
	33,5	98,4	27,5	8,85	93,16	50,64	87,73	93,14
20	27,5	35,9	26,5	2,11	21,76	0,00	18,98	21,75
	30,5	113,5	27,2	8,29	88,28	29,81	80,81	88,25
	33,5	102,8	27,9	9,06	99,08	53,86	93,30	99,06
	36,5	48,2	28,5	5,19	56,48	38,14	54,14	56,47
21	27,5	13,9	26,8	0,82	8,65	0,00	7,55	8,65
	30,5	91,1	27,6	6,65	72,03	24,32	65,93	72,00
	33,5	108,4	28,3	9,55	106,22	57,74	100,02	106,19
	36,5	62,3	28,9	6,52	74,15	50,07	71,07	74,14
	39,5	24,4	29,5	3,06	34,69	26,45	33,63	34,68
22	30,5	69,6	27,9	5,08	55,80	18,86	51,13	55,84
	33,5	106,1	28,7	9,35	105,54	57,37	99,39	105,51
	36,5	75,5	29,3	7,90	91,23	61,60	87,44	91,21
	39,5	48,9	29,9	6,21	70,68	53,90	68,53	70,67

APÊNDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 200 árvores na idade de 22 anos para o índice de sítio 29.

ÁRVORES = 200								
IDADE	CLASSES DE DAP	NÚMERO DE ÁRVORES	ALTURA (m)	ÁREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
22	33,5	54,6	28,5	4,81	53,85	29,27	50,71	53,84
	36,5	81,7	29,1	8,55	98,01	66,18	93,94	97,99
	39,5	63,7	29,7	7,72	91,33	69,65	88,56	91,32
23	33,5	36,7	28,8	3,23	36,66	19,93	34,52	36,65
	36,5	71,6	29,4	7,50	87,05	58,78	83,44	87,04
	39,5	57,5	30,0	7,05	83,57	63,74	81,04	83,56
	42,5	34,2	30,5	4,98	58,47	48,09	57,15	58,47
24	33,5	20,1	29,1	1,77	20,34	11,06	19,16	20,34
	36,5	64,0	29,7	6,69	78,67	53,12	75,40	78,65
	39,5	59,1	30,3	7,24	86,89	66,27	84,26	86,88
	42,5	56,9	30,8	8,72	98,54	81,05	96,31	98,53
25	36,5	60,8	30,0	6,38	75,90	51,25	72,75	75,88
	39,5	59,6	30,6	7,30	88,64	67,60	85,95	88,68
	42,5	38,8	31,1	5,51	68,08	55,99	66,53	68,07
	45,5	40,6	31,6	6,86	82,84	71,62	81,41	82,83

APENDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 2300 árvores na idade de 5 anos para o índice de sítio 33.

ÁRVORES = 2300								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ARVORES	ALTURA (m)	AREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
5	6,5	89,8	7,4	0,30	0,68	0,00	0,00	0,56
	9,5	346,5	9,3	2,46	7,31	0,00	0,00	7,04
	12,5	728,6	10,6	8,94	30,91	0,00	0,00	30,52
	15,5	773,0	11,5	14,59	55,53	0,00	0,00	55,23
	18,5	318,0	12,3	8,55	34,86	0,00	13,40	34,77
	21,5	44,0	12,9	1,12	6,87	0,00	4,54	6,86
6	6,5	61,9	8,4	0,21	0,55	0,00	0,00	0,46
	9,5	245,1	10,7	1,74	6,17	0,00	0,00	5,94
	12,5	568,0	12,3	6,97	28,86	0,00	0,00	28,50
	15,5	763,7	13,4	14,41	65,90	0,00	0,00	65,55
	18,5	503,5	14,3	13,53	66,44	0,00	25,54	66,26
	21,5	136,8	15,0	4,67	25,72	0,00	17,00	25,29
7	6,5	46,1	9,4	0,15	0,47	0,00	0,00	0,39
	9,5	187,0	12,0	1,33	5,39	0,00	0,00	5,19
	12,5	459,2	13,7	5,63	26,82	0,00	0,00	26,48
	15,5	704,0	15,0	13,28	69,97	0,00	0,00	69,59
	18,5	599,7	16,0	16,12	91,25	0,00	35,08	91,00
	21,5	227,9	16,8	8,27	49,45	0,00	32,39	49,38
24,5	34,1	17,5	1,25	10,02	0,00	8,00	10,01	
8	6,5	37,2	10,2	0,12	0,42	0,00	0,00	0,35
	9,5	151,8	13,1	1,08	4,88	0,00	0,00	4,70
	12,5	384,1	15,0	4,71	25,07	0,00	0,00	24,75
	15,5	636,0	16,5	12,00	70,74	0,00	0,00	70,36
	18,5	365,0	17,6	17,07	108,24	0,00	41,61	107,95
	21,5	321,1	18,5	11,66	78,13	0,00	51,64	78,01
24,5	71,6	19,2	3,10	23,62	0,00	18,85	23,60	

APÊNDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 1500 árvores na idade de 8 anos para o índice de sítio 33.

ARVORES = 1500								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ARVORES	ALTURA (m)	AREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
8	12,5	106,6	14,8	1,31	6,85	0,00	0,00	6,76
	15,5	362,7	16,2	6,84	39,68	0,00	0,00	39,47
	18,5	555,6	17,3	14,93	93,17	0,00	35,82	92,92
	21,5	372,7	18,2	13,53	89,21	0,00	58,97	89,09
	24,5	102,4	19,0	4,49	33,24	0,00	26,53	33,21
9	12,5	85,7	15,9	1,05	6,02	0,00	0,00	5,94
	15,5	295,6	17,5	5,58	35,42	0,00	0,00	35,25
	18,5	494,7	18,7	13,30	90,92	0,00	34,96	90,68
	21,5	424,8	19,6	15,42	111,49	0,00	73,70	111,33
	24,5	167,1	20,5	7,88	59,49	0,00	47,48	59,44
	27,5	32,1	21,1	1,52	14,92	0,00	13,01	14,91
10	12,5	73,8	16,9	0,91	5,58	0,00	0,00	5,51
	15,5	254,2	18,6	4,80	32,87	0,00	0,00	32,69
	18,5	441,8	19,9	11,87	87,65	0,00	33,70	87,41
	21,5	443,8	20,9	15,75	122,97	0,00	81,28	122,79
	24,5	228,2	21,8	10,76	87,82	0,00	70,09	87,74
	27,5	68,2	22,5	3,80	34,27	0,00	29,90	34,25

APÊNDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 1000 árvores na idade de 10 anos para o índice de sítio 33.

ÁRVORES = 1000								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ÁRVORES	ALTURA (m)	ÁREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
10	15,5	118,2	18,5	2,23	15,18	0,00	0,00	15,18
	18,5	335,7	19,8	9,02	66,18	0,00	25,44	66,01
	21,5	310,7	20,8	11,28	87,51	0,00	57,84	87,38
	24,5	164,9	21,7	7,77	63,05	0,00	50,32	62,99
	27,5	70,4	22,4	4,38	35,16	0,00	30,67	35,14
11	15,5	53,4	19,4	1,01	7,27	0,00	0,00	7,23
	18,5	258,7	20,7	6,95	54,10	0,00	20,80	53,96
	21,5	313,3	21,6	11,37	93,60	0,00	61,88	93,48
	24,5	222,0	22,7	10,47	90,10	0,00	71,91	90,02
	27,5	106,2	23,5	6,31	56,29	0,00	49,10	56,26
30,5	46,4	24,2	3,53	31,20	10,53	28,56	31,18	
12	15,5	20,4	20,2	0,39	2,93	0,00	0,00	2,91
	18,5	196,6	21,6	5,28	43,26	0,00	16,63	43,14
	21,5	290,3	22,8	10,54	91,32	0,00	60,36	91,19
	24,5	247,6	23,7	11,67	105,79	0,00	84,43	105,70
	27,5	148,5	24,5	8,82	82,90	0,00	72,31	82,85
	30,5	66,1	25,2	4,85	47,01	15,87	43,03	46,99
33,5	30,2	25,9	2,75	26,53	14,42	24,98	26,52	

APENDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 700 árvores na idade de 12 anos para o índice de sítio 33.

ARVORES = 700								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ARVORES	ALTURA (m)	AREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	ABLOMERADO
12	18,5	99,7	21,7	2,68	22,03	0,00	8,47	21,97
	21,5	281,1	22,8	10,20	88,83	0,00	98,71	88,69
	24,5	229,2	23,8	10,61	96,64	0,00	77,13	96,59
	27,5	94,1	24,6	5,77	52,77	0,00	46,04	52,74
13	18,5	46,1	22,5	1,24	10,64	0,00	4,09	10,61
	21,5	22,7	23,7	8,25	75,10	0,00	49,64	74,99
	24,5	294,3	24,7	11,99	114,13	0,00	91,09	114,03
	27,5	131,9	25,5	7,83	77,35	0,00	67,48	77,30
	30,5	40,4	26,3	3,01	30,08	10,16	27,54	30,07
14	18,5	17,6	23,2	0,47	4,24	0,00	1,63	4,23
	21,5	174,7	24,4	6,34	60,03	0,00	39,68	59,94
	24,5	254,2	25,5	11,99	118,67	0,00	94,72	118,57
	27,5	172,6	26,4	10,25	105,35	0,00	91,90	105,29
	30,5	80,8	27,1	6,13	62,52	21,11	57,23	62,50
15	21,5	129,4	25,1	4,70	46,02	0,00	30,42	45,95
	24,5	240,0	26,2	11,37	116,03	0,00	92,61	115,93
	27,5	197,7	27,1	11,75	124,98	0,00	109,02	124,91
	30,5	94,9	27,9	6,94	76,42	25,70	69,68	76,09
	33,5	37,9	28,6	3,18	37,68	20,48	35,48	37,67

APENDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 500 árvores na idade de 15 anos para o índice de sítio 33.

ÁRVORES = 500								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ARVORES	ALTURA (m)	AREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
15	21,5	24,3	25,0	0,88	8,59	0,00	5,68	8,58
	24,5	144,9	26,0	6,83	69,52	0,00	55,48	69,46
	27,5	189,4	27,0	11,25	118,80	0,00	103,64	118,74
	30,5	108,2	27,7	7,90	86,09	29,07	78,81	86,06
	33,5	33,1	28,4	2,96	32,64	17,74	30,74	32,64
16	21,5	13,6	25,7	0,49	4,95	0,00	3,27	4,94
	24,5	126,9	26,8	5,98	62,89	0,00	50,19	62,83
	27,5	182,3	27,7	10,83	118,14	0,00	103,06	118,07
	30,5	122,0	28,5	8,91	100,31	33,87	91,82	100,27
	33,5	55,3	29,2	5,04	56,33	30,62	53,04	56,31
17	24,5	113,1	27,4	5,33	57,76	0,00	46,10	57,71
	27,5	175,6	28,4	10,43	117,23	0,00	102,27	117,71
	30,5	128,5	29,2	9,39	108,86	36,76	99,65	108,82
	33,5	82,7	29,9	7,40	86,80	47,17	81,73	86,77
18	24,5	99,4	28,0	4,69	52,14	0,00	41,61	52,09
	27,5	171,7	29,0	10,20	117,70	0,00	102,68	117,64
	30,5	131,0	29,8	9,57	113,94	38,48	104,30	113,90
	33,5	65,8	30,6	5,80	70,97	38,58	66,84	70,96
	36,5	32,1	31,2	3,50	42,00	28,36	40,25	41,99
19	24,5	81,7	28,6	3,85	43,90	0,00	35,04	43,86
	27,5	171,9	29,6	10,21	120,74	0,00	105,33	120,67
	30,5	131,6	30,4	9,62	117,37	39,63	107,43	117,32
	33,5	70,4	31,2	6,24	78,19	42,50	73,63	78,17
	36,5	44,0	31,9	4,96	58,99	39,84	56,55	58,98

APÊNDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 300 árvores na idade de 19 anos para o índice de sítio 33.

ÁRVORES = 300								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ARVORES	ALTURA (m)	AREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
19	27,5	74,6	29,4	4,43	52,19	0,00	45,53	52,16
	30,5	142,4	30,3	10,40	126,33	42,66	115,64	126,28
	33,5	83,0	31,3	7,41	91,22	49,58	85,90	91,19
20	27,5	17,3	29,8	1,03	12,28	0,00	10,71	12,27
	30,5	100,9	30,6	7,38	90,78	30,65	83,09	90,74
	33,5	118,1	31,4	10,41	131,59	71,53	123,92	131,56
	36,5	63,6	32,1	6,84	86,11	58,15	82,53	86,09
21	30,5	47,4	30,9	3,46	43,13	14,56	39,48	43,12
	33,5	108,1	31,7	9,53	121,98	66,31	114,87	121,95
	36,5	93,2	32,4	9,75	127,74	86,26	122,44	127,72
	39,5	51,3	33,1	6,45	84,00	64,06	81,45	83,99
22	30,5	11,9	31,2	0,87	10,93	3,69	10,00	10,92
	33,5	75,0	32,0	6,61	85,62	46,54	80,63	85,60
	36,5	100,5	32,7	10,52	139,40	94,13	133,61	139,37
	39,5	71,3	33,4	8,74	118,14	90,10	114,55	118,12
	42,5	41,3	34,0	6,09	80,61	66,30	78,78	80,60

APENDICE A: Estimativas por classe diamétrica do número de árvores, da altura, da área basal e dos volumes a partir de 200 árvores na idade de 22 anos para o índice de sítio 33.

ÁRVORES = 200								
IDADE	CLASSES DE DAP	NUMERO DE ÁRVORES	ALTURA (m)	ÁREA BASAL	VOLUMES			
					TOTAL	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
22	33,5	36,9	31,9	3,26	42,00	22,83	39,55	41,99
	36,5	67,5	32,6	7,06	93,22	62,95	89,35	93,20
	39,5	56,4	33,3	6,91	93,14	71,04	90,32	93,13
	42,5	39,2	33,9	5,69	76,25	62,71	74,52	76,24
23	33,5	13,5	32,2	1,19	15,51	8,43	14,61	15,51
	36,5	51,9	32,9	5,43	72,35	48,86	69,35	72,34
	39,5	56,2	33,5	6,89	93,72	71,47	90,88	93,71
	42,5	40,7	34,1	5,77	79,99	65,79	78,17	79,98
	45,5	37,7	34,7	6,63	86,27	74,59	84,78	86,26
24	36,5	37,7	33,1	3,90	52,46	35,43	50,29	52,45
	39,5	53,2	33,8	6,52	89,52	68,27	86,81	89,51
	42,5	43,4	34,4	6,15	85,98	70,72	84,03	85,97
	45,5	66,1	34,9	12,43	152,76	132,07	150,12	152,75
25	39,5	57,1	34,0	6,99	96,79	73,82	93,86	96,78
	42,5	45,8	34,6	6,50	91,56	75,31	89,48	91,55
	45,5	32,1	35,1	5,22	74,82	64,69	73,52	74,81
	48,5	65,0	35,7	13,46	174,65	156,29	172,30	174,64

APÊNDICE B: Síntese das estimativas advindas de classes diamétricas para o número de árvores, área basal, volume total, volume para laminação, volume para serraria e volume para aglomerado, considerando as situações, imediatamente antes do desbaste, das árvores removidas no desbaste e das árvores remanescentes, para os índices de sítio 25, 29 e 33 a partir de 2250 árvores na idade de 5 anos, para o manejo 1. TABELA B1.

