

ERNESTO HECTOR CRECHI

**EFEITOS DA DENSIDADE DA PLANTAÇÃO SOBRE A  
PRODUÇÃO, CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA  
DE *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.  
EM MISSIONES, ARGENTINA.**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do Título de "Mestre em Ciências Florestais - M. Sc.", no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho.

CURITIBA

1996

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**P A R E C E R**

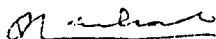
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **ERNESTO HECTOR CRECHI**, sob o título "**EFEITOS DA DENSIDADE DA PLANTAÇÃO SOBRE A PRODUÇÃO, CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE *Araucária angustifolia* (Bert) O. Ktze. EM MISSIONES, ARGENTINA**", para obtenção do grau de **Mestre** em Ciências Florestais, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **MANEJO FLORESTAL**.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, com média final: ( *10* ), correspondente ao conceito: ( *A* ).

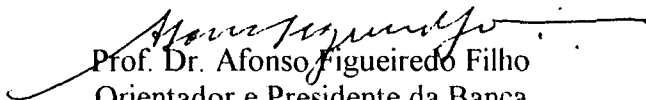
Curitiba, 02 DE AGOSTO DE 1996



Pesq. Dr. Edilson Batista de Oliveira  
Primeiro Examinador  
EMBRAPA/PR



Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado  
Segundo Examinador  
UFPR



Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho  
Orientador e Presidente da Banca  
UFPR

AOS MEUS PAIS  
A MINHA ESPOSA LILI  
A FABIAN E JAVIER  
DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

De modo especial, a meu orientador, Professor Afonso Figueiredo Filho, pela amizade, estímulo, interesse e dedicação na orientação de meu trabalho.

Também de maneira especial ao Professor Sebastião do Amaral Machado pela atenção, sugestões e esclarecimentos durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao Professor Flávio Felipe Kirchner pelas valiosas sugestões.

Ao Professor Décio José de Figueiredo, pelas sugestões e revisão do trabalho.

Ao Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (INTA), pela oportunidade de realização do curso.

Aos amigos, estudantes, funcionários e professores do curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pelo constante apoio e amizade.

Às funcionárias da Biblioteca do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, pela dedicação na fase de revisão bibliográfica e sugestões na apresentação do trabalho.

Ao colega Engenheiro Florestal M. Sc. Ramón Alejandro Friedl, Professor da Universidade Nacional de Misiones, pelas sugestões e revisão do trabalho.

A minha esposa e filhos que, nas horas difíceis, encorajaram-me e incentivaram-me sempre.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

ERNESTO HECTOR CRECHI, filho de Héctor Pancrácio Crechi e de Gerda Emã Ebert, nasceu em Eldorado, Misiones, Argentina, em 6 de julho de 1956.

Fez curso primário na Escola 254, no Município de Montecarlo, Misiones, concluindo em 1968. Completou sua formação secundária no Colégio Instituto Linea Cuchilla, em Ruiz de Montoya, Misiones, em 1974.

Em 1975 iniciou o curso de Engenharia Florestal na Universidade Nacional de Misiones, concluindo em julho de 1980. No período de fevereiro de 1981 até abril de 1988 foi Professor na Universidade Nacional de Misiones.

A partir dessa data assumiu o cargo de Pesquisador no Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (INTA), na Estação Experimental de Montecarlo, Misiones, Argentina.

Em 1994 iniciou o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, a nível de Mestrado, na Universidade Federal do Paraná, na Área de Manejo Florestal, o qual é concluído com a defesa desta dissertação.

## SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xv
RESUMO.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
1 <u>INTRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA</u> .....	1
1.1 OBJETIVOS.....	4
2 <u>REVISÃO DE LITERATURA</u> .....	7
2.1 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO FLORESTAL.....	7
2.2 MODELOS MATEMÁTICOS PARA EXPRESSAR O CRESCIMENTO.....	10
2.3 DIÂMETRO.....	17
2.4 ÁREA BASAL.....	17
2.5 ALTURA.....	20
2.6 MORTALIDADE.....	25
2.6.1 CAUSAS DA MORTALIDADE.....	26
2.6.2 VARIÁVEIS PREDITIVAS DA MORTALIDADE.....	27
2.6.3 MODELOS PREDITIVOS DA MORTALIDADE.....	28
3 <u>MATERIAL E MÉTODOS</u> .....	33
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO EXPERIMENTO.....	33
3.1.1 SOLO.....	33
3.1.2 CLIMA.....	35
3.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO.....	35
3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS.....	37

3.4	<b>PROCESSAMENTO DOS DADOS</b> .....	38
3.4.1	AJUSTE DE RELAÇÕES HIPSOMÉTRICAS.....	38
3.4.2	PROCESSAMENTO DOS DADOS POR PARCELA.....	39
3.4.3	EFEITO DA DENSIDADE NA PRODUÇÃO.....	41
3.4.4	MODELAGEM DA EVOLUÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	42
3.4.4.1	Crescimento e Produção.....	42
3.4.4.2	Sobrevivência (Árvores por Hectare).....	44
3.4.4.3	Regressão Não Linear.....	45
3.4.4.4	Comparação dos Modelos na Estimativa das Variáveis.....	46
3.4.5	PREDIÇÕES DE CRESCIMENTO DE POVOAMENTOS FLORESTAIS DESBASTADOS A PARTIR DE POVOAMENTOS FLORESTAIS NÃO DESBASTADOS.....	47
3.4.6	PRODUÇÃO BRUTA DE MADEIRA EM POVOAMENTOS FLORESTAIS DESBASTADOS E NÃO DESBASTADOS.....	48
4	<b><u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u></b> .....	49
4.1	<b>AJUSTE DE RELAÇÕES HIPSOMÉTRICAS</b> .....	49
4.2	<b>ANÁLISE DE VARIÂNCIA E TESTE DE COMPARAÇÕES DE MÉDIAS DE TRATAMENTOS</b> .....	53
4.2.1	EFEITO DA DENSIDADE NO CRESCIMENTO MÉDIO DA ÁRVORE.....	57
4.2.1.1	Diâmetro Médio Aritmético, Diâmetro Médio Quadrático, Área Transversal Média e Volume Médio.....	57
4.2.1.2	Altura Média.....	64

4.2.1.3	Altura Dominante.....	69
4.2.2	EFEITO DA DENSIDADE NO CRESCIMENTO POR UNIDADE DE ÁREA.....	71
4.2.2.1	Número de Árvores.....	71
4.2.2.2	Mortalidade.....	73
4.2.2.3	Área Basal.....	76
4.2.2.4	Volume por Hectare.....	80
4.3	<b>MODELAGEM DAS VARIÁVEIS DO POVOAMENTO.....</b>	<b>83</b>
4.3.1	DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO.....	83
4.3.1.1	Diâmetro Médio Aritmético com Valor Assintótico Fixo.....	87
4.3.2	DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO.....	89
4.3.2.1	Diâmetro Médio Quadrático com Valor Assintótico Fixo.....	91
4.3.3	ALTURA MÉDIA.....	92
4.3.4	ALTURA DOMINANTE.....	95
4.3.5	ÁREA BASAL.....	97
4.3.5.1	Evolução da Área Basal com Valor Assintótico Fixo.....	101
4.3.5.2	Modelo de Projeção para a Área Basal.....	104
4.3.6	VOLUME TOTAL.....	105
4.3.6.1	Evolução do Volume Total com Valor Assintótico Fixo.....	109
4.3.7	SOBREVIVÊNCIA.....	111
4.3.7.1	Sobrevivência (Árvores por Hectare).....	111



4.4	PROGNOSE DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO COM O MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS.....	113
4.4.1	APLICAÇÃO DA HIPÓTESE DE MARSH.....	117
4.4.2	APLICAÇÃO DAS CURVAS DE PRODUÇÃO PARA SIMULAR REGIMES SILVICULTURAIS.....	120
4.4.2.1	Produção de Madeira.....	124
4.4.2.2	Produção de Madeira Grossa.....	126
4.4.2.3	Misto.....	128
4.4.3	APLICAÇÃO DA TEORIA DE MÖLLER.....	130
5	<u>CONCLUSÕES</u> .....	132
6	<u>ANEXOS</u> .....	137
6.1	ANEXO 1.....	138
6.2	ANEXO 2.....	149
7	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	166

## LISTA DE QUADROS

1-	ESTATÍSTICAS CLIMÁTICAS. QUARTEL RIO VICTORIA.....	35
2-	TRATAMENTOS OU DENSIDADES INICIAIS DE PLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	37
3-	LISTA DE VARIÁVEIS ESTUDADAS.....	41
4-	RELAÇÕES ENTRE A IDADE DE MANIFESTAÇÃO DA CONCORRÊNCIA E DENSIDADE DE PLANTAÇÃO.....	63
5-	RELAÇÕES ENTRE A IDADE DE MANIFESTAÇÃO DA CONCORRÊNCIA SOBRE A ALTURA MÉDIA E DENSIDADE DE PLANTAÇÃO.....	69
6-	COMPARAÇÃO DOS VOLUMES MÉDIOS.....	81
7-	MÁXIMOS VALORES DE ICA E IMA EM ÁREA BASAL E IDADES EM QUE OCORREM PARA AS DUAS DENSIDADES EXTREMAS.....	114
8-	EXEMPLO HIPÓTESE DE MARSH. DESBASTE EM TERMOS DE ÁREA BASAL (G).....	117
9-	EXEMPLO HIPÓTESE DE MARSH. IDADES APARENTE E REAL NO MOMENTO DE FAZER OS DESBASTES.....	117
10-	MÁXIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO EM VOLUME.....	124
11-	MÁXIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO EM MADEIRA GROSSA.....	126
12-	PRODUÇÃO MISTA.....	128
13-	DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO (cm) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.....	139
14-	DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO (cm) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.....	140

15- ÁREA TRANSVERSAL MÉDIA ( $\text{cm}^2$ ) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.....	141
16- ALTURA TOTAL MÉDIA (m) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.....	142
17- ALTURA DOMINANTE MÉDIA (m) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.....	143
18- VOLUME MÉDIO ( $\text{m}^3$ ) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.....	144
19- ÁREA BASAL ( $\text{m}^2/\text{ha}$ ) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.....	145
20- NÚMERO DE ÁRVORES VIVAS (arv/ha) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.....	146
21- SOBREVIVÊNCIA EM PORCENTAGEM (S) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.....	147
22- VOLUME TOTAL ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.....	148

## LISTA DE TABELAS

1- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DAS EQUAÇÕES DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA.....	49
2- ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO NA IDADE DE 6 ANOS.....	53
3- RESULTADOS DO DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO NA IDADE DE 6 ANOS.....	53
4- TESTE DE TUKEY PARA O DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO NA IDADE DE 6 ANOS.....	54
5- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DOS MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS E PRODAN (DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO).....	84
6- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA O MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS COM O DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO (VALOR ASSINTÓTICO) FIXO.....	88
7- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DOS MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS E PRODAN (DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO).....	89
8- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA O MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS COM O DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO (VALOR ASSINTÓTICO) FIXO.....	92
9- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DOS MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS E PRODAN (ALTURA MÉDIA).....	92

10-	COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DOS MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS E PRODAN (ALTURA DOMINANTE) .....	95
11-	COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DOS MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS E PRODAN (ÁREA BASAL) .....	98
12-	COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA O MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS COM ÁREA BASAL MÉDIA (VALOR ASSINTÓTICO) FIXO.....	103
13-	COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS MODIFICADO POR MURPHY.....	104
14-	COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DOS MODELÓS DE CHAPMAN-RICHARDS E PRODAN (VOLUME TOTAL) .....	105
15-	COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA O MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS COM VOLUME MÉDIO (VALOR ASSINTÓTICO) FIXO.....	110
16-	COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DOS MODELOS DE SOBREVIVÊNCIA DE CHAPMAN-RICHARDS MODIFICADO E SILVA.....	111
17-	EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 4444 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	150

18-	EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 3333 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	151
19-	EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 2500 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	152
20-	EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 2000 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	153
21-	EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 1600 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	154
22-	EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 1666 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	155
23-	EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 1333 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	156
24-	EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 1111 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	157
25-	EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 816 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	158

26-	EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 625 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS).....	159
27-	PRODUÇÃO ( $m^2/ha$ ) E CRESCIMENTO ( $m^2/ha/ano$ ) EM ÁREA BASAL PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS).....	160
28-	PRODUÇÃO ( $m^3/ha$ ) E CRESCIMENTO ( $m^3/ha/ano$ ) EM VOLUME TOTAL PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS).....	163

## LISTA DE FIGURAS

1- CRESCIMENTO ACUMULADO DO VOLUME E OS CRESCIMENTOS CORRENTE E MÉDIO ANUAL PARA A DENSIDADE DE 4444 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS).....	15
2- LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	34
3- DESENHO DO EXPERIMENTO PARA AS DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.....	36
4- EVOLUÇÃO DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO NA DENSIDADE DE 1111 ARV/HA (EQUAÇÃO DE CURTIS).....	52
5- DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DAP PARA A DENSIDADE DE 1111 ARV/HA (EQUAÇÃO DE CURTIS).....	52
6- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO .....	59
7- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.....	59
8- EVOLUÇÃO DA ÁREA TRANSVERSAL MÉDIA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.....	60



9- EVOLUÇÃO DO VOLUME DA ÁRVORE MÉDIA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.....	60
10- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.....	61
11- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.....	61
12- EVOLUÇÃO DA ÁREA TRANSVERSAL MÉDIA EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.....	62
13- EVOLUÇÃO DO VOLUME DA ÁRVORE MÉDIA EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.....	62
14- EVOLUÇÃO DA ALTURA MÉDIA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.....	65
15- EVOLUÇÃO DA ALTURA MÉDIA EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.....	65
16- EVOLUÇÃO DA ALTURA DOMINANTE EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.....	70
17- EVOLUÇÃO DA ALTURA DOMINANTE EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.....	70
18- EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.....	72

19- EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.....	72
20- EVOLUÇÃO DA MORTALIDADE EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.....	75
21- EVOLUÇÃO DA MORTALIDADE EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.....	76
22- EVOLUÇÃO DA ÁREA BASAL EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.....	78
23- EVOLUÇÃO DA ÁREA BASAL EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.....	79
24- EVOLUÇÃO DO VOLUME EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.....	82
25- EVOLUÇÃO DO VOLUME TOTAL EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.....	83
26- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS).....	86
27- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO (MODELO DE PRODAN).....	87
28- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO COM VALOR ASSINTÓTICO FIXO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS).....	88

29- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	90
30- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO (MODELO DE PRODAN) .....	90
31- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO COM VALOR ASSINTÓTICO FIXO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	91
32- EVOLUÇÃO DA ALTURA MÉDIA (MODELO DE CHAPMAN- RICHARDS) .....	94
33- EVOLUÇÃO DA ALTURA MÉDIA (MODELO DE PRODAN) .....	94
34- EVOLUÇÃO DA ALTURA DOMINANTE MÉDIA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	96
35- EVOLUÇÃO DA ALTURA DOMINANTE MÉDIA (MODELO DE PRODAN) .....	97
36- EVOLUÇÃO DA ÁREA BASAL (MODELO DE CHAPMAN- RICHARDS) .....	100
37- EVOLUÇÃO DA ÁREA BASAL (MODELO DE PRODAN) .....	100
38- EVOLUÇÃO DA ÁREA BASAL COM VALOR ASSÍNTOTICO FIXO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	103
39- EVOLUÇÃO DO VOLUME TOTAL (MODELO DE CHAPMAN- RICHARDS) .....	107
40- EVOLUÇÃO DO VOLUME TOTAL (MODELO DE PRODAN) .....	107
41- EVOLUÇÃO E TENDÊNCIA DO VOLUME TOTAL (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	108
42- EVOLUÇÃO E TENDÊNCIA DO VOLUME TOTAL (MODELO DE PRODAN) .....	108

43-	EVOLUÇÃO DO VOLUME TOTAL COM VALOR ASSÍNTOTICO FIXO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	110
44-	EVOLUÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA (MODELO DE CHAPMAN- RICHARDS MODIFICADO) .....	112
45-	EVOLUÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA (MODELO DE SILVA) .....	112
46-	EVOLUÇÃO DO ICA PARA ÁREA BASAL (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	115
47-	EVOLUÇÃO DO IMA PARA ÁREA BASAL (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	115
48-	EVOLUÇÃO DO ICA PARA VOLUME TOTAL (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	116
49-	EVOLUÇÃO DO IMA PARA VOLUME TOTAL (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .....	116
50-	EXEMPLO HIPÓTESE DE MARSH. GRÁFICO EM TERMOS DE ÁREA BASAL .....	118
51-	PROGNOSE DO VOLUME TOTAL PARA A DENSIDADE DE 4444 ARV/HA (ONDE O MÁXIMO IMA EM VOLUME OCORRE) .....	125
52-	PROGNOSE DA ÁREA BASAL PARA A DENSIDADE DE 4444 ARV/HA (ONDE O MÁXIMO IMA EM VOLUME OCORRE) .....	125
53-	PROGNOSE DA PRODUÇÃO EM VOLUME PARA AS DENSIDADES DE 1600 E 625 ARV/HA .....	126
54-	PROGNOSE DA PRODUÇÃO EM ÁREA BASAL VOLUME PARA AS DENSIDADES DE 1600 E 625 ARV/HA .....	127

55- PROGNOSE DA PRODUÇÃO EM ÁREA BASAL PARA AS DENSIDADES DE 2000, 1111 E 625 ARV/HA.....	129
56- PROGNOSE DA PRODUÇÃO EM VOLUME PARA AS DENSIDADES DE 2000, 1111 E 625 ARV/HA.....	129
57- TEORIA DE MÖLLER PARA AS DENSIDADES DE 2000, 1111 E 625 ARV/HA.....	130

## RESUMO

A partir de dados provenientes de um experimento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., instalado em 1971, em Cuartel Rio Victoria, Misiones, Argentina, estudou-se o efeito de 10 densidades de plantação, de 625 até 4444 árvores por hectare, sobre o diâmetro médio aritmético, diâmetro médio quadrático, área transversal média, altura média, altura dominante, volume médio, área basal, volume total, número de árvores e sobrevivência. Os dados utilizados correspondem a medições efetuadas nas idades de 6, 7, 8, 9, 11, 12, 18, 22 e 24 anos de idade. O efeito da densidade de plantação sobre cada variável e idade de medição foi avaliado através de análise de variância e teste de Tukey. Relações hipsométricas foram desenvolvidas e o modelo de Curtis ajustou-se sem tendências para toda a amplitude de diâmetros e idades consideradas. Verificou-se um efeito significativo da densidade de plantação sobre todas as variáveis estudadas, com exceção da altura dominante. Analisou-se as tendências observadas e estabeleceram-se as idades a partir das quais a densidade de plantação começa a influenciar negativamente sobre cada variável. Os modelos de Chapman-Richards e Prodan, testados para modelar o crescimento das variáveis descreveram adequadamente e eficientemente a evolução dessas variáveis dentro do intervalo de idades analisadas e para todas as densidades de plantio estudadas. Todavia, o modelo de Chapman-Richards estimou de maneira mais realística os valores assintóticos das variáveis analisadas. Através deste modelo foi apresentada a prognose da produção em forma de tabelas de crescimento e produção. Obteve-se resultados satisfatórios na modelagem da sobrevivência, com o modelo de Silva e o modelo de Chapman-Richards modificado em função da idade e número de árvores. Através da aplicação das curvas de produção para simular regimes silviculturais foi possível confirmar a Teoria de Möller para a espécie estudada.

## ABSTRACT

Basing on data from an *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. trial, set up in 1971, in Cuartel Rio Victoria, Misiones, Argentina, it was studied the effects of 10 different inicial plantation densities, from 625 to 4444 trees por hectare on the following parameters: arithmetic mean dbh, quadratic mean dbh, mean sectional area, mean total height, dominant height, tree mean volume, basal area por hectare, total volume por hectare, number of trees and survival. The used data came from remeasurements in permanent sample plots at the ages 6, 7, 8, 9, 11, 12, 18, 22 and 24. The plantation density effect on each variable and mensuration age, was done through analysis of variance, and the Tukey's test. Height-diameter relationships were developed, and the Curtis' model fitted without tendencies for the all range of searched diameters and ages. It was detected significant effects of the plantation density on all studied variables, except on dominant height. It was analysed the observed tendencies and it was detected the ages from which the plantation density start to affect negatively the development of each variable. The Chapman-Richards and Prodan's models, tested for modelling the variables growth, described adequately and efficiently the evolution of these variables within the analysed age range, and for all planting densities. However the Chapman-Richards' model estimated more realistically the assymtotic values of the analysed vaiables. Tables of predicted growth and yield were presented basing on the Chapman-Richards' model. Satisfactory results on survival modelling were obtained with the Silva's model, and with the modified Chapman-Richards' model as a function of age and number of trees. The Möller's Theory for the studied specie was confirmed by using the yield curves to simulate silvicultural regimes.

## 1 INTRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Na Argentina, a necessidade de aumentar e diversificar a produção florestal deu origem, a partir de 1960, a amplos planos de florestamento e reflorestamento através de incentivos fiscais.

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. por reunir uma série de características desejáveis, tais como: ótimo porte florestal, boa qualidade da madeira e um mercado relativamente favorável, foi a espécie florestal mais plantada.

Contudo, esta espécie pouco a pouco foi sendo substituída por outras, sobretudo *Pinus elliottii* var. *elliottii* e *Pinus taeda* L.. Isto ocorreu por uma série de fatores como o seu menor crescimento, dificuldade na obtenção de sementes, menor tempo disponível para semeadura e a exigência em qualidade de sítio, comparativamente aquelas espécies.

Apesar de ter sido amplamente florestada, a silvicultura da *Araucária*, é pouco conhecida, sendo implantada com densidades relativamente rígidas e manejo tradicional, sem um objetivo claro de produção.

Diante dessas dificuldades, o Departamento Florestal do INTA (Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária), iniciou pesquisas na área de melhoramento e silvicultura desta espécie, entre elas, estudos de diferentes densidades de plantação, com



o objetivo de avaliar o efeito da densidade sobre o crescimento e a produção.

A produção de um povoamento florestal é determinada pelos seguintes fatores: qualidade do material genético (espécie, origem, procedência e outras), qualidade do sítio, densidade e tratamentos culturais aplicados (limpeza, desbastes, podas, adubação e outras).

Segundo DANIEL; HELMS; BAKER (1982) a densidade da floresta é o segundo fator em importância, depois da qualidade do sítio, na determinação da produtividade de um povoamento florestal; a densidade é o principal fator que o silvicultor pode manejar durante o desenvolvimento da mesma.

FAHLER *et al.* (1986) sugeriu que, sendo a densidade inicial um efeito antrópico, interessa conhecer com maior clareza sua incidência sobre o comportamento diamétrico e por extensão sobre a área basal e o volume. Esse autor citou PRYOR<sup>1</sup>, que afirmou que a escolha da densidade de plantação (espaçamento adotado), constitui uma das decisões mais difíceis para o produtor florestal.

É conhecida a importância que têm a avaliação destes fatores (qualidade do material genético, qualidade do sítio, densidade e tratamentos culturais aplicados), por parte dos manejadores florestais na tomada de decisões, para alcançar o

<sup>1</sup>PRYOR, L. Eucalyptus in plantations - present and future. In: FAO WORLD SYMPOSIUM ON MAN-MADE FOREST AND THEIR INDUSTRIAL IMPORTANCE, 1967. Documents presented. Rome, FAO, 1967. v. 2, p. 993-1008.

objetivo de produção, definido pela quantidade, tamanho, qualidade e oportunidade de obtenção dos produtos.

Constituem-se em uma preocupação cotidiana para produtores e empresários, aspectos como: densidade de plantio, época e intensidade dos desbastes, idade de corte final (rotação), quantidade e tipos de produtos obtidos. Neste aspecto, informações sobre crescimento e produção das florestas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. são deficientes.

As tabelas de produção se constituem em ferramentas técnicas fundamentais para a tomada de decisões sobre ditos aspectos. Tabela de produção é uma apresentação em forma tabular do volume ou de outro atributo do povoamento em função da idade e do sítio, ou então em função da idade, do sítio e da densidade do povoamento florestal, e são utilizadas para:

- a) projeção da oferta de matéria prima das florestas de uma empresa, região ou estado;
- b) projeção de dados de inventários florestais a curto prazo;
- c) elaboração de planos de manejo de plantações;
- d) avaliação financeira e da produção de alternativas silviculturais (densidade de plantação, desbastes);
- e) descrição quantitativa do processo de crescimento;
- f) guia para o manejo de talhões individuais.

Todos esses usos facilitam a planificação da produção e a caracterização e pesquisa silvicultural e ecológica da empresa ou região.

O conhecimento prévio do crescimento e da composição diamétrica da floresta, para diferentes densidades de plantação, é condição necessária para avaliar todas as alternativas e efetuar a escolha mais conveniente.

A otimização das decisões para adoção de práticas de manejo depende, fundamentalmente, de um amplo conhecimento do potencial produtivo da floresta. Nesse contexto, insere-se o desenvolvimento dos sistemas preditivos do crescimento e da produção florestal.

A importância econômica representada pela espécie *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., torna fundamental a geração de um instrumento técnico (tabelas de crescimento e produção) que facilite as tomadas de decisão no seu manejo.

Este estudo foi desenvolvido visando-se gerar conhecimentos de técnicas de prognose que auxiliem no manejo florestal, proporcionando uma informação consistente sobre o desenvolvimento futuro dos povoamentos desta espécie.

## 1.1 OBJETIVOS

Os objetivos desta pesquisa foram:

- a) ajustar um modelo de relação hipsométrica que tenha diâmetro à altura do peito (d) e idade (I) como variáveis independentes para estimar altura total (h), dadas as características do experimento;

- b) analisar os efeitos da densidade de plantio sobre diâmetro médio aritmético, diâmetro médio quadrático, área transversal média, área basal, altura média, altura dominante, volume médio individual, número de árvores por hectare, sobrevivência e volume total por hectare;
- c) detectar as idades a partir das quais começa a observar-se um efeito significativo da densidade de plantio para as diferentes variáveis e analisar as tendências observadas;
- d) desenvolver funções de produção em diâmetro, área basal, altura e volume para diferentes níveis de densidade de plantação;
- e) derivar os modelos de crescimento das funções de produção (incremento médio anual, IMA e incremento corrente anual, ICA);
- f) desenvolver funções de sobrevivência para diferentes níveis de densidade de plantação;
- g) testar a hipótese de produção final constante em área basal e volume para diferentes níveis de densidade de plantação;
- h) construir tabelas de crescimento e produção para diferentes níveis de densidade de plantação;
- i) fazer uma análise comparativa da produção e crescimento para diâmetro, área basal, altura, volume e sobrevivência entre diferentes níveis de densidade

de plantação;

- j) simular regimes silviculturais a partir das curvas de produção e avaliar a Teoria proposta por Möller.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO FLORESTAL

Efeitos da densidade de plantação sobre o crescimento e produção de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. foram estudados por outros autores, entre eles, SPELTZ; MONTEIRO; CORDEIRO (1980), FAHLER; DI LUCCA (1980), PUJATO; MARLATZ (1983), FRIEDL; FERNÁNDEZ; CRECHI (1991a), (1991b), FERNÁNDEZ; CRECHI; FRIEDL (1991), (1994), CRECHI; FRIEDL; FERNÁNDEZ (1991).

Segundo CAMPOS (1980), os estudos de crescimento e produção tratam do desenvolvimento de mecanismos de predição das características quantitativas de um povoamento florestal, crescendo em condições específicas. Esses estudos envolvem a análise da relação entre o volume ou qualquer outra medida de produção, a qualidade do local e a densidade da floresta.

MURPHY (1983) ressaltou que os resultados alcançados podem ser expressos em forma de tabelas ou então utilizando-se programas de computador, de grande utilidade, pois permitem conhecer a produção presente e futura, possibilitando comparar planos de manejo antes de serem implementados, permitindou-se, assim, escolher a melhor opção.

De acordo com MEYER<sup>2</sup>, citado por FIGUEIREDO FILHO (1991) o crescimento passado em florestas pode ser determinado

<sup>2</sup>MEYER, H.A. Methods of forest growth determination. Bulletin. Agricultural Experiment Station. Pennsylvania, n. 435, p. 1-93, 1942.

de duas formas diferentes: medindo-se a largura dos anéis de crescimento ou através de remedições em parcelas permanentes.

LOETSCH; ZÖHRER; HALLER (1973) afirmaram que parcelas permanentes provêm as bases mais reais para a construção de tabelas de produção. No entanto, demandam remedições sucessivas e exigem um período grande de tempo e custos bem mais expressivos.

De maneira geral a construção das tabelas de produção envolvem dois passos básicos, conforme SPURR (1952):

- a) classificação das parcelas por classe de sítio;
- b) construção das curvas de crescimento e produção para as parcelas, em cada sítio.

As primeiras tabelas de produção foram elaboradas na Europa, no final do século XVIII, mediante procedimentos gráficos (SPURR, 1952). Essas tabelas eram de dupla entrada, onde o volume por unidade de área era função da idade e do sítio, fornecendo estimativas do crescimento líquido e da produção de povoamentos puros de mesma idade e completamente estocados. Essas tabelas foram chamadas tabelas normais, por serem os dados obtidos de populações normais, de regeneração natural em estado climax, que ocupavam totalmente o potencial produtivo do local, e por isso indicavam rendimentos máximos. Como essas tabelas eram elaboradas graficamente, dificultavam as relações que envolviam mais de duas variáveis.

Posteriormente, foram construídas tabelas de produção

empíricas e, segundo HUSCH; MILLER; BEERS<sup>3</sup>, citado por SCOLFORO; GLADE (1987), são similares aos modelos de produção normais, mas ao invés de basearem-se em unidades amostrais com densidade completa, baseam-se em áreas de estoque médio. A densidade é considerada constante e a predição é expressa para a densidade média do povoamento. Assim, elas podem ser aplicadas a povoamentos completamente estocados, a povoamentos superestocados (copas das árvores cobrem 100% da superfície do terreno) ou a povoamentos subestocados, bastando para tal considerar-se a densidade média.

Um novo caminho abriu-se nas investigações sobre tabelas de crescimento e produção quando MACKINNEY; SCHUMACHER; CHAIKEN<sup>4</sup>, citado por SCOLFORO (1990), empregaram a técnica dos mínimos quadrados para sua obtenção. Surgiram, assim, as tabelas de densidade variável, que utilizam como variáveis independentes a idade, o sítio e a densidade, onde a densidade é uma variável dinâmica e não uma constante. Essas tabelas apresentam a produção para vários níveis de estoque pelo fato de serem construídas a partir de unidades amostrais com diferentes densidades e considerarem esta característica como uma variável independente do modelo.

<sup>3</sup>HUSCH, B. ; MILLER, C. I. ; BEERS, T. W. Forest mensuration. 3rd. ed. New York: Wiley, 1982. 397 p.

<sup>4</sup>MACKINNEY, A.L. ; SCHUMACHER, F.X. ; CHAIKEN, L.E. Construction of yield tables for non normal loblolly pine stands. Journal of Agricultural Research, Washington, v. 54, n.7, p. 531-545, 1937.



## 2.2 MODELOS MATEMÁTICOS PARA EXPRESSAR O CRESCIMENTO

Existem dois tipos de modelos de crescimento: os biológicos e os empíricos. Segundo PIENAAR<sup>5</sup>, citado por MACHADO (1978), pode-se dizer que, enquanto um modelo empírico refere-se a uma expressão matemática que relaciona variáveis que podem ser esperada pela lógica, um modelo biológico é uma expressão matemática de uma hipótese lógica à biologia do processo de crescimento.

Segundo PIENAAR; TURNBULL (1973), a diferença entre um modelo empírico e um biológico está, principalmente, no fato de que certos aspectos (características) são incorporados no modelo sobre motivos lógicos, baseados em experiências, e não necessariamente por observação nos dados amostrais sob análises.

SOMERS; FARRAR (1991) afirmaram que é responsabilidade do técnico selecionar modelos que não somente resultem em previsões exatas dentro da amplitude de dados observáveis, mas também com extrapolações razoáveis e lógicas.

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 eram desenvolvidos independentemente dos modelos de produção.

BUCKMAN (1962) e CLUTTER (1963) resolveram o problema da incompatibilidade dos modelos com o uso do cálculo integral e

<sup>5</sup>PIENAAR, L. V. Quantitative theory of forest growth. Washington, 1965. 176 f. Thesis (Doctor of Philosophy). University of Washington.

do cálculo diferencial, ou seja, fazendo a primeira derivada do modelo de produção, obtém-se o modelo de crescimento, e com o procedimento inverso, ou seja, integrando o modelo de crescimento obtém-se o modelo de produção. Um exemplo deste procedimento foi apresentado por SCOLFORO (1990).

Inúmeros trabalhos observando-se o princípio de compatibilidade foram realizados a partir de então, tais como os apresentados por SULLIVAN; CLUTTER (1972), MURPHY; STERNITZKE (1979), MURPHY; BELTZ (1981).

Desta maneira, observa-se que a função que define a produção total deve ter:

- a) origem;
- b) ponto de inflexão;
- c) ponto de tangência máximo que passa pela origem;
- d) assíntota.

Na função de crescimento, o ponto de máximo ICA coincide com o ponto de inflexão na curva de crescimento acumulado. O máximo IMA coincide com o ponto de tangência máxima na curva de crescimento acumulado. Este ponto também coincide com o cruzamento das curvas de ICA e IMA. Este ponto de cruzamento é um ponto de referência que têm servido como base de manejo para muitos florestais, já que indica a máxima produtividade. Por outro lado, este ponto é irrelevante quando as plantações são conduzidas com um objetivo de produção em quantidades e qualidades adequadas ao seu uso final (serraria, laminado e outras).

Os modelos biológicos representam melhor o crescimento de organismos vivos, comportando-se de forma realística sem apresentar valores inexplicáveis, além de serem totalmente compatíveis.

RICHARDS (1959), estudando o crescimento de plantas, utilizou uma função de crescimento desenvolvida por Von Bertalanffy em 1951, que desenvolveu um modelo baseado em um metabolismo considerando que a taxa anabólica (formativa) é proporcional à área da superfície de um organismo, enquanto a taxa catabólica (destrutiva) é proporcional ao volume do corpo do organismo, ou seja:

$$\text{Taxa de crescimento } dW/dI = n \cdot W^{2/3} - v \cdot W$$

onde:

W = tamanho na idade I

n = taxa anabólica

v = taxa catabólica

$n \cdot W^{2/3}$  = expressa o crescimento potencial

$v \cdot W$  = expressa as restrições ao crescimento

O mesmo autor, trabalhando com vegetais investigou as funções biológicas, e desenvolveu uma função de crescimento baseada na função anterior. Através da pesquisa chegou a conclusão que o expoente fixo (2/3) era muito restritivo, propondo então sua substituição por "m". CHAPMAN (1961), trabalhando com peixes, chegou às mesmas conclusões. Resultando:

$$dW/dI = n \cdot W^m - v \cdot W \quad (1)$$

então, integrando-se esta função de crescimento, têm-se

$$W_I = A [1 - \exp(-K(I-I_0))]^{1/(1-m)} \quad (2)$$

fazendo:

$$e^{-K(I-I_0)} = e^{-K I} \cdot e^{K I_0}$$

$e^{K I_0} = f(b)$ , resulta o modelo final

$$W_I = A [1 - b \cdot e^{-K I}]^{1/(1-m)}$$

onde:

"A" significa o valor final da planta ou organismo (valor assintótico), "m" é responsável pela localização do ponto de inflexão, exclusivamente responsável pela forma da curva. Quando  $m = 0$  não há ponto de inflexão e à medida que "m" cresce o ponto de inflexão caminha em direção à assíntota. "K" define a inclinação média da curva de crescimento ou produção ou define a taxa de mudança do valor da função de W e o coeficiente "b" reflete somente a escolha do tempo zero. Para  $b = 1$  e  $I = 0$  a curva passa pela origem.