ÍNDICE DE SÍTIO	IDADE EM ANOS	ANTES DO DESBASTE						REMOVIDAS NO DESBASTE						APOS O DESBASTE						PRODUÇÃO TOTAL			
		N	G	V	VL	VS	VA	N	G	V	VL	VS	VA	N	G	V	VL	VS	VA	V	VL	VS	VA
25	8	2198	40,27	179,0	0,0	40,1	177,9	698	7,7	30,2	0,0	0,4	29,7	1500	32,6	148,8	0,0	39,7	148,2	179,0	0,0	40,1	177,9
	10	1500	36,60	199,4	0,0	75,2	198,7	500	8,4	42,0	0,0	3,4	41,7	1000	28,2	157,4	0,0	71,8	157,0	229,6	0,0	75,6	228,8
	12	1000	31,84	202,6	0,0	113,0	202,3	300	6,8	40,4	0,0	9,2	40,3	700	25,0	162,3	0,0	103,8	162,0	274,8	0,0	116,8	273,7
	15	700	30,00	223,8	0,0	167,0	223,6	200	6,6	47,6	0,0	28,1	47,5	500	23,3	176,2	0,0	138,8	176,1	336,4	0,0	180,0	335,3
	19	500	28,60	247,6	33,6	211,9	247,5	200	9,0	75,5	0,0	58,8	75,5	300	19,6	172,1	33,6	153,1	172,0	407,8	33,6	253,0	406,7
	22	300	21,60	199,8	55,5	181,4	199,7	100	6,0	55,0	0,7	48,0	54,9	200	15,6	144,9	54,8	133,8	144,8	435,5	55,5	281,3	434,4
	25	200	17,40	174,6	91,0	163,9	174,6	200	17,4	174,6	91,0	163,9	174,6	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	465,3	91,7	311,8	464,2
29	8	2193	45,54	244,1	0,0	76,3	242,9	693	8,7	41,3	0,0	1,6	40,6	1500	36,8	202,8	0,0	74,7	202,1	244,1	0,0	76,3	242,9
	10	1500	41,32	269,4	0,0	126,6	268,6	500	9,5	57,1	0,0	8,8	56,8	1000	31,8	212,2	0,0	117,8	211,8	310,7	0,0	128,2	309,4
	12	1000	35,93	271,6	0,0	172,8	271,2	300	7,6	53,9	0,0	18,3	53,7	700	28,4	217,8	0,0	154,8	217,5	370,0	0,0	183,2	368,8
	15	700	34,50	310,0	14,9	250,4	309,8	200	7,4	63,0	0,0	42,1	62,9	500	27,2	247,0	14,9	208,3	246,9	462,3	14,9	279,1	461,1
	19	500	33,70	350,6	93,0	314,1	350,4	200	10,6	106,6	0,0	89,4	106,5	300	23,1	244,0	93,0	224,7	243,9	565,9	93,0	384,9	564,6
	22	300	29,10	328,1	198,3	311,5	328,0	100	7,9	88,3	38,5	82,0	88,3	200	21,1	239,7	159,8	229,5	239,7	650,0	198,3	471,9	648,7
	25	200	26,10	315,6	246,6	306,8	315,5	200	26,1	315,6	246,6	306,8	315,5	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	725,5	246,6	549,0	724,5
33	8	2188	49,10	307,0	0,0	112,2	305,7	688	9,3	51,9	0,0	3,1	51,3	1500	39,7	255,1	0,0	109,1	254,4	307,0	0,0	112,2	305,7
	10	1500	44,20	342,7	0,0	181,5	341,9	500	10,1	71,4	0,0	13,8	71,0	1000	34,1	271,3	0,0	167,6	270,8	394,6	0,0	184,6	393,2
	12	1000	38,80	344,0	12,2	235,0	343,5	300	8,0	66,0	0,0	25,7	65,8	700	30,8	278,0	12,2	209,3	277,7	467,3	12,2	251,9	465,8
	15	700	38,50	406,6	49,7	343,7	406,3	200	8,2	81,5	0,0	59,3	81,4	500	30,3	325,0	49,7	284,4	324,8	595,9	49,7	386,3	594,4
	19	500	38,40	461,2	174,6	423,4	461,0	200	12,1	142,4	12,5	124,6	142,3	300	26,3	318,8	162,1	298,8	318,7	732,0	174,6	525,3	730,5
	22	300	37,90	506,3	389,3	491,4	506,2	100	10,4	136,9	92,0	131,2	136,9	200	27,5	369,4	297,3	360,2	369,3	919,5	401,8	717,9	918,0
	25	200	37,60	460,0	396,6	451,9	460,0	200	37,6	460,0	396,6	451,9	460,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1010,0	501,1	809,6	1008,7

APÊNDICE B: Síntese das estimativas advindas de classes diamétricas para o número de árvores, área basal, volume total, volume para laminação, volume para serraria e volume para aglomerado, considerando as situações, imediatamente antes do desbaste, das árvores removidas no desbaste e das árvores remanescentes, para os índices de sítio 25, 29 e 33 a partir de 2250 árvores na idade de 5 anos, para o manejo 2. TABELA B2.

ÍNDICE DE SÍTIO	IDADE EM ANOS	ANTES DO DESBASTE						REMOVIDAS NO DESBASTE						APOS O DESBASTE						PRODUÇÃO TOTAL			
		N	G	V	VL	VS	VA	N	G	V	VL	VS	VA	N	G	V	VL	VS	VA	V	VL	VS	VA
25	8	2198	40,30	179,0	0,0	40,1	177,9	498	4,60	17,1	0,0	0,0	16,7	1700	35,60	161,9	0,0	40,2	161,2	179,0	0,0	40,1	177,9
	12	1700	42,00	261,0	0,0	104,9	260,1	800	13,60	77,2	0,0	4,3	76,7	900	28,40	183,8	0,0	100,6	183,4	278,1	0,0	104,9	276,8
	15	900	32,80	243,1	5,5	157,7	242,7	400	10,50	72,7	0,0	27,0	72,5	500	22,30	170,4	5,5	130,7	170,2	337,4	5,5	162,0	336,1
	19	500	27,70	238,7	28,2	201,7	238,5	200	8,70	73,0	0,0	55,7	72,9	300	18,90	165,7	28,2	146,0	165,6	405,7	28,2	233,0	404,4
	22	300	20,90	197,0	50,5	178,3	196,9	100	5,90	54,7	0,0	47,7	54,7	200	15,00	142,3	50,5	130,6	142,2	437,0	50,5	265,3	435,7
	25	200	16,80	168,8	82,6	157,8	168,7	200	16,80	168,8	82,6	157,8	168,7	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	463,5	82,6	292,5	462,2
29	8	2193	45,50	244,1	0,0	76,3	242,9	493	5,30	23,8	0,0	0,0	23,4	1700	40,30	220,3	0,0	76,3	219,5	244,1	0,0	76,3	242,9
	12	1700	47,40	354,6	0,0	175,2	353,7	800	15,30	105,5	0,0	16,4	104,9	900	32,10	249,1	0,0	158,8	248,7	378,4	0,0	175,2	377,1
	15	900	37,00	329,0	18,0	235,9	328,6	400	11,90	99,6	0,0	49,3	99,4	500	25,10	229,4	18,0	186,7	229,2	458,3	18,0	252,3	456,9
	19	500	31,60	325,7	65,2	287,1	325,5	200	10,10	101,3	0,0	83,4	101,2	300	21,50	224,3	65,2	203,7	224,3	554,6	65,2	352,8	553,2
	22	300	27,30	314,4	179,2	297,2	314,4	100	7,60	84,2	32,3	77,6	84,2	200	19,70	230,2	146,9	219,6	230,2	644,6	179,2	446,3	643,3
	25	200	24,60	289,4	215,4	279,9	289,3	200	24,60	289,4	215,4	279,9	289,3	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	703,8	247,7	506,6	702,4
33	8	2188	49,10	307,0	0,0	112,2	305,7	488	5,70	30,2	0,0	0,0	29,8	1700	43,40	276,8	0,0	112,2	275,9	307,0	0,0	112,2	305,7
	12	1700	51,80	452,3	0,0	250,7	451,3	800	16,70	134,2	0,0	29,9	133,6	900	35,10	318,1	0,0	220,8	317,7	482,5	0,0	250,7	481,1
	15	900	40,80	417,0	44,6	315,2	416,5	400	12,50	121,2	0,0	65,4	121,1	500	28,20	295,6	44,6	249,8	295,4	581,4	44,6	345,1	579,9
	19	500	36,40	438,0	144,7	398,4	437,9	200	11,40	134,0	4,7	115,4	133,9	300	25,00	304,0	140,0	283,1	303,9	723,6	144,7	493,7	722,4
	22	300	38,30	486,8	365,4	471,2	486,7	100	10,10	132,4	86,1	126,5	132,4	200	26,20	354,3	279,3	344,7	354,3	906,4	370,1	681,9	905,4
	25	200	36,20	452,7	387,0	444,4	452,7	200	36,20	452,7	388,0	444,4	452,7	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	1004,7	478,8	781,6	1003,5

APÊNDICE B: Síntese das estimativas advindas de classes diamétricas para o número de árvores, área basal, volume total, volume para laminação, volume para serraria e volume para aglomerado, considerando as situações, imediatamente antes do desbaste, das árvores removidas no desbaste e das árvores remanescentes, para os índices de sítio 25, 29 e 33 a partir de 2250 árvores na idade de 5 anos, para o manejo 3. TABELA B3.

ÍNDICE DE SÍTIO	IDADE EM ANOS	ANTES DO DESBASTE						REMOVIDAS NO DESBASTE						APOS O DESBASTE						PRODUÇÃO TOTAL			
		H	G	V	VL	VS	VA	H	G	V	VL	VS	VA	H	G	V	VL	VS	VA	V	VL	VS	VA
25	8	2198	40,30	179,0	0,0	40,1	177,9	698	7,70	30,2	0,0	0,40	29,7	1500	32,60	148,8	0,0	39,7	148,2	179,0	0,0	40,1	177,9
	12	1500	39,60	246,7	0,0	109,5	245,9	800	15,40	89,9	0,0	13,5	89,4	700	24,10	156,8	0,0	96,0	156,5	276,9	0,0	109,9	275,6
	15	700	29,10	217,2	0,0	159,0	217,0	200	6,50	46,2	0,0	26,3	46,1	500	22,70	171,0	0,0	132,7	170,9	337,3	0,0	172,9	336,1
	19	500	28,00	241,7	29,9	205,1	241,5	200	8,80	73,7	0,0	56,6	73,7	300	19,20	167,9	29,9	148,5	167,8	408,0	29,9	245,3	406,7
	22	300	21,10	197,6	51,7	179,0	197,6	100	6,00	55,0	0,5	48,8	55,0	200	15,20	142,7	51,2	131,0	142,6	437,6	51,7	275,8	436,5
	25	200	17,00	170,7	85,4	159,8	170,7	200	17,00	170,7	85,4	159,8	170,2	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	465,7	85,9	304,6	464,6
29	8	2193	45,50	244,1	0,0	76,3	242,9	693	8,70	41,3	0,0	1,6	40,8	1500	36,80	202,8	0,0	74,7	202,1	244,1	0,0	76,3	242,9
	12	1500	44,70	335,8	0,0	179,7	335,0	800	17,00	118,6	0,0	26,5	118,1	700	26,70	217,2	0,0	153,2	216,9	377,1	0,0	181,3	375,8
	15	700	32,90	299,5	10,3	232,1	298,2	200	7,10	60,1	0,0	38,4	60,0	500	25,80	234,4	10,4	193,8	234,2	454,4	10,3	260,2	453,1
	19	500	32,40	331,4	71,0	293,5	331,3	200	10,30	103,4	0,0	85,8	103,4	300	22,10	228,0	71,0	207,7	227,9	551,4	71,0	360,0	550,2
	22	300	27,93	318,4	184,9	301,4	318,4	100	7,70	85,5	34,3	79,0	85,5	200	20,20	232,9	150,7	222,4	232,9	641,8	184,9	453,7	640,7
	25	200	25,10	293,8	221,0	284,5	293,8	200	25,10	293,8	221,0	284,5	293,8	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	702,7	255,3	515,8	701,6
33	8	2188	49,10	307,0	0,0	112,2	305,7	688	9,30	51,9	0,0	3,1	51,2	1500	39,70	255,1	0,0	213,5	254,4	307,0	0,0	112,2	305,7
	12	1500	48,80	431,0	0,0	256,3	430,1	800	18,40	150,0	0,0	42,8	149,4	700	30,50	281,0	0,0	109,1	280,7	482,9	0,0	259,4	481,3
	15	700	38,10	403,3	47,7	340,0	403,0	200	8,10	80,8	0,0	58,4	80,7	500	30,00	322,5	47,7	281,6	322,3	605,2	47,7	385,9	603,6
	19	500	38,10	457,7	169,9	419,6	457,5	200	12,00	141,1	11,2	123,2	141,1	300	26,10	316,6	158,8	296,4	316,5	740,4	169,9	523,9	738,8
	22	300	37,70	503,5	386,0	478,5	503,5	100	10,40	136,2	91,1	130,5	136,2	200	27,30	367,3	294,9	358,1	367,3	927,6	397,2	716,0	925,9
	25	200	37,50	459,6	396,0	451,4	459,5	200	37,50	459,6	396,0	451,5	459,5	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	1019,6	498,3	809,4	1018,1

APÊNDICE B: Síntese das estimativas advindas de classes diamétricas para o número de árvores, área basal, volume total, volume para laminação, volume para serraria e volume para aglomerado, considerando as situações, imediatamente antes do desbaste, das árvores removidas no desbaste e das árvores remanescentes, para os índices de sítio 25, 29 e 33 a partir de 2250 árvores na idade de 5 anos, para o manejo 4. TABELA B4.