Segundo PIENAAR; TURNBULL (1973) suas várias formas representam infinitas curvas de crescimento:

Para  $m = 2/3$  representa a ley de Von Bertalanffy

para  $m = 0$  representa a função monomolecular

para  $m = 1$  representa a função de Gompertz

para  $m = 2$  representa a função logística

Derivando-se a equação (1), a inflexão da curva de crescimento ocorre quando:

$$W_{\text{máx}} = [m \cdot (n/v)]^{1/(1-m)} = A \cdot m^{1/(1-m)} \quad (3)$$

onde  $m^{1/(1-m)}$  é a fração de tamanho assintótico onde o máximo de crescimento ocorre.

A partir da equação (2) o crescimento pode ser escrito:

$$dW/dI = \{K \cdot W [(A/W)^{1-m} - 1]\} / (1-m)$$

sustituindo (3) em (2) o máximo crescimento é

$$dW/dI = A \cdot K \cdot m^{m/(1-m)}$$

A idade na qual o máximo de crescimento ocorre:

$$I_{\text{máx}} = \{\ln[\exp(K \cdot I_0)/(1-m)]\} / K = [K \cdot I_0 - \ln(1-m)] / K$$

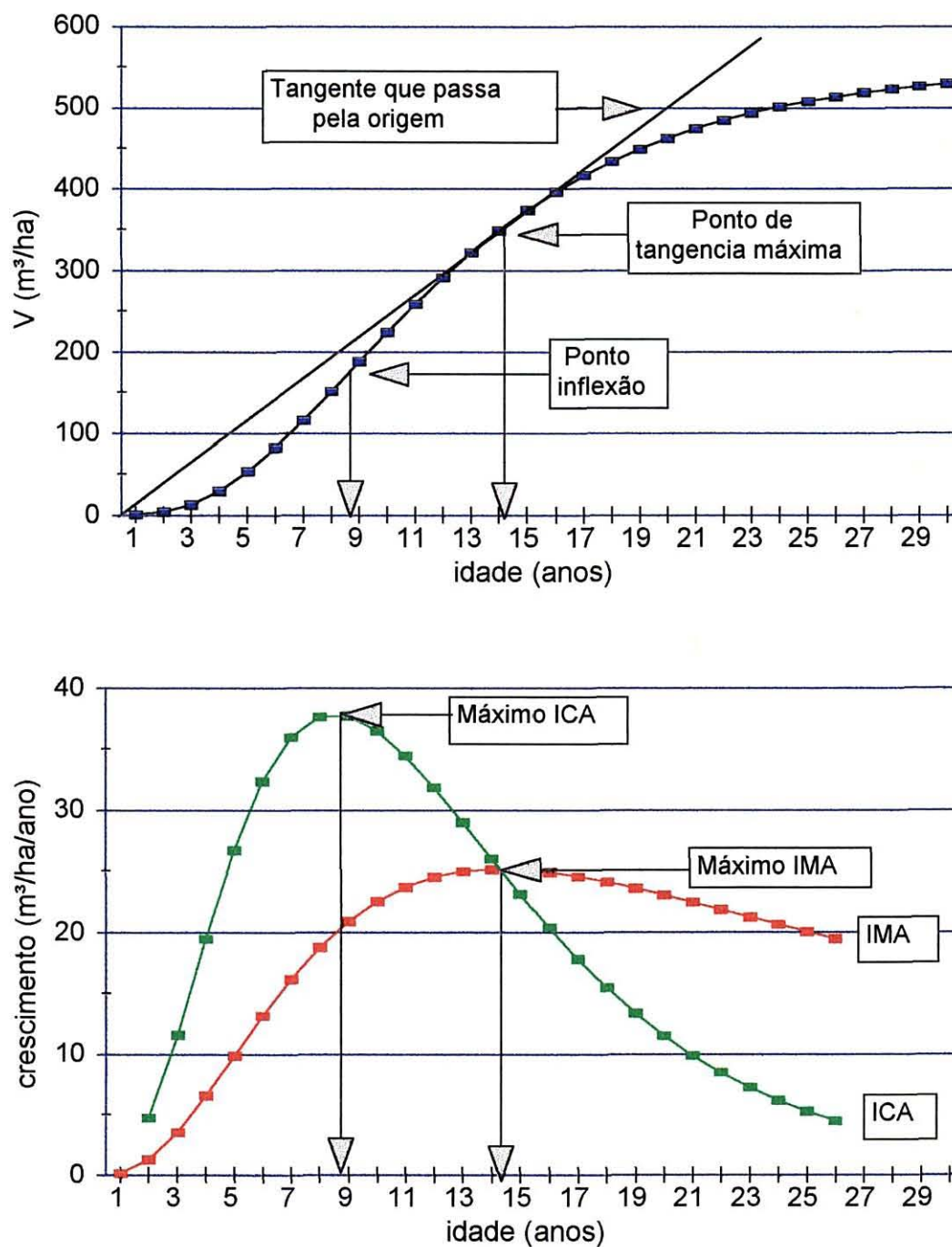
Um exemplo de modelo compatível de crescimento e produção apresenta-se na Figura 1, feito pelo autor com dados deste trabalho, através do modelo biológico de Chapman-Richards para a densidade de 4444 árvores por hectare. Em dita figura, observa-se a curva de crescimento acumulado (produção, em  $m^3/\text{ha}$ ), e os crescimentos corrente e médio anual (incrementos, em  $m^3/\text{ha}/\text{ano}$ ).

TURNBULL<sup>6</sup>, citado por MACHADO (1978), foi o primeiro no campo florestal a usar esta função geral que têm forma sigmoideal, denominando-a de Chapman-Richards. Mais tarde PIENAAR (1965) e PIENAAR; TURNBULL (1973) usaram este modelo para estudar produção e crescimento em área basal para plantações de *Pinus elliottii*, testando diferentes densidades de plantação, observando que dentro de um certo limite, todas

<sup>6</sup>TURNBULL, K. J. Population dynamics in mixed forest stands: a system of mathematical model of mixed stand growth and structure. Washington, 1963. 186 f. Thesis (Doctor of Philosophy)-University of Washington.

elas convergem para um valor final constante de produção.

FIGURA 1- CRESCIMENTO ACUMULADO DO VOLUME E OS ICA E IMA PARA A DENSIDADE DE 4444 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS).



A partir de então, uma série de trabalhos foram desenvolvidos com esta função, como pode ser observado em trabalhos apresentados por MACHADO (1978), (1981), SCOLFORO; MACHADO (1988a), (1988b), FASSOLA; BRANDAN (1991).

MURPHY (1983) integrou o modelo (1), entre uma idade inicial  $I_1$  e uma idade futura  $I_2$ , como (4):

$$G_2 = [n/K - (n/K - G_1^{(1-m)}) \cdot e^{-K(1-m) \cdot (I_2 - I_1)}]^{1/(1-m)} \quad (4)$$

que pode ser reparametrizado como a equação de projeção de área basal (5):

$$G_2 = [G_{\max}^{b_1} - (G_{\max}^{b_1} - G_1^{b_1}) \cdot e^{b_2 (I_2 - I_1)}]^{1/b_1} \quad (5)$$

onde:

$G_i$  = área basal por unidade de área no tempo  $i$ ,  $i=1,2$

$G_{\max}$  = área basal máxima (muitas vezes a ser estimada)

$I_i$  = idade do povoamento no tempo  $i$

$b_1, b_2$  = parâmetros a serem estimados

Para cada densidade de plantação foi ajustado o modelo utilizado por MURPHY (1983) e através de regressão não linear foram estimados:  $G_{\max}$ ,  $b_1$  e  $b_2$  para o modelo sem assíntota fixa. Por outro lado, apenas  $b_1$  e  $b_2$  foram estimados para o modelo com assíntota fixa. Fazendo  $G_1 = 0$  para  $I_1 = 0$ , a equação de projeção é equivalente à equação de produção usada por PIENAAR; TURNBULL (1973), que testaram numerosas hipóteses sobre a produção em área basal por acre.

### 2.3 DIÂMETRO

O DAP é uma das variáveis mais importantes no manejo florestal, sendo facilmente medível (medição direta). O crescimento em diâmetro é muito mais afetado pela densidade do que o crescimento em altura.

SCHÖNAU (1975) estudou o efeito da qualidade de sítio e da densidade inicial de plantação sobre o diâmetro médio, em *Acacia mearnsii* De Wild, no Kenya, e investigou a relação desta variável com a idade, densidade e sítio. Através de regressão múltipla, ele concluiu que essas variáveis foram altamente significantes, para descrever a evolução do diâmetro em diferentes densidades de plantios.

### 2.4 ÁREA BASAL

Segundo SPURR (1952), a área basal é a mais simples e mais usada medida de densidade. A área basal expressa em  $m^2/ha$ , é resultado de medições do DAP e do número de árvores, daí a importância dos modelos de sobrevivência. É uma variável muito usada em estudos de crescimento, diretamente ou como variável independente para estimar outros parâmetros da floresta.

É um índice de densidade muito usado para tomar decisões de manejo, fundamentalmente nas decisões de oportunidade e intensidade dos desbastes. Daí a importância de poder descrever



para cada densidade, a evolução da área basal expressa em  $m^2/ha$  em função da idade e/ou de outras variáveis, aos efeitos de analisar distintas alternativas de manejo, e poder fazer a escolha mais conveniente.

Segundo SPURR (1952), existem vantagens em estudar crescimento em área basal em vez do crescimento em volume. O volume depende do diâmetro, altura e forma, e portanto a estimativa do crescimento em volume depende do método de estimativa destas variáveis. A área basal, por outro lado, é medida diretamente e o seu crescimento pode ser precisamente determinado.

No I Encontro Nacional de Pesquisadores para padronização da Terminologia Florestal<sup>7</sup>, citado por FIGUEIREDO FILHO (1983), definiu-se a área basal (G) como sendo a soma das áreas transversais (g) de todas as árvores de uma amostra ou de um talhão. (G) é calculado através dos diâmetros medidos à altura do peito (1,30 m).

A área transversal (g) foi definida como a área seccional de uma árvore e pode ser obtida pela fórmula  $g = \pi \cdot d^2 / 4$ , sendo "d" o diâmetro a 1,30 m. Foi definida ainda, que área transversal e área basal individual são sinônimos em razão do largo uso destes termos em outras literaturas e também na literatura brasileira.

<sup>7</sup> ENCONTRO NACIONAL PARA PADRONIZAÇÃO DA TERMINOLOGIA FLORESTAL (1: 1976:Curitiba). Anais. Curitiba, FIEP, 1976.

Segundo HAMILTON<sup>8</sup>, citado por FIGUEIREDO FILHO (1983), a avaliação da área basal geralmente é feita mediante o estabelecimento de parcelas amostrais, onde procede-se a medição das circunferências ou diâmetros de todas as árvores, convertendo-os em áreas transversais que somadas resultarão na área basal da parcela e multiplicadas por um fator obtido pela divisão do hectare pela área da amostra, redundará na área basal por hectare.

Segundo BURGER (1980), a área basal pode ser obtida pelo número de árvores, diâmetro médio aritmético ( $\bar{d}$ ) e a variância diamétrica ( $S_d^2$ ) da seguinte maneira:

$$dg = (\bar{d}^2 + S_d^2)^{1/2}$$

$$\bar{g} = (\pi/4) \cdot dg^2$$

$$G = N \cdot \bar{g} = N \cdot (\bar{d}^2 + S_d^2) \cdot \pi / 4$$

onde:

$dg$  = diâmetro correspondente à árvore de área transversal média (diâmetro médio quadrático).

$\bar{g}$  = área transversal média.

$N$  = número de árvores por hectare.

Segundo ASSMANN (1970), a área basal do povoamento é a soma das áreas transversais individuais de todas as árvores e, também, pode ser obtida pelo produto do número de árvores ( $N$ ) pela área transversal média.

<sup>8</sup>HAMILTON, G. J. Forest mensuration handbook. London: Her Majestys Stationery Office, 1975. 274 p.

MACHADO (1978), (1981) testou o modelo de Chapman-Richards para estimar crescimento e produção em área basal, com dados de *Pinus taeda* L., na região central do Estado do Paraná, e comprovou que o modelo na sua forma monomolecular adaptou-se muito bem para descrever área basal por hectare em função da idade. Também obteve uma boa estimativa ao testar os valores assintóticos para diferentes densidades de plantação.

## 2.5 ALTURA

Cita FIGUEIREDO FILHO (1983), que nos trabalhos de inventários florestais, a variável altura têm sido considerada como uma restrição à rapidez nas medições de campo. Apesar das pesquisas que proporcionaram o aparecimento de instrumentos cada vez mais sofisticados para a medição da altura, ela ainda hoje é problemática quando se trata de povoamentos densos, em que a visualização da copa e da base, a partir de uma certa distância, é, muitas vezes inviável ou então demorada, elevando muito os custos dos levantamentos dendrométricos.

Muitos instrumentos foram desenvolvidos visando melhor eficiência nas medições indiretas das alturas de árvores. Estes instrumentos são denominados de "hipsômetros" e baseiam-se fundamentalmente, em relações angulares de triângulos retângulos, podendo-se citar entre os mais conhecidos e

utilizados os seguintes: Blume-Leis, Haga, Weiss, Suunto e Relascópio de Espelho de Bitterlich.

A altura dominante é outra variável muito importante em manejo florestal, porque ela reflete a qualidade do sítio e é relativamente independente da densidade da massa florestal. É uma variável necessária para cálculos de volume. Daí a importância de contar com estimativas de altura a partir de modelos matemáticos (relações hipsométricas).

Uma relação hipsométrica descreve a relação funcional entre as alturas e os diâmetros à altura do peito das árvores de um povoamento florestal. Resulta uma ferramenta de muita utilidade em manejo florestal, pois permite estimar alturas a partir de dados de diâmetro, esta última de medição mais rápida e menor custo. A relação hipsométrica é muito usada em processamento de dados de inventários, na aplicação de modelos de crescimento e produção, na determinação da altura dominante para caracterizar sítios, e outras.

Segundo STAGE (1975), o crescimento em altura é o efeito combinado de fatores ambientais e das características individuais da árvore. O crescimento em diâmetro é muito mais fácil de medir que o crescimento em altura, e responde aos mesmos determinantes do crescimento. Por outro lado, é muito mais afetado pela densidade que o crescimento em altura. O mesmo autor desenvolveu uma equação para predizer o crescimento em altura em função do crescimento diamétrico, altura, diâmetro, raio da copa e habitat. Ele partiu da função

$\ln(h) = b_0 + b_1 \ln(d)$  e obteve o diferencial de crescimento como:  $\partial h = b_1(h/d)\partial d$  ou sua forma logarítmica:

$$\ln(\partial h) = \ln(\partial d) + \ln(h) - \ln(d) + \ln(b_1)$$

A taxa de crescimento periódico foi obtida como:

$$\ln(h_2/h_1) = b_1 \ln(d_2/d_1) \quad \text{ou}$$

$$\ln(h_2) - \ln(h_1) = b_1 [\ln(d_2) - \ln(d_1)]$$

onde:

$h$  = altura total

$d$  = diâmetro à altura do peito

$\ln$  = logaritmo natural

$\partial$  = diferencial

$h_1, h_2$  = altura total no início e no final do período

$d_1, d_2$  = diâmetro no início e no final do período

$b_i$  = coeficientes a serem estimados

HUANG; TITUS; WIENS (1992), compararam e avaliaram 20 funções não lineares para estimar altura a partir do diâmetro, para vários gêneros e espécies florestais, usando mínimos quadrados ponderados ( $w_i=1/DAP_i$ ) para uniformizar a variância. O teste consistiu em analisar o quadrado médio do erro, os parâmetros através do teste "t" e a análise gráfica dos resíduos das alturas preditas. Os autores recomendaram o uso de funções sigmóides para descrever a relação altura - diâmetro. Os melhores resultados foram obtidos pela função Weibull, função logística modificada, Chapman-Richards e Schnute.

PARRESOL (1992) comentou a importância da relação altura total-diâmetro como componente na estimativa da produção. Esse autor empregou uma função exponencial com dados de *Taxodium distichum* (L.) Rich.. Neste caso, foram examinados a homogeneidade e a normalidade dos resíduos e plotada a função com respeito as médias e as estimativas individuais através de intervalos de confiança.

A equação testada foi:

$$h = 1.3 + \exp (b_0 + b_1 \cdot d)^{b_2} + e$$

onde:

h = altura total

exp = base do logaritmo natural

$b_i$  = coeficientes a serem estimados

d = diâmetro a 1,3 metros

e = resíduo

Citou ainda esse autor que para ajustar diferenças na predição de altura entre talhões, CURTIS<sup>9</sup> adicionou a idade, enquanto LARSEN; HANN<sup>10</sup> e WANG; HANN<sup>11</sup> adicionaram índice de sítio e área basal, na equação anterior. Incorporando-se na equação anterior a área basal (G) têm-se:

<sup>9</sup> CURTIS, R.O. Height-diameter and height-diameter-age equations for second-growth Douglas-Fir. For. Sci., Bethesda, v. 13, p. 365-375, 1967.

<sup>10</sup> LARSEN, D.R. ; HANN, D.W. Height-diameter equations for seventeen tree species in southwest Oregon. Oreg. State Univ. For. Res. Lab. Res. Bull., Oregon, n. 49, 1987.

<sup>11</sup> WANG, C. ; HANN, D.W. Height-diameter equations for sixteen tree species in the central western Willamette Valley of Oregon. Oreg. State Univ. For. Res. Lab. Res. Pap., Oregon, n. 51, 1988.

$$h = 1,3 + \exp(b_0 + b_1 \cdot d + b_3 \cdot G)^{b_2} + e$$

CURTIS (1967) comparou equações que relacionam altura com diâmetro [ $h=f(d)$ ] e altura com diâmetro e idade [ $h=f(d,I)$ ] com dados de *Pseudotsuga menziessii*. Ele concluiu que para parcelas com remedições, o uso de uma equação  $h = f(d,I)$  para cada parcela, em cada medição, mostrou estimativas mais precisas e mais consistentes para volume, crescimento periódico e índice de sítio do que apenas  $h = f(d)$ .

As equações selecionadas por CURTIS (1967) foram:

$$h = b_0 + b_1 \cdot (d)$$

$$h = b_0 + b_1 \cdot (1/d)$$

$$\log (h) = b_0 + b_1 \cdot (d)^{1/2} + b_2 \cdot (1/d) + b_3 \cdot (1/d^2)$$

$$\log (h) = b_0 + b_1 \cdot \log (d) + b_2 \cdot \log^2 (d)$$

$$\log (h) = b_0 + b_1 \cdot (1/d) + b_2 \cdot (1/I) + b_3 \cdot (1/(d \cdot I))$$

$$\log (h) = b_0 + b_1 \cdot \log (d) + b_2 \cdot \log (I)$$

onde:

$h$  = altura total (m)

$d$  = diâmetro à altura do peito (cm)

$I$  = idade (anos)

$\log$  = logaritmo na base 10

BLANCO JORGE (1983) ajustou 7 equações de relação hipsométrica para povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm, na Floresta Nacional de Três Barras, Estado de Santa Catarina. Nestes 7 modelos incluiu o modelo de CURTIS e o modelo de PRODAN modificado. Ambos incluíram o diâmetro ( $d$ ) e a idade ( $I$ )

como variáveis independentes. O modelo de Prodan modificado foi melhor entre todos os testados.

Os modelos de CURTIS e PRODAN modificado são, respectivamente:

$$\log (h) = b_0 + b_1 \cdot (1/d) + b_2 \cdot (1/I) + b_3 \cdot (1/(d \cdot I))$$

$$d^2/(h-1.3) = b_0 + b_1 \cdot (d) + b_2 \cdot (d^2) + b_3 \cdot (d \cdot I)$$

CRECHI; FRIEDL; FERNÁNDEZ (1992), trabalhando com dados dos mesmos povoamentos, na amplitude de idades de 6 até 18 anos, ajustaram o modelo de Henriksen [ $h = b_0 + b_1 \cdot \ln(d)$ ] para cada idade, independentemente da densidade. O ajuste foi avaliado através das estatísticas  $R^2$  (variando ditos valores de 0,45 até 0,71) e  $S_{yx}\%$  (de 5,79 até 10,10%), assim como a análise gráfica dos resíduos.

## 2.6 MORTALIDADE

Segundo SOMERS et al. (1980), os estudos de crescimento têm sido reconhecidos como parte essencial para o manejo florestal. As previsões da produção a curto prazo podem desconsiderar a mortalidade, porém nas projeções a longo prazo este componente constitui um aspecto de fundamental importância.



### 2.6.1 CAUSAS DA MORTALIDADE

ALDER (1980), explicitando a importância de se considerar a mortalidade nos modelos de crescimento e produção florestal, caracterizou quatro tipos de causas determinadoras da mortalidade:

- a) mortalidade no estabelecimento da floresta;
- b) mortalidade pela competição entre árvores;
- c) mortalidade causada por doenças e pragas;
- d) danos pela ação do vento ou incêndios.

Para esse autor, o primeiro tipo se refere ao porcentual de plantas que não sobrevivem ao primeiro ano, sendo este mais associado às técnicas de plantio e à natureza do solo (método e intensidade de preparação do solo), ou condições meteorológicas, aspecto do sítio, exposição e natureza do solo, idade das mudas, época de plantação, controle de ervas daninhas, formigas, adubação e outras.

O segundo tipo é a mortalidade dependente da densidade a qual pode ser resultado direto da supressão, porém é mais comumente de um efeito indireto, uma vez que as árvores de menor porte se tornam mais suscetíveis a outros agentes em relação às árvores maiores.

O terceiro e o quarto tipos podem ser dependentes ou não da densidade, mas em qualquer situação estes tipos de mortalidade são extremamente difíceis de serem preditos.

## 2.6.2 VARIÁVEIS PREDITIVAS DA MORTALIDADE

De acordo com CLUTTER (1980), o desenvolvimento de equações de predição da sobrevivência ou de mortalidade requer informações obtidas a partir de remedições em parcelas amostrais do tipo permanente. Essas informações quase sempre envolvem as seguintes variáveis:

- a)  $I_1$  = idade inicial;
- b)  $N_1$  = número de árvores na idade  $I_1$ ;
- c)  $I_2$  = idade na remedição;
- d)  $N_2$  = número de árvores na idade  $I_2$ .

Geralmente, essas informações são utilizadas para ajustar algum tipo de modelo que estima  $N_2$  em função de  $I_1$ ,  $N_1$  e  $I_2$ . Salienta esse autor que em muitos casos, porém, a mais produtiva aproximação para o desenvolvimento de uma função de sobrevivência adequada envolve o uso de equações diferenciais para expressão da taxa de mortalidade.

REUKEMA; BRUCE (1977), MACHADO (1979) indicaram que, em média, a taxa de mortalidade é função da taxa de crescimento da floresta. Normalmente a mortalidade é maior nos melhores sítios (maior crescimento maior mortalidade por competição), exceto nos primeiros anos de estabelecimento do plantio.

### 2.6.3 MODELOS PREDITIVOS DA MORTALIDADE

BURKHART; CAO; WARE<sup>12</sup>, SOMERS; ODERWALD; HARMS<sup>13</sup>, citados por HARMS (1983) indicaram que a predição da sobrevivência é importante para estudos de predição do crescimento e da produção do povoamento florestal.

Um grande número de modelos matemáticos vem sendo usados com diferentes graus de sucesso ao descrever a relação entre sobrevivência ou mortalidade e alguma variável da população, porém um modelo completamente adequado ainda não foi desenvolvido.

Segundo BUCHMAN; PEDERSON; WALTERS (1983), os modelos matemáticos para prever sobrevivência têm assumido as mais variadas formas: Citam que LEE<sup>14</sup> e KEISTER<sup>15</sup> usaram modelos lineares para prever mortalidade do povoamento. GLOVER; HOOL<sup>16</sup> e SOMERS et al.<sup>17</sup>, usaram a função de Weibull para

<sup>12</sup>BURKHART, H.E. ; CAO, Q.V ; WARE, K.D. A comparison of growth and yield prediction models for loblolly pine. Div. of Forestry and Wildlife Resources, Va. Polytech. Inst. and State Univ., Osaka, FWS-2-81, 59 p, 1981.

<sup>13</sup>SOMERS, G.L. ; ODERWALD, R.G. ; HARMS, W.R. Predicting mortality with a Weibull distribution. For. Sci., Bethesda, v. 26, n. 2, p. 291-300, 1980.

<sup>14</sup>LEE, Y. Predicting mortality for even-aged stands of lodgepole pine. For. Chron. Alta, v. 47, p. 29-32, 1971.

<sup>15</sup>KEISTER, T. D. Predicting individual tree mortality in simulated southern pine plantations. For. Sci., Bethesda, v. 18, p. 213-217, 1972.

<sup>16</sup>GLOVER, G. R.; HOOL, J. N. A basal area ratio predictor of loblolly pine plantation mortality. For. Sci., Bethesda, v. 25, p. 275-282, 1979.

<sup>17</sup>SOMERS, G. L.; ODERWALD, R. G.; HARMS, W. R.; LANGDON, O. G. Predicting mortality with a Weibull distribution. For. Sci., Bethesda, v. 27, p. 291-300, 1980.

modelar mortalidade. BUCHMAN<sup>18</sup> usou uma variante da função logística incluindo um parâmetro assintótico, para que a sobrevivência fosse menor que 1.

BUCHMAN; PEDERSON; WALTERS (1983) estimaram a taxa anual de sobrevivência (SR) com a equação:

$$SR = b_1 - [1/(1+\exp(p))]$$

onde  $p = b_2 + b_3 \cdot DGR^{b_4} + b_5 \cdot d$

onde:

SR = taxa anual de sobrevivência

DGR = taxa de crescimento diamétrico

d = diâmetro no início do período

$b_i$  = coeficientes a serem estimados

Esse modelo proposto por BUCHMAN; PEDERSON; WALTERS (1983), têm similaridade com a função gama.

$$SR = b_1 - [1/(1+\exp(n))]$$

onde:

$$n = b_2 + b_3 \cdot DGR^{b_4} + b_5 \cdot (d-1)^{b_6} \cdot \exp[-b_7 \cdot (d-1)]$$

Segundo HARMS (1983), a dificuldade de se obter um modelo satisfatório é devido a que a mortalidade é extremamente variável, dependendo da tolerância (habilidade de competir), do diferencial de crescimento da espécie e de fatores externos do sítio como água e nutrientes.

<sup>18</sup> BUCHMAN, R. G. Mortality functions. In a generalized forest growth projection system applied to the Lake States region. U.S. For. Serv. Gen. Tech. Rep., Asheville, n. 49, p. 47-55, 1979.

As curvas de sobrevivência têm a forma típica sigmoidal, que depende primariamente do número de árvores estabelecidas, do crescimento e da qualidade do sítio. Logicamente, a curva é descrita em termos de uma ou mais dessas variáveis. As variáveis mais comumente usadas são o número de árvores, a altura dominante e a idade. A altura dominante têm a vantagem de resumir nela, os efeitos da idade e da qualidade do sítio.

O modelo descrito por HARMS (1983), para *Pinus taeda* L., para uma grande dispersão de densidades com mortalidade relativamente regular foi:

$$S = 1/[1+(H/H_c)^r]$$

onde:

S = sobrevivência =  $N/N_i$

N = número atual de árvores

$N_i$  = número inicial de árvores

H = altura média

$H_c$  = altura média quando  $S = 0,5$

$\ln H_c = b_0 + b_1 \cdot \ln (N_i)$

r = expoente que define a curva

$r = b_0 + b_1 \cdot (1/N_i)$

Para determinar a mortalidade (M):

$$M = (H/H_c)^r / [1+(H/H_c)^r]$$

SMALLEY; BAILEY (1974) usaram uma equação de sobrevivência para *Pinus taeda* L., sem tratamento silvicultural. O modelo desenvolvido foi:

$$\log (T_p/T_s) = A_p [0,0130 \log (T_p) + 0,0009 H - 0.0109 \sqrt{H} ]$$

onde:

$T_s$  = número de árvores sobreviventes por acre em uma idade  $A_p$

$T_p$  = número de árvores plantadas por acre

$A_p$  = idade de plantio

$H$  = altura dominante

O mérito dessa função é que quando  $A_p = 0$ ,  $\log (T_p/T_s) = 0$ . Ou seja,  $T_p = T_s$  e a equação prediz 100% de sobrevivência.

DELL *et al.* (1979) aplicaram este modelo usado por SMALLEY; BAILEY (1974) em *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm., obtendo resultados satisfatórios e concluíram que, em todos os sítios, a porcentagem de sobrevivência decresceu com o aumento da idade. Nas idades jovens a sobrevivência diminuiu quando diminuiu a qualidade do sítio. Porém, devido à intensa competição nos melhores sítios, com o avanço da idade, a sobrevivência foi maior nos piores sítios.

MACHADO (1979), usando a equação de SMALLEY; BAILEY (1974) em reflorestamentos de *Pinus taeda* L. no Paraná, não detectou contribuição significativa do termo " $A_p$ " (idade do povoamento) para a melhoria da predição.

CLUTTER; JONES JUNIOR (1980), utilizando cálculo integral, construíram um modelo diferencial que limita a mortalidade entre 0 e 100%.

BUFORD; HAFLEY (1985) analisaram as distribuições probabilísticas de Weibull, gama, exponencial negativa e a função derivada do modelo de Richards e observaram que esta última apresentou o melhor ajuste.

SANQUETTA (1990), trabalhando a nível de povoamento com dados de *Pinus elliottii* Engelm., testou 7 modelos de mortalidade, cuja premissa fundamental foi as propriedades de limitação da mortalidade entre 0 e 100% do número de árvores plantadas, ou seja, o modelo não deve estimar um número de árvores remanescentes superior ao número de árvores plantadas, nem tampouco proporcionar estimativas negativas. Este autor concluiu que o modelo de SILVA<sup>19</sup> foi o mais eficiente entre todos os modelos testados.

<sup>19</sup> SILVA, J. A. A. Dynamics of stand structure in fertilized slash pine plantation. Athens, 1986. 139 f. Tese. (Ph. D.). University of Georgia.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO EXPERIMENTO

Os dados para o desenvolvimento desta pesquisa foram obtidos de um experimento de densidades, instalado no Campo Anexo Cuartel Rio Victoria (INTA-Misiones), Departamento Guaraní, Província de Misiones, Argentina (Figura 2).

Suas coordenadas geográficas são 26° e 56' de latitude Sul e 54° e 24' de longitude Oeste, sendo a altitude de 534 m.

##### 3.1.1 SOLO

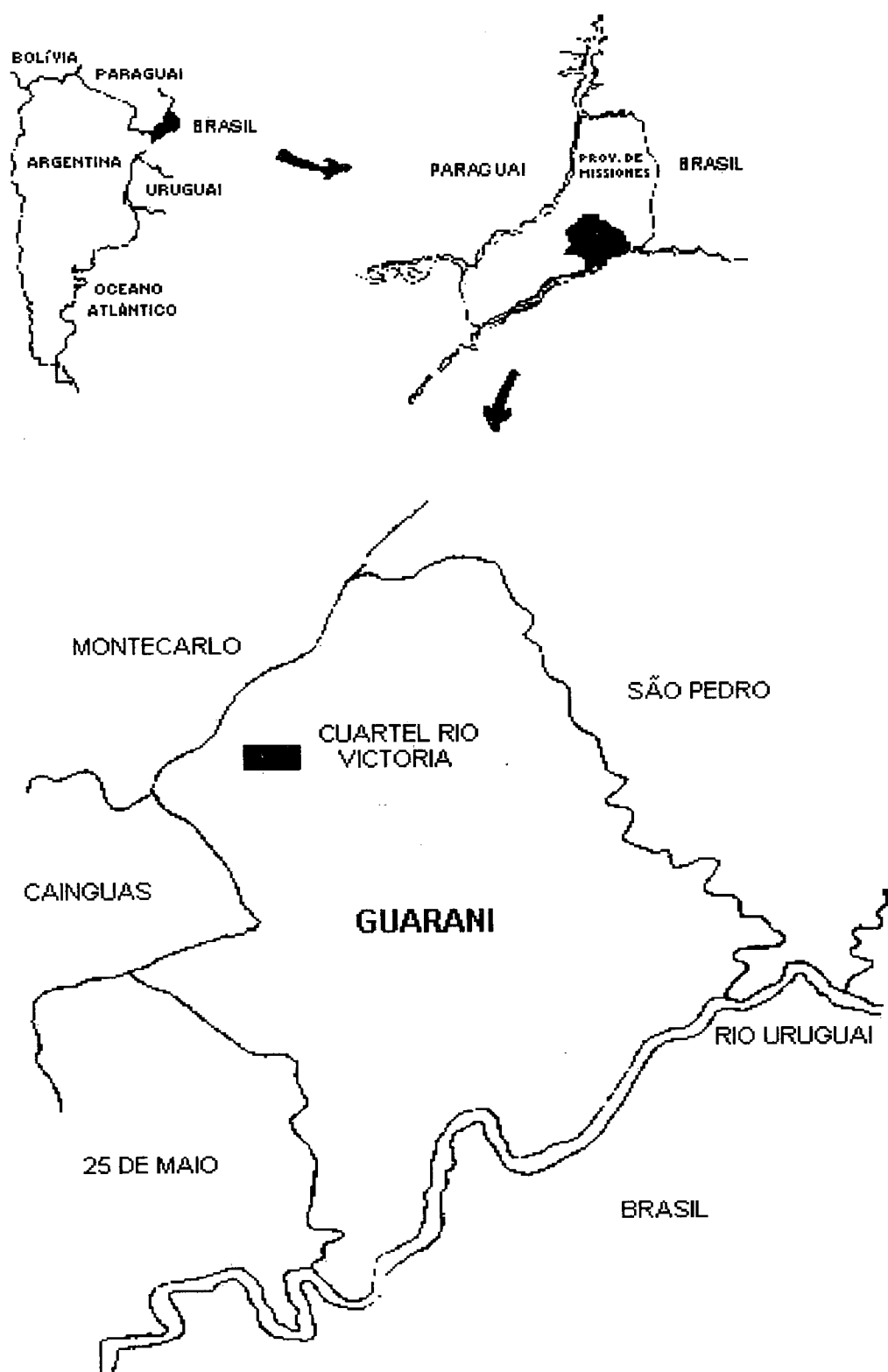
O experimento encontra-se instalado em um "kandiudult", segundo SOIL SURVEY STAFF (1975), (1987), caracterizado por um desenvolvimento de solo maior que dois metros, sequência de horizontes A-Bt-C, vermelho, livre de cascalhos e fragmentos grossos, permeabilidade moderada, bem drenado, relativamente insaturado.

De acordo com MANCINI (1964), o relevamento edafológico da Província pertence à unidade cartográfica 9.

Segundo DE HOOGH; DIETRICH; AHRENS (1978), para a espécie em estudo, corresponde-se ao índice de sítio de 22 m (classe de sítio III), na idade índice de 25 anos.



FIGURA 2- LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.



### 3.1.2 CLIMÁ

Segundo GOLFARI (1965), corresponde à região climática 5. Tal descrição indica clima subtropical ou montano baixo, subúmido, úmido ou perúmido, com regime uniforme.

No Quadro 1, apresentam-se as médias correspondentes a 17 anos de observações, efetuadas na Estação Meteorológica do Campo Anexo Cuartel Rio Victoria.

**QUADRO 1- ESTATÍSTICAS CLIMÁTICAS. CUARTEL RIO VICTORIA.**

Temperatura máxima absoluta	: 37,6°C
Temperatura máxima média	: 25,2°C
Temperatura mínima absoluta	: -4,1°C
Temperatura mínima média	: 14,8°C
Temperatura média	: 20,7°C
Dias com geadas agronômicas	: 6,5
Umidade relativa ambiente	: 72%
Precipitação média anual	: 2122,9 mm
Dias de chuva por ano	: 105
Balanço hídrico	: sem deficiência

### 3.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento, instalado para avaliar o efeito da densidade sobre a produção, foi implantado em 1971, em uma área de 3 hectares, cujo sítio é considerado adequado para a espécie em estudo. Foram utilizadas sementes comerciais, sendo o

tamanho inicial das parcelas de 20 m x 50 m, as quais foram dispostas em blocos ao acaso com 3 repetições (Figura 3).

**FIGURA 3- DESENHO DO EXPERIMENTO PARA AS DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.**

8	3	1
7	<b>BLOCO I</b> 2	4
10	6	9
5	3	5
10	<b>BLOCO II</b> 7	6
9	8	4
6	2	1
4	1	8
9	<b>BLOCO III</b> 7	3
10	5	2

Foram testadas 10 densidades de plantação inicial compreendidas entre 625 e 4444 árvores por hectare (Quadro 2).

**QUADRO 2- TRATAMENTOS OU DENSIDADES INICIAIS DO EXPERIMENTO.**

Tratamento Número	Espaçamento de plantação (m)	Densidade (arv/ha)
1	1,5 x 1,5	4444
2	1,5 x 2,0	3333
3	2,0 x 2,0	2500
4	2,0 x 2,5	2000
5	2,0 x 3,0	1666
6	2,5 x 2,5	1600
7	2,5 x 3,0	1333
8	3,0 x 3,0	1111
9	3,5 x 3,5	816
10	4,0 x 4,0	625

### 3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS

O material desta investigação consta de 9 remedições efetuadas durante os anos de 1977, 1978, 1979, 1980, 1982, 1983, 1989, 1993 e 1995.

Em 1977 mediu-se a altura de todas as árvores; em 1979, 1980, 1982, 1989, 1993 e 1995 mediu-se a altura de uma amostra de árvores dentro de cada parcela, enquanto que em 1989 mediu-se ainda, a altura das árvores dominantes. As alturas foram medidas com hipsômetros trigonométricos.

Em todas as oportunidades citadas mediu-se também o diâmetro à altura do peito de todas as árvores vivas, utilizando-se sutas.

### 3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS

As seguintes etapas foram realizados no processamento dos dados:

#### 3.4.1 AJUSTE DE RELAÇÕES HIPSONÔMICAS

Inicialmente gravou-se arquivos, um para cada ano de medição (1977, 1979, 1980, 1982, 1989, 1993 e 1995) e densidade de plantação, contendo os pares de diâmetros-alturas totais das árvores.

Os dois modelos testados para o ajuste da relação hipsométrica contêm diâmetro à altura do peito (d) e a idade (I) como variáveis independentes e altura total (h) como variável dependente:

- Modelo de Curtis

$$\ln h = b_0 + b_1(1/d) + b_2(1/I) + b_3(1/(d \cdot I))$$

onde: ln = logaritmo neperiano

- Modelo de Blanco Jorge (Prodan modificado)

$$d^2/(h-1,30) = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2 + b_3 \cdot d \cdot I$$

A escolha do melhor modelo foi feita através da análise comparativa das estatísticas:

- a) Coeficiente de Determinação ajustado ( $R_{aj}^2$ );
- b) Erro Padrão de Estimativa em porcentagem ( $S_{yx}\%$ );
- c) Distribuição gráfica dos resíduos em porcentagem em relação a variável diâmetro à altura do peito (d).

#### 3.4.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS POR PARCELA

Gravou-se e verificou-se os arquivos, um para cada parcela, tratamento, bloco e ano de medição, conformando-se desta maneira um total de 270 arquivos, os quais, contêm os dados do diâmetro de todos as árvores vivas da parcela correspondente.

Determinou-se diâmetro médio aritmético ( $\bar{d}$ ), a área transversal média ( $\bar{g}$ ), o diâmetro médio quadrático ( $dg$ ), a altura média aritmética ( $\bar{h}$ ), o número de árvores vivas nas várias remedições (N/ha) e a área basal por hectare (G).

A Mortalidade foi determinada da seguinte maneira:

$$M\% = [1 - (N_a/N_i)] \cdot 100$$

onde:

M% = mortalidade em porcentagem

$N_a$  = número de árvores atual

$N_i$  = número de árvores inicial

A sobrevivência foi determinada como:

$$S\% = 100 - M\%$$

onde:

S% = sobrevivência em porcentagem

M% = mortalidade em porcentagem

A altura dominante foi determinada como a altura média das 100 árvores de maiores diâmetros por hectare conforme ASSMANN e HUMMEL, citado por BURGER (1980), considerando-se, neste caso, um número de árvores proporcional à superfície da parcela. A altura das árvores dominantes foi estimada através de relações hipsométricas ajustadas conforme consta no item 3.4.1.

O volume com casca, até o diâmetro de topo de 7 cm com casca ( $v$ ), foi estimado através de uma equação de volume para árvores individuais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., publicada por MARIOT; DE DIO (1982) :

$$v = -0,007507 \cdot d + 0,001029 \cdot d^2$$

onde:

$d$  = diâmetro à altura do peito da árvore (cm)

Obtidos os volumes das parcelas foram então extrapolados por hectare.

No Anexo 1, são apresentados os Quadros 13 até 22 contendo a base de dados advindos de cada parcela. As variáveis estudadas são apresentadas no Quadro 3:

QUADRO 3- LISTA DE VARIÁVEIS ESTUDADAS

variável	unidade	símbolo
diâmetro médio aritmético	cm	$\bar{d}$
diâmetro médio quadrático	cm	dg
área transversal média	cm <sup>2</sup>	$\bar{g}$
altura total média	m	$\bar{h}$
altura dominante média	m	$h_{dom}$
volume da árvore média até 7 cm	m <sup>3</sup>	$\bar{v}$
área basal	m <sup>2</sup> /ha	G
número de árvores vivas	arv/ha	N
sobrevivência	%	S
volume com casca até 7 cm	m <sup>3</sup> /ha	V

### 3.4.3 EFEITO DA DENSIDADE NA PRODUÇÃO

O efeito da densidade de plantação sobre cada variável listada no Quadro 3 e da idade de medição, foram avaliados através de uma análise de variância e do teste de Tukey. Foi também feita uma análise das tendências observadas e idades a partir das quais, a densidade de plantação começa a influenciar negativamente sobre cada variável.

A análise de variância se efetuou a partir do valor médio por parcela, para cada variável e idade de medição, de acordo com o desenho utilizado (blocos completamente ao acaso com 3 repetições). Um valor crítico de 5% foi utilizado para o teste "F".



Após a análise de variância, empregou-se o teste de Tukey (teste de amplitude múltipla) a fim de detectar se existiam ou não diferenças significativas entre as médias dos tratamentos.

A representação gráfica das tendências das variáveis foi feita de duas maneiras:

- a) evolução das variáveis em função da densidade de plantação para as diferentes idades;
- b) evolução das variáveis em função da idade para as diferentes densidades de plantação.

#### 3.4.4 MODELAGEM DA EVOLUÇÃO DAS VARIÁVEIS

##### 3.4.4.1 Crescimento e Produção

Para modelar as variáveis consideradas (Quadro 3) foram testados dois modelos não lineares bastante conhecidos no campo florestal: o modelo biomatemático de Chapman-Richards e o modelo empírico de Prodan, os quais têm as seguintes características:

- a) origem;
- b) ponto de inflexão;
- c) ponto de tangência máximo;
- d) assíntota.

O modelo biológico de Chapman-Richards têm a seguinte expressão:

$$W = A [ 1 - b \cdot e^{-K \cdot I} ]^{1/(1-m)}$$

onde:

W = tamanho na idade I

A = valor assintótico

m = localização do ponto de inflexão e forma da curva

K = inclinação média da curva

b = reflete somente a escolha do tempo zero

I = idade

e = base do logaritmo neperiano

Já o modelo empírico de Prodan:

$$W = I^2 / (b_0 + b_1 \cdot I + b_2 \cdot I^2)$$

onde:

W = tamanho na idade I

I = idade

$b_i$  = coeficientes da equação

O modelo de Prodan é um modelo não linear, mas com a vantagem de ser intrínsecamente linearizável. Para linearizá-lo e então estimar seus coeficientes por regressão linear múltipla, faz-se:

$$I^2/W = (b_0 + b_1 \cdot I + b_2 \cdot I^2)$$

Sua vantagem em relação ao modelo de Chapman-Richards, é que uma vez obtidos os coeficientes por regressão linear múltipla, é possível utilizar os mesmos em regressão não linear (isto é muito importante, já que o sistema não linear de equações para estimativa dos coeficientes do modelo não

possui solução explícita e normalmente é resolvido por métodos, que calculam correções sucessivas a partir de uma solução preliminar, até que se encontre uma correção considerada desprezível).

No caso do modelo de Chapman-Richards (que não é intrinsecamente linearizável) é preciso ter conhecimento dos coeficientes para iniciar a regressão não linear, caso contrário pode-se estimar coeficientes irrealistas.

Após do ajuste do modelo de Prodan linearizado, o mesmo foi ajustado novamente na forma não linear. Este procedimento foi adotado para se efetuar comparações com o modelo de Chapman-Richards através das estatísticas, sem necessidade de ter que retransformar a variável dependente.

#### 3.4.4.2 Sobrevivência (Árvores por Hectare)

Os dois modelos testados, para cada densidade de plantação, foram:

Modelo de Chapman-Richards modificado:

$$N_2 = N_1 - [ N_1 ((1 - \exp(-b_1(I_2 - I_1)))^{b_2}) ]$$

Modelo de Silva:

$$N_2 = N_1 \cdot \exp ( b_1 ( b_2^{I_2} - b_2^{I_1} ) )$$

onde:

$N_2$  = número de árvores futuro

$N_1$  = número de árvores presente

$I_2$  = idade futura

$I_1$  = idade presente

$b_i$  = coeficientes de regressão não linear

exp = base do logaritmo neperiano

#### 3.4.4.3 Regressão Não Linear

O algoritmo utilizado foi desenvolvido por Marquardt em 1963. É um algoritmo de mínimos quadrados para estimar parâmetros não lineares. Dado que o algoritmo para a regressão não linear é altamente dependente dos parâmetros iniciais, é importante desenvolver estimações iniciais razoáveis. No caso de selecionar-se parâmetros iniciais irreais, têm-se o risco do modelo convergir em um mínimo local em vez de um mínimo global. Esta situação pode ser evitada fazendo a análise várias vezes para diferentes condições iniciais (diferentes parâmetros iniciais).

DRAPER; SMITH (1981) provêm um número de sugestões práticas para desenvolver de maneira útil estimadores iniciais. O método de Marquardt é um compromisso entre o método de linearização de Gauss-Newton (ou Séries de Taylor) e o método descendente (steepest descent method), combinando o melhor de ambos, o que evita a maioria das limitações dos

outros métodos, sendo em consequência o mais aconselhável para quase todos os problemas não lineares.

#### 3.4.4.4 Comparação dos Modelos na Estimativa das Variáveis

Para cada variável, ajustou-se um modelo utilizando os valores médios por parcela, nas diferentes idades de medição, ou seja, 27 pares de observações (9 idades e 3 repetições).

Para o ajuste dos modelos de Chapman-Richards, Chapman-Richards modificado e Silva, os coeficientes iniciais utilizados na regressão não linear foram números sem nenhum antecedente conhecido para a espécie em estudo. Para o ajuste do modelo de Prodan, os coeficientes foram estimados inicialmente por regressão linear múltipla.

O ajuste dos modelos para descrever a evolução das diferentes variáveis foi avaliado através das seguintes estatísticas:

- a)  $R_{aj}^2$ ;
- b)  $S_{yx}\%$ ;
- c) análise gráfica dos resíduos.

### 3.4.5 PREDIÇÕES DE CRESCIMENTO DE POVOAMENTOS FLORESTAIS DESBASTADOS A PARTIR DE POVOAMENTOS FLORESTAIS NÃO DESBASTADOS.

Dadas as características deste experimento, a possibilidade de utilizar curvas de crescimento desenvolvidas a partir de povoamentos não desbastados para descrever o crescimento de povoamentos desbastados, foi aplicado neste trabalho, a partir de hipóteses apresentadas por autores como PIENAAR (1965) e MARSH; BURGERS (1973).

PIENAAR (1965), trabalhando com *Pinus elliottii*, concluiu que: "Para uma grande amplitude de regimes de manejo, o crescimento de um povoamento desbastado é idêntico a um povoamento não desbastado com a mesma quantidade de crescimento vivo acumulado e a mesma densidade (N/ha), mas não necessariamente em uma mesma idade".

Segundo MARSH; BURGERS (1973), a partir de modelos de crescimento baseados em experimentos de densidade, podem ser obtidas predições exatas do crescimento de povoamentos sujeitos a uma variedade de tratamentos diferentes de desbastes. A base deste método é a hipótese de Marsh, aplicável ao Gênero *Pinus* e provavelmente com certas modificações para outras espécies como por exemplo *Eucalyptus grandis*: "O crescimento de povoamentos desbastados é equivalente a povoamentos não desbastados com o mesmo número de árvores por unidade de superfície e densidade (medida em área basal ou volume por unidade de área), porém a

uma idade mais jovem (a idade na qual ele teria a mesma área basal ou volume por unidade de área)".

#### 3.4.6 PRODUÇÃO BRUTA DE MADEIRA EM POVOAMENTOS FLORESTAIS DESBASTADOS E NÃO DESBASTADOS.

A Teoria de Möller, citado por AHRENS (1992) preconiza que em um povoamento florestal não desbastado, a produção bruta por unidade de área, a longo prazo, é aproximadamente igual à produção total que seria obtida pelo valor acumulado das produções intermediárias (desbastes) acrescido da produção obtida no corte final, se o mesmo tivesse sido submetido a um regime de desbastes.

Desta forma, os resultados observados na grande maioria dos estudos sobre desbaste suportam a conclusão geral de que tais intervenções não afetam significativamente a produção bruta total em volume por hectare, exceto em condições extremas de densidade (quando, devido a baixa densidade, o sítio é sub-utilizado durante algum tempo, ou quando a densidade excessiva conduz as árvores a uma competição por luz, água e nutrientes muito forte).

Utilizando-se as hipóteses do item 3.4.5, foi possível testar a Teoria de Möller.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1 AJUSTE DE RELAÇÕES HIPSOMÉTRICAS

Os coeficientes dos modelos de Curtis e Blanco Jorge, bem como as estatísticas de ajuste são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DAS EQUAÇÕES DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA.

Modelo	coeficiente	Densidades (arv/ha)									
		4444	3333	2500	2000	1600	1666	1333	1111	816	625
Curtis	b0	3,531	3,410	3,483	3,529	3,574	3,429	3,529	3,535	3,587	3,627
	b1	-7,53	-6,82	-8,08	-9,10	-10,3	-7,22	-8,54	-8,74	-12,2	-12,3
	b2	-7,07	-5,99	-6,50	-6,51	-7,03	-6,6	-6,85	-7,13	-6,78	-7,61
	b3	26,19	17,95	25,02	27,56	37,89	19,12	26,94	29,12	40,67	45,70
Estatísticas	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	0,951	0,956	0,967	0,968	0,970	0,970	0,971	0,972	0,968	0,976
	S <sub>yx</sub> %	7,23	7,40	6,15	7,30	6,55	7,02	6,90	7,02	6,58	6,13
Blanco Jorge	b0	-1,70	-0,96	-1,04	-0,55	-0,23	-0,36	0,669	1,460	2,157	2,026
	b1	1,679	1,561	1,668	1,687	1,673	1,620	1,610	1,609	1,618	1,707
	b2	0,037	0,040	0,039	0,036	0,036	0,039	0,038	0,038	0,038	0,038
	b3	-0,05	-0,04	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
Estatísticas	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	0,982	0,975	0,975	0,963	0,965	0,966	0,959	0,960	0,973	0,966
	S <sub>yx</sub> %	9,33	9,68	8,65	9,76	9,85	8,48	9,75	9,83	8,14	7,90

Os valores de R<sup>2</sup><sub>aj</sub> obtidos no ajuste do modelo de Curtis variaram de 0,951 até 0,976 e os valores de S<sub>yx</sub>% variaram de 6,13 até 7,40. No modelo de Blanco Jorge os valores de R<sup>2</sup><sub>aj</sub> variaram de 0,959 até 0,982 e os valores de S<sub>yx</sub>% variaram de 7,9 até 9,85.

Os valores elevados de R<sup>2</sup><sub>aj</sub> (em torno de 0,97), podem ser devido a autocorrelação das alturas por medições sucessivas das mesmas árvores, se bem que estatísticas semelhantes foram



obtidos por TREVIZOL JUNIOR (1985) com *Eucalyptus grandis*, no Município de Bom Despacho, Minas Gerais, Brasil.

Através de uma análise gráfica, foi possível observar que o modelo de Curtis descreveu a evolução dos dados sem tendenciosidade para toda a amplitude de diâmetros e idades analisadas, o que não ocorreu com o modelo de Blanco Jorge que geralmente subestima a altura total nas classes de diâmetro (d) inferiores e superestima nas superiores correspondentes a cada idade.

Nas análises gráficas dos resíduos, observou-se ainda que os desvios em termos percentuais dos valores estimados em relação aos valores reais em função do diâmetro a 1,3 metros (d) no caso do modelo de CURTIS (1967), apresentou variações de  $\pm 20\%$  para 625 árvores/ha até  $\pm 30\%$  para o tratamento de 4444 árvores/ha, com distribuição relativamente homogênea dos resíduos para a amplitude de diâmetros e idades analisadas. Por outro lado, o modelo de BLANCO JORGE (1983), apresentou variações de -30 até +50 para 625 árvores/ha e de -50 até +40 para 4444 árvores/ha, com uma distribuição heterogênea dos resíduos.

Com base nessas observações, recomenda-se que a análise do ajuste não seja realizada somente através das estatísticas  $R_{aj}^2$  e  $S_{yx}\%$ , mas também através de uma avaliação gráfica do modelo frente aos dados observados, ou alternativamente uma análise de resíduos.

Em função das estatísticas analisadas e principalmente com base na distribuição gráfica dos resíduos, a equação hipsométrica de Curtis foi selecionada sendo obtida uma equação para cada densidade (tratamento), totalizando assim 10 equações hipsométricas.

Na Figura 4, é apresentado um exemplo para a densidade de 1111 arv/ha e diferentes idades de medição, assim como a distribuição dos resíduos em porcentagem na Figura 5. Observa-se na Figura 4 que as curvas ajustadas descrevem adequadamente a relação altura-diâmetro para cada uma das idades estudadas. Na medida que aumenta a idade, as curvas que descrevem a relação altura-diâmetro, deslocam-se para acima e para a direita, acompanhando o crescimento em diâmetro e altura, sendo as curvas nas idades jovens mais íngremes em relação às curvas nas idades mais velhas.

Os resultados obtidos por CRECHI; FRIEDL; FERNÁNDEZ (1992), trabalhando com dados do mesmo experimento, não são comparáveis, já que não foi feito como nesta análise, um ajuste para cada densidade de plantação.

FIGURA 4- EVOLUÇÃO DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO NA DENSIDADE DE 1111 ARV/HA (EQUAÇÃO DE CURTIS) .

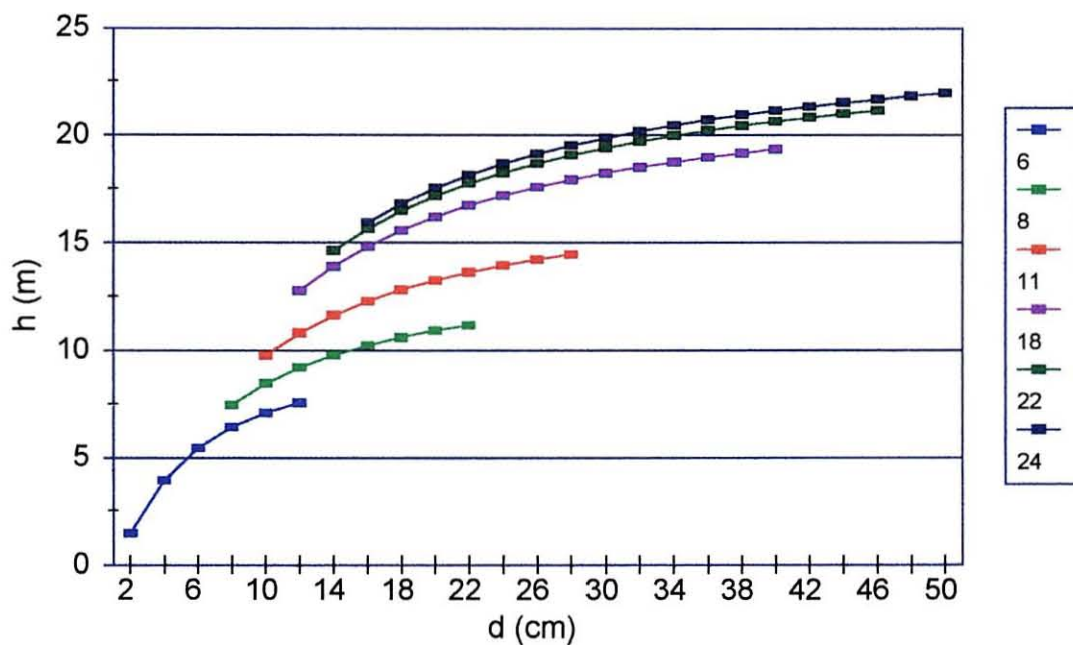
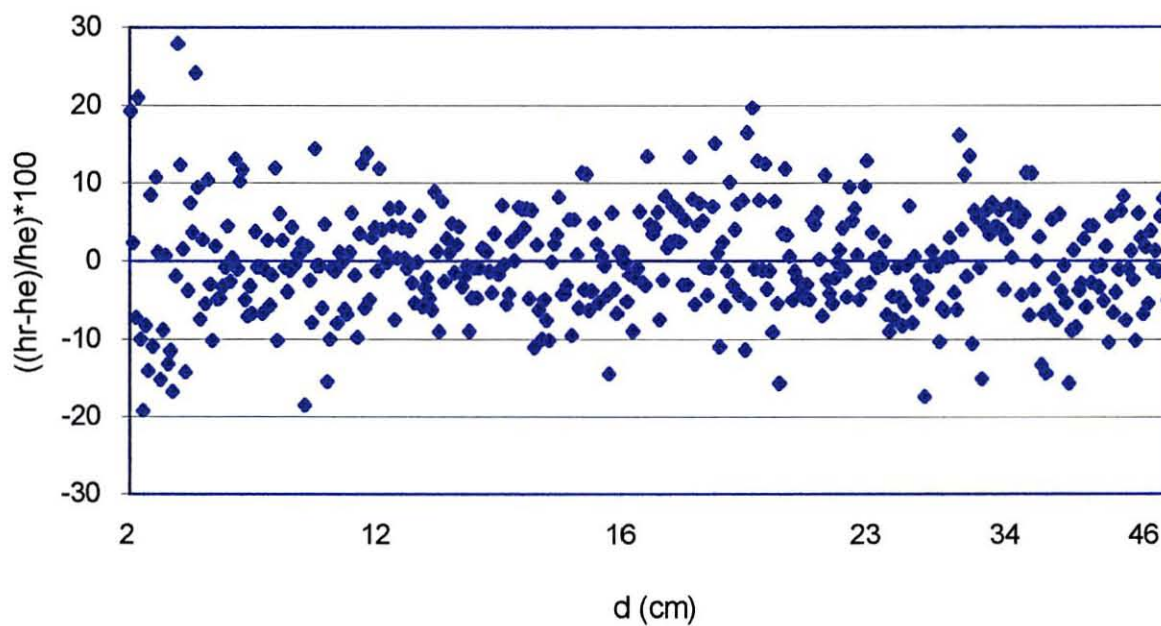


FIGURA 5- DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DAP, PARA A DENSIDADE DE 1111 ARV/HA (EQUAÇÃO DE CURTIS) .



#### 4.2 ANÁLISE DE VARIÂNCIA E TESTE DE COMPARAÇÕES DE MÉDIAS DE TRATAMENTOS.

Como produto do processamento dos dados obteve-se para cada uma das variáveis e para as 9 idades de medição (6, 7, 8, 9, 11, 12, 18, 22 e 24 anos), 3 tabelas de análises de variância, de médias por tratamentos e de resultados da aplicação do teste de Tukey. Um exemplo das mesmas, correspondentes ao diâmetro médio aritmético na idade de 6 anos é apresentado nas Tabelas 2, 3 e 4.

**TABELA 2- ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO NA IDADE DE 6 ANOS.**

Fonte de variação	Soma de quadrados	g.l.	Quadrado médio	F	Nível de signif.
Tratamento	48,470120	9	5,3855689	6,896	0,0003
Repetição	14,161047	2	7,0805233	9,066	0,0019
Resíduo	14,058220	18	0,7810122		
<b>Total</b>	<b>76,689387</b>	<b>29</b>			

**TABELA 3- RESULTADOS DO DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO NA IDADE DE 6 ANOS.**

Nível	Quantidade	Média	Erro padrão da média	Intervalo de Confiança 95% para a média	
Média geral	30	10,947333	0,1613497	10,608267	11,286400
Tratamentos					
1	3	8,540000	0,5102327	7,467779	9,612221
2	3	8,953333	0,5102327	7,881112	10,025555
3	3	10,206667	0,5102327	9,134445	11,278888
4	3	10,763333	0,5102327	9,691112	11,835555
5	3	11,383333	0,5102327	10,311112	12,455555
6	3	11,210000	0,5102327	10,137779	12,282221
7	3	12,003333	0,5102327	10,931112	13,075555
8	3	11,826667	0,5102327	10,754445	12,898888
9	3	12,420000	0,5102327	11,347779	13,492221
10	3	12,166667	0,5102327	11,094445	13,238888
Repetição (blocos)					
1	10	11,476000	0,2794660	10,888720	12,063280
2	10	11,389000	0,2794660	10,801720	11,976280
3	10	9,977000	0,2794660	9,389720	10,564280

TABELA 4- TESTE DE TUKEY PARA O DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO NA IDADE DE 6 ANOS.

Tratamentos	Quantidade	Média	Grupos homogêneos
1	3	8,540000	c
2	3	8,953333	c b
3	3	10,206667	c b a
4	3	10,763333	c b a
6	3	11,210000	b a
5	3	11,383333	b a
8	3	11,826667	a
7	3	12,003333	a
10	3	12,166667	a
9	3	12,420000	a

Os resultados que constam nessas Tabelas foram obtidas para cada variável analisada, a partir de arquivos contendo valores médios por parcela, para as 3 repetições e para cada idade de medição. Esses resultados foram obtidos de forma automática através de pacotes estatísticos em um computador.

Na Tabela 2, observa-se a análise de variância correspondente a 10 tratamentos e 3 repetições, da variável diâmetro médio à altura do peito na idade de 6 anos.

O valor de F calculado para tratamentos é de 6,896 ( $5,3855689/0,7810122$ ) que corresponde a um nível de significância de 0,0003, ou 0,03% (o valor de 0,0003, indica a probabilidade que não existam diferenças significativas entre tratamentos, ou seja, rejeitar a hipótese nula sendo ela verdadeira). Indicando que há diferenças significativas entre os tratamentos (pelo menos um tratamento é diferente dos demais), já que esta probabilidade é muito menor do que o limite estabelecido de 5% (probabilidade de 95%).

Dito de outra maneira, o valor de F calculado de 6,896 é comparado com o F tabelar, com graus de liberdade dos tratamentos e resíduo, para um nível de probabilidade de 95%, ou seja:

$$F_{\text{calc}} = 6,896$$

$$F(9;18;0,05) = 2,46$$

Como  $6,896 > 2,46$ ; existem diferenças significativas entre tratamentos.

Observa-se também diferenças significativas entre repetições, que correspondem com o desenho utilizado.

Na Tabela 3, observa-se o valor da média geral, a média de 3 repetições para cada tratamento, a média para cada um dos 3 blocos e do erro padrão da média ( $S_{\bar{x}}$ ), o qual para os tratamentos foi calculado como:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{QME / r}$$

onde:

$S_{\bar{x}}$  = erro padrão da média

QME = quadrado médio do erro ou resíduo

r = repetições (número de blocos)

O valor do erro padrão para a média geral e para blocos é obtido utilizando na fórmula anterior, valores de  $r = 30$  e  $r = 10$ , respectivamente.

Observa-se também duas colunas que indicam os limites inferior e superior do intervalo de confiança para a média ao nível de probabilidade de 95%, obtido através da fórmula:

$$\bar{x} \pm t_{(n, \alpha/2)} \cdot S_{\bar{x}}$$

onde:

$\bar{x}$  = média

t = t de Student

n = graus de liberdade do erro (resíduo)

$\alpha$  = nível de significância (0,05)

$\alpha/2 = 0,025$

$S_{\bar{x}}$  = erro padrão da média

Na Tabela 4, observa-se as médias por tratamento ordenadas de menor a maior, e na coluna seguinte os grupos homogêneos (que não apresentam diferenças significativas entre elas) encontram-se na mesma coluna identificados por "a", "b" e "c", resultado da aplicação do teste de Tukey.

Passos seguidos:

a) calcular o erro padrão da média,  $S_{\bar{x}} = 0,5102327$ ;

b) obter da tabela de Tukey o valor "q", com grau de

liberdade do erro, nível  $\alpha$  de probabilidade e "t"

tratamentos,  $q(t, gl \text{ erro}, \alpha) = q(10; 18; 0,05) = 5,07$ ;

c) determinar o comparador de Tukey:  $T = S_{\bar{x}} \cdot q$

$T = 0,5102327 \cdot 5,07 = \underline{2,587 \text{ cm}}$ ;

d) a partir daqui, faz-se a diferença entre a média que apresentou o maior valor e o comparador de Tukey.

No exemplo:  $12,420 - 2,587 = 9,833 \text{ cm}$ , ou seja, todos os tratamentos cuja média seja igual ou maior a 9,833 não apresentam diferenças significativas em relação à maior média (tratamentos 3 até 10).

A partir da segunda maior média utiliza-se o mesmo comparador, neste caso seria:  $12,166667 - 2,587 = 9,5797$ . Como neste caso o grupo segue sendo o mesmo, faz-se o cálculo a partir da terceira maior média. E assim até que o tratamento com a menor média se encontre dentro de um grupo homogêneo.

#### 4.2.1 EFEITO DA DENSIDADE NO CRESCIMENTO MÉDIO DA ÁRVORE

##### 4.2.1.1 Diâmetro Médio Aritmético ( $\bar{d}$ ), Diâmetro Médio Quadrático ( $dq$ ), Área Transversal Média ( $\bar{g}$ ) e Volume Médio ( $\bar{v}$ ).

Estas variáveis foram agrupadas devido à similaridade nos seus comportamentos. A densidade de plantio influenciou de maneira significativa a evolução destas 4 variáveis, conforme mostram as Figuras 6 a 13.

Nas Figuras 6 a 9 apresenta-se o comportamento das variáveis em função da densidade de plantação para cada idade de medição, observando-se uma relação inversa com a densidade. O efeito da densidade manifesta-se através da inclinação das curvas, cujo aumento com a idade evidencia que as densidades baixas possuem cada vez maior velocidade de crescimento, em relação às altas. Por outro lado, o efeito da idade se caracteriza por um deslocamento vertical das curvas.

As Figuras 10 a 13 mostram a evolução das variáveis em função dos anos de medição para diferentes densidades de



plantação, observando-se uma relação direta com a idade. Observa-se que o efeito da idade se manifesta através da inclinação das curvas, enquanto que o efeito da densidade é indicado por um deslocamento vertical das mesmas. Resulta notório, o distanciamento progressivo das curvas correspondentes às duas menores densidades em relação às demais.

No caso do diâmetro médio aritmético e do diâmetro médio quadrático os resultados são coincidentes com aqueles obtidos por SPELTZ; MONTEIRO; CORDEIRO (1980), FAHLER; DI LUCCA (1980), PUJATO; MARLATZ (1983), FRIEDL; FERNÁNDEZ; CRECHI (1991b), que trabalharam com dados da mesma espécie.

Entre 6 até 12 anos e para as 4 variáveis as médias obtidas para as duas menores densidades de plantaço (625 e 816 árvores por hectare) superaram significativamente às médias correspondentes às demais densidades. Aos 12 anos já superavam a todas, ou seja desde 4444 até 1111 árvores por hectare, situação esta que se manteve até os 18 anos. Aos 22 anos aconteceu um processo inverso, ou seja, um número cada vez maior de densidades a partir de 625 arv/ha não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos tratamentos, aos 24 anos não se observa diferenças entre as densidades de 625 até 1333 arv/ha para as duas primeiras variáveis ( $\bar{d}$  e  $d_g$ ) e de 625 até 1111 arv/ha para as outras duas ( $\bar{g}$  e  $\bar{v}$ ).

FIGURA 6- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.