ÍNDICE DE SÍTIO	IDADE EM ANOS	ANTES DO DESBASTE						REMOVIDAS NO DESBASTE						APOS O DESBASTE						PRODUÇÃO TOTAL			
		N	G	V	VL	VS	VA	N	G	V	VL	VS	VA	N	G	V	VL	VS	VA	V	VL	VS	VA
25	8	2198	40,30	179,0	0,0	40,1	177,9	698	7,70	30,2	0,0	0,4	29,7	1500	32,60	148,8	0,0	39,7	148,2	179,0	0,0	40,1	177,9
	12	1500	39,60	246,7	0,0	109,5	245,9	800	15,40	89,9	0,0	13,5	89,4	700	24,10	156,8	0,0	96,0	156,5	276,9	0,0	109,9	275,6
	15	700	34,10	292,7	13,6	235,3	292,4	400	16,50	137,8	0,0	101,2	137,7	300	17,60	154,9	13,6	134,1	154,8	412,8	13,6	267,2	411,5
	25	300	21,40	209,0	56,1	189,4	208,9	300	21,40	209,0	56,1	189,4	208,9	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	466,9	56,1	304,5	465,7
29	8	2193	45,50	244,1	0,0	76,3	242,9	693	8,70	41,3	0,0	1,6	40,8	1500	36,80	202,8	0,0	74,7	202,1	244,1	0,0	76,3	242,9
	12	1500	44,70	335,8	0,0	179,7	335,0	800	17,00	118,6	0,0	26,5	118,1	700	26,70	217,2	0,0	153,2	216,9	377,1	0,0	181,3	375,8
	19	700	40,10	411,6	58,2	352,1	411,3	400	18,90	189,2	0,0	150,7	189,2	300	21,20	222,3	58,2	201,4	222,3	571,5	58,2	380,2	570,2
	25	300	32,40	384,8	260,3	368,9	384,7	300	32,40	384,8	260,3	368,9	384,7	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	733,9	260,3	547,7	732,8
33	8	2188	49,10	307,0	0,0	112,2	305,7	688	9,30	51,9	0,0	3,1	51,3	1500	39,70	255,1	0,0	109,1	254,4	307,0	0,0	112,2	305,7
	12	1500	48,80	431,0	0,0	256,3	430,1	800	18,40	150,0	0,0	42,8	149,4	700	30,50	281,0	0,0	213,5	280,7	482,9	0,0	259,4	481,4
	19	700	46,00	553,5	140,6	492,4	553,2	400	21,20	247,9	0,0	207,9	247,8	300	24,80	305,6	140,6	284,5	305,5	755,4	140,6	538,3	753,9
	25	300	48,00	689,4	590,9	676,8	689,3	300	48,00	689,4	590,9	676,8	689,3	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	1139,2	590,9	930,6	1137,8

APÊNDICE B: Síntese das estimativas advindas de classes diamétricas para o número de árvores, área basal, volume total, volume para laminação, volume para serraria e volume para aglomerado, considerando as situações, imediatamente antes do desbaste, das árvores removidas no desbaste e das árvores remanescentes, para os índices de sítio 25, 29 e 33 a partir de 2250 árvores na idade de 5 anos para o manejo 5. TABELA B5.

ÍNDICE DE SÍTIO	IDADE EM ANOS	ANTES DO DESBASTE						REMOVIDAS NO DESBASTE						APOS O DESBASTE						PRODUÇÃO TOTAL			
		N	G	V	VL	VS	VA	N	G	V	VL	VS	VA	N	G	V	VL	VS	VA	V	VL	VS	VA
25	8	2198	40,30	179,0	0,0	40,1	177,9	598	6,40	24,9	0,0	0,0	24,5	1600	33,60	154,1	0,0	40,2	153,4	179,0	0,0	40,1	177,9
	12	1600	40,60	252,5	0,0	105,7	251,7	600	10,20	58,3	0,0	5,3	57,9	1000	30,30	194,2	0,0	100,4	193,8	277,4	0,0	105,7	276,2
	15	1000	34,60	252,2	0,0	153,8	251,8	400	10,00	68,5	0,0	22,0	68,3	600	24,64	183,7	0,0	131,8	183,5	335,4	0,0	159,1	334,2
	19	600	29,90	253,7	15,2	204,9	253,5	300	12,10	100,6	0,0	72,8	100,5	300	17,60	153,1	15,2	132,1	153,0	405,4	15,2	232,2	404,2
	23	300	20,40	193,9	40,5	174,3	193,8	300	20,40	193,9	40,5	174,3	193,8	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	446,2	40,5	274,4	445,0
29	8	2193	45,50	244,1	0,0	76,3	242,9	593	7,10	33,5	0,0	0,0	33,0	1600	38,40	210,7	0,0	76,3	209,9	244,1	0,0	76,3	242,9
	12	1600	45,90	344,3	0,0	176,3	343,4	600	11,40	77,8	0,0	12,1	77,4	1000	34,50	266,4	0,0	164,2	266,0	377,8	0,0	176,3	376,4
	15	1000	39,30	344,1	14,5	236,6	343,7	400	10,90	90,0	0,0	37,2	89,7	600	28,30	254,2	14,5	199,4	253,9	455,4	14,5	248,7	454,1
	19	600	34,90	357,1	52,7	306,7	356,8	300	13,90	138,4	0,0	109,2	138,3	300	21,00	218,6	52,7	197,5	218,5	558,4	52,7	356,0	556,9
	23	300	28,50	326,4	191,2	309,1	326,8	300	28,50	326,4	191,2	309,1	326,3	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	666,1	191,2	467,6	664,7
33	8	2188	49,10	307,0	0,0	112,2	305,7	589	7,60	41,8	0,0	0,4	41,2	1600	41,50	265,3	0,0	118,8	264,5	307,0	0,0	112,2	305,7
	12	1600	50,20	439,4	0,0	251,1	438,4	600	12,20	97,7	0,0	20,2	97,3	1000	38,00	341,6	0,0	230,9	341,1	481,2	0,0	251,5	479,6
	15	1000	43,40	448,8	44,3	332,4	448,3	400	11,90	114,7	0,0	56,4	114,4	600	31,50	334,1	44,3	276,1	333,9	588,3	44,3	353,0	586,8
	19	600	39,60	477,8	119,0	426,0	477,6	300	16,00	186,9	0,0	157,1	186,8	300	23,60	290,8	119,0	268,9	290,7	732,0	119,0	503,0	730,5
	23	300	38,40	519,3	400,7	504,1	519,2	300	38,40	519,4	400,7	504,1	519,2	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	960,4	400,7	738,2	958,9

APÊNDICE B: Síntese das estimativas advindas de classes diamétricas para o número de árvores, área basal, volume total, volume para laminação, volume para serraria e volume para aglomerado, considerando as situações, imediatamente antes do desbaste, das árvores removidas no desbaste e das árvores remanescentes, para os índices de sítio 25, 29 e 33 a partir de 2250 árvores na idade de 5 anos, para o manejo B. TABELA B6.

ÍNDICE DE SÍTIO	IDADE EM ANOS	ANTES DO DESBASTE						REMOVIDAS NO DESBASTE						APOS O DESBASTE						PRODUÇÃO TOTAL			
		N	G	V	VL	VS	VA	N	G	V	VL	VS	VA	N	G	V	VL	VS	VA	V	VL	VS	VA
25	8	2198	40,30	179,0	0,0	40,1	177,9	698	7,70	30,2	0,0	0,4	29,7	1500	32,60	148,8	0,0	39,7	148,2	179,0	0,0	40,1	177,9
	12	1500	39,60	246,7	0,0	109,5	245,9	600	10,70	61,6	0,0	6,4	61,2	900	28,80	185,1	0,0	103,2	184,8	276,9	0,0	109,9	275,6
	15	900	33,20	245,9	5,8	161,2	245,5	300	8,00	55,2	0,0	21,3	55,1	600	25,20	190,7	5,8	139,9	190,5	337,7	5,8	168,0	336,9
	19	600	30,50	258,5	16,8	210,4	258,2	350	14,70	122,3	0,0	90,9	122,1	250	15,80	136,2	16,8	119,5	136,1	405,5	16,8	238,5	404,2
	23	250	18,50	171,7	49,7	156,1	171,6	250	18,50	171,7	49,70	156,1	171,6	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	441,0	49,7	275,1	439,7
29	8	2193	45,50	244,1	0,0	76,3	242,9	693	8,70	41,3	0,0	1,6	40,8	1500	36,80	202,8	0,0	74,7	202,1	244,1	0,0	76,3	242,9
	12	1500	44,70	335,8	0,0	179,7	335,0	600	11,80	81,3	0,0	13,8	80,9	900	32,80	254,5	0,0	165,9	254,1	377,1	0,0	151,3	275,8
	15	900	37,70	333,1	18,4	241,2	332,7	300	9,00	74,6	0,0	36,8	74,4	600	28,80	258,6	18,4	204,4	258,3	455,7	18,4	256,6	454,4
	19	600	35,30	361,8	56,0	312,0	361,6	350	17,10	171,2	0,0	138,7	171,1	250	18,30	190,5	56,1	173,4	190,5	559,0	56,0	364,2	557,7
	23	250	25,50	288,7	181,4	275,0	288,7	250	25,50	288,7	181,4	275,0	288,7	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	657,1	181,4	465,9	655,9
33	8	2188	49,10	307,0	0,0	112,2	305,7	688	9,30	51,9	0,0	3,1	51,3	1500	39,70	255,1	0,0	109,1	254,4	307,0	0,0	112,2	305,7
	12	1500	48,80	431,0	0,0	256,3	430,1	600	13,10	106,0	0,0	26,9	105,6	900	35,70	324,9	0,0	229,4	324,5	482,9	0,0	259,4	481,4
	15	900	41,30	422,7	46,7	322,1	422,3	300	9,40	90,6	0,0	48,6	90,4	600	32,00	332,2	46,8	273,5	331,9	580,6	46,7	352,1	579,2
	19	600	40,00	482,7	124,4	431,3	482,4	350	19,10	224,3	2,2	190,4	224,2	250	20,90	258,3	122,2	241,0	258,3	731,2	124,4	509,9	729,7
	23	250	34,70	469,9	378,0	458,1	469,8	250	34,70	469,9	378,0	458,1	469,8	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	942,7	378,0	727,1	941,3

APÊNDICE B: Síntese das estimativas advindas de classes diamétricas para o número de árvores, área basal, volume total, volume para laminação, volume para serraria e volume para aglomerado, considerando as situações, imediatamente antes do desbaste, das árvores removidas no desbaste e das árvores remanescentes, para os índices de sítio 25, 29 e 33 a partir de 2250 árvores na idade de 5 anos, para o manejo 7. TABELA B7.

ÍNDICE DE SÍTIO	IDADE EM ANOS	ANTES DO DESBASTE						REMOVIDAS NO DESBASTE						APÓS O DESBASTE						PRODUÇÃO TOTAL			
		N	G	V	VL	VS	VA	N	G	V	VL	VS	VA	N	G	V	VL	VS	VA	V	VL	VS	VA
25	8	2198	40,30	179,0	0,0	40,1	177,9	798	8,90	35,0	0,0	0,4	34,4	1400	31,30	144,0	0,0	39,7	143,5	179,0	0,0	40,1	177,9
	12	1400	36,60	240,9	0,0	113,7	240,2	600	11,20	64,2	0,0	6,9	63,8	800	27,40	166,7	0,0	106,8	176,4	275,9	0,0	114,1	279,6
	15	800	32,20	240,4	0,0	172,0	240,1	350	11,50	82,8	0,0	48,3	82,3	450	20,70	157,7	0,0	123,7	157,5	339,6	0,0	179,3	338,3
	19	450	26,10	225,6	31,7	193,8	225,5	250	12,50	106,7	6,7	87,2	106,6	200	13,60	118,9	25,0	106,6	118,8	407,6	31,7	249,4	406,0
	23	200	16,40	157,9	72,7	147,0	157,8	200	16,40	157,9	72,7	147,0	157,8	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	446,6	79,4	289,8	444,9
29	8	2193	45,50	244,1	0,0	76,3	242,9	793	9,90	47,0	0,0	1,6	46,4	1400	35,60	197,1	0,0	74,7	196,5	244,1	0,0	76,3	242,9
	12	1400	43,70	332,1	0,0	188,2	331,4	600	12,70	87,9	0,0	18,1	87,5	800	31,00	244,2	0,0	170,1	243,9	379,1	0,0	189,8	377,8
	15	800	37,10	332,0	10,2	259,9	331,7	350	12,80	109,8	0,0	72,6	109,7	450	24,30	222,2	10,2	187,3	222,1	466,9	10,2	279,6	465,6
	19	450	30,90	320,5	89,0	288,1	320,4	250	14,10	142,5	4,0	122,0	142,4	200	16,80	17,8	85,0	166,1	178,0	565,2	89,0	389,4	564,0
	23	200	23,80	275,3	202,5	266,0	275,3	200	23,80	275,3	202,5	266,0	275,3	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	662,5	206,5	480,3	661,3
33	8	2188	49,10	307,0	0,0	112,2	305,7	788	10,60	58,6	0,0	3,1	57,9	1400	38,50	248,5	0,0	109,1	247,8	307,0	0,0	112,2	305,7
	12	1400	47,80	425,3	7,5	265,7	424,5	600	13,50	109,8	0,0	29,2	109,4	800	34,30	315,5	7,5	236,5	315,1	483,9	7,5	268,8	482,4
	15	800	41,90	439,8	41,3	364,4	439,4	350	14,40	144,6	0,0	105,7	144,5	450	27,50	295,1	41,3	258,7	295,0	608,2	41,3	396,7	606,7
	19	450	35,60	433,8	180,8	400,9	433,7	250	17,20	207,0	53,4	186,8	206,9	200	18,30	226,8	127,4	214,1	226,7	746,8	180,8	538,9	745,5
	23	200	31,20	409,8	342,0	401,1	409,8	200	31,20	409,8	342,0	401,1	409,8	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	929,8	395,4	725,9	928,5

APÊNDICE B: Síntese das estimativas advindas de classes diamétricas para o número de árvores, área basal, volume total, volume para laminação, volume para serraria e volume para aglomerado, considerando as situações, imediatamente antes do desbaste, das árvores removidas no desbaste e das árvores remanescentes, para os índices de sítio 25, 29 e 33 a partir de 2250 árvores na idade de 5 anos, para o manejo B. TABELA B8.