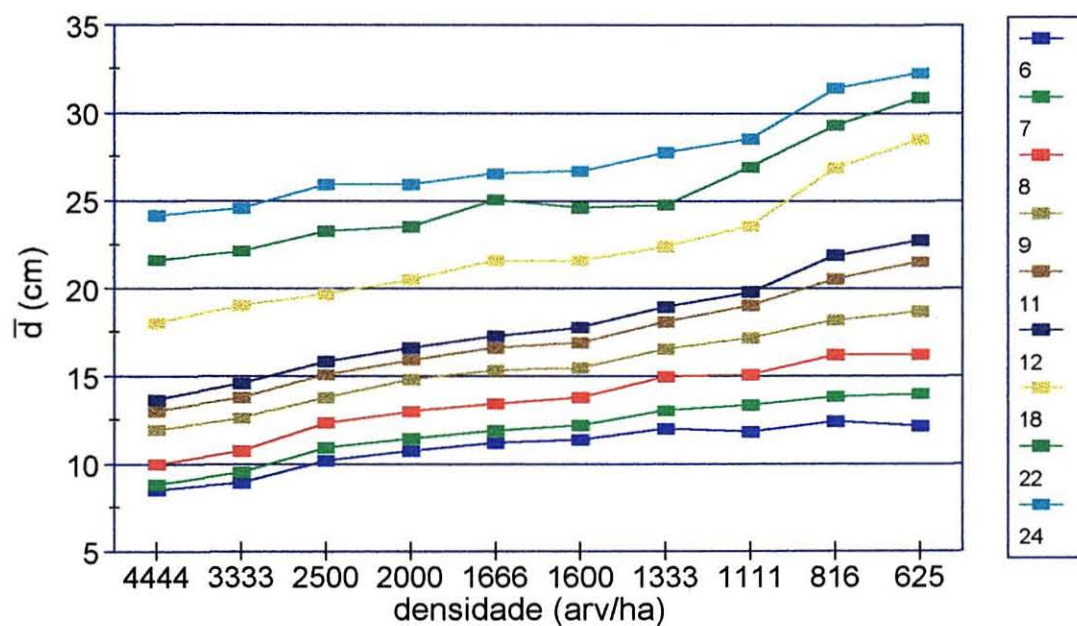


FIGURA 7- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.

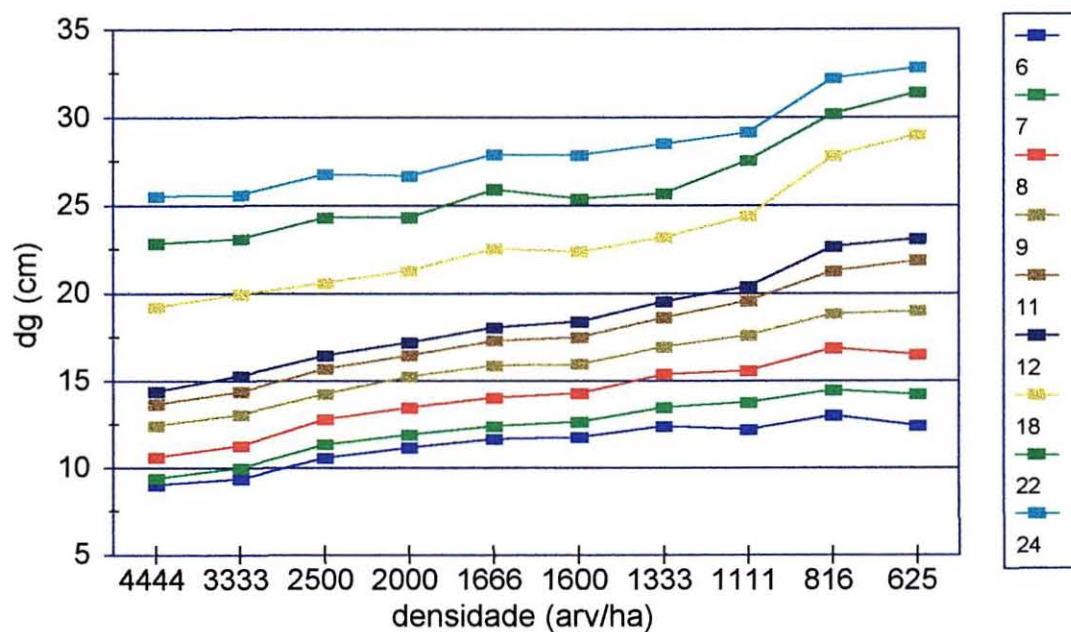


FIGURA 8- EVOLUÇÃO DA ÁREA TRANSVERSAL MÉDIA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.

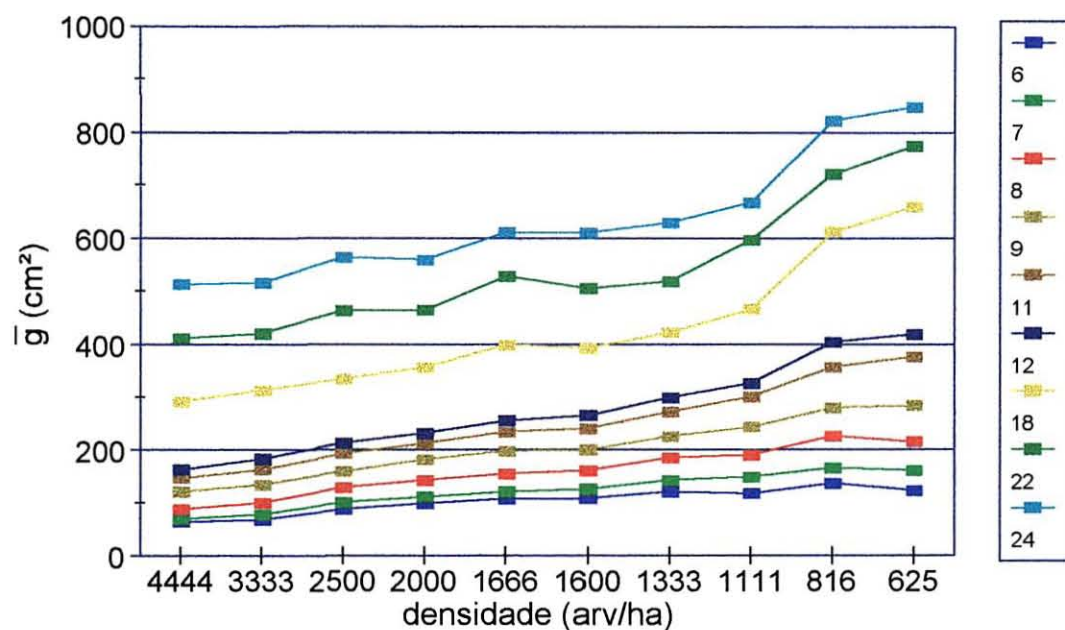


FIGURA 9- EVOLUÇÃO DO VOLUME DA ÁRVORE MÉDIA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.

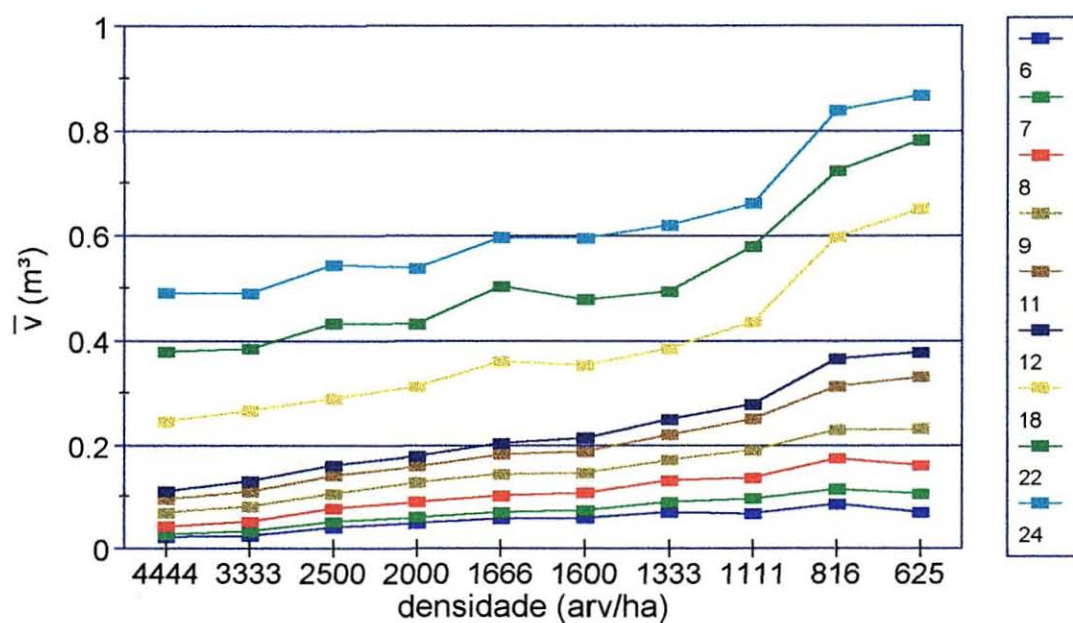


FIGURA 10- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO ARTIMÉTICO EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.

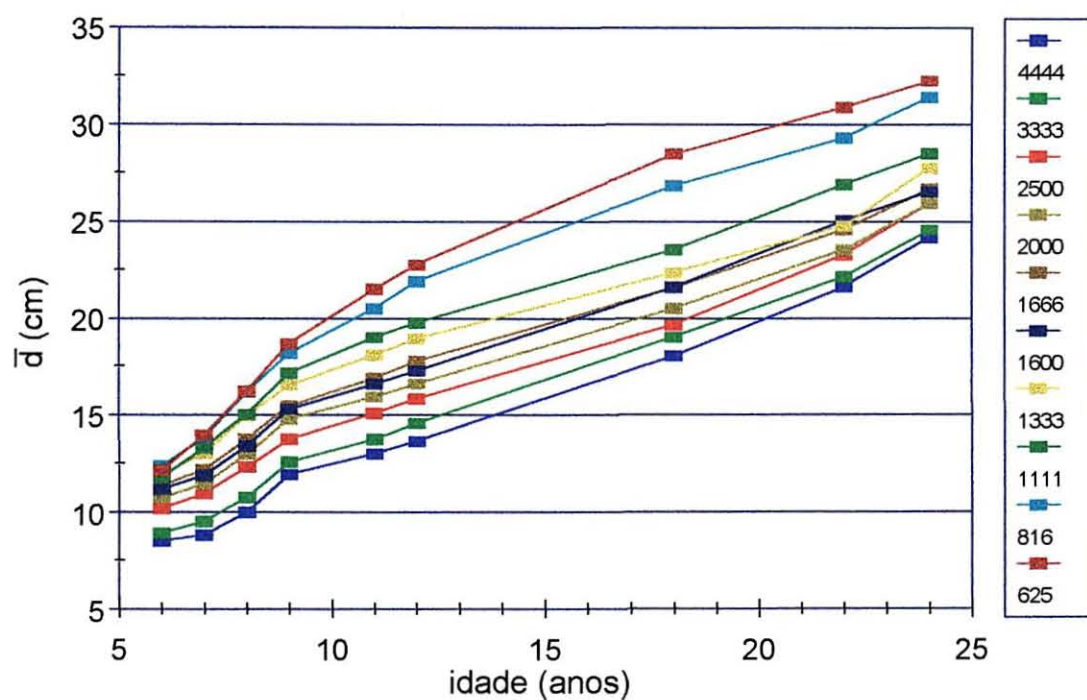


FIGURA 11- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.

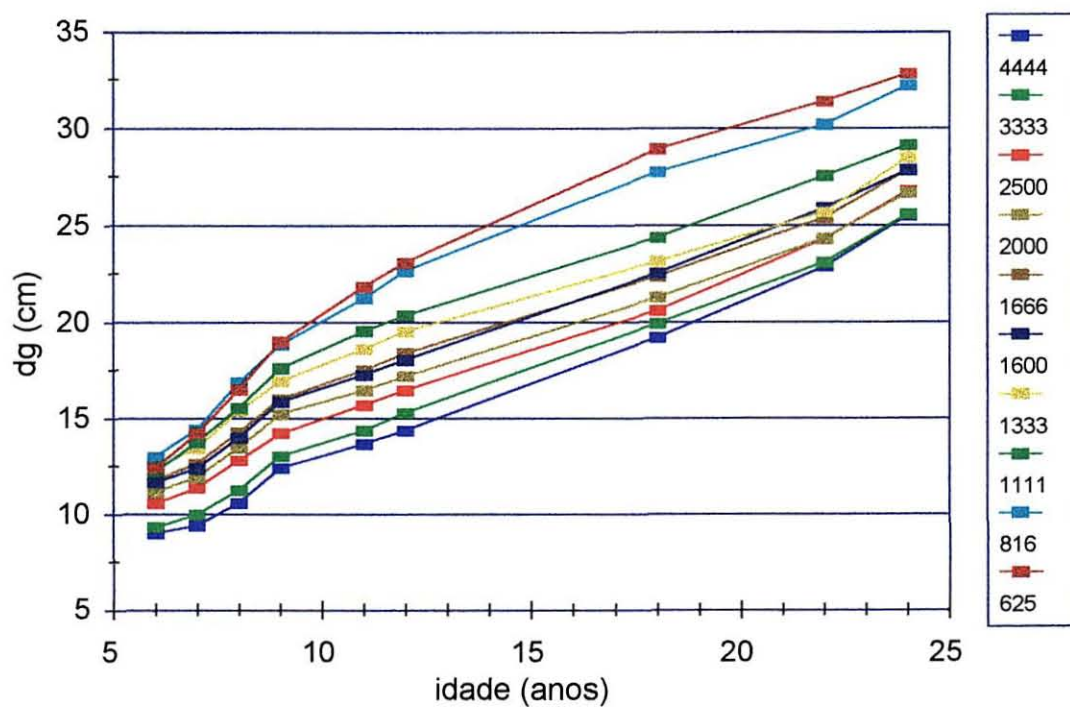


FIGURA 12- EVOLUÇÃO DA ÁREA TRANSVERSAL MÉDIA EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.

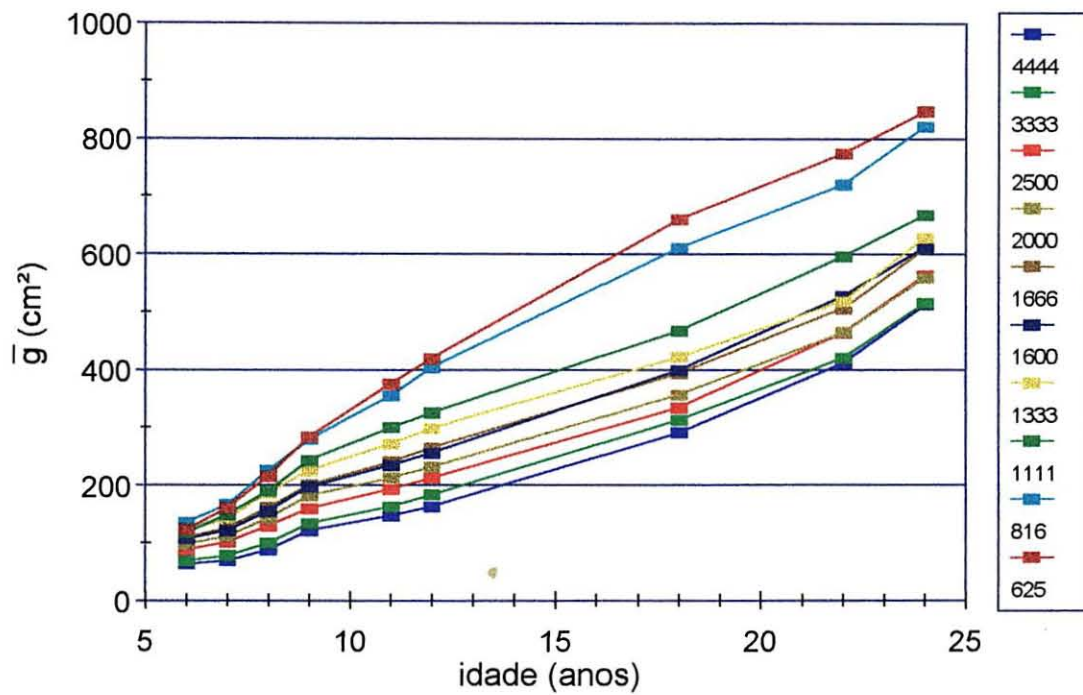
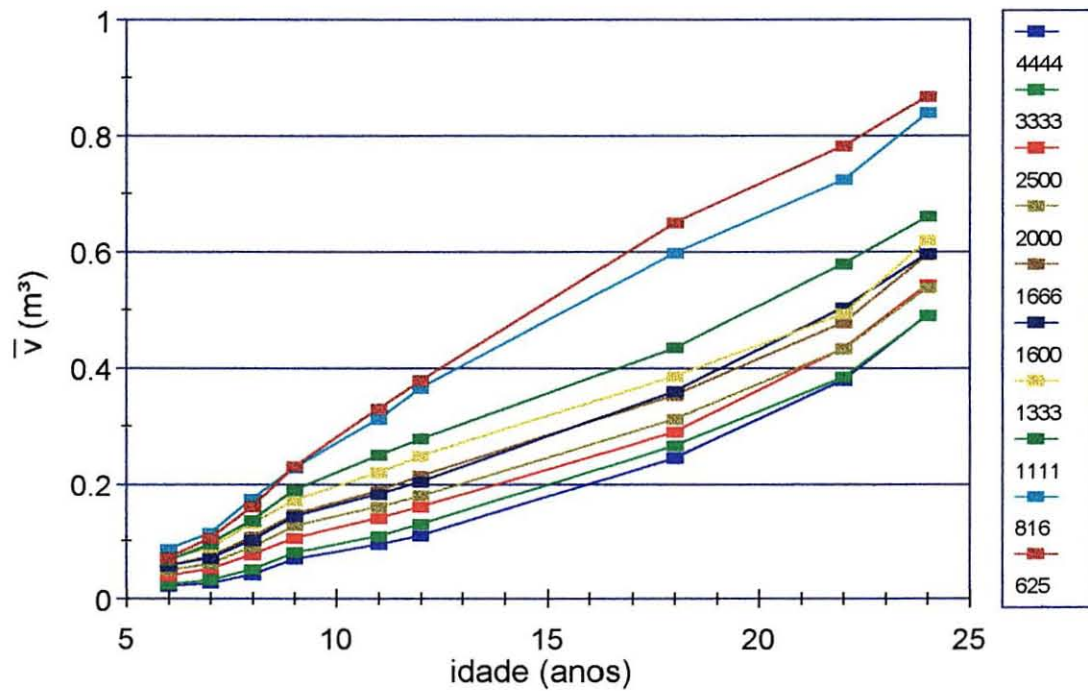


FIGURA 13- EVOLUÇÃO DO VOLUME DA ÁRVORE MÉDIA EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.



Por outro lado não se observou diferenças estatisticamente significativas entre as médias correspondentes às duas menores densidades de plantação, ao longo de todo o período estudado.

A maior concorrência nas maiores densidades, trouxe como conseqüência maior mortalidade, principalmente nas árvores suprimidas e dominadas. Isto se traduziu em um aumento da média correspondente, a qual é diretamente proporcional à idade. Desta maneira, o número de médias de tratamentos que não se diferencia entre si é cada vez maior. Se continuar a tendência observada, é de se esperar que nos próximos anos não existam diferenças significativas entre as médias de todos os tratamentos.

No Quadro 4 são apresentados as idades, onde através do teste de Tukey começou a observar-se efeitos significativos da concorrência sobre as 4 variáveis analisadas. Este efeito reflete-se em uma diminuição no crescimento ocorrido nas maiores densidades em relação às duas menores, nas quais, os indivíduos podem ser considerados equivalentes a árvores de crescimento livre (LARSON, 1963).

**QUADRO 4- RELAÇÕES ENTRE A IDADE DE MANIFESTAÇÃO DA CONCORRÊNCIA E DENSIDADE DE PLANTAÇÃO.**

Densidade de plantação (arv/ha)	Idade (anos)
4444 - 3333	próximo de 6
2500 - 2000	entre 6 e 7
1666 - 1600	entre 7 e 8
1333	entre 8 e 9
1111	entre 9 e 11

O Quadro 4 mostra que, para cada densidade de plantação, existe uma idade a partir da qual a concorrência afeta significativamente o crescimento das variáveis estudadas, sendo esta idade inversamente proporcional a densidade e define o momento em que o primeiro desbaste deve ser realizado visando não afetar o crescimento das variáveis em questão.

#### 4.2.1.2 Altura Média

A densidade do plantio influenciou de maneira significativa a evolução desta variável, conforme mostram as Figuras 14 e 15.

Na Figura 14, é apresentado o comportamento da altura média em função da densidade de plantação para as diferentes idades de medição, observando-se uma relação inversa com a densidade a partir dos 7 anos até os 18. Já nas idades de 22 e 24 anos essa tendência tende a desaparecer. Observa-se ainda, que o efeito da densidade se manifesta através da inclinação das curvas, cujo aumento com a idade evidencia que as densidades baixas possuem cada vez maior velocidade de crescimento em altura com relação às altas, no intervalo de 7 até 18 anos. Por outro lado, o efeito da idade se caracteriza por um deslocamento vertical das curvas.





Na Figura 15, observa-se a evolução da altura média em função dos anos de medição para diferentes densidades de plantação, tendo-se uma relação direta com a idade. Observa-se que o efeito da idade se manifesta através da inclinação das curvas, enquanto que o efeito da densidade por um deslocamento vertical das mesmas. Verifica-se também um distanciamento progressivo das curvas correspondentes às quatro menores densidades em relação às demais até os 18 anos, a partir dessa idade, a amplitude diminuiu nas idades de 22 e 24 anos.

Exceto aos 6 anos, nas demais idades obteve-se um efeito estatisticamente significativo da densidade de plantação sobre a altura média. Estes resultados diferem dos obtidos por SPELTZ; MONTEIRO; CORDEIRO (1980) ao avaliar uma experiência similar com a mesma espécie e também FAHLER; DI LUCCA (1980) e PUJATO; MARLATZ (1983), trabalhando com dados de uma só idade.

Não obstante os resultados não sejam totalmente comparáveis, já que no caso de FAHLER; DI LUCCA (1980) dividiu-se o intervalo de densidades estudadas em densidades altas e baixas, enquanto nesta pesquisa não se realizou tal agrupamento.

No caso de PUJATO; MARLATZ (1983), para o cálculo da altura média considerou-se somente as árvores classificadas como de densidade perfeita, enquanto que neste trabalho considerou-se todas as árvores vivas.

No caso de SPELTZ; MONTEIRO; CORDEIRO (1980) os dados também não são totalmente comparáveis pelo fato de ter-se intervalos de densidades diferentes, já que em dito estudo foram

avaliadas as densidades de 1111 a 4444 árvores por hectare, enquanto que nesta pesquisa tinha-se ainda as densidades de 625 e 816 árvores por hectare.

Outra diferença em relação a esses trabalhos, refere-se ao processamento dos dados. Aqui se realizou o ajuste de relações hipsométricas que permitiram estimar as alturas médias por idades, enquanto que naqueles (FAHLER; DI LUCCA, 1980; PUJATO; MARLATZ, 1983 e SPELTZ; MONTEIRO; CORDEIRO, 1980) não se procedeu desta maneira.

No caso de FRIEDL; FERNÁNDEZ; CRECHI (1991b) o ajuste de relações hipsométricas para estimar as alturas médias segundo CRECHI; FRIEDL; FERNÁNDEZ (1992), não são comparáveis, por que dito ajuste foi feito globalmente por idade para todas as densidades, enquanto que neste estudo fez-se o ajuste por idade para cada densidade.

A não significância estatística entre as médias dos tratamentos na idade de 6 anos, deve-se ao fato de que a concorrência ainda não tinha afetado a variável altura média.

Entre os 7 e os 18 anos, as médias obtidas para as 4 menores densidades de plantação (625 até 1333 árvores por hectare) superaram significativamente às correspondentes a um número cada vez maior de densidades. Aos 18 anos já superavam a todas, desde 4444 até 1600 árvores por hectare; aos 22 anos observa-se um processo inverso, ou seja, um número cada vez maior de densidades não se diferenciam, aos 24 anos praticamente

não existem diferenças estatisticamente significativas entre as médias das densidades à exceção da densidade de 3333 arv/ha.

Como verificado para  $\bar{d}$ ,  $d_g$ ,  $\bar{g}$  e  $\bar{v}$ , a maior concorrência nas maiores densidades trouxe como consequência maior mortalidade, principalmente nas árvores suprimidas e dominadas. Isto se traduziu em um aumento da altura média, e assim, o número de médias de tratamentos que não se diferenciam entre si é cada vez maior. A continuar com esta tendência, é de se esperar que nos próximos anos não existam diferenças significativas entre as médias de todos os tratamentos.

Por outro lado, não se observou diferenças estatisticamente significativas entre as médias correspondentes às 4 menores densidades de plantação, em todo o período estudado.

No Quadro 5, apresentam-se as idades, onde através do teste de Tukey começou a observar-se um efeito significativo da concorrência sobre as alturas médias. Tal efeito reflete-se numa diminuição no crescimento ocorrido nas maiores densidades, em relação às quatro menores, cujos indivíduos podem ser considerados equivalentes a árvores de crescimento livre (LARSON, 1963). Isto indica que para cada densidade de plantação existe uma idade a partir da qual a concorrência afeta significativamente o crescimento da altura média, sendo esta idade inversamente proporcional à densidade. Isto define o momento de realização do primeiro desbaste na medida que se pretenda não afetar o crescimento da mesma.

**QUADRO 5- RELAÇÕES ENTRE IDADE DE MANIFESTAÇÃO DA CONCORRÊNCIA  
SOBRE A ALTURA MÉDIA E DENSIDADE DE PLANTAÇÃO.**

Densidade de plantação (arv/ha)	Idade (anos)
4444	próximo de 7
3333	entre 7 e 8
2500	entre 8 e 9
2000-1600	entre 9 e 11

**4.2.1.3 Altura Dominante**

Observou-se a ausência de efeitos estatisticamente significativos da densidade de plantação sobre a altura dominante em todo o conjunto das idades analisadas, conforme mostram as Figuras 16 e 17.

A Figura 16 mostra o efeito da densidade de plantação sobre altura dominante. Pode observar-se que a altura média dominante apresenta para todos os anos de medição, um comportamento independente da densidade.

O efeito da idade sobre a altura dominante está na Figura 17, para as diferentes densidades de plantação. A altura dominante mostra uma tendência crescente em função da idade. No entanto, as curvas correspondentes às diferentes densidades resultam praticamente sobrepostas entre si, coerentemente com as diferenças não significativas detectadas.



Esté resultado coincide com a bibliografía florestal segundo a qual, esta variável depende mais da qualidade de sítio do que da densidade da floresta.

É justamente este comportamento uma das principais razões, pelas quais recomenda-se seu uso em avaliações de sítio (FERNÁNDEZ; CRECHI; FRIEDL, 1991, 1994; FRIEDL; FERNÁNDEZ; CRECHI, 1991a). Os resultados diferem dos obtidos para altura média, onde os efeitos da densidade foram significativos.

#### 4.2.2 EFEITO DA DENSIDADE NO CRESCIMENTO POR UNIDADE DE ÁREA

##### 4.2.2.1 Número de Árvores

Verificou-se um efeito estatisticamente significativo da densidade de plantação sobre o número de árvores, para todos os anos de medição. Este resultado coincide com aquele obtido por FERNÁNDEZ; CRECHI; FRIEDL (1991), para a mesma experiência.

Na Figura 18, observa-se que a diminuição do número de árvores foi diretamente proporcional a densidade inicial da plantação.

Na Figura 19, apresenta-se o número de árvores vivas em função da idade, correspondente às diferentes densidades de plantação. Observa-se que o efeito da idade se caracteriza por uma tendência decrescente das curvas, com inclinações maiores para as densidades mais altas.

FIGURA 18- EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.

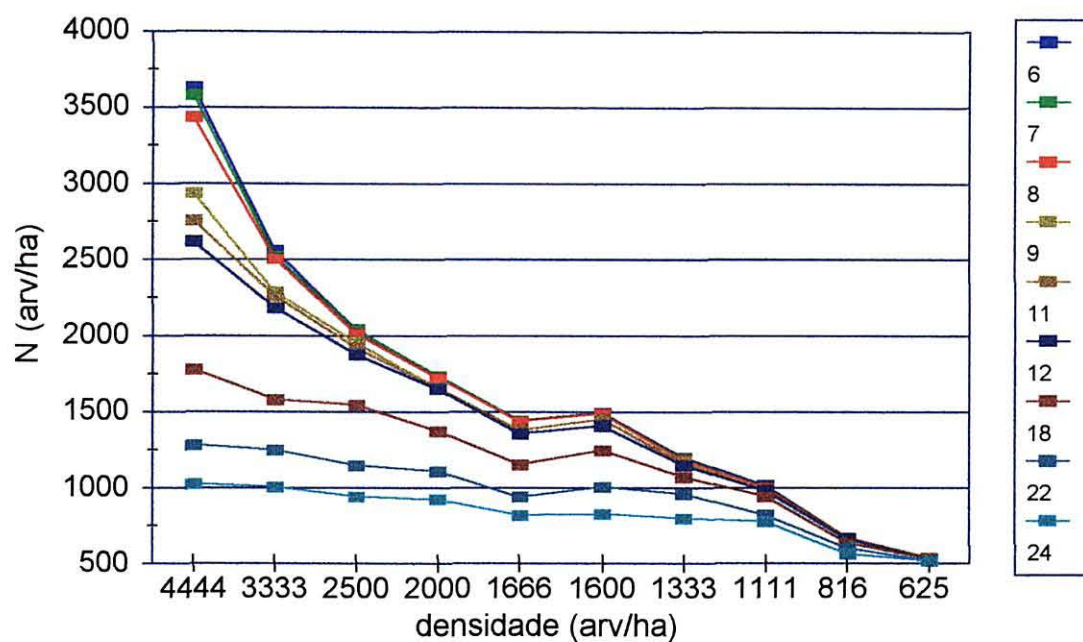
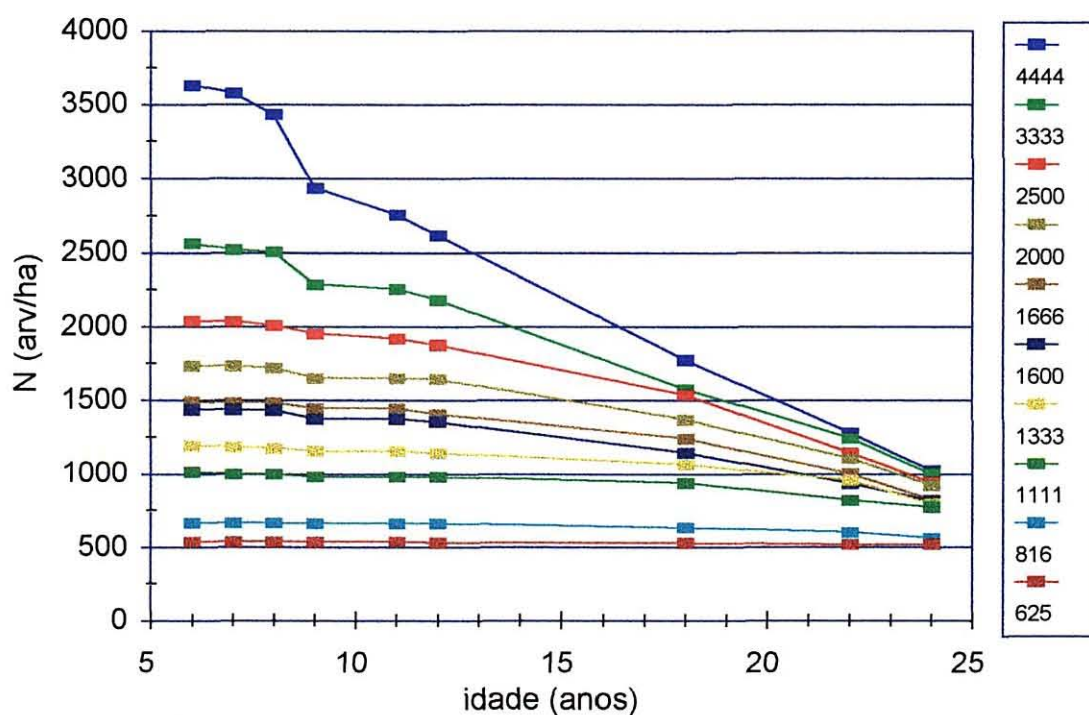


FIGURA 19- EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.



Os resultados da aplicação do teste de Tukey, correspondentes às diferentes idades, mostraram uma tendência à diminuição no número de tratamentos com diferenças significativas. Isto significa que se observa uma tendência para um número de árvores semelhante, independentemente da densidade inicial. À continuar a tendência observada até os 24 anos, pode-se esperar que os tratamentos com densidades iniciais superiores a 625 árvores por hectare, alcancem, decorrido certo tempo, um número de árvores similar, ao redor do correspondente ao referido tratamento. É de se prever, não obstante, que com o transcurso do tempo este limite inferior continui diminuindo, até um valor associado principalmente ao tamanho de copa, próprio da espécie (limite natural da espécie).

#### 4.2.2.2 Mortalidade

No efeito da densidade de plantação sobre a mortalidade diferenciou-se em 2 períodos: de 6 a 8 anos e de 9 a 24 anos. Este comportamento resultou coincidente com o detectado por FERNÁNDEZ; CRECHI; FRIEDL (1991).

O primeiro período caracterizou-se pela ausência de diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes densidades iniciais, ou seja, pela independência entre as duas variáveis. Neste período a mortalidade pareceu depender mais de causas que atuam em forma aleatória (ataque de pragas,



enfermidades, concorrência com as ervas daninhas, problemas climáticas, e outras) que propriamente da concorrência entre árvores de *Araucária*.

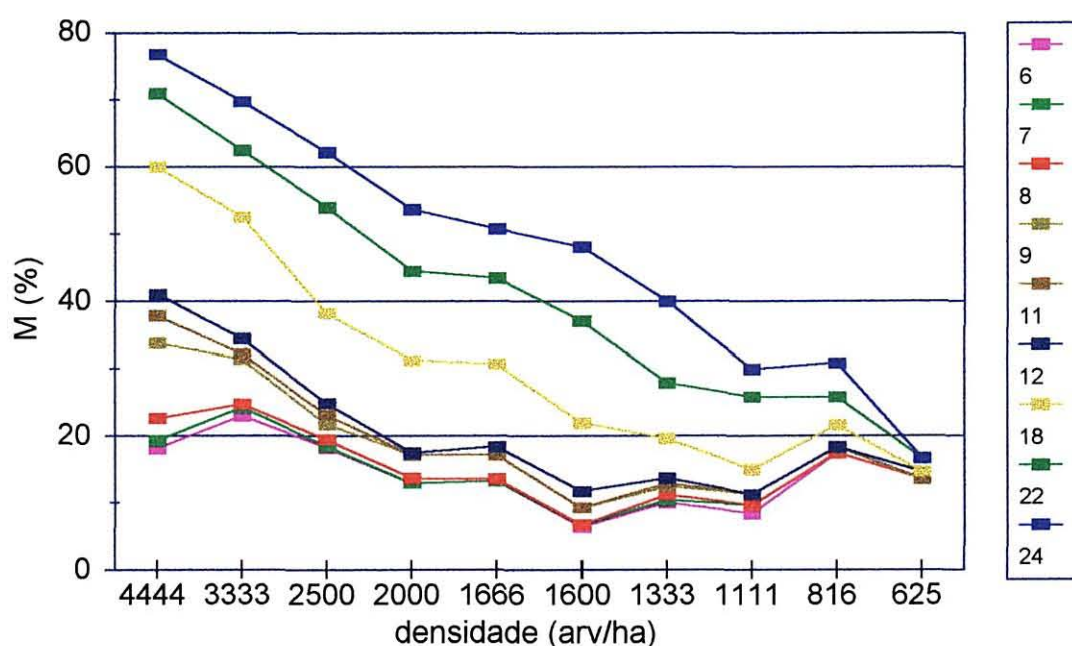
A relação entre as variáveis mortalidade-densidade (Figura 20) se caracteriza por uma tendência curvilínea, com um mínimo de mortalidade nas densidades médias, em torno de 1600 árvores por hectare, e com tendências levemente crescentes a partir deste mínimo para as densidades extremas, porém mais fortemente para as altas. Dito comportamento pode interpretar-se como sendo o resultado da maior concorrência entre árvores da mesma espécie, nas densidades mais altas, e com ervas daninhas nas mais baixas. A existência de um mínimo de mortalidade, em torno de 1600 árvores por hectare, estaria indicando que nessa densidade, as árvores ficam suficientemente distanciadas de maneira que a concorrência entre as mesmas não afeta a mortalidade. Por outro lado, encontram-se o suficientemente próximas de maneira que restringem o efeito da concorrência com as ervas daninhas sobre a mortalidade.

O segundo período se caracterizou por:

- a) a manifestação de um efeito estatisticamente significativo da densidade sobre a mortalidade;
- b) um paulatino aumento no número de tratamentos cujas médias apresentaram-se significativamente diferentes;
- c) um reordenamento das médias, no sentido de maior densidade com uma maior mortalidade.

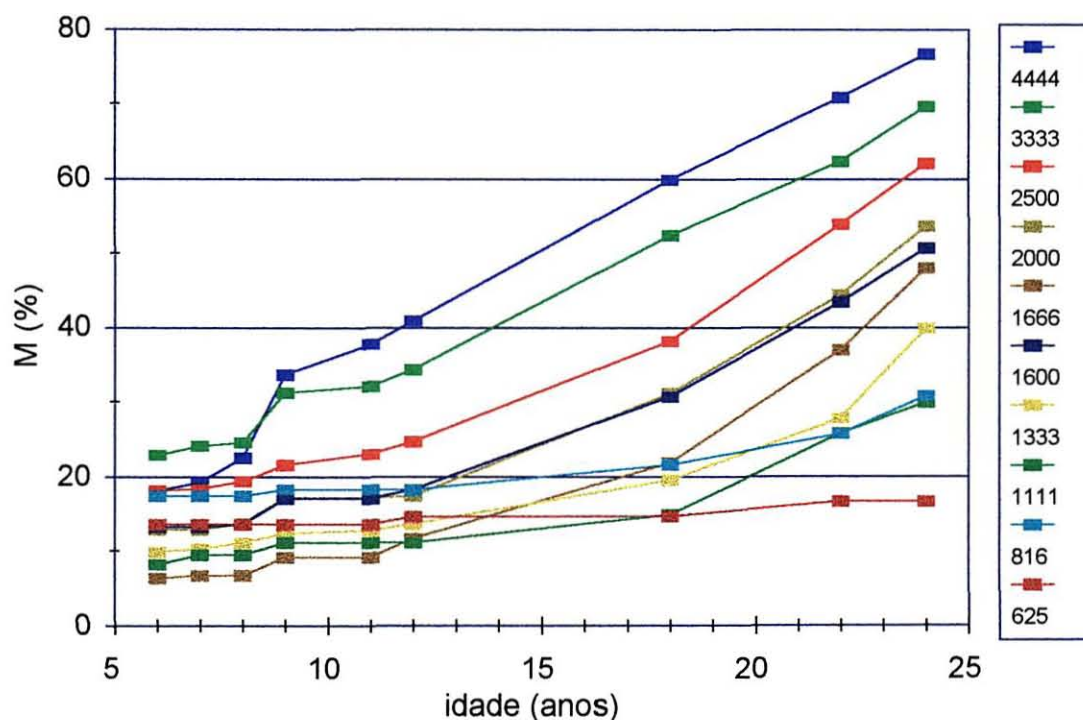
Em síntese, nesse período a concorrência foi o fator determinante da mortalidade, a qual, é crescente com a idade e significativamente maior nos plantios mais densos, evidenciando-se assim, o efeito direto da densidade na mortalidade.

FIGURA 20- EVOLUÇÃO DA MORTALIDADE EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.



A Figura 21 mostra o comportamento da mortalidade em função da idade, para diferentes densidades iniciais de plantação. Observa-se que, independentemente da densidade, registrou-se um aumento progressivo da mortalidade. O primeiro período (6 a 8 anos) caracterizou-se por um paralelismo entre as diferentes densidades.

FIGURA 21- EVOLUÇÃO DA MORTALIDADE EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.



No segundo período (9 a 24 anos) observou-se o reordenamento dos tratamentos, através dos entrecruzamentos das curvas, com o incremento na mortalidade, particularmente nas densidades mais altas.

#### 4.2.2.3 Área Basal

Observou-se um efeito estatisticamente significativo da densidade inicial sobre o crescimento da área basal, em todas as idades estudadas. Este comportamento resultou coincidente com o detectado para a mesma espécie por FAHLER; DI LUCCA (1980),

SPELTZ; MONTEIRO; CORDEIRO (1980), PUJATO; MARLATZ (1983) e FERNÁNDEZ; CRECHI; FRIEDL (1991).

No período de 6 até 12 anos, não foram observadas diferenças significativas entre as médias correspondentes às 6 maiores densidades (4444 a 1600 árvores por hectare). Durante esse período, os 2 tratamentos que apresentaram maiores áreas basais (4444 e 2500 árvores por hectare) superaram um número praticamente constante de tratamentos de menores densidades.

Aos 18 anos tinha-se 8 tratamentos cujas médias não apresentaram diferenças significativas (de 4444 a 1111 árvores por hectare), situação esta que se manteve aos 24 anos (Figuras 20 e 21). Isto pode interpretar-se como que, a esta idade, as massas remanescentes de ditas densidades de plantação já tenham alcançado ou estão muito próximas em atingir a área basal final constante capaz de ser suportada pelo sítio, conceito já mencionado, para outras espécies por KIRA; OGAWA; SAKAZAKI<sup>20</sup> e KIRA; SHINOZAKI<sup>21</sup>, citados por PIENAAR; TURNBULL (1973). Assim sendo, a área basal final constante para a *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no sítio estudado encontrar-se-ia em torno de 53 m<sup>2</sup>/ha.

É de se esperar, então, que nos próximos anos os maiores crescimentos ocorram nas menores densidades iniciais, e assim,

<sup>20</sup> KIRA, T.; OGAWA, H.; SAKAZAKI, N. Intraspecific competition among higher plants. I. Competition-yield-density interrelationships in regularly dispersed population. Inst Polytech. Osaka City Univ., v. 4, p. 1-16, 1953.

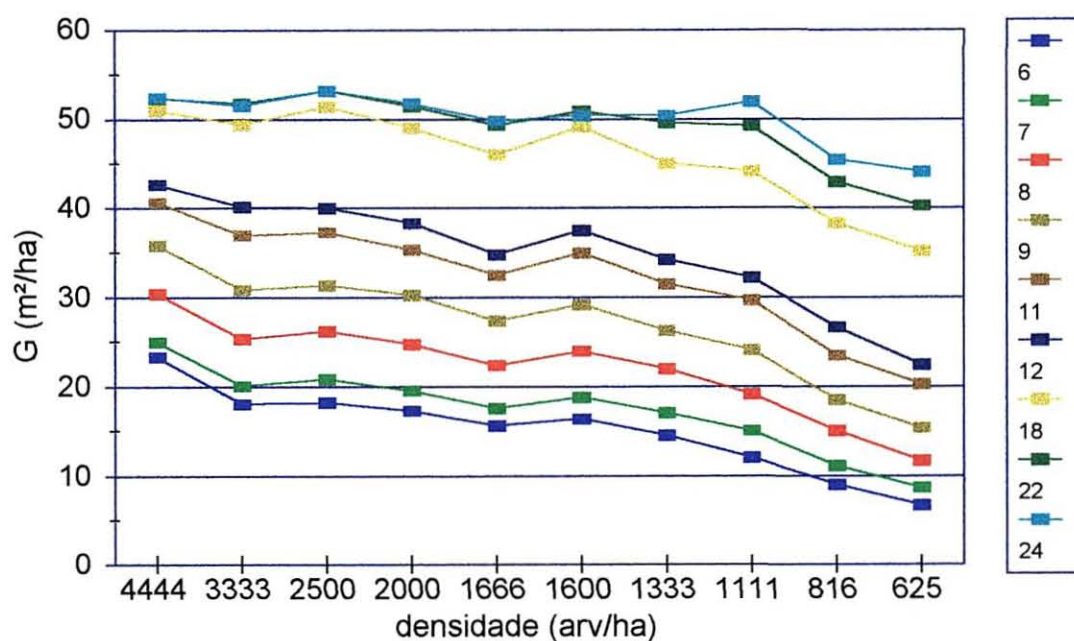
<sup>21</sup> KIRA, T.; SHINOZAKI, K. Intraspecific competition among higher plants. VII. Logistic Theory of the C-D Effect. Inst Polytech. Osaka City Univ., v. 7, p. 35-72, 1956.

tenha-se uma situação final de igual área basal, independentemente da densidade.

Os resultados obtidos através da aplicação do teste de Tukey, indicam ainda que para o período compreendido entre 6 até 12 anos de idade, aproximadamente 1600 árvores por hectare representa a densidade inicial limite, a partir da qual, densidades menores sub-ocupam o sítio quanto ao crescimento em área basal. Enquanto que, aos 18, 22 e 24 anos essa densidade limite é de 816 árvores por hectare.

As Figuras 22 e 23, mostram a evolução da área basal em função da densidade de plantação e da idade.

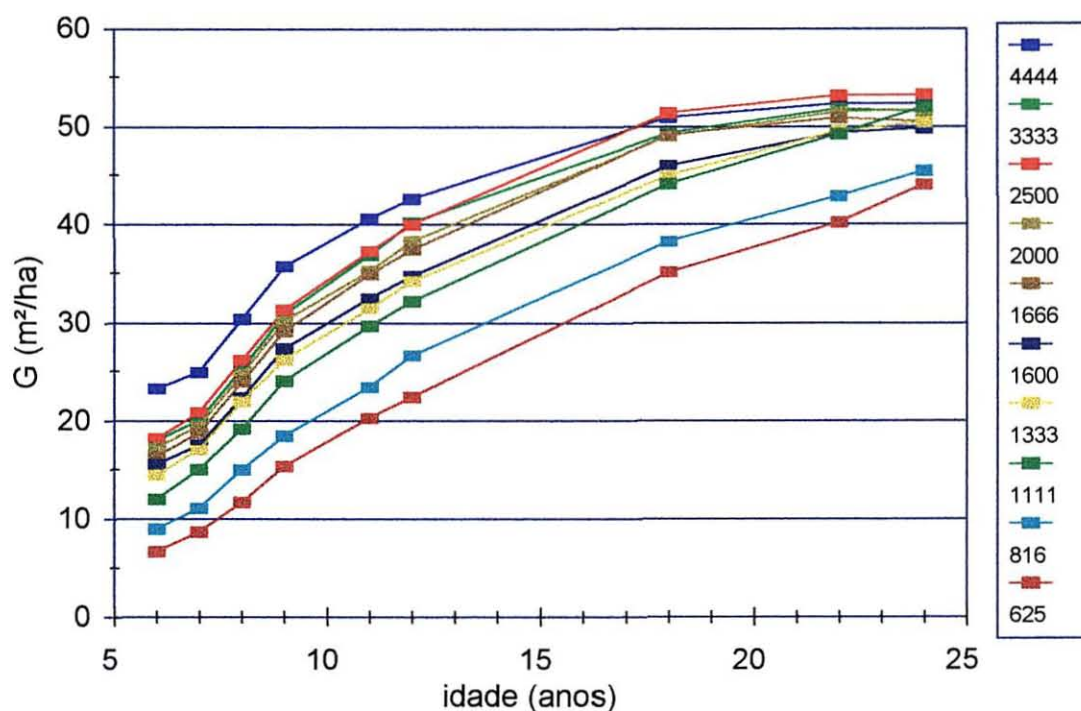
FIGURA 22- EVOLUÇÃO DA ÁREA BASAL EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.



Através da Figura 22 verifica-se que o efeito da densidade inicial manifesta-se através da inclinação das curvas, observando-se que à medida que aumenta a idade há uma tendência à horizontalidade, resultando assim, a expressão gráfica da tendência da área basal a alcançar um valor máximo, independentemente da densidade inicial.

Na Figura 23, o efeito da idade é observado através da inclinação positiva das curvas (relação direta), assim como a tendência à diminuição das diferenças entre as várias densidades iniciais.

FIGURA 23- EVOLUÇÃO DA ÁREA BASAL EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.



#### 4.2.2.4 Volume por Hectare

O análise de variância mostrou diferenças significativas entre os volumes produzidos nas diferentes densidades de plantação. Ao analisar as diferenças entre os pares de médias através do teste de Tukey, observou-se que no período de 6 até os 18 anos as duas densidades mais baixas (625 e 816 árvores por hectare), eram as únicas que mostravam valores significativamente inferiores em relação às outras densidades. Portanto, não se detetou diferenças significativas entre as densidades de 1111 a 4444 árvores por hectare, durante o período mencionado (6 a 18 anos). Isto mostra que na amplitude de 1111 a 4444 árvores por hectare, o volume é estatisticamente equivalente e independente da densidade inicial de plantação. Igual resultado foi também obtido por CRECHI; FRIEDL; FERNÁNDEZ (1991), com dados do mesmo experimento.

Aos 24 anos, deixaram de existir diferenças significativas entre as médias de todos os tratamentos.

No Quadro 6 comparou-se o volume médio por árvore, calculado como quociente entre o volume total e o número de árvores por hectare, para as densidades de 4444 e 1111 árvores por hectare, cujos volumes por hectare não diferem significativamente nas idades de 6 até 18 anos. Na idade de 6 e 18 anos foi colocada na Tabela apenas para efeito comparativo, a densidade de 625 árvores por hectare. Já, na idade de 24 anos,

observou-se diferenças não significativas entre as densidades de 4444 e 625 árvores por hectare.

**QUADRO 6- COMPARAÇÃO DOS VOLUMES MÉDIOS.**

Idade (anos)	Tratamentos (arv/ha)	Volume total (m <sup>3</sup> /ha)	Número de árvores (arv/ha)	Volume médio (m <sup>3</sup> /arv)	Proporção entre vol. médios
	4444	82,80	3636	0,02277	1,00
6	1111	69,00	1018	0,06778	2,98
	625	38,87	540	0,07198	3,16
	4444	429,10	1780	0,2411	1,00
18	1111	411,88	944	0,4363	1,81
	625	346,82	533	0,6507	2,70
	4444	501,29	1031	0,4862	1,00
24	1111	514,66	778	0,6615	1,36
	625	451,75	520	0,8687	1,79

Na Figura 24, observa-se o volume em função da densidade de plantação para diferentes idades, indicando que a tendência do volume com a densidade é crescente entre 625 a 1333 árvores por hectare, de 6 até os 12 anos, enquanto que, de 1333 até 4444, o volume mantém-se praticamente constante. A partir dos 18 até 24 anos a tendência crescente é de 625 a 1111 árvores por hectare, enquanto que entre 1111 e 4444 árvores por hectare o volume é praticamente constante (aos 24 anos não se registrou diferenças significativas entre todas as densidades analisadas).

Em todas as idades, o volume máximo encontra-se nas densidades centrais (até os 18 anos entre 1600 e 2500 árvores por hectare, e de 18 até 24 anos entre 1111 e 2500 árvores por

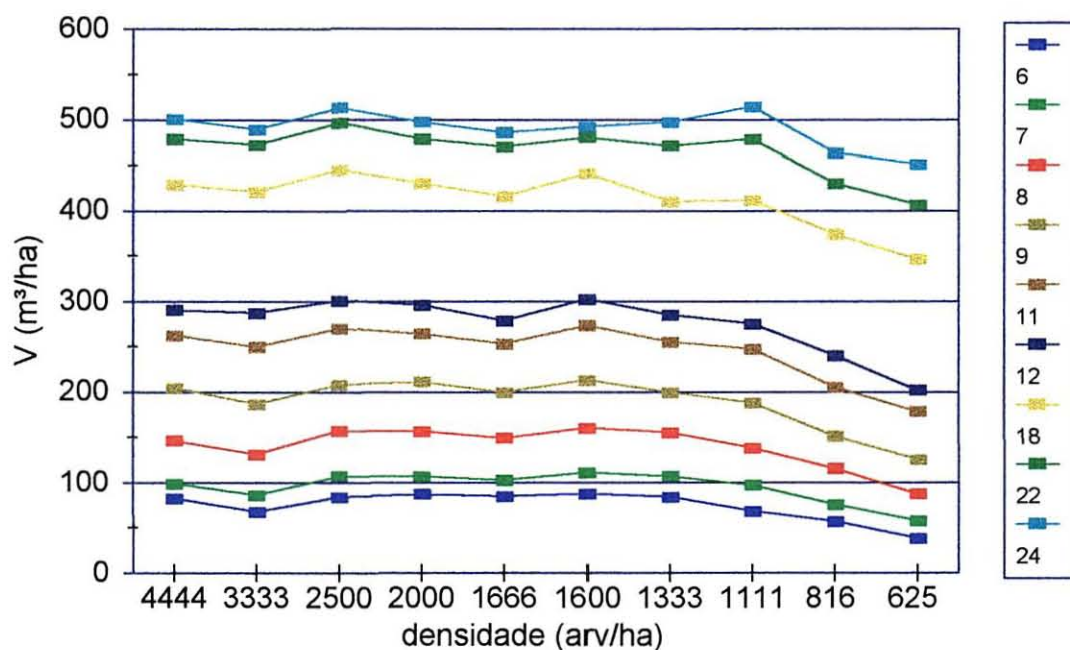


hectare), diminuindo para as densidades altas e um pouco mais fortemente para as baixas.

Em todas as idades, os volumes estão muito próximos um dos outros, tendo-se praticamente uma linha horizontal entre as densidades de 1111 até 4444 árvores por hectare.

Na Figura 24, o efeito da idade manifesta-se por um deslocamento ascendente das curvas.

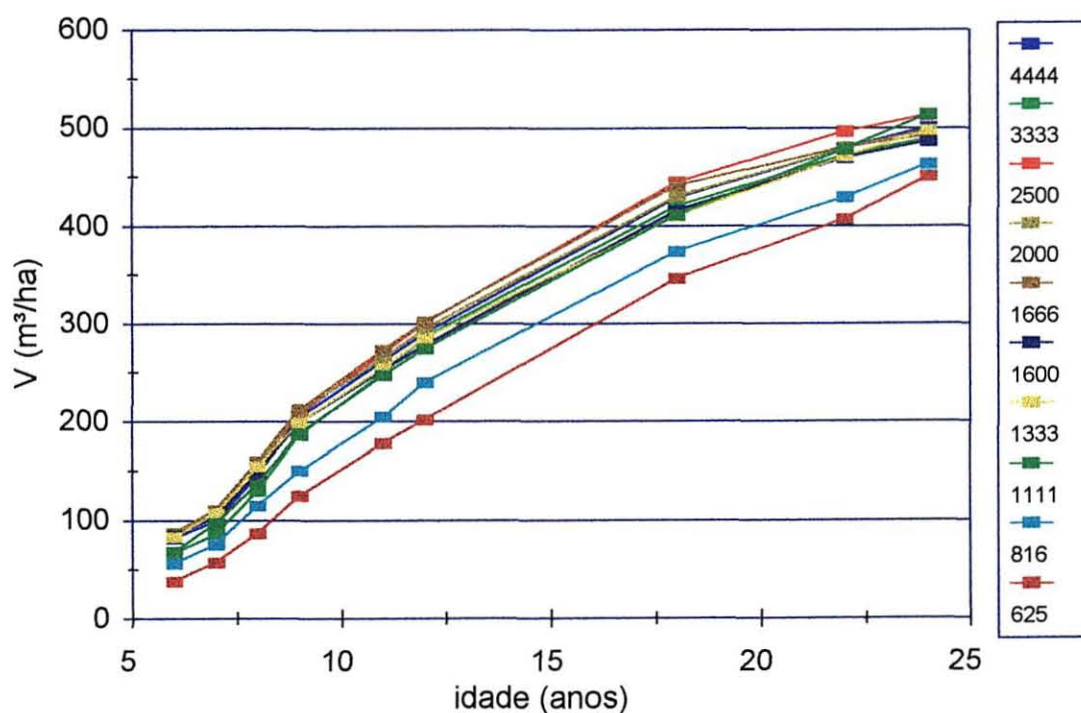
**FIGURA 24- EVOLUÇÃO DO VOLUME EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO PARA DIFERENTES IDADES DE MEDIÇÃO.**



Na Figura 25, é apresentada a evolução do volume em função dos anos de medição para as diferentes densidades. O efeito da densidade manifesta-se sobremaneira, nas curvas das 2 densidades mais baixas que estão claramente abaixo das demais até os 18 anos. Já a partir de 22 anos até 24 o intervalo de

amplitude dos valores médios é muito menor, e estatisticamente as diferenças são não significativas, o que indica produções iguais numa idade próxima.

FIGURA 25- EVOLUÇÃO DO VOLUME EM FUNÇÃO DA IDADE DE MEDIÇÃO PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO.



#### 4.3 MODELAGEM DAS VARIÁVEIS DO POVOAMENTO

##### 4.3.1 DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO

Os resultados dos ajustes dos modelos de Chapman-Richards e Prodan são apresentados na Tabela 5.

O coeficiente  $b_0$  (valor assintótico) do modelo de Chapman-Richards variou de 34,92 até 112,15 cm, com uma

tendência decrescente desde as maiores densidades em direção às menores.

TABELA 5- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DOS MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS E PRODAN (DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO).

Modelo	coeficiente	Densidades (arv/ha)									
		4444	3333	2500	2000	1600	1666	1333	1111	816	625
Chapman-Richards	$b_0$	100,0	75,48	112,1	67,16	49,12	53,28	43,38	37,85	35,50	34,92
	$b_1$	0,007	0,010	0,004	0,010	0,020	0,018	0,027	0,049	0,091	0,121
	$b_2$	0,797	0,773	0,673	0,651	0,679	0,696	0,664	0,827	1,202	1,592
Estatísticas	$R^2_{aj}$	0,952	0,966	0,979	0,978	0,979	0,969	0,962	0,979	0,933	0,980
	$S_{yx}\%$	8,32	6,55	4,64	4,47	4,17	5,34	5,34	4,17	8,18	4,53
Prodan	$b_0$	-1,78	-1,12	-1,48	-0,85	-0,53	-0,67	-0,19	0,288	0,721	1,339
	$b_1$	0,967	0,789	0,756	0,593	0,500	0,546	0,394	0,317	0,235	0,134
	$b_2$	0,005	0,010	0,010	0,016	0,018	0,016	0,021	0,022	0,021	0,023
Estatísticas	$R^2_{aj}$	0,953	0,966	0,979	0,976	0,979	0,969	0,962	0,980	0,934	0,981
	$S_{yx}\%$	8,20	6,56	4,67	4,60	4,24	5,39	5,34	4,01	8,11	4,46

A tendência para um valor assintótico comum a todas as densidades não se refletiu através do modelo, devido ao fato que nas menores densidades, o diâmetro (d) foi medido praticamente sobre o mesmo número de árvores vivas, enquanto que nas maiores densidades, devido à maior concorrência entre árvores, ocorreu uma alta taxa de mortalidade. Por conseguinte, com a idade o diâmetro altera-se mais depressa devido ao fato que ele é medido cada vez mais sobre um menor número de árvores vivas e o modelo interpreta isto como sendo uma velocidade de crescimento maior, nas maiores densidade e portanto, também a assíntota será maior. De acordo à tendência observada, quando o número de árvores for praticamente o mesmo para todas as densidades, ou seja, um número de árvores similar

às menores densidades, em torno de 500 árvores, todos eles terão praticamente o mesmo diâmetro, com valores próximos aos diâmetros das menores densidades.

Os valores do coeficiente  $b_1$  (inclinação média da curva), mostram uma tendência crescente desde as maiores densidades em direção às menores (0,0047 até 0,121). Isto devido a que o DAP cresce mais depressa inicialmente nas menores densidades em relação às maiores, porque o DAP é muito afetado pela concorrência nas maiores densidades.

Os valores do coeficiente  $b_2$  (responsável pela forma da curva e localização do ponto de inflexão) variam entre 0,65 e 0,82 (corresponde  $m = -0,54$  até  $-0,22$ ) para as densidades de 4444 até 1111 arv/ha (valores estes negativos devido a que o DAP comporta-se de modo diferente). Enquanto que para as duas menores densidades de plantação, o valor de "m" é positivo, de 0,17 para 816 arv/ha e de 0,37 para 625 arv/ha.

Nos ajustes com o modelo de Prodan, observou-se que o coeficiente  $b_2$  (assíntota =  $1/b_2$ ) variou de 42,98 até 195 cm, com uma tendência decrescente desde as maiores densidades em direção às menores. A tendência para um valor assintótico comum a todas as densidades não se refletiu através do modelo, devido aos mesmos fatores já explicados para o modelo de Chapman-Richards.

Analisando os valores assintóticos através das menores densidades, observa-se que o modelo de Chapman-Richards

descreve melhor os dados, já que para aproximadamente 520 árvores de densidade final e uma área basal final constante de aproximadamente  $52,50 \text{ m}^2/\text{ha}$ , o diâmetro dg resultante estaria próximo de 35,85 cm, logo, o DAP deve ser um pouco inferior a este valor (Chapman-Richards = 34,93 cm, Prodan = 42,98 cm).

As estatísticas resultantes e que constam na Tabela 5, bem como a apresentação gráfica nas Figuras 26 e 27 mostram que o ajuste obtido, no período de 6 até 24 anos, praticamente não indicam qualquer diferença entre os dois modelos. As análises gráficas dos resíduos também indicaram que ambos os modelos estimam sem tendenciosidade a evolução desta variável para o período analisado.

FIGURA 26- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS).

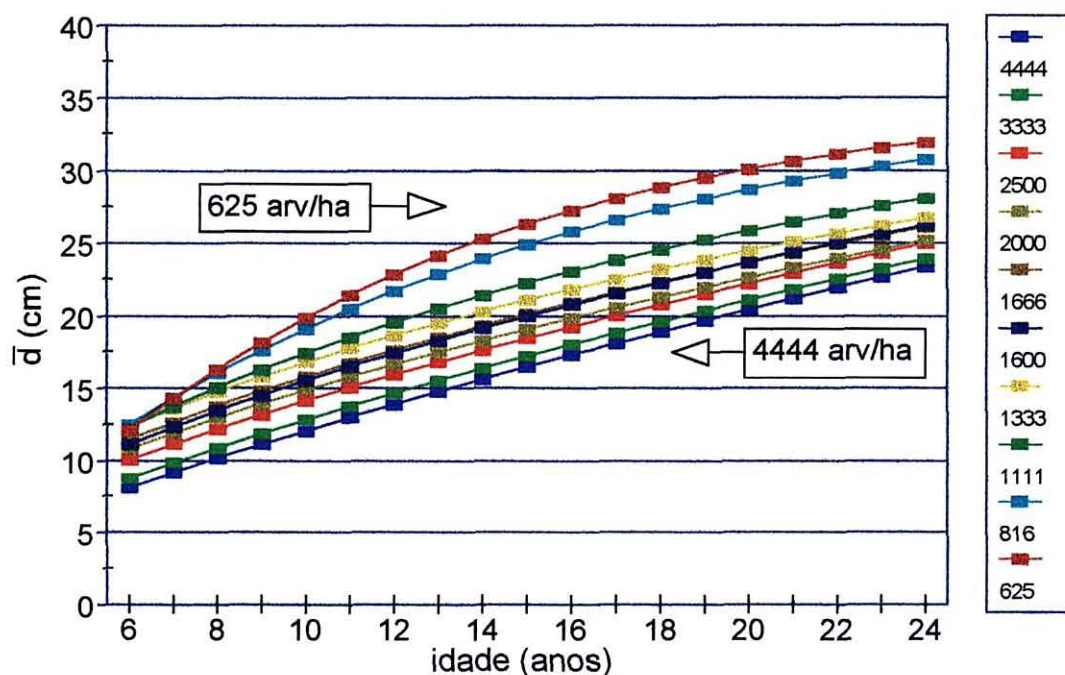
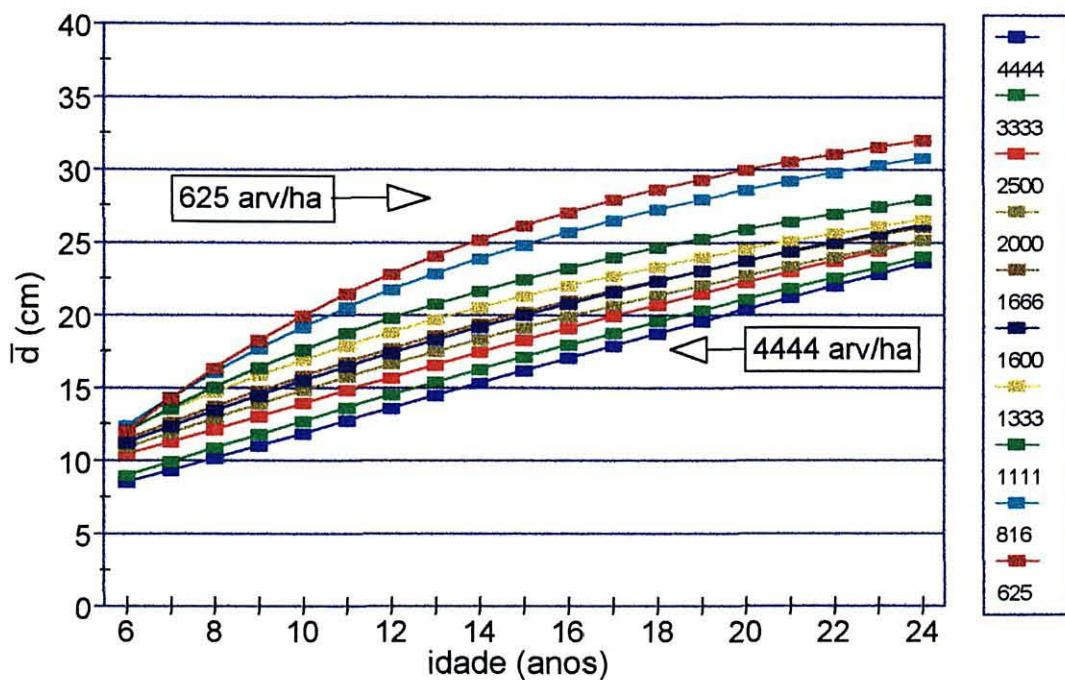


FIGURA 27- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO (MODELO DE PRODAN) .



#### 4.3.1.1 Diâmetro Médio Aritmético com Valor Assintótico Fixo

Com base na constatação, de que o valor assintótico do diâmetro médio aritmético deve ficar próximo de 35,85 cm para uma densidade final de aproximadamente 500 árvores por hectare, o DAP médio foi novamente modelado para cada densidade de plantação, utilizando o modelo de Chapman-Richards, cuja assíntota estimada para a menor densidade foi de 34,928 cm.

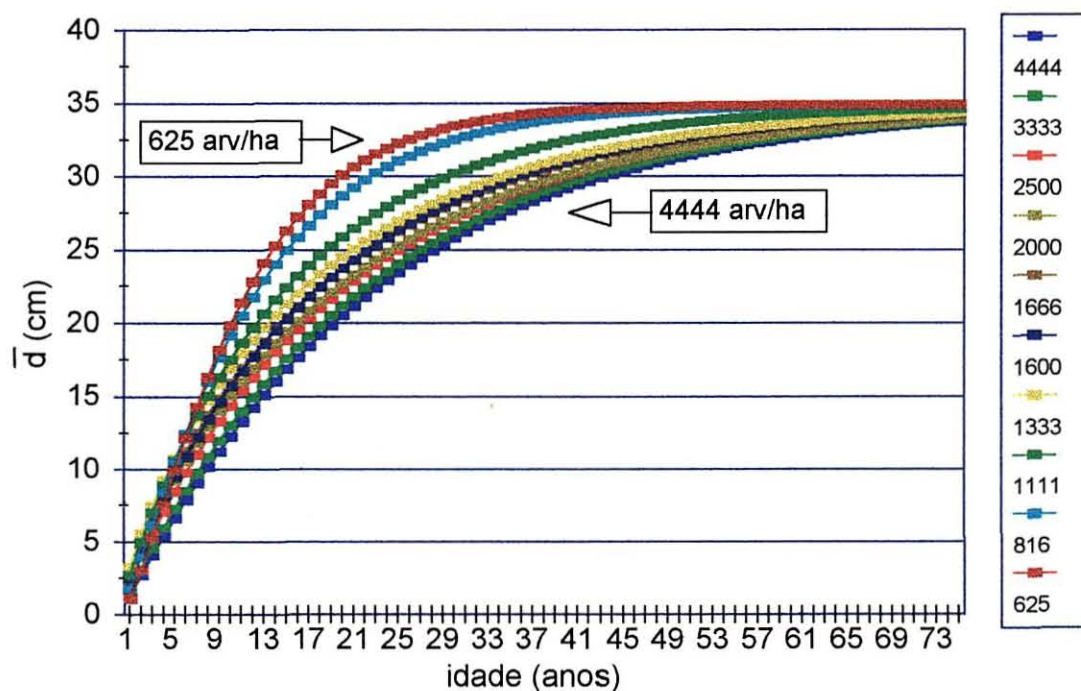
O modelo : 
$$d = 34,928 \cdot (1 - \exp(-b_1 \cdot I))^{1/(1-b_2)}$$

Os coeficientes estimados e as estatísticas são apresentados na Tabela 6, assim como a apresentação gráfica está na Figura 28.

**TABELA 6- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA O MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS COM O DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO (VALOR ASSINTÓTICO) FIXO.**

densidade (arv/ha)	Coeficientes		Estatísticas	
	$b_1$	$b_2$	$R^2_{aj}$	$S_{yx}\%$
4444	0,04624014	0,04874760	0,94757	8,75
3333	0,0466374	0,00018586	0,96395	6,84
2500	0,04693914	-0,10525514	0,97237	4,40
2000	0,04548988	-0,19838361	0,97536	4,75
1600	0,04960716	-0,19893515	0,97861	4,29
1666	0,05197087	-0,13202469	0,96800	5,49
1333	0,05082383	-0,27194991	0,96357	5,28
1111	0,06419204	-0,08593288	0,98053	4,06
816	0,09680536	0,20401971	0,93603	8,02
625	0,12102696	0,37223746	0,98140	4,44

**FIGURA 28- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO COM VALOR ASSINTÓTICO FIXO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS).**



#### 4.3.2 DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO

Os resultados de ajustes dos modelos de Chapman-Richards e Prodan estão na Tabela 7.