ÍNDICE DE SÍTIO	IDADE EM ANOS	ANTES DO DESBASTE						REMOVIDAS NO DESBASTE						APOS O DESBASTE						PRODUÇÃO TOTAL			
		N	G	V	VL	VS	VA	N	G	V	VL	VS	VA	N	G	V	VL	VS	VA	V	VL	VS	VA
25	7	2215	39,70	156,4	0,0	33,0	155,4	815	9,0	31,1	0,0	0,3	30,5	1400	30,80	125,4	0,0	32,7	124,9	156,4	0,0	33,0	155,4
	10	1400	37,30	204,8	0,0	90,3	204,2	600	11,2	56,9	0,0	5,7	56,6	800	26,10	147,9	0,0	84,5	147,7	235,9	0,0	90,6	234,7
	14	800	33,40	239,8	0,0	176,2	239,5	300	10,0	69,2	0,0	41,3	69,0	500	23,40	170,7	0,0	135,0	170,5	327,8	0,0	182,2	326,6
	18	500	29,00	245,0	34,5	210,6	244,8	200	9,1	74,3	0,0	58,1	74,2	300	19,90	170,7	34,5	152,6	170,6	402,2	34,5	257,9	400,9
	23	300	23,10	219,6	80,4	201,8	219,5	300	23,1	219,6	80,4	201,8	219,5	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	451,1	80,4	307,2	449,8
29	7	2212	43,60	204,7	0,0	55,1	203,5	812	9,7	40,6	0,0	9,9	40,0	1400	33,90	164,1	0,0	54,1	163,5	204,7	0,0	55,1	203,5
	10	1400	41,30	275,2	0,0	144,6	274,5	600	12,5	76,6	0,0	14,8	76,3	800	28,80	198,6	0,0	129,8	198,3	315,8	0,0	145,5	314,5
	14	800	37,20	320,5	8,8	251,6	320,2	300	10,6	87,1	0,0	55,8	86,9	500	26,60	233,4	8,8	195,8	233,2	437,7	8,8	267,3	436,5
	18	500	33,60	342,4	91,1	306,9	342,2	200	10,7	104,5	0,0	87,8	104,4	300	22,90	237,9	91,1	219,2	237,8	546,7	91,1	388,4	545,4
	23	300	33,10	382,0	264,1	367,0	382,0	300	33,1	382,0	264,1	367,0	382,0	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	690,8	264,1	526,3	689,6
33	7	2208	45,30	249,6	0,0	75,6	248,3	808	10,1	48,9	0,0	1,5	48,3	1400	35,30	200,6	0,0	74,0	200,0	249,6	0,0	75,6	248,3
	10	1400	44,00	340,5	0,0	193,5	339,8	600	13,1	93,1	0,0	21,4	92,7	800	30,90	247,4	0,0	172,1	247,1	389,4	0,0	195,0	388,1
	14	800	42,40	428,2	40,5	356,8	427,8	300	12,2	118,1	0,0	85,9	117,9	500	30,20	310,1	40,5	270,9	309,9	570,2	40,5	379,7	568,8
	18	500	38,80	455,4	179,4	419,1	455,3	200	12,2	149,2	14,2	123,1	140,1	300	26,60	315,2	165,2	296,1	315,1	715,5	179,4	527,9	718,2
	23	300	47,50	652,9	556,1	640,5	652,8	300	47,5	652,9	556,1	640,5	652,8	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	1053,2	556,1	872,4	1051,8

APÊNDICE B: Síntese das estimativas advindas de classes diamétricas para o número de árvores, área basal, volume total, volume para laminação, volume para serraria e volume para aglomerado, considerando as situações, imediatamente antes do desbaste, das árvores removidas no desbaste e das árvores remanescentes, para os índices de sítio 25, 29 e 33 a partir de 2250 árvores na idade de 5 anos, para o manejo 9. TABELA B9.

ÍNDICE DE SITIO	IDADE EM ANOS	ANTES DO DESBASTE						RENOVIDAS NO DESBASTE						APOS O DESBASTE						PRODUCAO TOTAL			
		H	G	V	VL	VS	VA	H	G	V	VL	VS	VA	H	G	V	VL	VS	VA	V	VL	VS	VA
25	8	2198	40,30	179,0	0,0	40,1	177,9	798	8,90	35,0	0,0	0,4	34,4	1400	31,30	144,0	0,0	39,7	143,5	179,0	0,0	40,10	177,9
	11	1400	37,10	218,4	0,0	96,7	217,7	600	10,80	58,4	0,0	4,5	58,1	800	26,30	160,0	0,0	92,2	159,7	253,4	0,0	97,10	252,1
	15	800	33,00	286,6	0,0	179,6	286,3	300	9,90	71,0	0,0	41,6	70,9	500	23,10	175,5	0,0	137,9	175,4	340,0	0,0	184,5	338,8
	19	500	28,40	285,9	32,5	209,9	245,7	200	9,00	75,0	0,0	58,1	74,9	300	19,50	170,9	32,5	151,8	170,8	410,3	32,5	256,4	409,1
	23	300	22,00	205,0	58,9	186,3	204,9	300	22,00	205,0	58,9	186,3	204,9	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	444,4	58,9	290,9	443,2
29	8	2193	45,50	204,1	0,0	76,3	242,9	793	9,90	47,0	0,0	1,6	46,4	1400	35,60	197,1	0,0	74,7	196,5	244,1	0,0	76,30	242,9
	11	1400	42,10	301,1	0,0	163,0	300,5	600	12,50	81,5	0,0	15,7	81,2	800	29,60	219,6	0,0	147,4	219,3	348,1	0,0	164,6	346,9
	15	800	36,10	341,3	12,6	270,8	341,0	300	10,90	93,2	0,0	61,3	93,1	500	27,20	248,0	12,6	209,5	247,9	469,8	12,6	288,1	468,6
	19	500	33,70	350,5	92,8	314,0	350,3	200	10,60	106,6	0,0	89,4	106,5	300	23,10	243,9	92,8	224,6	243,8	572,2	92,8	392,6	571,0
	23	300	30,90	358,5	233,4	342,5	358,4	300	30,90	358,5	233,4	342,5	358,4	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	686,8	233,4	510,5	685,6
33	8	2188	49,10	307,0	0,0	112,2	305,7	788	10,60	58,6	0,0	3,1	57,9	1400	38,50	248,5	0,0	109,1	247,8	307,0	0,0	112,2	305,7
	11	1400	46,00	381,6	0,0	227,7	380,8	600	13,30	101,7	0,0	25,3	101,3	800	32,70	279,9	0,0	202,5	279,6	440,2	0,0	230,8	438,7
	15	800	43,30	461,5	54,9	389,1	461,2	300	12,60	126,7	0,0	94,1	126,5	500	30,70	334,8	54,9	295,1	334,7	621,8	54,9	417,5	620,4
	19	500	38,80	465,5	180,4	428,1	465,4	200	12,20	144,0	14,2	126,4	143,9	300	26,60	331,6	166,2	301,7	331,5	752,5	180,4	550,6	751,1
	23	300	42,30	583,7	476,7	570,1	583,7	300	42,30	583,7	476,7	570,1	583,7	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	1014,7	490,9	819,0	1013,3

APÊNDICE B: Síntese das estimativas advindas de classes diamétricas para o número de árvores, área basal, volume total, volume para laminação, volume para serraria e volume para aglomerado, considerando as situações, imediatamente antes do desbaste, das árvores removidas no desbaste e das árvores remanescentes, para os índices de sítio 25, 29 e 33 a partir de 2250 árvores na idade de 5 anos, para o manejo 10. TABELA B10.

ÍNDICE DE SÍTIO	IDADE EM ANOS	ANTES DO DESBASTE						REMOVIDAS NO DESBASTE						APÓS O DESBASTE						PRODUÇÃO TOTAL			
		H	G	V	VL	VS	VA	H	G	V	VL	VS	VA	H	G	V	VL	VS	VA	V	VL	VS	VA
25	9	2180	40,70	199,8	0,0	47,0	198,5	780	8,90	38,5	0,0	0,6	37,9	1400	31,80	161,3	0,0	46,4	160,6	199,8	0,0	47,0	198,5
	12	1400	38,00	230,8	0,0	102,7	230,1	600	10,50	59,6	0,0	3,2	59,2	800	26,50	171,2	0,0	99,5	170,9	269,3	0,0	103,3	268,0
	16	800	32,80	253,2	0,0	183,1	252,9	300	9,80	72,8	0,0	42,1	72,7	500	23,00	180,4	0,0	141,1	180,3	351,3	0,0	186,9	350,0
	20	500	28,00	247,2	30,8	209,7	247,0	200	8,90	76,2	0,0	58,7	76,1	300	19,10	171,0	30,8	150,9	170,9	418,1	30,8	256,6	416,8
	24	300	21,60	205,2	54,5	186,0	205,1	300	21,60	205,2	54,5	186,0	204,7	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	452,2	54,5	290,6	451,0
29	9	2174	47,10	279,6	0,0	95,8	278,3	774	10,10	52,7	0,0	2,4	52,0	1400	37,00	226,9	0,0	93,5	226,2	279,6	0,0	95,8	278,3
	12	1400	42,70	325,2	0,0	180,2	324,5	600	12,40	85,8	0,0	16,3	85,4	800	30,30	239,3	0,0	163,9	239,0	377,9	0,0	182,6	376,5
	16	800	38,20	354,5	14,7	281,5	354,2	300	10,90	96,2	0,0	63,0	96,0	500	27,30	258,4	14,7	218,5	258,2	493,0	14,7	300,2	491,6
	20	500	33,50	355,0	90,6	317,1	354,8	200	10,50	108,6	0,0	90,9	108,5	300	23,00	246,4	90,7	226,3	246,3	589,7	90,6	398,8	588,2
	24	300	30,40	348,7	217,4	331,9	348,6	300	30,40	348,7	217,4	331,9	348,6	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	692,0	217,4	504,5	690,5
33	9	2167	52,20	362,2	0,0	150,5	360,8	767	11,20	69,1	0,0	6,0	68,4	1400	41,00	293,1	0,0	144,5	292,4	362,2	0,0	150,5	360,8
	12	1400	47,50	418,9	10,5	254,2	418,2	600	13,70	110,7	0,0	27,3	110,3	800	33,90	308,2	10,6	226,9	307,9	488,0	10,5	261,2	486,6
	16	800	43,67	479,5	59,5	404,5	479,1	300	12,60	131,0	0,0	97,1	130,8	500	31,10	348,5	59,5	307,4	348,3	659,3	59,5	437,8	657,8
	20	500	38,80	483,0	189,9	444,7	482,8	200	12,20	148,1	14,2	130,1	148,0	300	26,50	334,9	175,8	314,6	334,8	793,8	189,9	575,1	792,3
	24	300	41,40	580,0	468,6	565,0	580,0	300	41,40	580,0	468,6	565,0	580,0	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	1038,9	468,6	825,5	1037,5

APENDICE C: ESTE SISTEMA FAZ A PREDICAO PRESENTE E FUTURA DO CRESCIMENTO E DA PRODUCAO PARA POVOAMENTO DESBASTADO DE Pinus caribea hond INCLUINDO POSSIBILIDADES DE SIMULACAO DE DESBASTES Os dados basicos provem da região de agudos -SP-

OBSERVACOES :

1. Para obter a predicao presente , digite a idade do final do periodo de projecao igual a idade do perio do inicial
2. Se especificar o valor da area basal/ha , do inicio do periodo de projecao nao necessariamente precisa especificar o numero de arvores , ou vice - versa . Neste caso digite zero.
3. Para simular desbastes pode usar tanto reducao do numero de arvores / ha , como da area basal / ha . O desbate considerado e seletivo com remocao das piores arvores .

DIGITE A IDADE DO INICIO DO PERIODO DE PROJECAO :
8.0

DIGITE A IDADE DO FINAL DO PERIODO DE PROJECAO :
8.0

DIGITE O VALOR DO INDICE DE SITIO (Id. refer. 21 anos):
29

DIGITE A AREA BASAL / Ha DO INICIO DO PERIODO DE PROJECAO:
0.0

DIGITE O NUM. DE ARVORES / Ha DO INICIO DO PERIODO DE PROJECAO:
1500

DIGITE QUANTOS DESBASTES PREVIOS FORAM EFETUADOS :
1

DIGITE 1 SE QUER ESTIMAR CRESCIMENTO E PRODUCAO A NIVEL DE POVOAMENTO ;
DIGITE 2 SE QUER ESTIMATIVAS A NIVEL DE DISTRIBUICAO DIAMETRICA ;
2

PREDICAO DA TABELA DO POVOAMENTO / ESTOQUE							
VOLUMES							
CLASSES DIAMETRO	NUMERO ARVORES	ALTURA (m)	AREA BASAL (m2/ha)	TOTAL (m3/ha)	LAMI NACAO	SERRA RIA	AGLOME RADO
9.5	16.3	11.5	0.12	0.45	0.00	0.00	0.43
12.5	161.9	13.2	1.99	9.05	0.00	0.00	8.93
15.5	471.3	14.5	8.89	44.87	0.00	0.00	44.62
18.5	570.9	15.5	15.35	83.30	0.00	32.03	83.08
21.5	250.2	16.3	9.08	52.10	0.00	34.44	52.03
24.5	29.3	16.9	1.30	8.29	0.00	6.61	8.28
TOTAL	1500.0		36.73	198.05	0.00	73.08	197.37
VALORES DE A B C IER S2D= 7.49 10.97 3.96 0.00 7.92							

SUMARIO DA TABELA DO POVOAMENTO

RESUMO DOS DADOS DE ENTRADA:

IDADE INICIAL = 8.00
 AREA BASAL INICIAL = 0.0
 N ARVORES INICIAL = 1500.0
 INDICE DE SITIO = 29
 DESBASTES PREVIOS = 1

RESUMO DOS RESULTADOS :

AREA BASAL PROJETADA = 36.7
 N ARVORES SOBREVIVENTES = 1500.0
 DIAMETRO MINIMO (CM) = 9.5
 DIAMETRO MED QUADRATICO (CM) = 17.7
 DIAMETRO MAXIMO (CM) = 24.5
 ALTURA MEDIA DAS DOMINANTES = 16.6
 VOLUME PROJETADO (METRO CUB) = 198.1
 VOLUME PROJ PARA LAMINACAO = 0.0
 VOLUME PROJ PARA SERRARIA = 73.1
 VOLUME PROJ PARA AGLOMERADO = 197.4

VOCE QUER DESBASTAR O POVOAMENTO NESTE MOMENTO
 ENTRE 1 PARA SIM 0 PARA NAO :

1

VOCE DESEJA DESBASTAR EM FUNCAO DO NUMERO DE
 ARVORES (1) OU DA AREA BASAL (2) :

1

ESPECIFIQUE O NUMERO DE ARVORES REMANESCENTES DESEJADAS:

1000

 =====
 PREDICAO DA TABELA DO POVOAMENTO / ESTOQUE
 =====

VOLUMES

CLASSES DIAMETRO	NUMERO ARVORES	ALTURA (m)	AREA BASAL (m2/ha)	TOTAL (m3/ha)	LAMI NACAO	SERRA RIA	AGLOME RADO
9.5	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
12.5	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
15.5	216.6	14.5	4.09	20.6	0.0	0.0	20.5
18.5	503.9	15.5	13.54	73.5	0.0	28.3	73.3
21.5	250.2	16.3	9.08	52.1	0.0	34.4	52.0
24.5	29.3	16.9	1.30	8.3	0.0	6.6	8.3
TOTAL	1000.0		28.02	154.5	0.0	69.3	154.1

SUMARIO DA TABELA DO POVOAMENTO APOS O DESBASTE:

IDADE = 8.0
 AREA BASAL (M2 POR Ha) = 28.0
 INDICE DE SITIO (ID. BASE 21) = 29
 VOLUME METRO CUB. = 154.5
 DIAMETRO MINIMO (CM) = 15.5
 DIAMETRO MEDIO QUADRATICO (CM) = 18.9
 DIAMETRO MAXIMO (CM) = 24.5
 VOLUME PARA LAMINACAO = 0.0
 VOLUME PARA SERRARIA = 69.3
 VOLUME PARA AGLOMERADO = 154.1
 NUMERO DE ARVORES (/Ha) ANTES DO DESBASTE = 1500.0
 NUMERO DE ARVORES (/Ha) REMOVIDAS NO DESBASTE = 500.0
 AREA BASAL (/Ha) EXISTENTES ANTES DO DESBASTE = 36.7
 AREA BASAL (/Ha) REMOVIDAS NO DESBASTE = 8.7

VOLUME EM M3 EXISTENTE ANTES DO DESBASTE	=	198.1
VOLUME EM M3 REMOVIDO NO DESBASTE	=	43.5
VOLUME PARA LAMINACAO ANTES DO DESBASTE	=	0.0
VOLUME PARA LAMINACAO REMOVIDO NO DESBASTE	=	0.0
VOLUME PARA SERRARIA ANTES DO DESBASTE	=	73.1
VOLUME PARA SERRARIA REMOVIDO NO DESBASTE	=	3.8
VOLUME PARA AGLOMERADO ANTES DO DESBASTE	=	197.4
VOLUME PARA AGLOMERADO REMOVIDO NO DESBASTE	=	43.2

VOCE DESEJA EFETUAR UM REDESBASTE NO POVOAMENTO
ENTRE 1 PARA SIM 0 PARA NAO :

0

VOCE DESEJA FAZER QUALQUER OUTRA PROJECAO
ENTRE 1 PARA SIM 0 PARA NAO :

0

APENDICE C: ESTE SISTEMA FAZ A PREDICAO PRESENTE E FUTURA DO CRESCIMENTO E DA PRODUCAO PARA POVOAMENTO DESBASTADO DE *Pinus caribea hond* INCLUINDO POSSIBILIDADES DE SIMULACAO DE DESBASTES
Os dados basicos provem da regioo de agudos -SP-

OBSERVACOES :

1. Para obter a predicao presente , digite a idade do final do periodo de projecao igual a idade do perio do inicial
2. Se especificar o valor da area basal/ha , do inicio do periodo de projecao nao necessariamente precisa especificar o numero de arvores , ou vice - versa . Neste caso digite zero.
3. Para simular desbastes pode usar tanto reducao do numero de arvores / ha , como da area basal / ha . O debate considerado e seletivo com remocao das piores arvores .

DIGITE A IDADE DO INICIO DO PERIODO DE PROJECAO :
15.0

DIGITE A IDADE DO FINAL DO PERIODO DE PROJECAO :
17.0

DIGITE O VALOR DO INDICE DE SITIO (Id. refer. 21 anos):
29

DIGITE A AREA BASAL / Ha DO INICIO DO PERIODO DE PROJECAO:
0.0

DIGITE O NUM. DE ARVORES / Ha DO INICIO DO PERIODO DE PROJECAO:
500

DIGITE QUANTOS DESBASTES PREVIOS FORAM EFETUADOS :
4

DIGITE 1 SE QUER ESTIMAR CRESCIMENTO E PRODUCAO A NIVEL DE POVOAMENTO ;
DIGITE 2 SE QUER ESTIMATIVAS A NIVEL DE DISTRIBUICAO DIAMETRICA ;
2

```

=====
PREDICAO DA TABELA DO POVOAMENTO / ESTOQUE
=====
VOLUMES
=====

```

CLASSES DIAMETRO	NUMERO ARVORES	ALTURA (m)	AREA BASAL (m2/ha)	TOTAL (m3/ha)	LAMI NACAO	SERRA RIA	AGLOME RADO
21.5	20.5	23.4	0.74	6.68	0.00	4.41	6.67
24.5	144.5	24.4	6.81	63.94	0.00	51.03	63.89
27.5	175.0	25.2	10.39	101.23	0.00	88.31	101.17
30.5	108.2	26.0	7.90	79.40	26.81	72.68	79.37
33.5	51.8	26.6	4.75	47.10	25.60	44.35	47.09
TOTAL	500.0		30.61	298.35	52.42	260.79	298.18

```

=====
VALORES DE A B C IER S2D= 21.92 7.02 2.04 0.00 10.19
=====

```

SUMARIO DA TABELA DO POVOAMENTO

RESUMO DOS DADOS DE ENTRADA:

IDADE INICIAL = 15.00
 AREA BASAL INICIAL = 0.0
 N ARVORES INICIAL = 500.0
 INDICE DE SITIO = 29
 DESBASTES PREVIOS = 4

RESUMO DOS RESULTADOS :

AREA BASAL PROJETADA = 30.6
 N ARVORES SOBREVIVENTES = 500.0
 DIAMETRO MINIMO (CM) = 21.5
 DIAMETRO MED QUADRATICO (CM) = 27.9
 DIAMETRO MAXIMO (CM) = 33.5
 ALTURA MEDIA DAS DOMINANTES = 26.4
 VOLUME PROJETADO (METRO CUB) = 298.3
 VOLUME PROJ PARA LAMINACAO = 52.4
 VOLUME PROJ PARA SERRARIA = 260.8
 VOLUME PROJ PARA AGLOMERADO = 298.2

VOCE QUER DESBASTAR O POVOAMENTO NESTE MOMENTO
 ENTRE 1 PARA SIM 0 PARA NAO :

1

VOCE DESEJA DESBASTAR EM FUNCAO DO NUMERO DE
 ARVORES (1) OU DA AREA BASAL (2) :

1

ESPECIFIQUE O NUMERO DE ARVORES REMANESCENTES DESEJADAS:

340

 =====
 PREDICAO DA TABELA DO POVOAMENTO / ESTOQUE
 =====

 =====
 VOLUMES
 =====

CLASSES DIAMETRO	NUMERO ARVORES	ALTURA (m)	AREA BASAL (m2/ha)	TOTAL (m3/ha)	LAMI NACAO	SERRA RIA	AGLOME RADO
21.5	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
24.5	19.7	24.4	0.93	8.7	0.0	7.0	8.7
27.5	160.1	25.2	9.51	92.6	0.0	80.8	92.6
30.5	108.2	26.0	7.90	79.4	26.8	72.7	79.4
33.5	51.8	26.6	4.75	47.1	25.6	44.4	47.1
TOTAL	339.8		23.10	227.9	52.4	204.8	227.8

 =====

SUMARIO DA TABELA DO POVOAMENTO APOS O DESBASTE:

IDADE = 17.0
 AREA BASAL (M2 POR Ha) = 23.1
 INDICE DE SITIO (ID. BASE 21) = 29
 VOLUME METRO CUB. = 227.9
 DIAMETRO MINIMO (CM) = 24.5
 DIAMETRO MEDIO QUADRATICO (CM) = 29.4
 DIAMETRO MAXIMO (CM) = 33.5
 VOLUME PARA LAMINACAO = 52.4
 VOLUME PARA SERRARIA = 204.8
 VOLUME PARA AGLOMERADO = 227.8
 NUMERO DE ARVORES (/Ha) ANTES DO DESBASTE = 500.0
 NUMERO DE ARVORES (/Ha) REMOVIDAS NO DESBASTE = 160.2
 AREA BASAL (/Ha) EXISTENTES ANTES DO DESBASTE = 30.6
 AREA BASAL (/Ha) REMOVIDAS NO DESBASTE = 7.5

VOLUME EM M3 EXISTENTE ANTES DO DESBASTE = 298.3
 VOLUME EM M3 REMOVIDO NO DESBASTE = 70.5
 VOLUME PARA LAMINACAO ANTES DO DESBASTE = 52.4
 VOLUME PARA LAMINACAO REMOVIDO NO DESBASTE = 0.0
 VOLUME PARA SERRARIA ANTES DO DESBASTE = 260.8
 VOLUME PARA SERRARIA REMOVIDO NO DESBASTE = 56.0
 VOLUME PARA AGLOMERADO ANTES DO DESBASTE = 298.2
 VOLUME PARA AGLOMERADO REMOVIDO NO DESBASTE = 70.4

VOCE DESEJA EFETUAR UM REDESBASTE NO POVOAMENTO
 ENTRE 1 PARA SIM 0 PARA NAO ;
 1

O NUMERO DE ARVORES PREVIAMENTE ESPECIFICADO FOI = 340.0

VOCE DESEJA DESBASTAR EM FUNCAO DO NUMERO DE
 ARVORES (1) OU DA AREA BASAL (2) ;
 1

ESPECIFIQUE O NUMERO DE ARVORES REMANESCENTES DESEJADAS:
 280

=====

PREDICAO DA TABELA DO POVOAMENTO / ESTOQUE

=====

CLASSES DIAMETRO	NUMERO ARVORES	ALTURA (m)	AREA BASAL (m2/ha)	VOLUMES			
				TOTAL (m3/ha)	LAMI NACAO	SERRA RIA	AGLOME RADO
21.5	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
24.5	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
27.5	120.0	25.2	7.13	69.4	0.0	60.6	69.4
30.5	108.2	26.0	7.90	79.4	26.8	72.7	79.4
33.5	51.8	26.6	4.75	47.1	25.6	44.4	47.1
TOTAL	280.0		19.79	195.9	52.4	177.6	195.9

=====

SUMARIO DA TABELA DO POVOAMENTO APOS O DESBASTE:

IDADE = 17.0
 AREA BASAL (M2 POR Ha) = 19.8
 INDICE DE SITIO (ID. BASE 21) = 29
 VOLUME METRO CUB. = 195.9
 DIAMETRO MINIMO (CM) = 27.5
 DIAMETRO MEDIO QUADRATICO (CM) = 30.0
 DIAMETRO MAXIMO (CM) = 33.5
 VOLUME PARA LAMINACAO = 52.4
 VOLUME PARA SERRARIA = 177.6
 VOLUME PARA AGLOMERADO = 195.9
 NUMERO DE ARVORES (/Ha) ANTES DO DESBASTE = 500.0
 NUMERO DE ARVORES (/Ha) REMOVIDAS NO DESBASTE = 220.0
 AREA BASAL (/Ha) EXISTENTES ANTES DO DESBASTE = 30.6
 AREA BASAL (/Ha) REMOVIDAS NO DESBASTE = 10.8
 VOLUME EM M3 EXISTENTE ANTES DO DESBASTE = 298.3
 VOLUME EM M3 REMOVIDO NO DESBASTE = 102.4
 VOLUME PARA LAMINACAO ANTES DO DESBASTE = 52.4
 VOLUME PARA LAMINACAO REMOVIDO NO DESBASTE = 0.0
 VOLUME PARA SERRARIA ANTES DO DESBASTE = 260.8
 VOLUME PARA SERRARIA REMOVIDO NO DESBASTE = 83.2
 VOLUME PARA AGLOMERADO ANTES DO DESBASTE = 298.2
 VOLUME PARA AGLOMERADO REMOVIDO NO DESBASTE = 102.3

VOCE DESEJA FAZER QUALQUER OUTRA PROJECAO
ENTRE 1 PARA SIM 0 PARA NAO ;

1

DIGITE A IDADE DO INICIO DO PERIODO DE PROJECAO ;
15.0

DIGITE A IDADE DO FINAL DO PERIODO DE PROJECAO ;
17.0

DIGITE O VALOR DO INDICE DE SITIO (Id. refer. 21 anos);
29

DIGITE A AREA BASAL / Ha DO INICIO DO PERIODO DE PROJECAO;
0.0

DIGITE O NUM. DE ARVORES / Ha DO INICIO DO PERIODO DE PROJECAO;
500

DIGITE QUANTOS DESBASTES PREVIOS FORAM EFETUADOS ;
4

DIGITE 1 SE QUER ESTIMAR CRESCIMENTO E PRODUCAO A NIVEL DE POVOAMENTO ;
DIGITE 2 SE QUER ESTIMATIVAS A NIVEL DE DISTRIBUICAO DIAMETRICA ;
1

ESTIMATIVA DO CRESCIMENTO E PRODUCAO A NIVEL DE POVOAMENTO

```
=====
IDADE INICIAL          =      15.0          IDADE PROJETADA       =      17.0
AREA BASAL INICIAL    =      27.1          AREA BASAL PROJETADA =      30.6
INDICE DE SITIO       =      29           VOLUME PROJETADO     =     307.0
ICA EM AREA BASAL     =      1.64          IMA EM AREA BASAL    =      1.80
ICA EM VOLUME         =     30.47          IMA EM VOLUME        =     18.06
NUMERO DE ARV INICIAL =     500.0          ARVORES SOBREVIVENTES = 500.0
=====
```

VOCE PROCURA OBTER A CORRESPONDENTE T. POVOAMENTO
ENTRE 1 PARA SIM 0 PARA NAO ;

1

PREDICAO DA TABELA DO POVOAMENTO / ESTOQUE

VOLUMES

```
=====
CLASSES          NUMERO    ALTURA    AREA BASAL    TOTAL    LAMI    SERRA    AGLOME
DIAMETRO        ARVORES    (m)        (m2/ha)      (m3/ha)  NACAO   RIA      RADO
=====
      21.5         20.5       23.4         0.74        6.68     0.00     4.41     6.67
      24.5        144.5       24.4         6.81       63.94     0.00    51.03    63.89
      27.5        175.0       25.2        10.39      101.23     0.00    88.31   101.17
      30.5        108.2       26.0         7.90       79.40    26.81    72.68    79.37
      33.5         51.8       26.6         4.75       47.10    25.60    44.35    47.09
=====
TOTAL           500.0                30.61      298.35    52.42    260.79   298.18
=====
VALORES DE A B C IER S2D= 21.52  7.02  2.04  0.00 10.19
=====
```

SUMARIO DA TABELA DO POVOAMENTO

RESUMO DOS DADOS DE ENTRADA:

IDADE INICIAL = 15.00
AREA BASAL INICIAL = 0.0
N ARVORES INICIAL = 500.0
INDICE DE SITIO = 29
DESBASTES PREVIOS = 4

RESUMO DOS RESULTADOS :

AREA BASAL PROJETADA = 30.6
N ARVORES SOBREVIVENTES = 500.0
DIAMETRO MINIMO (CM) = 21.5
DIAMETRO MED QUADRATICO (CM) = 27.9
DIAMETRO MAXIMO (CM) = 33.5
ALTURA MEDIA DAS DOMINANTES = 26.4
VOLUME PROJETADO (METRO CUB) = 298.3
VOLUME PROJ PARA LAMINACAO = 52.4
VOLUME PROJ PARA SERRARIA = 260.8
VOLUME PROJ PARA AGLOMERADO = 298.2

APENDICE D : Apresenta informacoes dos custos(\$) envolvidos na atividade de reflorestamento dos preços por metro cubico sem casca da madeira vendida para laminacao , para serraria e aglomerado , alem das respectivas demandas por estes produtos pela industria . Obs: procurou-se estabelecer adequadamente o que considerar sem do entanto se preocupar em demasia com o valor real dos num. apresentados

 CUSTOS DE INPLANTACAO E MANUTENCAO POR HECTARE, DO PRIMEIRO AO DECIMO SEGUNDO ANO

90.85	166.67	95.62	8.97	8.97	48.90	9.00	9.00	9.00	38.96	9.00	9.00	9.00
-------	--------	-------	------	------	-------	------	------	------	-------	------	------	------

CUSTOS DE MANUTENCAO POR HECTARE , DO DECIMO TERCEIRO AO VIGESIMO QUINTO ANO

9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

CUSTOS DE ARRASTE , CARREGAMENTO , DESCARREGAMENTO , RECEBIMENTO , CONFERICAO , PRECOS DE MAD. PARA LAMINACAO , SERRARIA E AGLOMERADO POR CADA METRO CUBICO SEM CASCA, PRECO DE CADA Ha DE TERRA E AS DEMANDAS ANUAIS DEFINIDAS PELA INDUSTRIA , DOS PRODUTOS MENCIONADOS

1.16	0.69	0.23	0.01	0.04	38.88	25.16	16.97	600.00	3683.00	92427.00	77867.50	0.00
------	------	------	------	------	-------	-------	-------	--------	---------	----------	----------	------

CUSTOS DE MARCAR ARVORES A SEREM DEBASTADAS(N3) NAS IDADES DE 8 10 12 15 19 e 22 ANOS

0.15	0.14	0.13	0.13	0.11	0.11
------	------	------	------	------	------

CUSTOS DE CORTAR CADA METRO CUBICO DE MADEIRA DA IDADE 7 ATE 16 ANOS

5.90	4.96	4.08	3.20	2.80	2.80	2.21	2.03	1.84	1.76	1.67	1.59
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

CUSTOS DE CORTAR CADA METRO CUBICO DE MADEIRA DA IDADE 19 ATE 29 ANOS

1.51	1.45	1.40	1.34	1.30	1.25	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

CUSTOS DE TRANSPORTAR CADA N3 DAS TRES REGIOES DE EXPLORACAO : 1 , 2 , e 3

1.13	1.29	1.47
------	------	------

APENDICE E : Tabelas de producoes correspondente aos dez regimes de manejo
por sitio

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
25	1	7		8	698.0	7.7	0.0	0.4	29.7
25	1	7		10	500.0	8.4	0.0	3.4	41.7
25	1	7		12	300.0	6.8	0.0	9.2	40.3
25	1	7		15	200.0	6.6	0.0	28.1	47.5
25	1	7		19	200.0	9.0	0.0	58.8	75.5
25	1	7		22	100.0	6.0	0.7	48.0	54.9
25	1	7		25	200.0	17.4	91.0	163.9	174.6

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
25	2	6		8	498.0	4.6	0.0	0.0	16.7
25	2	6		12	800.0	13.6	0.0	4.3	76.7
25	2	6		15	400.0	10.5	0.0	27.0	72.5
25	2	6		19	200.0	8.7	0.0	55.7	72.9
25	2	6		22	100.0	5.9	0.0	47.7	54.7
25	2	6		25	200.0	16.8	82.6	157.8	168.7

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
25	3	6		8	698.0	7.7	0.0	0.4	29.7
25	3	6		12	800.0	15.4	0.0	13.5	89.4
25	3	6		15	200.0	6.5	0.0	26.3	46.1
25	3	6		19	200.0	8.8	0.0	56.6	73.7
25	3	6		22	100.0	6.0	0.5	48.8	55.0
25	3	6		25	200.0	17.0	85.4	159.8	170.2

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
25	4	4		8	698.0	7.7	0.0	0.4	29.7
25	4	4		12	800.0	15.4	0.0	13.5	89.4
25	4	4		19	400.0	16.5	0.0	101.2	137.7
25	4	4		25	300.0	21.4	56.1	189.4	208.9

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
25	5	5		8	598.0	6.4	0.0	0.0	24.5
25	5	5		12	600.0	10.2	0.0	5.3	57.9
25	5	5		15	400.0	10.0	0.0	22.0	68.3
25	5	5		19	300.0	12.1	0.0	72.8	100.5
25	5	5		23	300.0	20.4	40.5	174.3	193.8

Continuacao

APENDICE E : Tabelas de producoes correspondente aos dez regimes de manejo por sito

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
25	6	5	8		698.0	7.7	0.0	0.4	29.7
25	6	5	12		600.0	10.7	0.0	6.4	61.2
25	6	5	15		300.0	8.0	0.0	21.3	55.1
25	6	5	19		600.0	14.7	0.0	90.9	122.1
25	6	5	23		250.0	18.5	49.7	156.1	171.6

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
25	7	5	8		798.0	8.9	0.0	0.4	34.4
25	7	5	12		600.0	11.2	0.0	6.9	63.8
25	7	5	15		350.0	11.5	0.0	48.3	82.3
25	7	5	19		250.0	12.5	6.7	87.2	106.6
25	7	5	23		200.0	16.4	72.7	147.0	157.8

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
25	8	5	7		815.0	9.0	0.0	0.3	30.5
25	8	5	10		600.0	11.2	0.0	5.7	56.6
25	8	5	14		300.0	10.0	0.0	41.3	69.0
25	8	5	18		200.0	9.1	0.0	58.1	74.2
25	8	5	23		300.0	23.1	80.4	201.8	219.5

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
25	9	5	8		798.0	8.9	0.0	0.4	34.4
25	9	5	11		600.0	10.8	0.0	4.5	58.1
25	9	5	15		300.0	9.9	0.0	41.6	70.9
25	9	5	19		200.0	9.0	0.0	58.1	74.9
25	9	5	23		300.0	22.0	58.9	186.3	204.9

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
25	10	5	9		780.0	8.9	0.0	0.6	37.9
25	10	5	12		600.0	10.5	0.0	3.2	59.2
25	10	5	16		300.0	9.8	0.0	42.1	72.7
25	10	5	20		200.0	8.9	0.0	58.7	76.1
25	10	5	24		300.0	21.6	54.5	186.0	204.7

APENDICE E : Tabelas de producoes correspondente aos dez regimes de manejo por sitio

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
29	11	7	8		693.1	8.7	0.0	1.6	40.8
29	11	7	10		500.0	9.5	0.0	8.8	56.8
29	11	7	12		300.0	7.6	0.0	18.3	53.7
29	11	7	15		200.0	7.4	0.0	42.1	62.9
29	11	7	19		200.0	10.6	0.0	89.4	106.5
29	11	7	22		100.0	7.9	38.5	82.0	88.3
29	11	7	25		200.0	26.1	246.6	306.8	315.5

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
29	12	6	8		493.0	5.3	0.0	0.0	23.4
29	12	6	12		800.0	15.3	0.0	16.4	104.9
29	12	6	15		400.0	11.9	0.0	49.3	99.4
29	12	6	19		200.0	10.1	0.0	83.4	101.2
29	12	6	22		100.0	7.6	32.3	77.6	84.2
29	12	6	25		200.0	24.6	215.4	279.9	289.3

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
29	13	6	8		693.0	8.7	0.0	1.6	40.8
29	13	6	12		800.0	17.0	0.0	26.5	118.1
29	13	6	15		200.0	7.1	0.0	38.4	60.0
29	13	6	19		200.0	10.3	0.0	85.8	103.4
29	13	6	22		100.0	7.7	34.3	79.0	85.5
29	13	6	25		200.0	25.1	221.0	284.5	293.8

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
29	14	4	8		693.0	8.7	0.0	1.6	40.8
29	14	4	12		800.0	17.0	0.0	26.5	118.1
29	14	4	19		400.0	18.9	0.0	150.7	189.2
29	14	4	25		300.0	32.4	260.3	368.9	384.7

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
29	15	5	8		593.0	7.1	0.0	0.0	33.0
29	15	5	12		600.0	11.4	0.0	12.1	77.4
29	15	5	15		400.0	10.9	0.0	37.2	89.7
29	15	5	19		300.0	13.9	0.0	109.2	138.3
29	15	5	23		300.0	28.5	191.2	309.1	326.3

Continuacao

APENDICE E : Tabelas de producoes correspondente aos dez regimes de manejo por sito

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
29	16	5	8	693.0	8.7	0.0	1.6	40.8	
29	16	5	12	600.0	11.8	0.0	13.8	80.9	
29	16	5	15	300.0	9.0	0.0	36.8	74.4	
29	16	5	19	350.0	17.1	0.0	138.7	171.1	
29	16	5	23	250.0	25.5	181.4	275.0	288.7	

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
29	17	5	8	793.0	9.9	0.0	1.6	46.4	
29	17	5	12	600.0	12.7	0.0	18.1	87.5	
29	17	5	15	350.0	12.8	0.0	72.6	109.7	
29	17	5	19	250.0	14.1	4.0	122.0	142.4	
29	17	5	23	200.0	23.8	202.5	266.0	275.3	

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
29	18	5	7	812.0	9.7	0.0	0.9	40.0	
29	18	5	10	600.0	12.5	0.0	14.8	76.3	
29	18	5	14	300.0	10.6	0.0	55.8	86.9	
29	18	5	18	200.0	10.7	0.0	87.8	104.4	
29	18	5	23	300.0	33.1	264.1	367.0	382.0	

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
29	19	5	8	793.1	9.9	0.0	1.6	46.4	
29	19	5	11	600.0	12.5	0.0	15.7	81.2	
29	19	5	15	300.0	10.9	0.0	61.3	93.1	
29	19	5	19	200.0	10.6	0.0	89.4	106.5	
29	19	5	23	300.0	30.9	233.4	342.5	358.4	

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
29	20	5	9	774.0	10.1	0.0	2.4	52.0	
29	20	5	12	600.0	12.4	0.0	16.3	85.4	
29	20	5	16	300.0	10.9	0.0	63.0	96.0	
29	20	5	20	200.0	10.5	0.0	90.9	108.5	
29	20	5	24	300.0	30.4	217.4	331.9	348.6	

APENDICE E : Tabelas de producoes correspondente aos dez regimes de manejo por sitio

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
33	21	7		8	688.2	9.3	0.0	3.1	51.3
33	21	7		10	500.0	10.1	0.0	13.8	71.0
33	21	7		12	300.0	8.0	0.0	25.7	65.8
33	21	7		15	200.0	8.2	0.0	59.3	81.4
33	21	7		19	200.0	12.1	12.5	124.6	142.3
33	21	7		22	100.0	10.4	92.0	131.2	136.9
33	21	7		25	200.0	37.6	396.6	451.9	460.0

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
33	22	6		8	488.0	5.7	0.0	0.0	29.8
33	22	6		12	800.0	16.7	0.0	29.9	133.6
33	22	6		15	400.0	12.5	0.0	65.4	121.1
33	22	6		19	200.0	11.4	4.7	115.4	133.9
33	22	6		22	100.0	10.1	86.1	126.5	132.4
33	22	6		25	200.0	36.2	388.0	444.4	452.7

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
33	23	6		8	688.0	9.3	0.0	3.1	51.2
33	23	6		12	800.0	18.4	0.0	42.8	149.4
33	23	6		15	200.0	8.1	0.0	58.4	80.7
33	23	6		19	200.0	12.0	11.2	123.2	141.1
33	23	6		22	100.0	10.4	91.1	130.5	136.2
33	23	6		25	200.0	37.5	396.0	451.5	459.5

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
33	24	4		8	688.0	9.3	0.0	3.1	51.3
33	24	4		12	800.0	18.4	0.0	42.8	149.4
33	24	4		19	400.0	21.2	0.0	207.9	247.8
33	24	4		25	300.0	48.0	590.9	676.8	689.3

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
33	25	5		8	589.0	7.6	0.0	0.4	41.2
33	25	5		12	600.0	12.2	0.0	20.2	97.3
33	25	5		15	400.0	11.9	0.0	56.4	114.4
33	25	5		19	300.0	16.0	0.0	157.1	186.8
33	25	5		23	300.0	38.4	400.7	504.1	519.2

Continuacao

APENDICE E : Tabelas de producoes correspondente aos dez regimes de manejo por sito

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
33	26	5	8	688.0	9.3	0.0	3.1	51.3	
33	26	5	12	600.0	13.1	0.0	26.9	105.6	
33	26	5	15	300.0	9.4	0.0	48.6	90.4	
33	26	5	19	350.0	19.1	2.2	190.4	224.2	
33	26	5	23	250.0	34.7	378.0	458.1	469.8	

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
33	27	5	8	788.0	10.6	0.0	3.1	57.9	
33	27	5	12	600.0	13.5	0.0	29.2	109.4	
33	27	5	15	350.0	14.4	0.0	105.7	144.5	
33	27	5	19	250.0	17.2	53.4	186.8	206.9	
33	27	5	23	200.0	31.2	342.0	401.1	409.8	

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
33	28	5	7	808.0	10.1	0.0	1.5	48.3	
33	28	5	10	600.0	13.1	0.0	21.4	92.7	
33	28	5	14	300.0	12.2	0.0	85.9	117.9	
33	28	5	18	200.0	12.2	14.2	123.1	140.1	
33	28	5	23	300.0	47.5	556.1	640.5	652.8	

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
33	29	5	8	788.0	10.6	0.0	3.1	57.9	
33	29	5	11	600.0	13.3	0.0	25.3	101.3	
33	29	5	15	300.0	12.6	0.0	94.1	126.5	
33	29	5	19	200.0	12.2	14.2	126.4	143.9	
33	29	5	23	300.0	42.3	476.7	570.1	583.7	