As considerações já feitas para diâmetro médio aritmético sobre o valor assintótico e tendências dos coeficientes são iguais para o diâmetro médio quadrático.

As estatísticas resultantes e que constam na Tabela 7, bem como a apresentação gráfica nas Figuras 29 e 30 mostram que o ajuste obtido, no período de 6 até 24 anos, praticamente não indicam qualquer diferença entre os dois modelos, testados. As análises gráficas dos resíduos também indicaram que ambos os modelos estimam sem tendenciosidade a evolução desta variável para o período analisado.

**TABELA 7- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DOS MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS E PRODAN (DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO).**

Modelo	coeficiente	Densidades (arv/ha)									
		4444	3333	2500	2000	1600	1666	1333	1111	816	625
Chapman-Richards	$b_0$	119,3	76,94	110,6	69,18	57,19	60,65	45,96	35,39	36,44	35,70
	$b_1$	0,006	0,010	0,005	0,010	0,016	0,015	0,025	0,066	0,090	0,117
	$b_2$	0,792	0,770	0,675	0,646	0,659	0,682	0,657	0,924	1,178	1,547
Estatísticas	$R^2_{aj}$	0,969	0,974	0,982	0,982	0,981	0,974	0,971	0,983	0,917	0,980
	$S_{yx}\%$	6,64	5,67	4,34	3,92	4,01	4,94	4,67	3,67	9,00	4,49
Prodan	$b_0$	-1,73	-1,02	-1,32	-0,82	-0,59	-0,70	-0,23	0,291	0,648	1,250
	$b_1$	0,924	0,745	0,708	0,570	0,499	0,536	0,392	0,302	0,228	0,142
	$b_2$	0,004	0,010	0,011	0,016	0,017	0,015	0,020	0,021	0,020	0,022
Estatísticas	$R^2_{aj}$	0,970	0,974	0,981	0,981	0,980	0,973	0,971	0,984	0,918	0,981
	$S_{yx}\%$	6,48	5,69	4,38	4,05	4,11	5,00	4,69	3,54	8,96	4,43



FIGURA 29- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

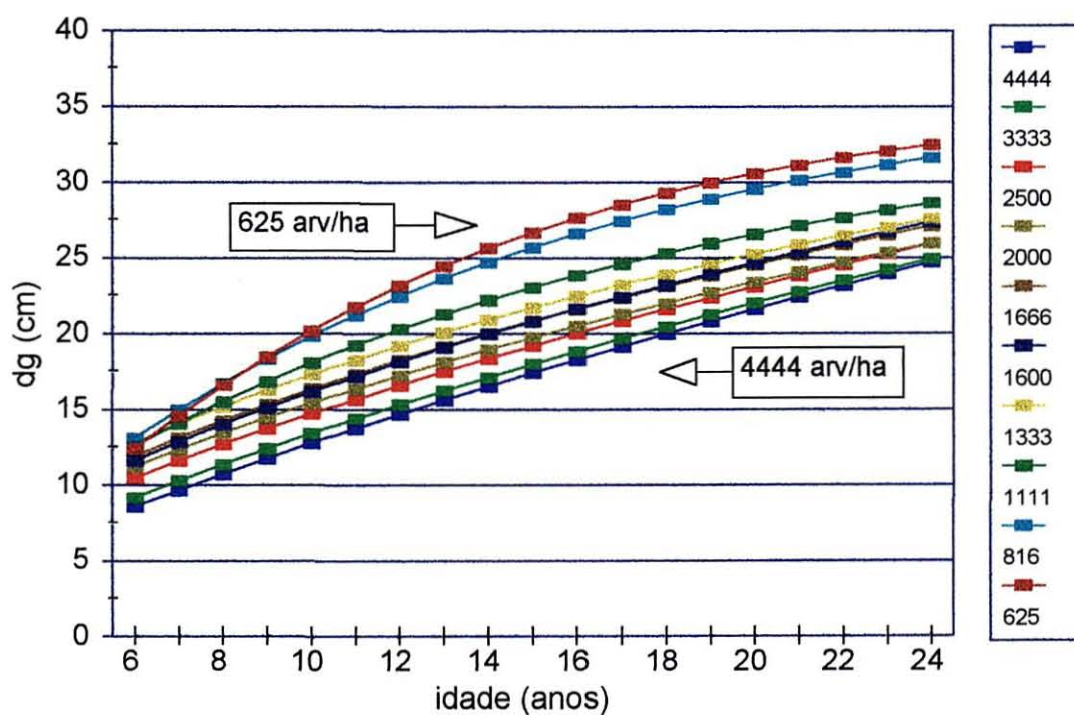
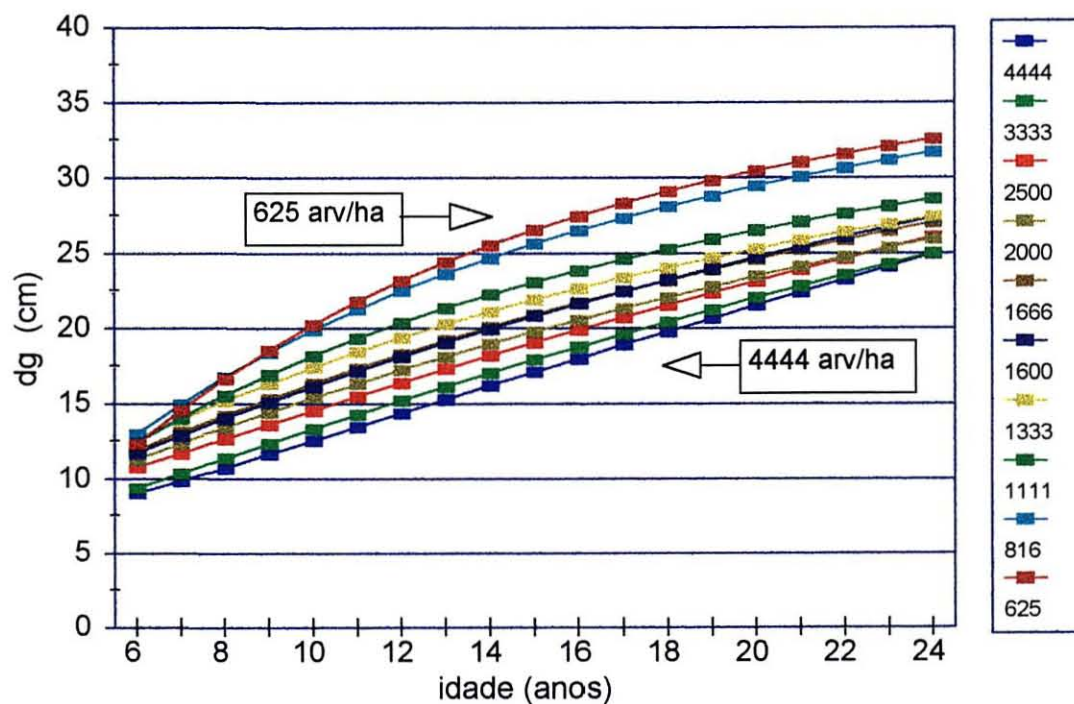


FIGURA 30- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO (MODELO DE PRODAN) .



#### 4.3.2.1 Diâmetro Médio Quadrático com Valor Assintótico Fixo

Com base na constatação, de que o valor assintótico deve ficar próximo de 35,85 cm para uma densidade final de aproximadamente 500 árvores por hectare, o diâmetro médio quadrático foi novamente modelado para cada densidade de plantação, utilizando o modelo de Chapman-Richards, cuja assíntota estimada para a menor densidade foi de 35,705 cm.

O modelo : 
$$d = 35,705 \cdot (1 - \exp(-b_1 \cdot I))^{1/(1-b_2)}$$

A ilustração gráfica está na Figura 31. Os coeficientes estimados e as estatísticas são apresentados na Tabela 8.

FIGURA 31- EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO COM VALOR ASSINTÓTICO FIXO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

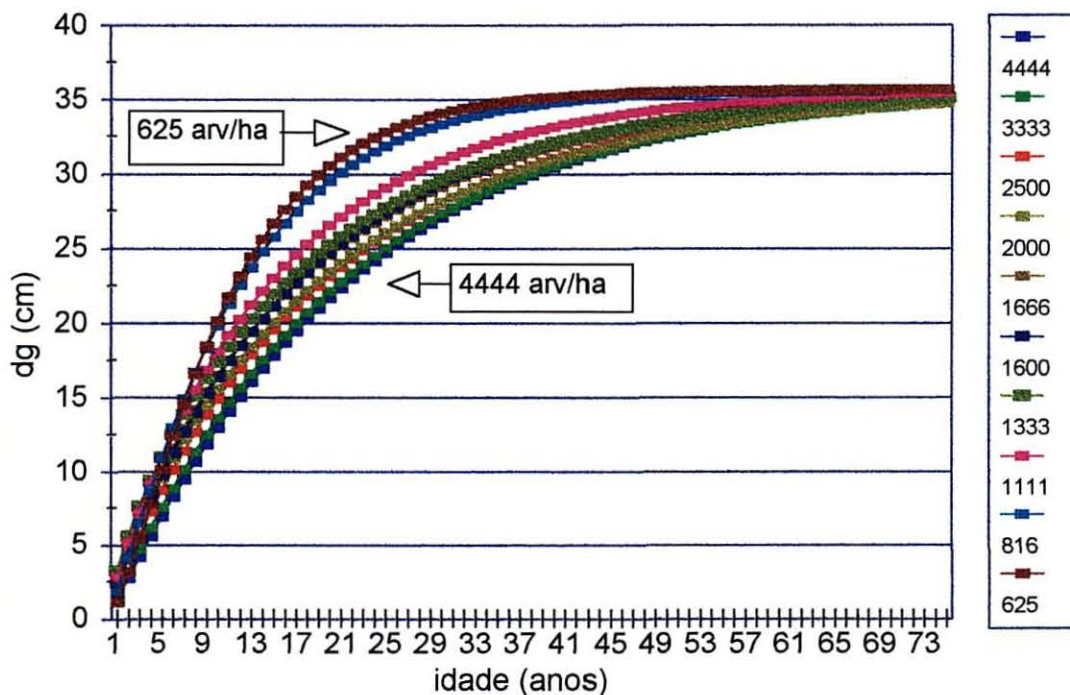


TABELA 8- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA O MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS COM O DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO (VALOR ASSINTÓTICO) FIXO.

densidade (arv/ha)	Coeficientes		Estatísticas	
	$b_1$	$b_2$	$R^2_{aj}$	$S_{yx}\%$
4444	0,04987816	0,07567053	0,96254	7,35
3333	0,04884186	0,01319480	0,97151	6,04
2500	0,04907974	-0,08786109	0,97996	4,25
2000	0,04644091	-0,19765379	0,97996	4,25
1600	0,05186204	-0,17591190	0,97916	4,25
1666	0,05493455	-0,10704492	0,97117	5,20
1333	0,05231360	-0,25588689	0,97166	4,64
1111	0,06429713	-0,09686776	0,98428	3,60
816	0,09820187	0,19702467	0,92073	8,83
625	0,11780248	0,35454598	0,98158	4,40

#### 4.3.3 ALTURA MÉDIA

Os coeficientes obtidos para os dois modelos, bem como as estatísticas de ajuste para cada densidade de plantação, estão na Tabela 9.

TABELA 9- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DOS MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS E PRODAN (ALTURA MÉDIA).

Modelo	coeficiente	Densidades (arv/ha)									
		4444	3333	2500	2000	1600	1666	1333	1111	816	625
Chapman-Richards	$b_0$	22,96	20,90	22,69	21,96	22,29	21,11	21,14	21,49	20,95	21,49
	$b_1$	0,075	0,087	0,070	0,083	0,079	0,092	0,106	0,105	0,112	0,118
	$b_2$	1,188	1,220	1,052	1,164	1,113	1,208	1,355	1,403	1,497	1,654
Estatísticas	$R^2_{aj}$	0,993	0,992	0,995	0,993	0,993	0,992	0,993	0,997	0,990	0,997
	$S_{yx}\%$	2,83	2,69	2,11	2,47	2,56	2,67	2,42	1,76	3,10	1,77
Prodan	$b_0$	1,183	1,299	0,729	1,094	0,900	1,218	1,601	1,754	2,039	2,477
	$b_1$	0,493	0,430	0,504	0,431	0,449	0,386	0,302	0,305	0,273	0,224
	$b_2$	0,031	0,035	0,032	0,033	0,033	0,036	0,037	0,036	0,037	0,037
Estatísticas	$R^2_{aj}$	0,993	0,993	0,996	0,994	0,993	0,993	0,994	0,997	0,991	0,997
	$S_{yx}\%$	2,74	2,58	1,95	2,31	2,44	2,54	2,21	1,50	3,00	1,72

O coeficiente  $b_0$  (valor assintótico) do modelo de Chapman-Richards variou indistintamente entre 20,90 m até 22,96 m, sem uma tendência definida. Os valores do coeficiente  $b_1$  (inclinação média da curva), mostraram uma tendência crescente das maiores densidades em direção às menores (0,07 até 0,118). Os valores do coeficiente  $b_2$  (responsável pela forma da curva e localização do ponto de inflexão) também mostraram uma tendência crescente desde as maiores densidades para as menores, variando de 1,05 até 1,65.

O coeficiente  $b_2$  (assíntota =  $1/b_2$ ) do modelo de Prodan variou de 32,0 m até 26,7 m, com uma tendência decrescente desde as maiores densidades em direção às menores. Os valores do coeficiente  $b_0$ , mostram um valor mínimo na densidade de 2500 arv/ha (0,73), com tendência levemente crescente para as maiores densidades (1,30), e mais forte para as menores densidades (2,48), variando de 0,73 até 2,48. Os valores do coeficiente  $b_1$ , mostram tendência decrescente desde as maiores densidades para as menores, variando de 0,50 até 0,2248.

As estatísticas da Tabela 9 e a apresentação das curvas nas Figuras 32 e 33, indicam o bom ajuste no período de 6 até 24 anos, não mostrando praticamente diferenças entre os modelos.

As análises gráficas dos resíduos também indicaram que ambos os modelos estimam sem tendenciosidade a evolução desta variável para o período analisado.

FIGURA 32- EVOLUÇÃO DA ALTURA MÉDIA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

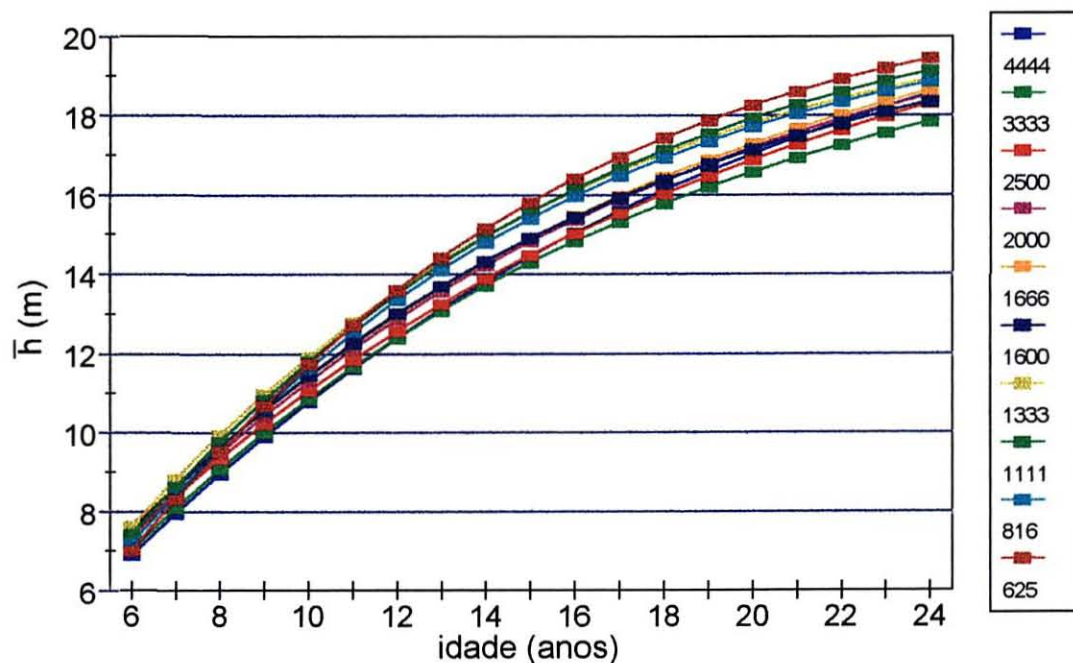
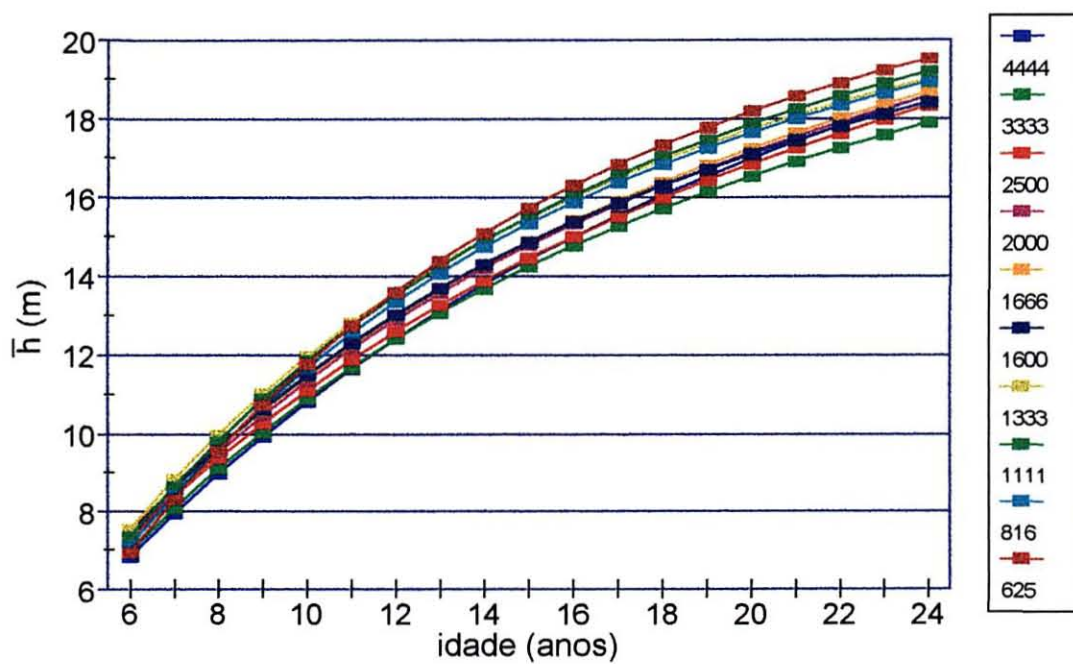


FIGURA 33- EVOLUÇÃO DA ALTURA MÉDIA (MODELO DE PRODAN) .



Analisando os valores assintóticos para toda a amplitude de densidades, observa-se que o modelo de Chapman-Richards descreve melhor os dados, já que a tendência a um valor assintótico comum é mais aparente nesse modelo.

#### 4.3.4 ALTURA DOMINANTE

Os coeficientes obtidos para os dois modelos, bem como as estatísticas de ajuste para cada densidade de plantação, são apresentados na Tabela 10.

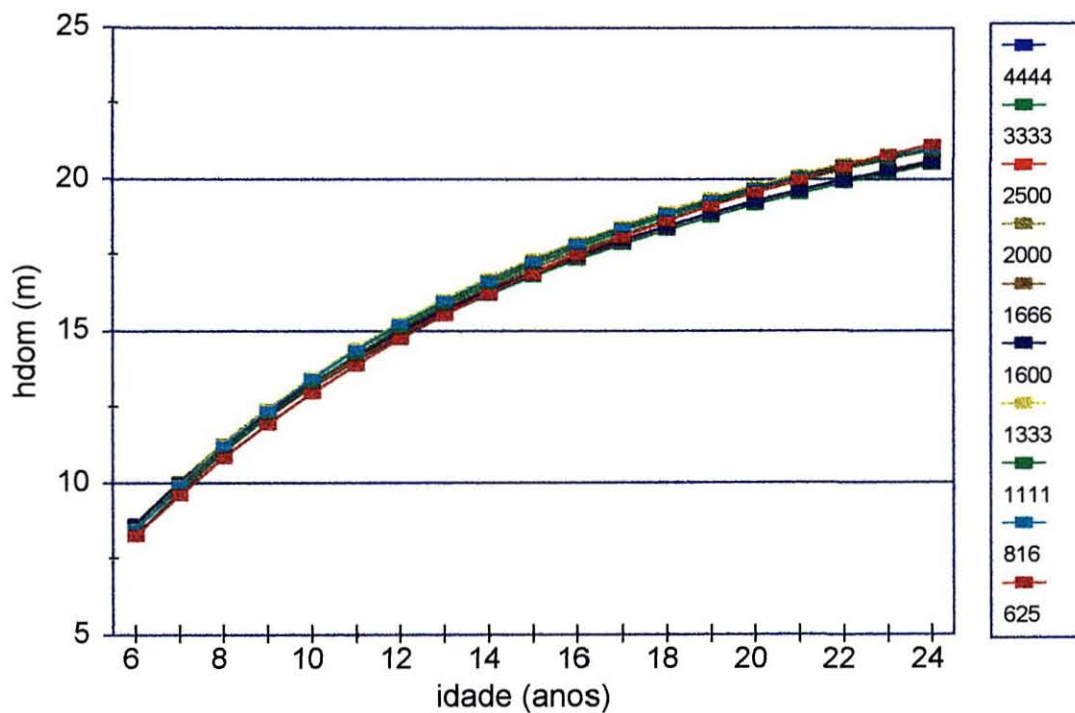
TABELA 10- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DOS MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS E PRODAN (ALTURA DOMINANTE).

Modelo	coeficiente	Densidades (arv/ha)									
		4444	3333	2500	2000	1600	1666	1333	1111	816	625
Chapman-Richards	$b_0$	22,99	22,84	22,88	23,26	23,64	22,79	23,15	23,06	23,05	23,83
	$b_1$	0,114	0,102	0,105	0,105	0,098	0,105	0,113	0,113	0,114	0,097
	$b_2$	1,408	1,247	1,290	1,293	1,249	1,263	1,409	1,440	1,415	1,293
Estatísticas	$R^2_{aj}$	0,999	0,999	0,998	0,998	0,999	0,998	0,999	0,999	0,987	0,998
	$S_{yx}\%$	0,92	0,71	0,96	1,15	0,78	1,01	0,83	0,88	3,43	1,10
Prodan	$b_0$	1,536	1,143	1,260	1,241	1,132	1,178	1,530	1,634	1,544	1,115
	$b_1$	0,243	0,304	0,290	0,281	0,316	0,289	0,243	0,245	0,243	0,356
	$b_2$	0,034	0,034	0,034	0,033	0,032	0,034	0,034	0,034	0,034	0,030
Estatísticas	$R^2_{aj}$	0,999	0,999	0,999	0,998	0,999	0,999	0,999	0,999	0,987	0,998
	$S_{yx}\%$	0,66	0,61	0,81	1,03	0,68	0,93	0,57	0,67	3,40	1,35

O coeficiente  $b_0$  (valor assintótico) do modelo de Chapman-Richards variou de 22,79 até 23,83 m, com uma pequena tendência crescente desde as maiores densidades em direção às menores. Os valores do coeficiente  $b_1$  (inclinação média da



FIGURA 35- EVOLUÇÃO DA ALTURA DOMINANTE MÉDIA (MODELO DE PRODAN) .



Os valores assintóticos estimados, principalmente observando-se o valor numérico e a tendência para um valor assintótico comum, indicam uma leve superioridade para o modelo de Chapman-Richards.

#### 4.3.5 ÁREA BASAL

Os coeficientes obtidos para os dois modelos, bem como as estatísticas de ajuste para cada densidade de plantação, são apresentados na Tabela 11.



TABELA 11- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DOS  
MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS E PRODAN (ÁREA BASAL).

Modelo	coefi- ciente	Densidades (arv/ha)									
		4444	3333	2500	2000	1600	1666	1333	1111	816	625
Chapman- Richards	$b_0$	53,73	53,23	55,49	53,94	52,87	52,74	53,71	55,08	50,68	52,29
	$b_1$	0,210	0,211	0,195	0,188	0,199	0,167	0,155	0,147	0,134	0,115
	$b_2$	0,628	0,715	0,681	0,671	0,707	0,639	0,621	0,648	0,659	0,657
Esta- tísticas	$R^2_{aj}$	0,982	0,908	0,944	0,961	0,979	0,960	0,979	0,968	0,981	0,951
	$S_{yx}\%$	3,74	11,63	8,61	7,27	5,39	7,80	5,87	8,02	7,02	13,25
Prodan	$b_0$	1,340	2,245	2,034	2,087	2,453	2,169	2,159	2,732	3,901	5,094
	$b_1$	-0,06	-0,14	-0,10	-0,09	-0,14	-0,07	-0,04	-0,07	-0,11	-0,12
	$b_2$	0,019	0,021	0,019	0,019	0,021	0,019	0,018	0,018	0,020	0,019
Esta- tísticas	$R^2_{aj}$	0,981	0,901	0,944	0,961	0,979	0,960	0,979	0,969	0,981	0,951
	$S_{yx}\%$	3,78	11,61	8,61	7,27	5,37	7,80	5,86	8,01	7,03	13,29

Observa-se que o coeficiente  $b_0$  do modelo de Chapman-Richards variou indistintamente entre 50,69 até 55,49  $m^2/ha$ , sem uma tendência definida. Os valores do coeficiente  $b_1$ , mostraram uma tendência decrescente desde as maiores densidades em direção às menores (0,21 até 0,11). Isto devido a que o  $G$  ( $m^2/ha$ ) cresce mais depressa inicialmente nas maiores densidades em relação às menores, ou seja, é diretamente proporcional à densidade de plantação. Os valores do coeficiente  $b_2$  variou entre 0,62 até 0,71, para toda a amplitude de densidades, sem uma tendência definida. Valores bastante similares para toda a amplitude de densidades, está indicando que a forma das curvas não difere muito uma de outra.

Por outro lado, nos ajustes com o modelo de Prodan, observou-se que o coeficiente  $b_2$  variou de 46,75 até 55,43  $m^2/ha$ , sem tendência definida. Os valores do coeficiente  $b_0$ ,

mostraram uma tendência crescente desde as maiores densidades em direção às menores, variando de 1,34 até 5,09. Os valores do coeficiente  $b_1$ , variaram de -0,147 até -0,048.

Ambos os modelos apresentaram valores assintóticos coerentes e semelhantes, para toda a amplitude de densidades. O modelo de Chapman-Richards apresentou valores de 50,69 até 55,49  $m^2/ha$  e o modelo de Prodan de 46,75 até 55,43  $m^2/ha$ . Por outro lado, as tendências dos coeficientes são parecidos em ambos os modelos.

As estatísticas resultantes e que constam na Tabela 11, bem como a apresentação gráfica nas Figuras 36 e 37 mostram que o ajuste obtido, no período de 6 até 24 anos, praticamente não mostram qualquer diferença entre os dois modelos. As análises gráficas dos resíduos também indicaram que ambos os modelos estimam sem tendenciosidade a evolução desta variável para o período analisado.

Quanto aos valores assintóticos prognosticados para idades superiores a 24 anos, observa-se que o modelo de Prodan acusa valores máximos superiores aos valores assintóticos para logo descer para o valor assintótico estimado. No modelo de Chapman-Richards não se observa esta tendência.

Além de serem totalmente compatíveis, a vantagem dos modelos biológicos, em relação aos empíricos, é que o modelo biológico interpreta a biologia do crescimento de organismos vivos de maneira real (crescimento acumulado têm forma sigmoidal) como acontece na natureza, enquanto um modelo

FIGURA 36- EVOLUÇÃO DA ÁREA BASAL (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS).

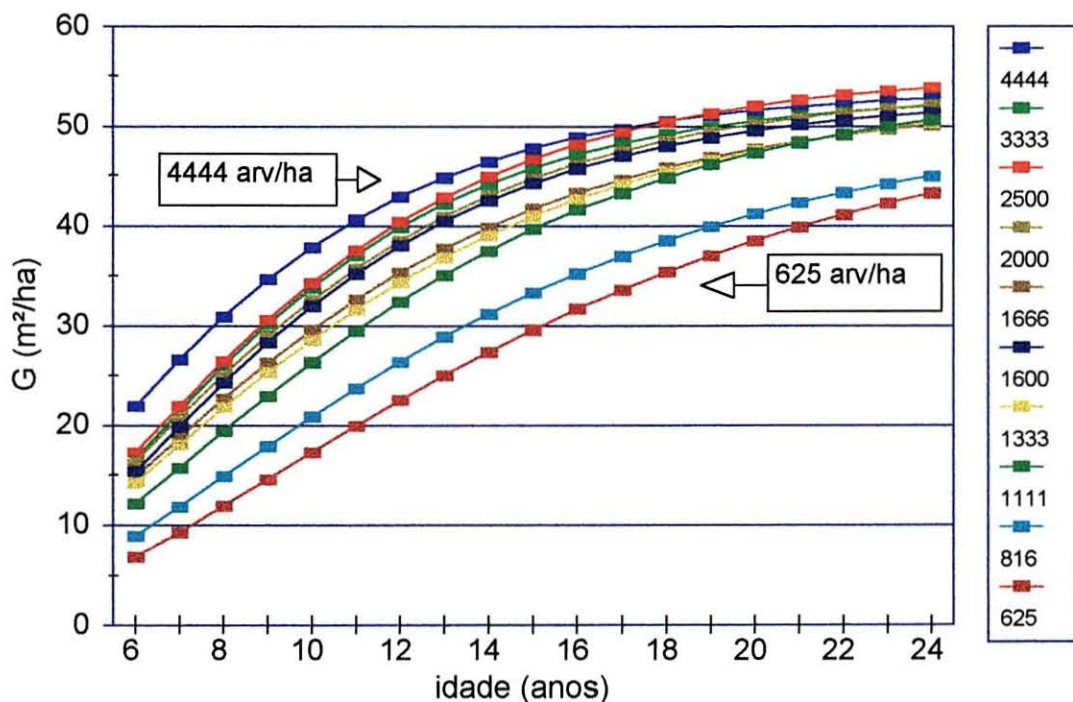
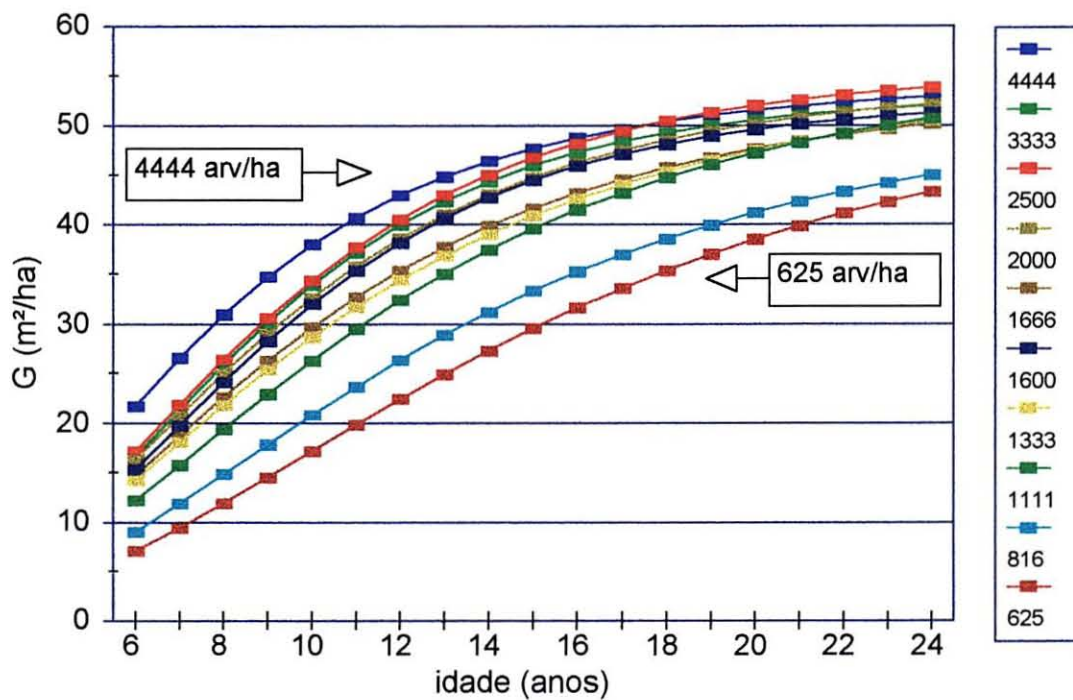


FIGURA 37- EVOLUÇÃO DA ÁREA BASAL (MODELO DE PRODAN).



empírico não necessariamente (pode apresentar valores prognosticados inexplicáveis).

Também é possível observar, um valor assintótico final semelhante para toda a amplitude de densidades analisadas, indicando que a modelagem está de acordo à análise de variância realizada, que detetou não existir diferenças significativas entre as densidades de 1111 até 4444 árvores por hectare, na idade de 24 anos. Se continuar essa tendência é possível esperar que nos próximos anos não exista diferença significativa entre todas as densidades de plantação estudadas.

Segundo MACHADO (1978), para *Pinus taeda* L., na região central do Estado do Paraná, um número inferior a 1000 árvores por hectare provavelmente não acuse a mesma área basal final constante, sem uma prática de rotação longa. Esta última constatação, é observada nesta experiência com *Araucária*, principalmente com as duas menores densidades de plantação, 625 e 816 arv/ha.

#### 4.3.5.1 Evolução da Área Basal com Valor Assintótico Fixo

Através dos valores médios das parcelas foi possível observar que a máxima área basal suportável pelo sítio é aproximadamente  $53 \text{ m}^2/\text{ha}$ , e que até a idade de 24 anos existe uma amplitude de densidades, de 4444 até 1111 arv/ha, cujas

áreas basais não se diferenciam estatisticamente, para um nível de 95% de probabilidade, variando aleatoriamente dentro desta amplitude de densidades entre 49,84 até 53,26 m<sup>2</sup>/ha. Por outro lado, as duas menores densidades de plantação não alcançaram ainda aos 24 anos o máximo de área basal que é capaz de suportar o sítio, resultado este, semelhante ao obtido por MACHADO (1978). As diferenças significativas detectadas ao nível de 95% de probabilidade nestas duas densidades em relação às demais, indicam que estão subocupando o sítio em termos de área basal. Com base nesta observação, e de acordo com PIENAAR; TURNBULL (1973), MACHADO (1978), entre outros, adotou-se o critério de fixar esta área basal de 53,26 m<sup>2</sup>/ha, como a área basal máxima que o sítio é capaz de suportar e na qual todas as densidades analisadas atingirão dito valor, porém em diferentes idades, sendo isto como foi definido anteriormente, inversamente proporcional a densidade de plantação.