IS	NUM TRAT	NUMDESB	EP	DESB	NARV	G	VLAMINA	VSERRAR	VAGLOME
33	30	5	9	767.0	11.2	0.0	6.0	68.4	
33	30	5	12	600.0	13.7	0.0	27.3	110.3	
33	30	5	16	300.0	12.6	0.0	97.1	130.8	
33	30	5	20	200.0	12.2	14.2	130.1	148.0	
33	30	5	24	300.0	41.4	468.6	565.0	580.0	

Continuacao

APENDICE E : Tabelas de producoes correspondente aos dez regimes de manejo por sitio

IS : Indice de sitio na idade de referencia igual a 21 anos
NUM TRAT : Numero do tratamento (sao dez por sitio)
NUMDESB : Numero de desbastes definidos por tratamento
EP DESB : Idade em que os debastes serao realizados
NARV : Numero de arvores retiradas por ocasio de cada desbaste
G : Area basal removida por desbaste (m2/ha)
VLAMINA : Volume para uso em laminacao
VSERRAR : Volume para uso em serraria
VAGLOME : Volume para uso na fabricacao de aglomerado
OBS. : Os volumes sao superpostos e em m3 sem casca

APENDICE 7 Planos de manejo definidos para os trinta anos de horizonte de planejamento, por estrato

VALOR DA FUNÇÃO OBJETIVO = 52099064

NUMERO DE ITERACOES = 2367

E S T R A T O	I	L	S	U	ARRA	CUSTO	COLHEITA															
							ANO	LAJIN	SERRA	AGLON	ANO	LAJIN	SERRA	AGLON	ANO	LAJIN	SERRA	AGLON				
1	2	29	1	0	100.0	124121	5	0	90	4000	8	0	1480	7630	12	0	5580	8690	16	0	8780	10440
							21	26410	36700	38200	28	0	90	4000								
2	0	29	1	7	75.0	139809	3	0	1357	6562	6	0	5445	8227	10	-300	9150	10680	14	15187	10850	20647
							22	0	120	3480	26	0	1357	6562	29	0	5445	8227				
3	16	29	2	0	65.0	140984	2	0	5707	6786	7	17166	23855	24830	14	0	58	2600	17	0	962	4959
							21	0	3627	5648	25	0	5707	6786	30	17166	23855	24830				
4	20	33	3	0	70.0	255274	3	38927	44835	45696	10	0	105	3381	13	0	1488	6489	17	0	6013	8253
							21	994	8617	9807	26	38927	44835	45696								
5	20	29	3	0	90.0	233685	3	23769	33030	34380	10	0	81	3600	13	0	1332	6867	17	0	5022	7823
							21	0	7902	9396	26	23769	33030	34380								
6	21	25	1	0	50.0	104777	2	4020	10090	10975	9	0	15	1525	12	0	285	2830	16	0	2065	3450
							20	0	2905	3710	25	4020	10090	10975								
7	5	29	1	0	60.0	98499	2	0	54	2400	5	0	888	4578	9	0	3348	5214	13	0	5268	6264
							18	15846	22020	22920	25	0	54	2400	28	0	888	4578				
8	14	29	1	9	80.0	180726	1	0	4904	7448	5	0	7152	8520	9	18672	27400	28672	17	0	128	3712
							20	0	1256	6486	24	0	4904	7448	28	0	7152	8520				
9	15	29	1	0	30.0	61421	3	0	2634	3132	8	7923	11010	11460	15	0	27	1200	18	0	444	2289
							22	0	1674	2607	26	0	2634	3132								
10	23	29	2	4	50.0	138060	2	13015	18445	19235	10	0	80	2040	14	0	1325	5905	21	0	7535	9460
							27	13015	18445	19235												
11	0	25	2	7	50.0	68602	4	0	345	3190	7	0	2415	4115	11	335	4360	5330	15	3635	7350	7890
							23	0	20	1720	27	0	345	3190	30	0	2415	4115				
12	10	29	2	2	50.0	96288	2	0	820	5245	5	0	2465	4970	9	0	4170	5060	12	1615	3880	4219
							15	10770	13995	14465	23	0	0	1170	27	0	820	5245	30	0	2465	4970
13	1	29	2	9	17.8	23740	7	0	28	824	10	0	279	1442	14	0	1088	1653	18	0	1587	1881
							22	4144	6082	6364	30	0	28	824								
13	1	29	2	10	32.2	43107	8	0	77	1677	11	0	526	2754	15	0	2031	3095	19	0	2931	3498
							23	7010	10702	11240												
14	2	29	2	0	50.0	82163	5	0	45	2000	8	0	740	3815	12	0	2780	4345	16	0	4380	5220
							21	13205	18350	19100	28	0	45	2000								
15	3	29	2	0	38.6	58065	4	0	35	1544	7	0	571	2945	11	0	2154	3354	15	0	3389	4030
							20	10194	14166	14745	27	0	35	1544	30	0	571	2945				
15	3	29	2	1	1.4	2107	5	0	2	57	7	0	12	80	9	0	26	75	12	0	59	88
							16	0	125	149	19	54	115	124	22	345	430	442	30	9	2	57
16	4	29	2	0	40.0	62290	3	0	36	1600	6	0	592	3052	10	0	2232	3476	14	0	3512	4176
							19	10564	14680	15280	26	0	36	1600	29	0	592	3052				
17	5	25	1	7	40.0	51206	3	0	16	1376	7	0	276	2552	10	0	1932	3292	14	268	3488	4264
							18	2908	5880	6312	26	0	16	1376	30	0	276	2552				
18	4	29	2	8	40.0	62290	3	0	36	1600	6	0	592	3052	10	0	2232	3476	14	0	3512	4176
							19	10564	14680	15280	26	0	36	1600	29	0	592	3052				

Continuacao

APENDICE F : Planos de manejo definidos para os trinta anos de horizonte de planejamento , por estrato

E S T R A T O	I S T A D O	Z O N A	H. S. JADA	AREA HAJE DO	CUSTO DO	COLHEITA																
						ANO	LAMIN	SERRA	AGLON	ANO	LAMIN	SERRA	AGLON	ANO	LAMIN	SERRA	AGLON					
18	5	29	2	8	40.0	65724	2	0	36	1600	5	0	592	3052	9	0	2232	3476	13	0	3512	4176
							18	10564	14680	15280	25	0	36	1600	28	0	592	3052				
20	5	29	2	9	36.6	57377	3	0	58	1696	6	0	574	2968	10	0	2241	3403	14	0	3268	3893
							18	8532	12520	13101	26	0	58	1696	29	0	574	2968				
26	5	29	2	8	3.4	5409	2	0	3	138	5	0	51	263	9	0	192	299	13	0	303	380
							18	910	1265	1316	25	0	3	138	28	0	51	263				
21	6	33	2	0	50.0	105868	1	0	75	2415	4	0	1070	4635	8	0	4295	5895	12	710	6155	7005
							17	27805	32025	32640	24	0	75	2415	27	0	1070	4635				
22	5	29	2	9	50.0	78482	3	0	80	2320	6	0	785	4060	10	0	3065	4655	14	0	4470	5325
							18	11670	17125	17920	26	0	80	2320	28	0	785	4060				
23	6	29	2	1	60.0	104632	2	0	96	2448	4	0	528	3408	6	0	1098	3222	9	0	2526	3774
							13	0	5364	6390	16	2310	4920	5298	19	14796	18408	18930	27	0	96	2448
							29	0	528	3408												
24	6	25	2	4	50.0	55811	2	0	20	1485	6	0	675	4470	13	0	5060	6885	19	2805	9470	10445
							27	0	20	1485												
25	6	29	2	8	50.0	88958	1	0	45	2000	4	0	740	3815	8	0	2790	4345	12	0	4390	5220
							17	13205	18350	19100	24	0	45	2000	27	0	740	3815				
26	7	29	2	9	50.0	91711	1	0	80	2320	4	0	785	4060	8	0	3065	4655	12	0	4470	5325
							16	11670	17125	17920	24	0	80	2320	27	0	785	4060				
27	7	29	2	9	50.0	91711	1	0	80	2320	4	0	785	4060	8	0	3065	4655	12	0	4470	5325
							16	11670	17125	17920	24	0	80	2320	27	0	785	4060				
28	7	25	2	4	50.0	60764	1	0	20	1485	5	0	675	4470	12	0	5060	6885	18	2805	9470	10445
							26	0	20	1485	30	0	675	4470								
29	8	29	2	7	50.0	84454	4	0	905	4375	7	0	3630	5485	11	200	6100	7120	15	10125	13300	13765
							23	0	80	2320	27	0	905	4375	30	0	3630	5485				
30	8	29	2	9	39.5	67428	3	0	620	3209	7	0	2422	3679	11	0	3533	4209	15	223	13535	14163
							23	0	63	1834	26	0	620	3209	30	0	2422	3679				
30	8	29	2	8	10.5	17886	2	0	155	800	6	0	585	911	10	0	920	1094	15	2768	3847	4804
							22	0	9	419	25	0	155	800	29	0	585	911				
31	8	33	2	8	50.0	112966	2	0	1070	4635	6	0	4295	5895	10	710	6155	7005	15	27005	32025	32640
							22	0	75	2415	25	0	1070	4635	28	0	4295	5895				
32	8	29	2	7	50.0	83267	3	0	905	4375	6	0	3630	5485	10	200	6100	7120	14	10125	13300	13765
							22	0	80	2320	26	0	905	4375	29	0	3630	5485				
33	8	29	2	9	20.2	34460	3	0	317	1640	7	0	1238	1880	11	0	1806	2151	15	4714	6917	7238
							23	0	32	937	26	0	317	1640	30	0	1238	1880				
33	8	29	2	10	29.0	50854	1	0	72	1550	4	0	486	2545	8	0	1878	2861	12	0	2700	3234
							16	6479	9882	10390	25	0	72	1550	28	0	486	2545				
34	8	29	2	7	50.0	84454	4	0	905	4375	7	0	3630	5485	11	200	6100	7120	15	10125	13300	13765
							23	0	80	2320	27	0	905	4375	30	0	3630	5485				
35	9	29	3	7	85.0	158871	3	0	1539	7438	6	0	6171	9325	10	340	10370	12104	14	17213	22610	23400
							22	0	136	3944	26	0	1539	7438	29	0	6171	9325				
36	8	33	3	8	125.0	307757	1	0	2875	11588	5	0	10738	14738	9	1775	15388	17513	14	68613	80863	81600
							21	0	188	8038	24	0	2875	11588	28	0	10738	14738				

Continuacao

APENDICE F : Planos de manejo definidos para os trinta anos de horizonte de planejamento , por estrato

E S TRA DA T O DE	I S	Z	H.	ARRA MANE JADA	CUSTO DO MANEJO	COLHEITA																
						ANO	LANIN	SERRA	AGLON	ANO	LANIN	SERRA	AGLON	ANO	LANIN	SERRA	AGLON					
37	9	29	1	7	60.0	111646	3	0	1086	5250	6	0	4356	6582	10	240	7320	8544	14	12150	15960	16510
							22	0	96	2784	26	0	1086	5250	29	0	4356	6582				
38	10	33	3	9	80.0	202170	1	0	2024	8104	5	0	7528	10120	9	1136	10112	11512	13	38136	45600	46690
							21	0	248	4632	24	0	2024	8104	28	0	7528	10120				
39	2	33	3	4	76.0	104653	6	0	236	3899	10	0	3253	11354	17	0	15800	18833	23	44908	51437	52387
40	10	29	3	2	85.0	163690	2	0	1394	8917	5	0	4191	8449	9	0	7089	8602	12	2746	6596	7157
							15	16309	23792	24591	23	0	0	1989	27	0	1394	8917	30	0	4191	8449
41	10	29	3	2	68.0	130952	2	0	1115	7133	5	0	3352	6759	9	0	5671	6882	12	2196	5277	5726
							15	14647	19033	19672	23	0	0	1591	27	0	1115	7133	30	0	3352	6759
42	11	25	3	7	115.0	205943	1	0	793	7337	4	0	5554	9464	8	770	10028	12259	12	8360	16905	18147
							20	0	46	3956	24	0	793	7337	27	0	5554	9464				
43	11	29	2	2	50.0	108020	1	0	820	5245	4	0	2465	4970	8	0	4170	5060	11	1615	3880	4210
							14	10770	13895	14465	22	0	0	1170	26	0	820	5245	29	0	2465	4970
44	12	29	2	7	40.0	70231	3	0	2904	4388	7	160	4880	5696	11	8100	10640	11012	18	0	64	1856
							23	0	724	3500	26	0	2904	4388	30	160	4880	5696				
45	12	29	2	7	40.0	70231	3	0	2904	4388	7	160	4880	5696	11	8100	10640	11012	18	0	64	1856
							23	0	724	3500	26	0	2904	4388	30	160	4880	5696				
46	12	29	2	8	45.0	90145	2	0	2511	3910	6	0	3951	4698	11	11884	16515	17190	18	0	40	1800
							21	0	666	3433	25	0	2511	3910	29	0	3951	4698				
47	12	33	2	8	45.0	116359	2	0	3866	5306	6	639	5540	6305	11	25024	28823	29376	18	0	60	2174
							21	0	863	4172	25	0	3866	5306	29	639	5540	6305				
48	13	29	2	7	45.0	95349	2	0	3267	4936	6	180	5490	6408	10	9112	11970	12388	18	0	72	2888
							22	0	814	3937	25	0	3267	4936	29	180	5490	6408				
49	13	25	2	7	50.0	86084	2	0	2415	4115	6	335	4360	5330	10	3635	7350	7890	18	0	20	1720
							22	0	345	3190	25	0	2415	4115	29	335	4360	5330				
50	13	28	2	7	43.9	93017	2	0	3187	4816	6	176	5356	6251	10	8890	11677	12065	18	0	70	2837
							22	0	795	3841	25	0	3187	4816	29	176	5356	6251				
50	13	29	2	9	6.1	12927	2	0	374	568	6	0	545	650	10	1424	2090	2187	18	0	10	283
							21	0	96	495	25	0	374	568	29	0	545	650				
51	13	33	2	8	50.0	134064	1	0	4295	5895	5	710	6155	7005	10	27805	32025	32640	17	0	75	2415
							20	0	1070	4635	24	0	4295	5895	28	710	6155	7005				
52	14	29	2	7	25.2	58124	1	0	1831	2766	5	101	3076	3591	9	5106	6707	6942	17	0	40	1170
							21	0	456	2206	24	0	1831	2766	28	101	3076	3591				
52	14	29	2	2	24.0	57130	1	0	1222	2464	5	0	2067	2508	8	801	1923	2007	11	5330	6937	7170
							19	0	0	580	23	0	406	2600	26	0	1222	2464	30	0	2067	2508
53	14	29	2	10	25.2	45798	2	0	1587	2418	6	0	2289	2732	10	5475	8358	8779	19	0	60	1310
							22	0	410	2151	26	0	1587	2418	30	0	2289	2732				
53	14	29	2	2	24.0	45131	1	0	1223	2467	5	0	2070	2511	8	802	1926	2090	11	5345	6946	7179
							19	0	0	581	23	0	407	2603	26	0	1223	2467	30	0	2070	2511