Desta maneira foi ajustado novamente o modelo de Chapman-Richards para cada densidade de plantação, com o valor assintótico fixo de 53,26 m<sup>2</sup>/ha.

O modelo:  $G = 53,26705 \cdot (1 - \exp(-(b_1 \cdot I)))^{(1/(1-b_2))}$

Os coeficientes estimados e as estatísticas estão na Tabela 12, assim como a apresentação gráfica está na Figura 38.

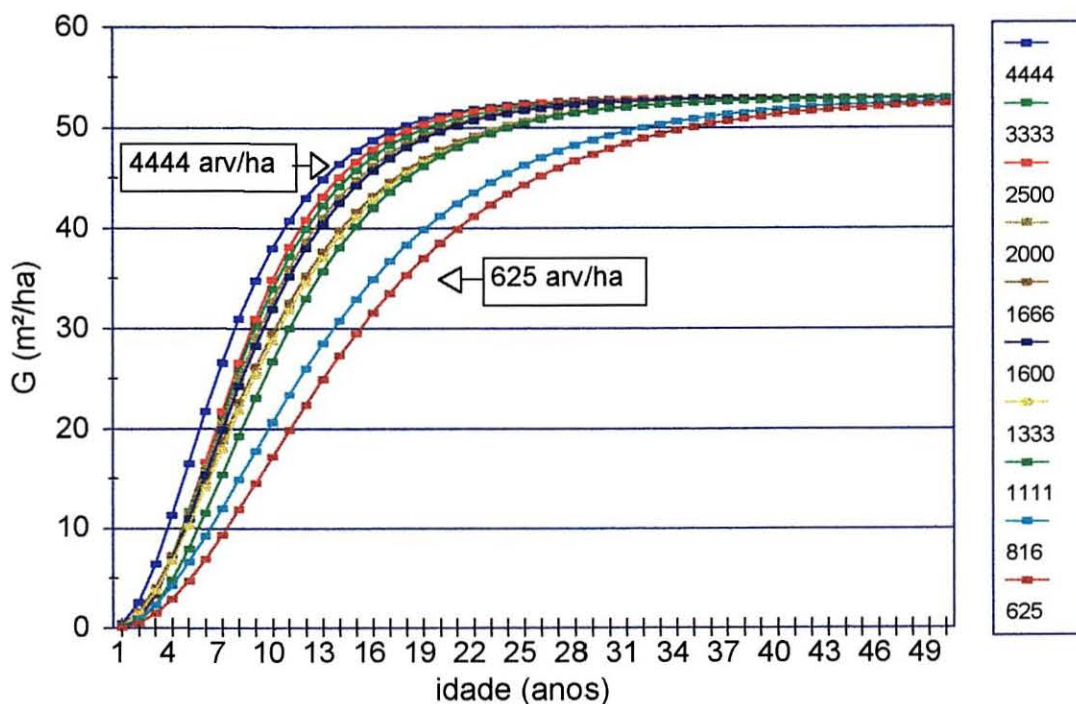
Ao comparar as estatísticas entre os ajustes do modelo com e sem assíntota fixa para cada densidade de plantação,

pode-se observar que não existem praticamente diferenças entre um ajuste e outro, mais sim uma pequena diferença a favor do modelo com assíntota fixa, em termos de  $S_{yx}\%$ .

TABELA 12- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA O MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS COM ÁREA BASAL MÉDIA (VALOR ASSINTÓTICO) FIXO.

densidade (arv/ha)	Coeficientes		Estatísticas	
	$b_1$	$b_2$	$R^2_{aj}$	$S_{yx}\%$
4444	0,22379871	0,65956819	0,98236	3,74
3333	0,21542275	0,72292957	0,904964	11,39
2500	0,23094386	0,75065481	0,942266	8,79
2000	0,20105958	0,70024530	0,962606	7,17
1600	0,19729146	0,70363747	0,980446	5,28
1666	0,16426008	0,63115454	0,962406	7,64
1333	0,16325056	0,64417233	0,979353	5,87
1111	0,16973783	0,70460637	0,967299	8,43
816	0,11919077	0,61471518	0,981971	6,96
625	0,11209194	0,64817190	0,953254	12,99

FIGURA 38- EVOLUÇÃO DA ÁREA BASAL COM VALOR ASSINTÓTICO FIXO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .



Isto significa que 53 m<sup>2</sup>/ha, reflete o valor assintótico que é capaz de suportar o sítio, para esta amplitude de densidades, dado ao ajuste obtido. Isto também foi observado por MACHADO (1978), com *Pinus taeda* L., exceto para a densidade de 1600 arv/ha no sítio II.

#### 4.3.5.2 Modelo de Projeção para a Área Basal

Os coeficientes estimados para os dois modelos, bem como as estatísticas de ajuste para cada densidade de plantação, são apresentados na Tabela 13.

**TABELA 13- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DO MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS MODIFICADO POR MURPHY.**

Modelo	coeficiente	Densidades (arv/ha)									
		4444	3333	2500	2000	1600	1666	1333	1111	816	625
s/assíntota fixa	$G_{max}$	53,80	53,30	55,47	53,61	52,54	52,74	53,30	55,21	50,91	52,47
	$b_1$	-1,12	-0,16	-0,54	-0,08	-0,27	0,095	0,577	0,668	0,605	0,530
	$b_2$	-0,29	-0,22	-0,25	-0,20	-0,23	-0,17	-0,13	-0,10	-0,10	-0,15
Estatísticas	$R^2_{aj}$	0,966	0,983	0,988	0,983	0,983	0,988	0,983	0,994	0,994	0,991
	$S_{yx}\%$	4,47	4,12	3,32	4,06	4,18	3,75	4,50	3,10	3,45	4,93
c/assíntota fixa	$G_{max}$	53,26	53,26	53,26	53,26	53,26	53,26	53,26	53,26	53,26	53,26
	$b_1$	-1,00	-0,25	-1,04	-0,25	-0,15	0,142	0,243	0,125	0,567	0,397
	$b_2$	-0,28	-0,23	-0,31	-0,22	-0,22	-0,17	-0,16	-0,16	-0,10	-0,10
Estatísticas	$R^2_{aj}$	0,967	0,984	0,988	0,984	0,984	0,988	0,984	0,992	0,994	0,990
	$S_{yx}\%$	4,36	4,03	3,42	3,98	4,10	3,67	4,45	3,51	3,37	5,12

As figuras correspondentes à evolução das curvas de área basal para o modelo de Murphy com e sem assíntota fixa, são equivalentes aos apresentados nas Figuras 36 e 38. Isto acontece, já que ambos são obtidos a partir da expressão:

$$dW/dI = n \cdot W^m - v \cdot W$$

Ao comparar as estatísticas entre os ajustes do modelo com e sem assíntota fixa para cada densidade de plantação, observa-se que não existem praticamente diferenças entre um ajuste e outro, à exceção de uma pequena diferença a favor do modelo com assíntota fixa, em termos de  $S_{yx}\%$ .

#### 4.3.6 VOLUME TOTAL

Os coeficientes obtidos para os dois modelos, bém como as estatísticas de ajuste para cada densidade de plantação, são apresentados na Tabela 14.

O coeficiente  $b_0$  (valor assintótico) do modelo de Chapman-Richards variou de 514,70 até 570,56  $m^3/ha$ , para toda a amplitude de densidades, sem uma tendência definida.

**TABELA 14- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DOS MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS E PRODAN (VOLUME TOTAL).**

Modelo	coeficiente	Densidades (arv/ha)									
		4444	3333	2500	2000	1600	1666	1333	1111	816	625
Chapman-Richards	$b_0$	533,4	514,7	550,1	531,8	520,1	532,3	544,4	570,5	521,52	533,2
	$b_1$	0,169	0,187	0,169	0,167	0,184	0,153	0,145	0,141	0,1415	0,128
	$b_2$	0,765	0,811	0,762	0,749	0,778	0,726	0,705	0,648	0,7439	0,751
Estatísticas	$R^2_{aj}$	0,988	0,968	0,983	0,985	0,987	0,980	0,985	0,974	0,9762	0,960
	$S_{yx}\%$	6,07	10,63	7,18	6,54	5,84	7,78	6,51	9,56	9,79	14,18
Prodan	$b_0$	0,517	0,658	0,499	0,470	0,506	0,472	0,422	0,485	0,6712	0,878
	$b_1$	-0,03	-0,04	-0,03	-0,02	-0,03	-0,02	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04
	$b_2$	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0024	0,002
Estatísticas	$R^2_{aj}$	0,987	0,966	0,982	0,984	0,987	0,979	0,985	0,973	0,9750	0,959
	$S_{yx}\%$	6,36	10,99	7,38	6,72	6,00	7,89	6,67	9,79	10,02	14,49



Os valores do coeficiente  $b_1$  (inclinação média da curva), mostraram uma tendência decrescente desde as maiores densidades em direção às menores (0,187 até 0,128). Isto devido a que o volume cresce mais depressa inicialmente nas maiores densidades em relação às menores, como consequência de maior número de árvores nas maiores densidades.

O coeficiente  $b_2$  (responsável pela forma da curva e a localização do ponto de inflexão) variou de 0,64 até 0,81; para toda a amplitude de densidades.

As estatísticas resultantes e que constam na Tabela 14, bem como a apresentação gráfica nas Figuras 39 e 40 mostram que o ajuste obtido, no período de 6 até 24 anos, praticamente não indicam qualquer diferença entre os dois modelos.

As análises gráficas dos resíduos também indicaram que ambos os modelos estimam sem tendenciosidade a evolução desta variável para o período estudado.

Analisando os valores assintóticos (Figuras 41 e 42), observa-se que o modelo de Chapman-Richards descreveu melhor os dados. No modelo de Prodan observa-se o mesmo problema como o da área basal, os máximos valores estimados superam aos valores assintóticos, ou seja, ele estima sem tendências até a idade de 24 anos, a partir da qual, começa a descer até o valor assintótico estimado.

FIGURA 39- EVOLUÇÃO DO VOLUME TOTAL (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

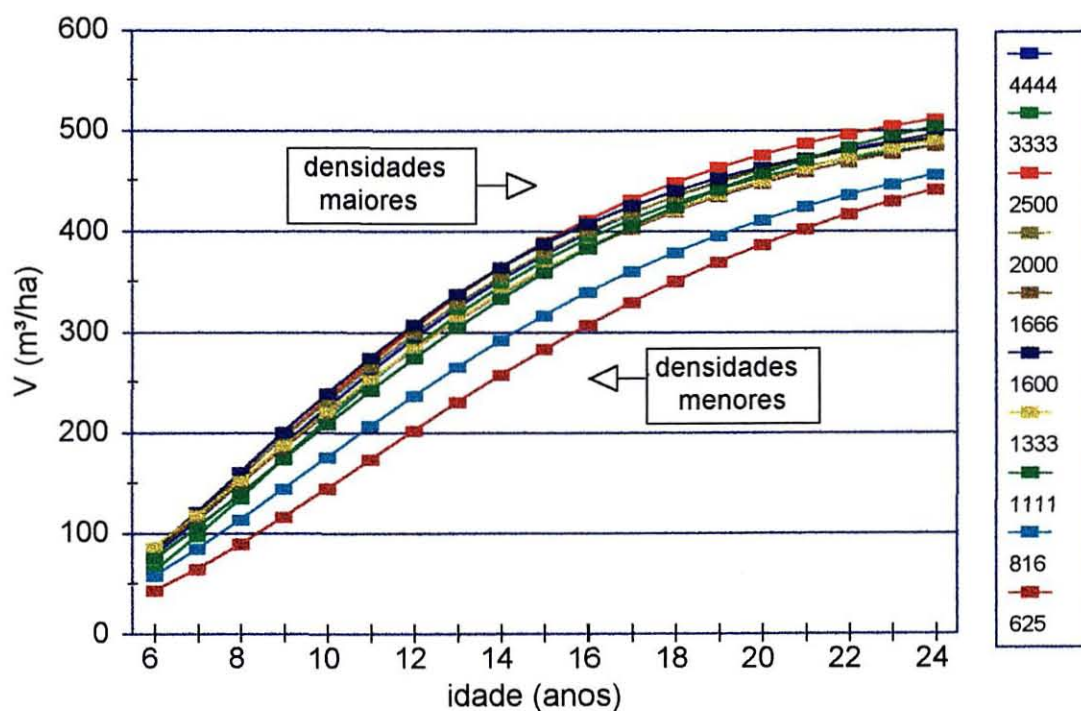


FIGURA 40- EVOLUÇÃO DO VOLUME TOTAL (MODELO DE PRODAN) .

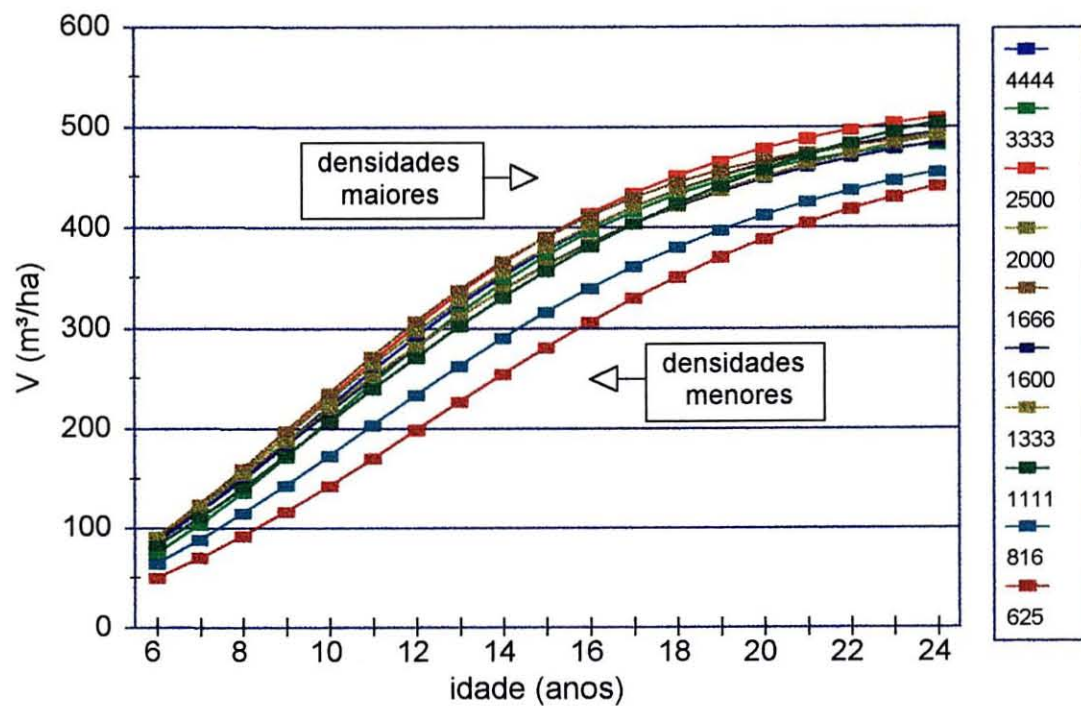


FIGURA 41- EVOLUÇÃO E TENDÊNCIA DO VOLUME TOTAL (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

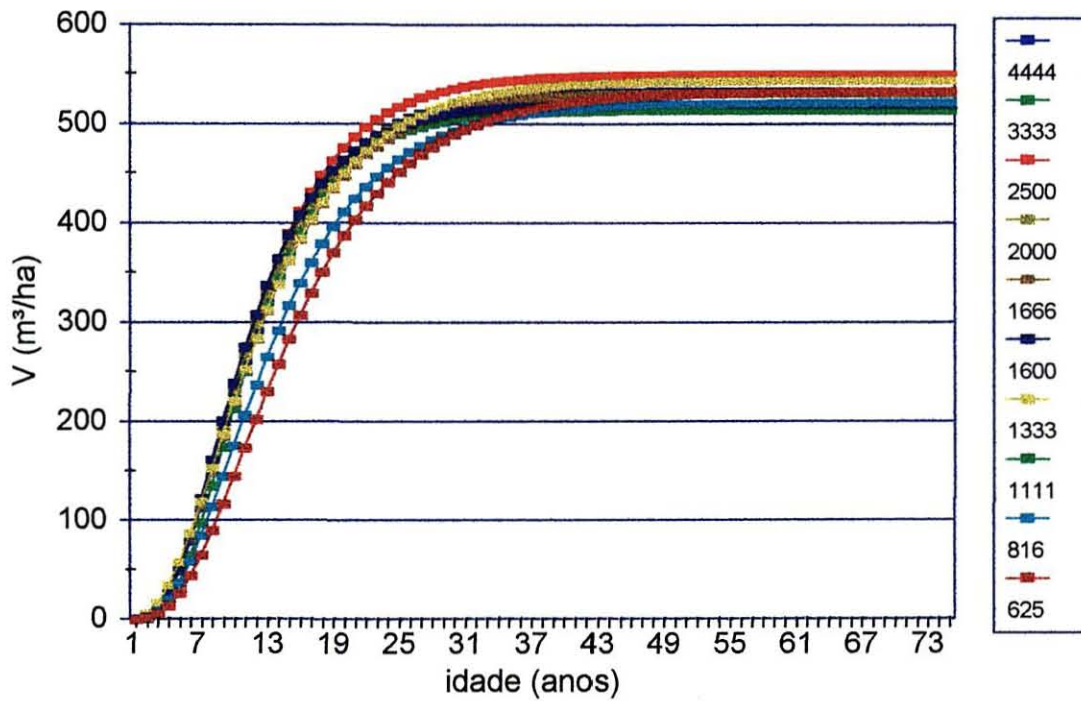
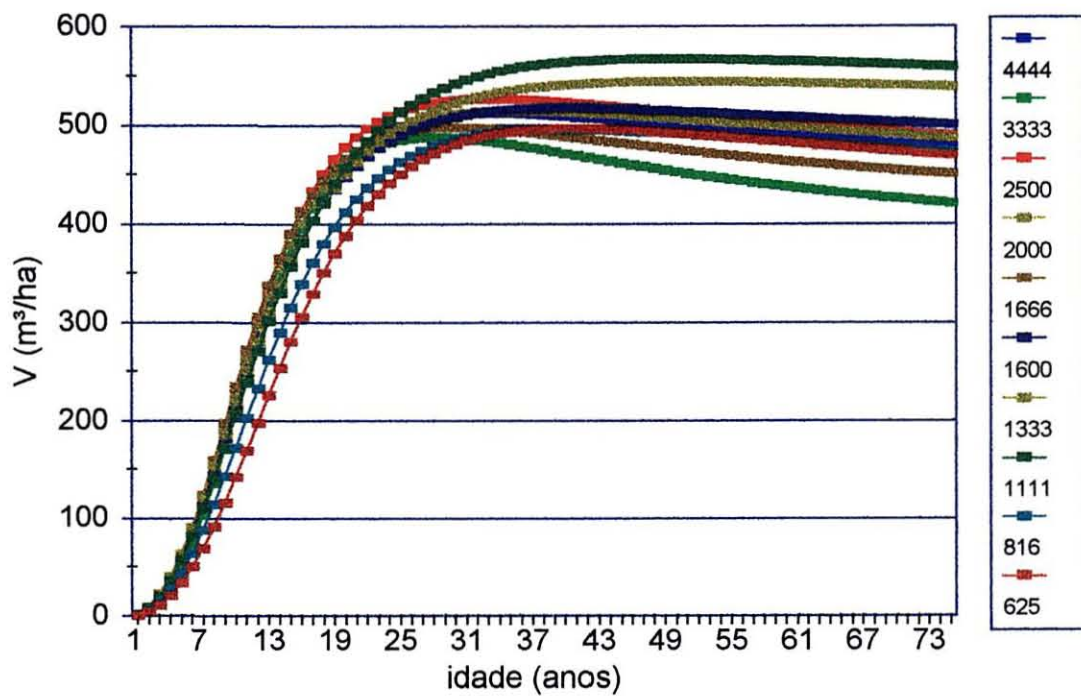


FIGURA 42- EVOLUÇÃO E TENDÊNCIA DO VOLUME TOTAL (MODELO DE PRODAN) .



#### 4.3.6.1 Evolução do Volume Total com Valor Assintótico Fixo

Através dos valores médios assintóticos do ajuste correspondente a cada densidade de plantação, observou-se que o máximo volume total que o sítio é capaz de suportar está em aproximadamente 548 m<sup>3</sup>/ha, e que até a idade de 24 anos existe uma amplitude de densidades de 4444 até 625 arv/ha, cujos volumes não se diferenciam estatisticamente entre si a um nível de 95% de probabilidade. Em todos esses casos, o volume máximo que o sítio pode suportar, variou aleatoriamente entre 514 até 570 m<sup>3</sup>/ha.

Com base nestas observações e adotando-se um critério similar empregado por PIENAAR; TURNBULL (1973), MACHADO (1978), resolveu-se fixar 548 m<sup>3</sup>/ha, como o volume máximo que o sítio é capaz de suportar.

Desta maneira foi ajustado novamente o modelo de Chapman-Richards para cada densidade de plantação, com o valor assintótico fixo de 548 m<sup>3</sup>/ha.

$$\text{O modelo : } V = 548 \cdot (1 - \exp(-(b_1 \cdot I)))^{1/(1-b_2)}$$

Os coeficientes estimados e as estatísticas estão na Tabela 15, assim como a apresentação gráfica está na Figura 43.

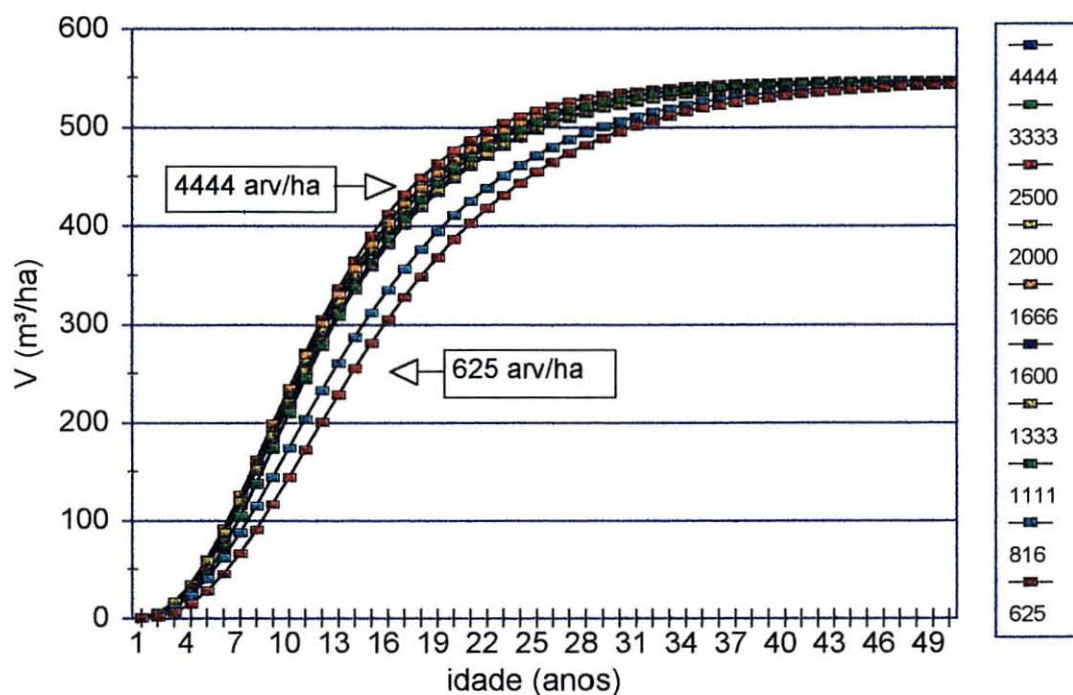
Ao comparar as estatísticas entre os ajustes do modelo com e sem assíntota fixa para cada densidade de plantação, pode-se observar que não existem praticamente diferenças entre

um ajuste e outro, contudo constata-se uma pequena diferença a favor do modelo com assíntota fixa, em termos de  $S_{yx}\%$ .

TABELA 15- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE PARA O MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS COM VOLUME MÉDIO (VALOR ASSINTÓTICO) FIXO.

densidade (arv/ha)	Coeficientes		Estatísticas	
	$b_1$	$b_2$	$R^2_{aj}$	$S_{yx}\%$
4444	0,15703110	0,73962042	0,988317	6,03
3333	0,15640482	0,75602278	0,967829	10,72
2500	0,17148916	0,76615358	0,983893	7,04
2000	0,15294194	0,71920749	0,985451	6,50
1600	0,15657811	0,72322940	0,986697	6,11
1666	0,14171278	0,69892471	0,980484	7,68
1333	0,14318310	0,69952742	0,979353	6,38
1111	0,15647191	0,75452231	0,974795	9,46
816	0,12577039	0,70808882	0,976719	9,68
625	0,12143571	0,73581880	0,962378	13,91

FIGURA 43- EVOLUÇÃO DO VOLUME TOTAL COM VALOR ASSINTÓTICO FIXO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS).



## 4.3.7 SOBREVIVÊNCIA

## 4.3.7.1 Sobrevivência (Árvores por Hectare)

Os coeficientes estimados e as estatísticas de ajustes dos modelos de Chapman-Richards modificado e Silva para cada densidade de plantação, estão na Tabela 16, assim como a apresentação gráfica nas Figuras 44 e 45.

TABELA 16- COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DOS MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS MODIFICADO E SILVA.

Modelo	coeficiente	Densidades (arv/ha)									
		4444	3333	2500	2000	1600	1666	1333	1111	816	625
Chapman-Richards	$b_1$	0,07	0,07	0,05	0,04	0,019	0,031	0,005	0,004	0,003	0,0003
	$b_2$	1,08	1,46	1,32	1,40	1,144	1,354	0,956	0,981	1,141	0,9093
Estatísticas	$R^2_{aj}$	0,96	0,96	0,95	0,92	0,910	0,942	0,834	0,858	0,939	0,9814
	$S_{yx}\%$	7,51	6,46	6,83	6,50	6,63	5,39	6,99	4,15	2,99	1,22
Silva	$-b_1$	0,60	0,18	0,02	0,02	0,005	0,028	0,002	0,005	0,001	0,001
	$b_2$	1,05	1,08	1,16	1,15	1,219	1,138	1,362	1,187	1,229	1,1603
Estatísticas	$R^2_{aj}$	0,97	0,97	0,99	0,97	0,991	0,988	0,950	0,960	0,972	0,9843
	$S_{yx}\%$	7,05	5,33	1,83	3,65	2,05	2,43	3,81	2,20	2,00	1,12

Através das estatísticas  $R^2_{aj}$  e  $S_{yx}\%$  é possível observar que os ajustes obtidos, no período de 6 até 24 anos, mostraram diferenças a favor do modelo de Silva, sendo este resultado coincidente com aqueles obtidos por SANQUETTA (1990). Por outro lado, o modelo de Chapman-Richards modificado resultou também satisfatório.

As análises gráficas dos resíduos também mostraram que ambos os modelos descrevem sem tendenciosidades a evolução desta variável no período analisado.

FIGURA 44- EVOLUÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS MODIFICADO) .

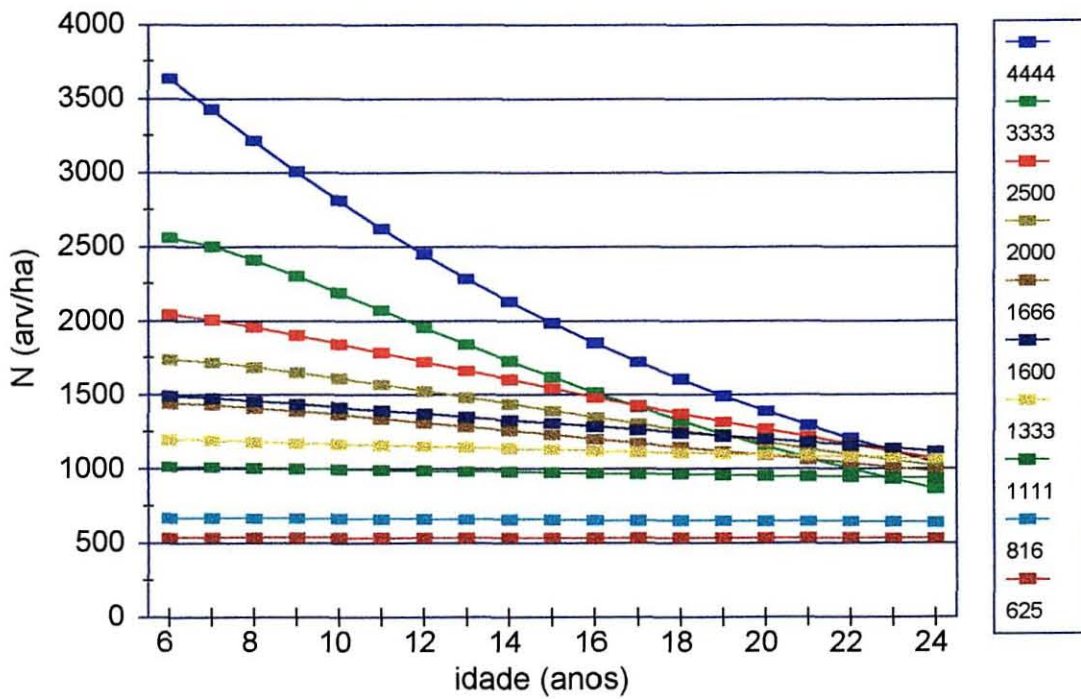
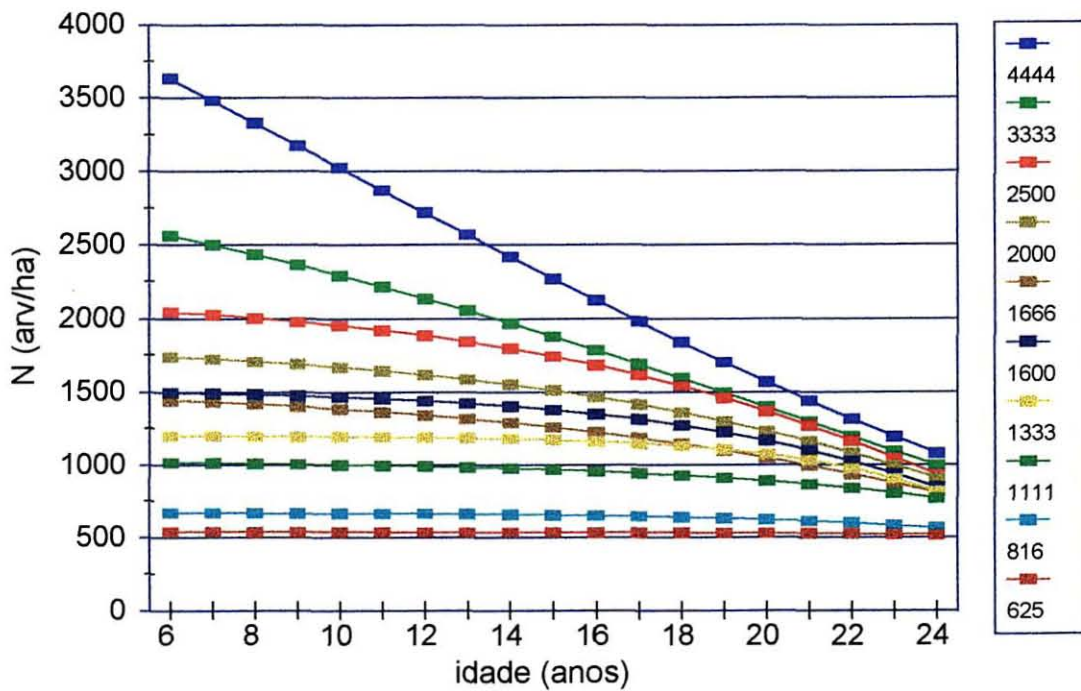


FIGURA 45- EVOLUÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA (MODELO DE SILVA) .



#### 4.4 PROGNOSE DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO COM O MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS

De acordo com os resultados apresentados no item 4.3, tanto o modelo de Chapman-Richards como de Prodan descreveram adequadamente a evolução das diferentes variáveis dentro do intervalo de idades analisadas. No entanto, o primeiro modelo estimou melhor os valores assintóticos para cada variável, e desta forma a prognose de crescimento e produção foi realizada com o modelo de Chapman-Richards, para as diferentes variáveis em função da idade e para cada densidade de plantação.

No Anexo 2, apresentam-se as Tabelas 17 até 26, contendo a evolução do crescimento acumulado das diferentes variáveis para cada densidade de plantação. As evoluções do IMA e do ICA para (G) e (V), para cada densidade de plantação podem ser observados nas Tabelas 27 e 28 (Anexo 2), assim como nas Figuras 46 a 49.

No Quadro 7, assim como em todas estas figuras (46 a 49) verifica-se que a culminação do máximo ICA e do máximo IMA, decresce progressivamente com a densidade inicial de plantação. Para o caso de (G) o decréscimo do ICA =  $5,132 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{ano}$  e IMA =  $3,866 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{ano}$  para a densidade de 4444 arv/ha até ICA =  $2,697 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{ano}$  e IMA =  $1,980 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{ano}$  para a densidade de 625 arv/ha (Tabela 27, Anexo 2). Estes resultados são compatíveis com aqueles obtidos por PIENAAR; TURNBULL (1973), MACHADO (1978).



A idade na qual ocorre o máximo de crescimento em IMA e ICA, é tanto maior quanto menor a densidade de plantação. Para o caso de (G) o ICA culmina aos 5 anos e IMA aos 8 anos para a densidade de 4444 arv/ha e até 10 anos para o ICA e 16 anos para o IMA, para a densidade de 625 arv/ha (Tabela 27, Anexo 2), conforme também constatado por PIENAAR; TURNBULL (1973), MACHADO (1978).

Depois da culminação do ICA, este decresce tão mais rapidamente quanto maior for a densidade de plantação, resultado este, também semelhante ao obtido por PIENAAR; TURNBULL (1973).

Nas idades jovens (até 12 anos) quanto maior a área basal total, maior o ICA. Já nas idades mais avançadas (acima de 16 anos), quanto maior a área basal total, menor o ICA. Tendência esta, também observada por PIENAAR; TURNBULL (1973).

Quando analisou-se o volume por hectare, resultados similares à área basal por hectare foram encontrados (Tabela 28, Anexo 2).