Continuacao

APENDICE F Planos de manejo definidos para os trinta anos de horizonte de planejamento , por estrato

E S TRA T O	I S DA DE	Z S.	H. S.	AREA HAVE JADA	CUSTO DO MANEJO	COLHEITA																
						ANO	LANIN	SERRA	AGLON	ANO	LANIN	SERRA	AGLON	ANO	LANIN	SERRA	AGLON					
00	21	20	1	0	50.0	141956	2	13205	18350	19100	9	0	45	2000	12	0	740	3815	16	0	2790	4345
							20	0	4390	5220	25	13205	18350	19100								
09	21	25	2	0	50.0	104818	2	4020	10090	10975	9	0	15	1525	12	0	285	2830	16	0	2065	3450
							20	0	2905	3710	25	4020	10090	10975								
90	21	29	2	0	50.0	142010	2	13205	18350	19100	9	0	45	2000	12	0	740	3815	16	0	2790	4345
							20	0	4390	5220	25	13205	18350	19100								
91	21	25	2	0	50.0	104818	2	4020	10090	10975	9	0	15	1525	12	0	285	2830	16	0	2065	3450
							20	0	2905	3710	25	4020	10090	10975								
92	22	29	2	0	50.0	155753	1	13205	18350	19100	8	0	45	2000	11	0	740	3815	15	0	2790	4345
							19	0	4390	5220	24	13205	18350	19100								
93	22	29	2	0	50.0	155753	1	13205	18350	19100	8	0	45	2000	11	0	740	3815	15	0	2790	4345
							19	0	4390	5220	24	13205	18350	19100								
94	22	29	2	0	50.0	155753	1	13205	18350	19100	8	0	45	2000	11	0	740	3815	15	0	2790	4345
							19	0	4390	5220	24	13205	18350	19100								
95	22	33	1	0	60.0	267086	1	33366	38430	39168	8	0	90	2898	17	0	1284	5562	15	0	5154	7074
							19	852	7386	8406	24	33366	38430	39168								
96	22	29	2	0	50.0	155753	1	13205	18350	19100	8	0	45	2000	11	0	740	3815	15	0	2790	4345
							19	0	4390	5220	24	13205	18350	19100								
97	23	25	2	4	50.0	99453	2	2805	9470	10445	10	0	20	1485	14	0	675	4470	21	0	5060	6885
							27	2805	9470	10445												
98	23	29	2	4	50.0	138060	2	13015	18445	19235	10	0	80	2040	14	0	1325	5905	21	0	7535	9460
							27	13015	18445	19235												
99	24	25	2	1	50.0	100768	1	4550	8195	8730	9	0	20	1485	11	0	170	2085	13	0	460	2015
							16	0	1405	2375	20	0	2940	3775	23	35	2400	2745	26	4550	8195	8730
100	24	29	2	4	50.0	151224	1	13015	18445	19235	9	0	80	2040	13	0	1325	5905	20	0	7535	9460
							26	13015	18445	19235												
101	24	29	2	4	60.0	181469	1	15618	22134	23082	9	0	96	2448	13	0	1590	7086	20	0	9042	11352
							26	15618	22134	23082												
102	24	25	2	1	50.0	100768	1	4550	8195	8730	9	0	20	1485	11	0	170	2085	13	0	460	2015
							16	0	1405	2375	20	0	2940	3775	23	35	2400	2745	26	4550	8195	8730
103	24	29	2	4	50.0	151224	1	13015	18445	19235	9	0	80	2040	13	0	1325	5905	20	0	7535	9460
							26	13015	18445	19235												
104	2	29	2	0	50.0	62183	5	0	45	2000	8	0	740	3815	12	0	2790	4345	16	0	4390	5220
							21	13205	18350	19100	28	0	45	2000								
105	25	25	2	1	60.0	201580	1	5460	9834	10476	9	0	24	1782	11	0	204	2502	13	0	552	2418
							16	0	1688	2850	20	0	3528	4530	23	42	2880	3294	26	5460	9834	10476
106	25	29	2	0	59.2	376553	1	15628	21717	22605	8	0	53	2367	11	0	876	4515	15	0	3302	5142
							19	0	5196	6178	24	15628	21717	22605	26	0	53	2367	29	0	876	4515

Continuacao

APENDICE F : Planos de manejo definidos para os trinta anos de horizonte de planejamento , por estrato

E S T R A T O	I S T O R I A	S E X O	N. S. JADA	H. MANEJADA	AREA DO MANEJO	CUSTO DO MANEJO	COLHEITA															
							ANO	LAJIN	SERRA	AGLON	ANO	LAJIN	SERRA	AGLON	ANO	LAJIN	SERRA	AGLON				
146	7	29	2	9	35.2	64607	1	0	56	1634	4	0	553	2860	8	0	2159	3279	12	0	3149	3751
							16	8221	12064	12624	24	0	56	1634	27	0	553	2860				
146	7	29	2	4	14.8	27104	1	0	24	603	5	0	392	1745	12	0	2227	2796	18	0	3846	5451
							26	0	24	603	30	0	392	1745								
147	7	29	3	4	50.0	78252	1	0	80	2040	5	0	1325	5905	12	0	7535	8460	18	0	13015	18445
							26	0	80	2040	30	0	1325	5905								
148	6	29	2	4	17.3	23216	2	0	28	706	6	0	450	2043	13	0	2607	3278	19	0	4502	6381
							27	0	28	706												
148	6	29	2	1	32.7	43894	2	0	52	1334	4	0	288	1858	6	0	598	1756	9	0	1377	2057
							13	0	2924	3483	16	1259	2682	2888	19	8065	10033	10318	27	0	52	1334
149	8	25	2	7	50.0	68602	4	0	345	3190	7	0	2415	4115	11	335	4360	5330	15	0	3635	7350
							23	0	20	1720	27	0	345	3190	30	0	2415	4115				
150	8	29	2	10	5.2	9370	1	0	12	268	4	0	84	441	8	0	325	485	12	0	469	560
							16	1122	1713	1799	25	0	12	268	28	0	84	441				
150	8	29	2	7	44.8	81431	4	0	812	3924	7	0	3255	4919	11	179	5470	6385	15	0	8080	11927
							23	0	72	2081	27	0	812	3924	30	0	3255	4919				
151	8	29	2	7	50.0	84454	4	0	905	4375	7	0	3630	5485	11	200	6100	7120	15	0	10125	13300
							23	0	80	2320	27	0	905	4375	30	0	3630	5485				
152	8	25	2	7	50.0	68602	4	0	345	3190	7	0	2415	4115	11	335	4360	5330	15	0	3635	7350
							23	0	20	1720	27	0	345	3190	30	0	2415	4115				
153	9	29	2	7	50.0	93267	3	0	905	4375	6	0	3630	5485	10	200	6100	7120	14	0	10125	13300
							22	0	80	2320	26	0	905	4375	29	0	3630	5485				
154	9	29	2	7	50.0	93267	3	0	905	4375	6	0	3630	5485	10	200	6100	7120	14	0	10125	13300
							22	0	80	2320	26	0	905	4375	29	0	3630	5485				
155	10	25	3	7	50.0	83182	2	0	345	3190	5	0	2415	4115	9	335	4360	5330	13	0	3635	7350
							21	0	20	1720	25	0	345	3190	28	0	2415	4115				
156	10	29	2	2	24.8	47816	2	0	407	2605	5	0	1224	2468	9	0	2071	2513	12	0	802	1927
							15	5348	6950	7183	23	0	0	581	27	0	407	2605	30	0	1224	2468
156	10	29	2	7	25.2	48472	2	0	456	2202	5	0	1827	2761	9	101	3071	3584	13	0	5097	6695
							21	0	40	1168	25	0	456	2202	28	0	1827	2761				
157	10	29	2	2	50.0	96288	2	0	820	5245	5	0	2465	4970	9	0	4170	5060	12	0	1615	3880
							15	10770	13995	14465	23	0	0	1170	27	0	820	5245	30	0	2465	4970
158	10	25	2	7	50.0	83140	2	0	345	3190	5	0	2415	4115	9	335	4360	5330	13	0	3635	7350
							21	0	20	1720	25	0	345	3190	28	0	2415	4115				
159	10	29	2	2	50.0	96288	2	0	820	5245	5	0	2465	4970	9	0	4170	5060	12	0	1615	3880
							15	10770	13995	14465	23	0	0	1170	27	0	820	5245	30	0	2465	4970
160	11	29	2	2	14.5	31399	1	0	238	1525	4	0	717	1445	8	0	1212	1471	11	0	469	1120
							14	3131	4068	4205	22	0	0	340	26	0	238	1525	29	0	717	1445
160	11	29	2	8	35.5	76621	1	0	1979	3082	7	0	3114	3703	12	8367	13016	13548	19	0	32	1419
							22	0	525	2708	28	0	1979	3082	30	0	3114	3703				

APENDICE F : Planos de manejo definidos para os trinta anos de horizonte de planejamento , por estrato

E S T R A T O	I D A D E	Z O N A	M. S.	H. S.	ÁREA	CUSTO	COLHEITA																
							JADA	MANEJO	ANO	LAMIN	SERRA	AGLON	ANO	LAMIN	SERRA	AGLON	ANO	LAMIN	SERRA	AGLON			
100	21	29	1	0	50.0	141956	2	13205	18350	19100	9	0	45	2000	12	0	740	3815	16	0	2790	4345	
								20	0	4390	5220	25	13205	18350	19100								
100	21	29	2	0	50.0	142018	2	13205	18350	19100	9	0	45	2000	12	0	740	3815	16	0	2790	4345	
								20	0	4390	5220	25	13205	18350	19100								
200	21	29	3	0	50.0	142088	2	13205	18350	19100	9	0	45	2000	12	0	740	3815	16	0	2790	4345	
								20	0	4390	5220	25	13205	18350	19100								

Onde :

- ESTRATO : Reuniao de taloes com mesmas caracteristicas
 IDADE : Idade real do estrato
 IS : Índice de sitio do estrato para idade base de 21 anos
 ZT : Zona de exploracao a que pertence o estrato
 MS : Manejo selecionado para ser aplicado no estrato
 ANO : Indica o ano dentro do horizonte de planejamento
 LAMIN : Indica o volume destinado para laminacao
 SERRA : Indica o volume destinado para serraria
 AGLON : Indica o volume destinado para aglomerado
 OBS. : Os volumes considerados estao n3 sen casca

VENDAS DE MADEIRAS PARA LAMINACAO , SERRARIA E AGLOMERADO E SUAS RESPECTIVAS FOLGAS

ANO	VENDAS			FOLGAS		
	LAMINADO	SERRARIA	AGLOMERADO	LAMINACAO	SERRARIA	AGLOMERADO
1	354035.2	0.0	145037.2	0.0	482637.1	450145.3
2	134001.9	85392.6	15006.8	0.0	137684.7	315504.0
3	228906.9	58333.7	0.0	0.0	232590.6	383350.5
4	88001.0	0.0	0.0	0.0	91683.4	184111.9
5	40012.7	28861.0	0.0	0.0	43699.2	164987.8
6	14821.9	0.0	0.0	0.0	18504.6	110832.5
7	153353.2	0.0	0.0	0.0	185377.8	249462.3
8	150827.1	0.0	0.0	0.0	154510.0	246938.2
9	64923.9	16280.9	1919.3	0.0	68606.6	177313.5
10	98491.0	33584.2	12263.3	0.0	102174.9	228194.0
11	88934.3	0.0	8438.0	0.0	92617.9	185043.1
12	25342.9	0.0	0.0	0.0	43693.3	121453.6
13	46819.5	0.0	59785.5	0.0	50501.1	142927.5
14	166033.0	0.0	0.0	0.0	178210.3	262141.1
15	161798.1	0.0	0.0	0.0	184679.2	257909.8
16	39048.4	0.0	0.0	0.0	62187.6	135157.8
17	55113.3	0.0	13373.5	0.0	65709.5	151223.8
18	106313.1	0.0	0.0	0.0	112847.8	202425.0
19	98285.4	0.0	0.0	0.0	121433.8	194395.8
20	46126.2	0.0	89708.7	0.0	142002.2	142235.8
21	133847.7	85220.8	0.0	0.0	137530.6	315178.4
22	20492.7	0.0	0.0	0.0	24176.3	116603.4
23	0.0	0.0	0.0	60818.3	29978.1	96111.6
24	0.0	0.0	141200.1	155247.6	164428.1	96110.0
25	0.0	0.0	96146.0	105167.2	133058.4	96110.0
26	0.0	0.0	658908.9	427694.0	613074.8	96110.0
27	112422.1	23265.6	30408.6	0.0	116104.7	231797.5
28	0.0	0.0	0.0	26506.8	18248.8	96110.0
29	0.0	0.0	54586.5	19235.7	49363.1	96110.0
30	0.0	0.0	0.0	104443.5	153872.7	243578.2

PRODUCAO TOTAL POR ANO DE MADEIRA PARA LAMINACAO ,
SERRARIA E AGLOMERADO CONSIDERANDO SUPERPOSICAO ,
DOS VOLUMES

ANO	LAMINADO	SERRARIA	AGLOMERADO
1	357718.3	575062.9	673048.2
2	137685.0	315504.8	408377.8
3	232590.0	383351.0	461219.7
4	91684.3	184111.2	261980.6
5	43700.9	164990.2	242858.0
6	18504.6	110931.0	188797.8
7	157034.9	277803.9	327329.9
8	154510.1	246937.8	324805.7
9	68605.8	177312.4	257099.7
10	102174.2	228195.0	318325.9
11	92617.7	185045.0	271352.1
12	29026.0	136120.3	199320.5
13	50503.0	142929.6	280583.6
14	169711.1	270631.6	340003.3
15	165485.1	277106.6	335780.9
16	42731.3	154616.3	213027.2
17	58796.1	158136.8	242463.7
18	109998.5	205276.2	280293.1
19	101967.6	213859.4	272261.4
20	49809.2	234428.8	309812.7
21	137531.0	315179.7	393047.0
22	24175.2	116602.4	194469.5
23	64500.8	122403.9	173978.3
24	158930.7	256853.8	315177.2
25	108850.0	225487.0	270122.3
26	431377.7	705503.4	832887.6
27	116105.0	231798.1	340074.4
28	30180.9	110677.2	173979.6
29	22918.9	141789.8	228563.5
30	108125.8	246303.6	321443.1