**QUADRO 7- MÁXIMOS VALORES DE ICA E IMA EM ÁREA BASAL E IDADES EM QUE OCORREM PARA AS DUAS DENSIDADES EXTREMAS.**

Densidade (arv/ha)	ICA <sub>max</sub> (m <sup>2</sup> /ha/ano)	Idade (anos)	IMA <sub>max</sub> (m <sup>2</sup> /ha/ano)	Idade (anos)
4444	5,132	5	3,866	8
625	2,697	10	1,980	16

FIGURA 46- EVOLUÇÃO DO ICA PARA ÁREA BASAL (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

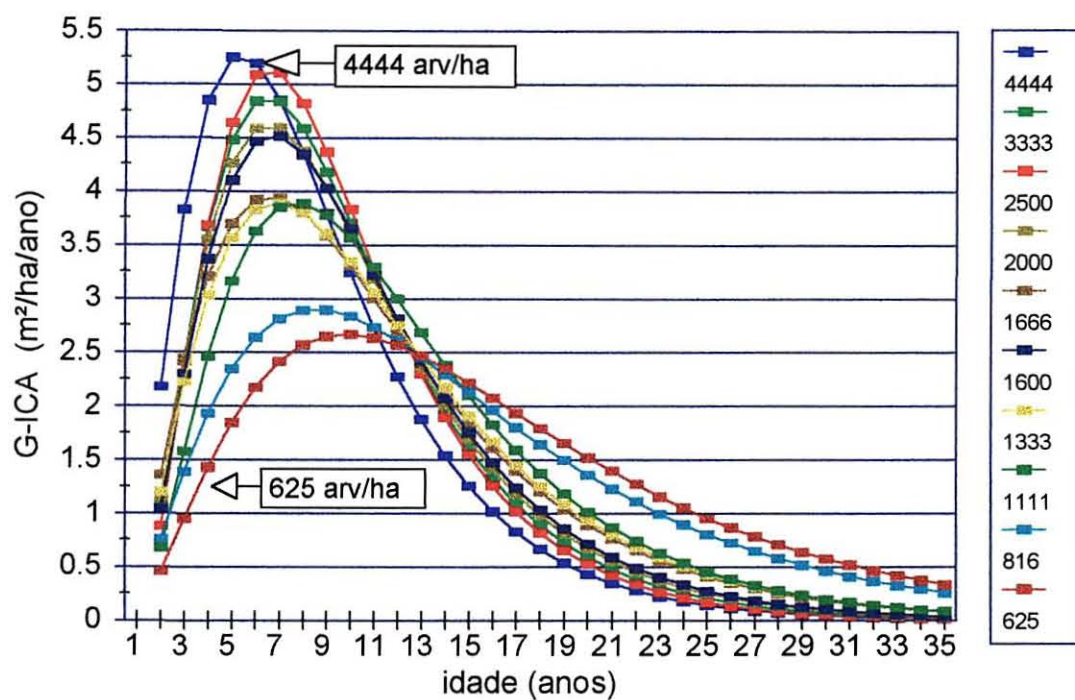


FIGURA 47- EVOLUÇÃO DO IMA PARA ÁREA BASAL (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

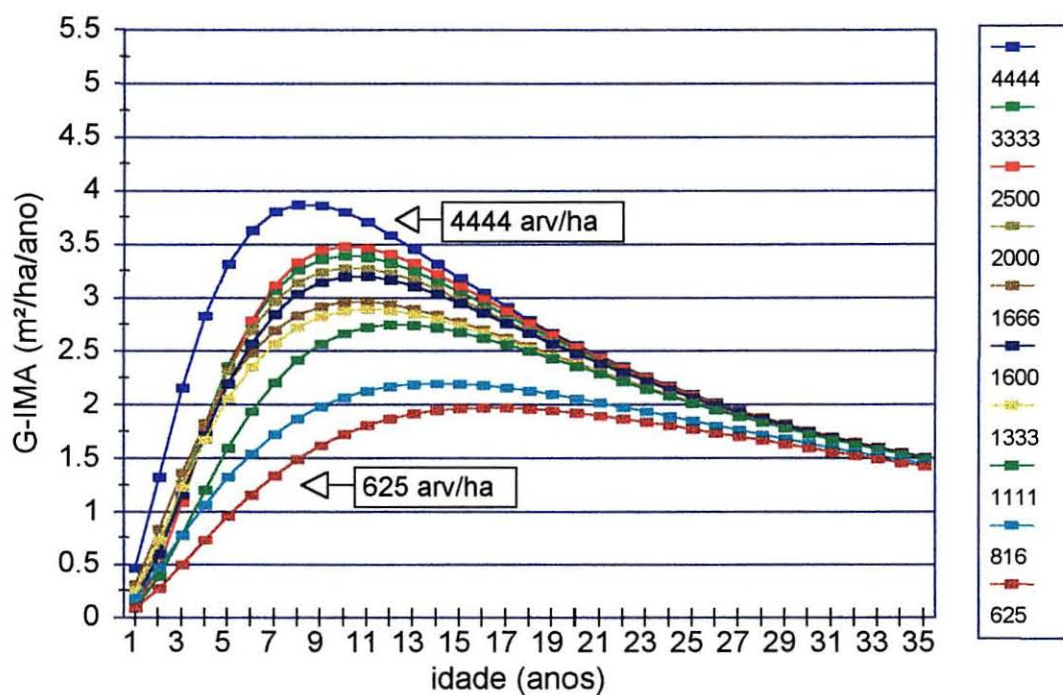


FIGURA 47- EVOLUÇÃO DO ICA PARA VOLUME TOTAL (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

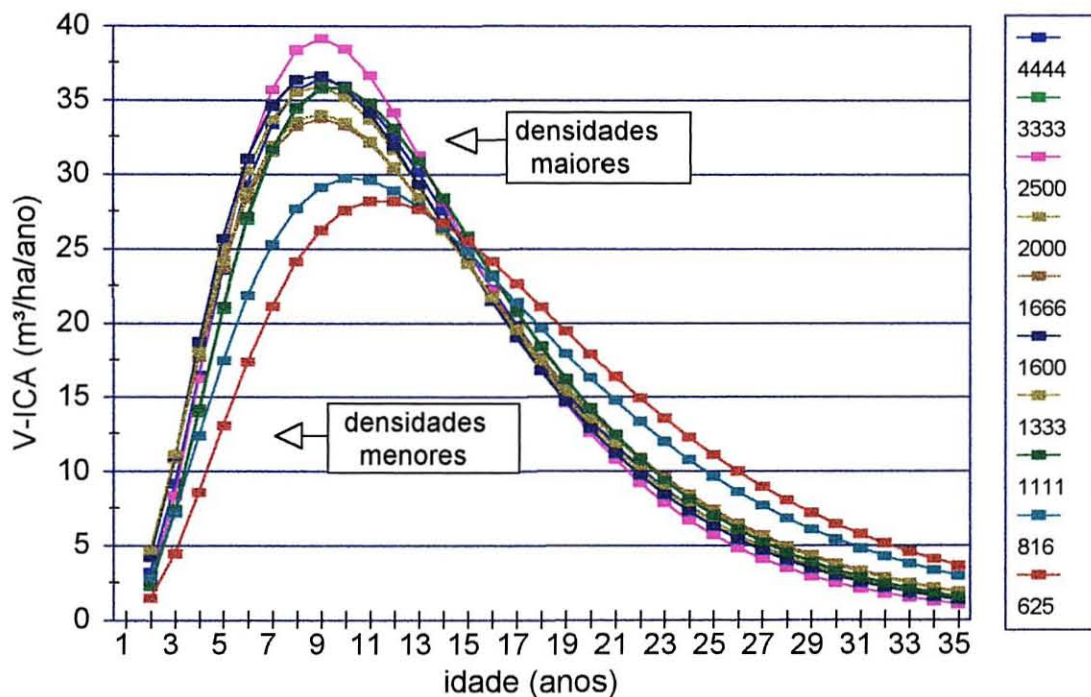
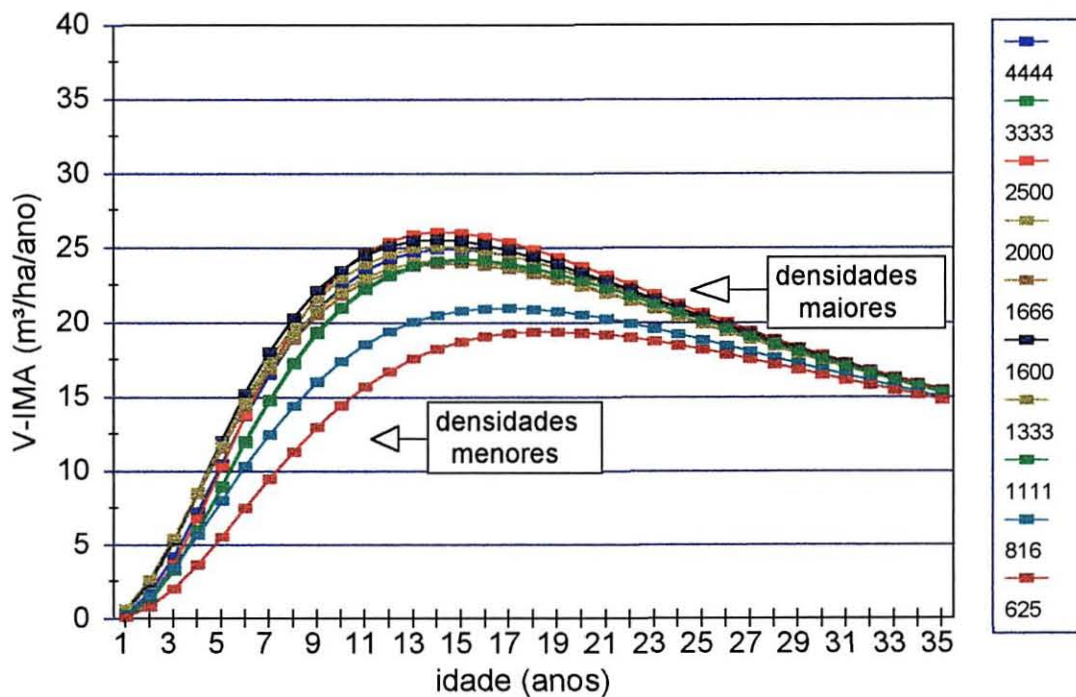


FIGURA 49- EVOLUÇÃO DO IMA PARA VOLUME TOTAL (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .



#### 4.4.1 APLICAÇÃO DA HIPÓTESE DE MARSH

Através das equações de Chapman-Richards ajustadas para as diferentes variáveis, pode-se determinar a idade em que o máximo IMA e ICA ocorrem.

Então foi possível simular diferentes alternativas de manejo, definindo a oportunidade e intensidade dos desbastes através desses incrementos e utilizando-se as curvas de produção.

Nos Quadros 8 e 9, assim como na Figura 50, mostram como exemplo, o enunciado da hipótese de Marsh (MARSH; BURGERS, 1973). Definindo-se uma estratégia de manejo hipotética, para a densidade de 4444 arv/ha e planejando-se executar os seguintes desbastes:

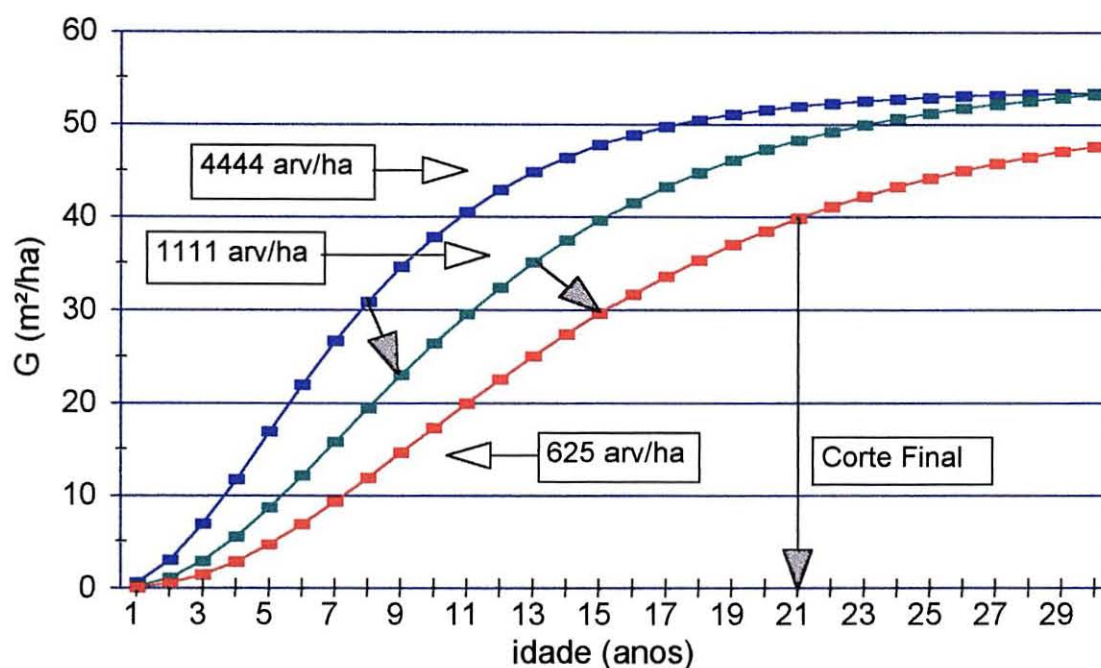
**QUADRO 8- EXEMPLO HIPÓTESE DE MARSH. DESBASTES EM TERMOS DE ÁREA BASAL (G).**

Desbaste Número	G inicial (m <sup>2</sup> /ha)	G residual (m <sup>2</sup> /ha)	Nº inicial árvores	Nº final árvores
			4444	
1	31	23		1111
2	35	30		625
Corte Final	40	---		-----

**QUADRO 9- EXEMPLO HIPÓTESE DE MARSH. IDADES APARENTE E REAL NO MOMENTO DE FAZER OS DESBASTES.**

Desbaste Número	Idade aparente	Intervalo	Idade real no momento do corte
1	0 - 8	8	8
2	9 - 13	4	12
CF	15 - 21	6	18

FIGURA 50- EXEMPLO HIPÓTESE DE MARSH. GRÁFICO EM TERMOS DE ÁREA BASAL.



No Quadro 8 observam-se os desbastes hipotéticos a serem realizados, onde partindo-se de uma densidade de 4444 arv/ha, faz-se um primeiro desbaste passando para 1111 arv/ha e logo para um segundo desbaste passando para 625 arv/ha, com as respectivas áreas basais iniciais e residuais para cada densidade e idade.

No Quadro 9 e Figura 50 observam-se as idades em que ditas áreas basais se produzem, ou seja, a idade em que é feito o desbaste e a idade em que se obtém o G residual na densidade correspondente após o desbaste.

No presente exemplo têm-se que o primeiro desbaste partindo da densidade de 4444 arv/ha para 1111 arv/ha é feito na

idade de 8 anos, então a idade aparente vai de 0 até 8 anos e o intervalo é 8 (idade real no momento do corte é 8 anos). O G residual que fica após o primeiro desbaste ( $23 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) encontra-se na curva de 1111 arv/ha na idade de 9 anos, ou seja, na curva dito valor se encontra um ano depois.

A partir daí, deixa-se crescer até os 13 anos (segundo a curva de 1111 arv/ha), onde é feito o segundo desbaste passando de 1111 para 625 arv/ha, ou seja, passando de um  $G = 35$  para um  $G = 30 \text{ m}^2/\text{ha}$ , só que este valor de  $G = 30 \text{ m}^2/\text{ha}$  se encontra na curva de 625 arv/ha na idade de 15 anos (não na idade de 13), ou seja, na curva dito valor se encontra dois anos depois, então a idade aparente vai de 9 até 13 anos e o intervalo é 4, que somados aos 8 anos do primeiro desbaste dá a idade real no momento de fazer o segundo desbaste, ou seja, 12 anos.

Novamente a partir dessa idade deixa-se crescer até os 21 anos (segundo a curva de 625 arv/ha), idade na qual se faz o corte raso; então a idade aparente vai de 15 até 21 anos e o intervalo é 6, que somados aos 12 anos do segundo desbaste dá a idade real no momento de fazer o corte raso, ou seja, 18 anos.

A hipótese de Marsh diz que a produção em povoamentos desbastados é equivalente à de povoamentos não desbastados, mas que essa equivalência não se dá na mesma idade e sim em uma idade mais jovem no povoamento desbastado. No exemplo, a área basal cortada nos desbastes ( $8$  e  $5 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) e no corte final ( $40 \text{ m}^2/\text{ha}$ )

resulta 53 m<sup>2</sup>/ha aos 18 anos. No povoamento não desbastado igual produção (53 m<sup>2</sup>/ha) ocorre na idade de 21 anos.

Deve-se ressaltar que os desbastes (oportunidade e intensidade) não são reais, eles foram assim apresentados buscando-se interpretar a hipótese de Marsh. Segundo MARSH; BÜRGERS (1973), a hipótese deve ser ajustada para outras espécies, já que ele comprovou a hipótese para várias espécies implantadas do gênero *Pinus* e para *Eucalyptus grandis*, na África do Sul.

#### 4.4.2 APLICAÇÃO DAS CURVAS DE PRODUÇÃO PARA SIMULAR REGIMES SILVICULTURAIS.

Segundo AHRENS (1992), uma vez que exista a intenção de se estabelecer um povoamento florestal com uma determinada espécie, sempre existirá a necessidade de se conceber (praticar) um regime silvicultural apropriado. Este regime silvicultural, por vezes também denominado regime de manejo, deverá incluir pelo menos os seguintes componentes:

- a) um espaçamento inicial;
- b) um regime de desbaste;
- c) um regime de poda (necessário somente se houver interesse na produção de madeira livre de nós);
- d) uma idade para rotação.

Sabe-se que depois que as mudas tenham sido plantadas em definitivo no campo, os desbastes e o corte raso são a forma mais eficiente que um proprietário florestal pode dispor para influenciar tanto na qualidade como na quantidade da produção de madeira. Evidentemente, a concepção e a implementação de um regime de poda adequado poderão contribuir substancialmente para a produção de madeira de elevado valor comercial, i.e. madeira livre de nós, se este for um dos objetivos para a produção.

Um programa ou regime de desbastes é, portanto, uma série de intervenções na vida de um povoamento florestal objetivando a redução da sua densidade (avaliada em termos de área basal, ou número de árvores por unidade de área) com o propósito de maximizar o valor líquido da madeira removida, durante toda a rotação. Dentre os fatores que determinam o valor da madeira estão a quantidade, a qualidade e as dimensões das toras, assim como os custos da sua exploração e aqueles do seu posterior processamento.

Um esquema simples de manejo seria definir o objetivo da produção da seguinte maneira:

a) maximizar a obtenção de madeira, utilizando o critério de rotação da máxima produção física anual, que é a idade em que ocorre o máximo valor para o crescimento médio anual (IMA) em volume de madeira por unidade de área.

b) maximizar a obtenção de madeira de grandes dimensões, ainda que em detrimento do volume total (sub-ocupação do sítio).



Neste caso o critério utilizado seria a rotação técnica, que é o tempo necessário para a produção de toras com determinadas dimensões especificadas (máximas ou mínimas), objetivando satisfazer as necessidades de uma utilização específica. Neste caso o critério seria fazer os desbastes próximos às idades em que ocorre o máximo ICA. Assim, uma vez obtido o número de árvores final desejado, o objetivo será que o máximo de volume se acumule sobre estas árvores; então a rotação final estará definida como a idade em que o máximo IMA é obtido.

c) misto, critério similar ao caso anterior, com a diferença de que os desbastes são realizados no intervalo de idades em que o máximo ICA e o máximo IMA em volume ou em área basal por hectare são obtidos e o corte final na idade que culmina o máximo IMA.

A eleição de uma determinada densidade de plantação, assim como a oportunidade e intensidade dos desbastes, depende de um certo número de variáveis, tais como: exigências biológicas da espécie, características do sítio, destino do produto, distância a os mercados e cultivos consorciados.

Segundo MARSH; BURGERS (1973), quando se planifica a produção de plantações homogêneas, é essencial conhecer a quantidade, qualidade e tamanho dos produtos que podem ser influenciados pelos desbastes.

No presente trabalho, constatou-se através da análise de variância a não existência de diferenças significativas em volume total ( $m^3/ha$ ) entre as idades de 11 até 18 anos nas

densidades de 1111 até 4444 árvores por hectare. Nesta grande amplitude de densidades, o volume é estatisticamente equivalente, e a densidade inicial de plantação estará definida para o objetivo de produção, já que para 18 anos a árvore média na densidade de 1111 árvores por hectare têm 81% mais volume em relação à árvore média da densidade de 4444 árvores por hectare.

A partir dos 24 anos não foram verificadas diferenças significativas no volume total entre todas as densidades, ou seja, entre 4444 até 625 árvores por hectare (a árvore média na densidade de 625 e 1111 árvores por hectare têm respectivamente 79 e 36% mais volume, em relação a árvore média da densidade de 4444 árvores por hectare).

Por outro lado, os custos iniciais de implantação e manutenção da floresta nos primeiros anos, muda de acordo com a densidade inicial de plantação, tendo em conta não somente o custo da planta mas também o custo de manutenção (ervas daninhas, formigas e outros). Neste sentido, foi observado para os primeiros anos a densidade de 1600 árvores por hectare, como a densidade na qual as árvores ficam suficientemente distanciadas de maneira que a competição entre as mesmas não afeta a mortalidade e por outro lado as árvores ficam suficientemente próximos de maneira que restringem o efeito da concorrência com as ervas daninhas sobre a mortalidade.

Em relação a área basal, pode-se observar, que ainda aos 24 anos as duas menores densidade de plantação sub-ocupam o

sítio, resultado este coincidente com os obtidos por MACHADO (1978).

Com base nestas considerações, pode-se como exemplo, definir três alternativas de manejo, definindo as estratégias de desbaste para uma densidade em área basal ou volume que ocorra na mesma idade em que é realizado o desbaste.

#### 4.4.2.1 Produção de Madeira

Partindo-se da densidade de 4444 arv/ha e fazendo o corte final onde se produz o máximo IMA em volume (Tabela 28, Anexo 2), obtem-se os valores que estão no Quadro 10, e a apresentação gráfica nas Figuras 51 e 52.

#### QUADRO 10- MAXIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO EM VOLUME (m<sup>3</sup>/ha)

Densidade plantação (arv/ha)	Idade (anos)	Desbaste número	V (m <sup>3</sup> /ha) anterior desbaste	V (m <sup>3</sup> /ha) posterior desbaste	N (arv/ha) posterior desbaste
4444	14	corte final	352,40	-----	-----

Da Tabela 17 (Anexo 2), extrai-se os seguintes valores das demais variáveis, para esta idade:

densidade = 4444 arv/ha                      dg = 16,96 cm

Idade = 14 anos                                       $\bar{h}$  = 13,81 m

G total = 46,48 m<sup>2</sup>/ha                      h<sub>dom</sub> = 16,72 m

$\bar{d}$  = 16,03 cm                                      N = 2228 arv/ha

FIGURA 51- PROGNOSE DO VOLUME TOTAL PARA A DENSIDADE DE 4444 ARV/HA (ONDE OCORRE O MÁXIMO IMA EM VOLUME) .

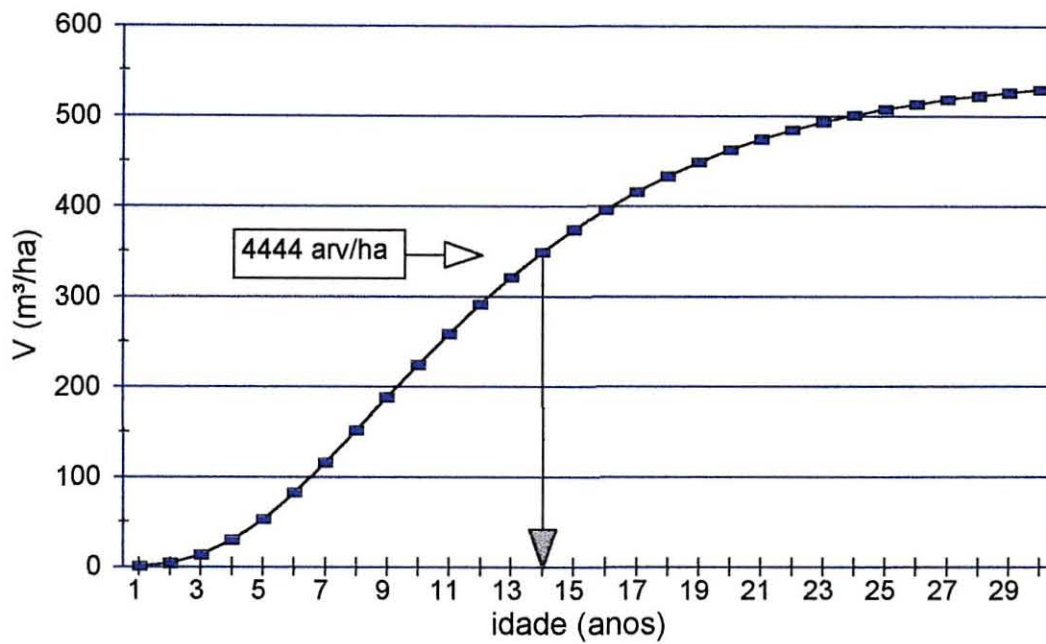
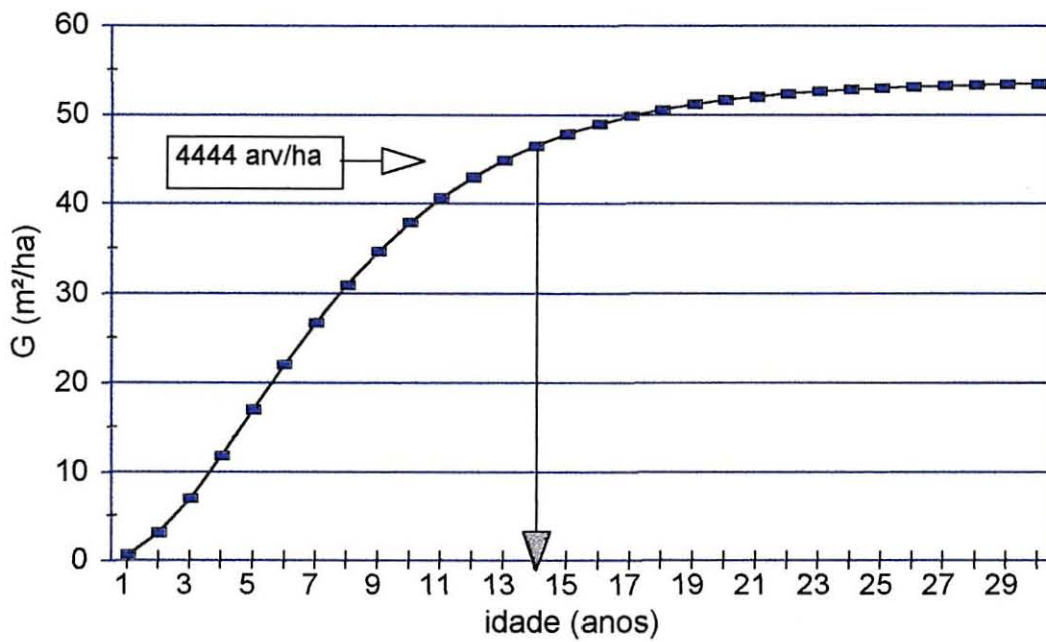


FIGURA 52- PROGNOSE DA ÁREA BASAL PARA A DENSIDADE DE 4444 ARV/HA (ONDE O MÁXIMO IMA EM VOLUME OCORRE) .



## 4.4.2.2 Produção de Madeira Grossa

Partindo-se da densidade de 1600 arv/ha e fazendo um desbaste na idade de 9 anos (máximo ICA em volume), Tabela 28, Anexo 2, passando para a densidade de 625 arv/ha e corte final na idade de 18 anos (máximo IMA em volume), obtêm-se os resultados que constam no Quadro 11, e a apresentação gráfica nas Figuras 53 e 54.

QUADRO 11- MAXIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MADEIRA GROSSA ( $m^3/ha$ ).

Densidade plantação (arv/ha)	Idade (anos)	Desbaste número	V ( $m^3/ha$ ) anterior desbaste	V ( $m^3/ha$ ) posterior desbaste	N (arv/ha) posterior desbaste
1600	9	1	200,68	116,66	625
	18	C.F.	350,62	-----	---

FIGURA 53- PROGNOSE DA PRODUÇÃO EM VOLUME PARA AS DENSIDADES DE 1600 E 625 ARV/HA.

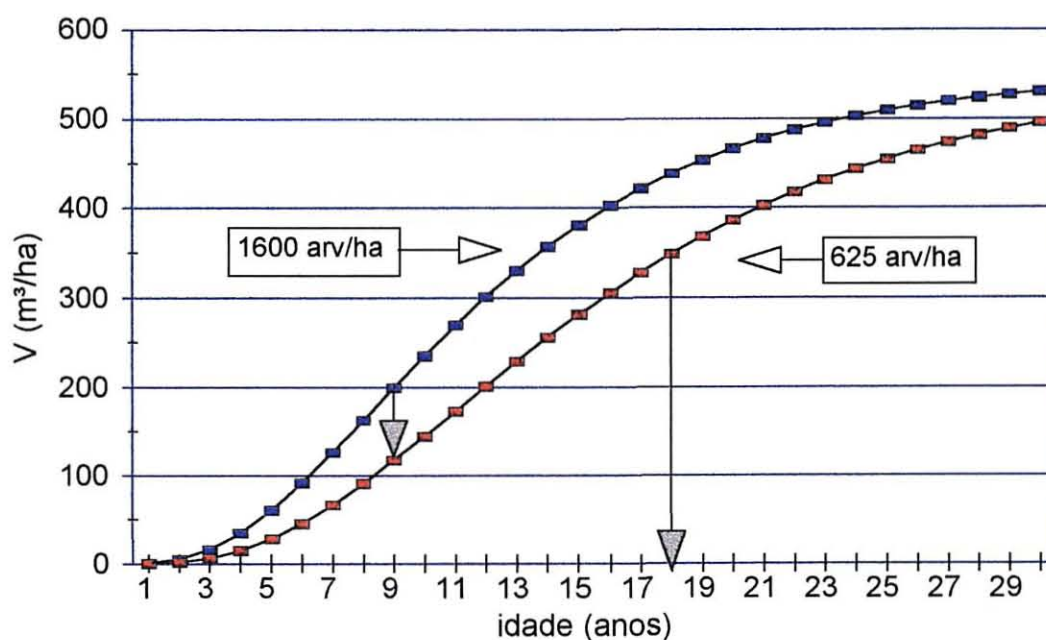
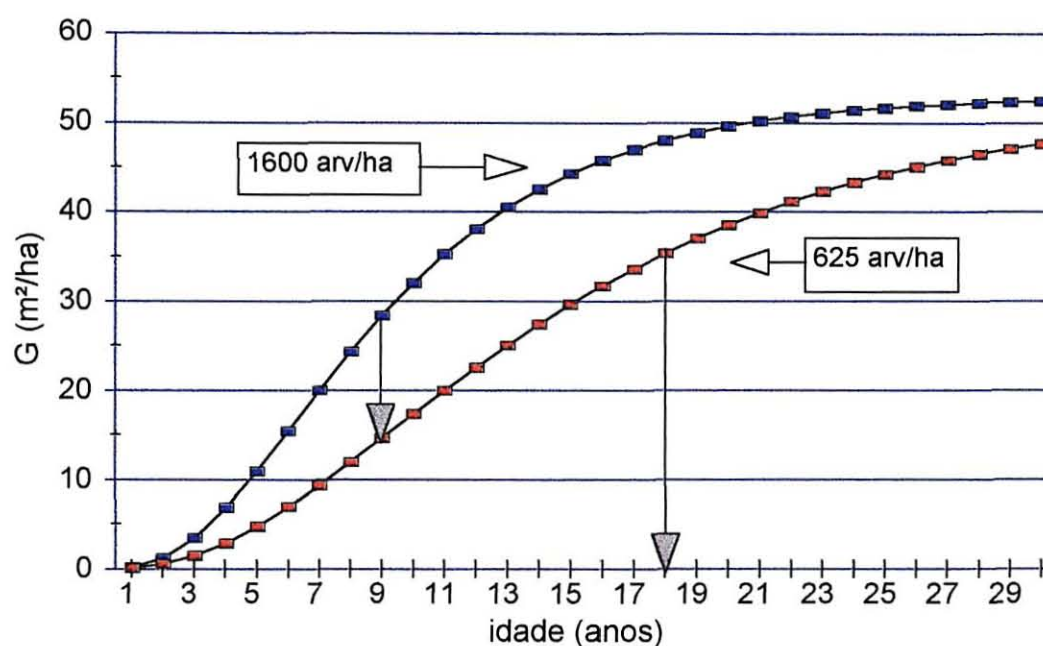


FIGURA 54- PROGNÓSE DA PRODUÇÃO EM ÁREA BASAL PARA AS DENSIDADES DE 1600 E 625 ARV/HA.



Das Tabelas 21 e 26 (Anexo 2), extrai-se os valores das demais variáveis, para estas idades:

densidade	densidade	densidade
1600 arv/ha	625 arv/ha	625 arv/ha
I = 9 anos	I = 9 anos	I = 18 anos
G = 28,36 m <sup>2</sup> /ha	G = 14,61 m <sup>2</sup> /ha	G = 35,39 m <sup>2</sup> /ha
$\bar{d}$ = 14,90 cm	$\bar{d}$ = 18,17 cm	$\bar{d}$ = 28,84 cm
dg = 15,43 cm	dg = 18,48 cm	dg = 29,29 cm
$\bar{h}$ = 10,56 m	$\bar{h}$ = 10,69 m	$\bar{h}$ = 17,44 m
h <sub>dom</sub> = 12,20 m	h <sub>dom</sub> = 11,90 m	h <sub>dom</sub> = 18,66 m
N = 1474 arv/ha	N = 539 arv/ha	N = 528 arv/ha
$\bar{v}$ = 0,136 m <sup>3</sup>	$\bar{v}$ = 0,216 m <sup>3</sup>	$\bar{v}$ = 0,664 m <sup>3</sup>

## 4.4.2.3 Misto

Partindo-se da densidade de 2000 arv/ha e fazendo um primeiro desbaste na idade de 8 anos (entre máximo ICA e máximo IMA em área basal), Tabela 27, Anexo 2, passando para a densidade de 1111 arv/ha e fazendo um segundo desbaste na idade de 12 anos (entre máximo ICA e máximo IMA em área basal) baixando para a densidade de 625 arv/ha e corte final aos 16 anos (máximo IMA em área basal), obtem-se os resultados que constam no Quadro 12, Figuras 55 e 56.

**QUADRO 12- PRODUÇÃO MISTA (m<sup>2</sup>/ha).**

Densidade plantação (arv/ha)	Idade (anos)	Desbaste número	G (m <sup>2</sup> /ha) anterior desbaste	G (m <sup>2</sup> /ha) posterior desbaste	N (arv/ha) posterior desbaste
2000	8	1	25,12	19,45	1111
	12	2	32,46	22,55	625
	16	C.F.	31,68	-----	---

Nas Tabelas 20, 24 e 26 (Anexo 2), é possível observar os valores das demais variáveis, para estas idades.

FIGURA 55- PROGNÓSE DA PRODUÇÃO EM ÁREA BASAL PARA AS DENSIDADES DE 2000, 1111 E 625 ARV/HA.

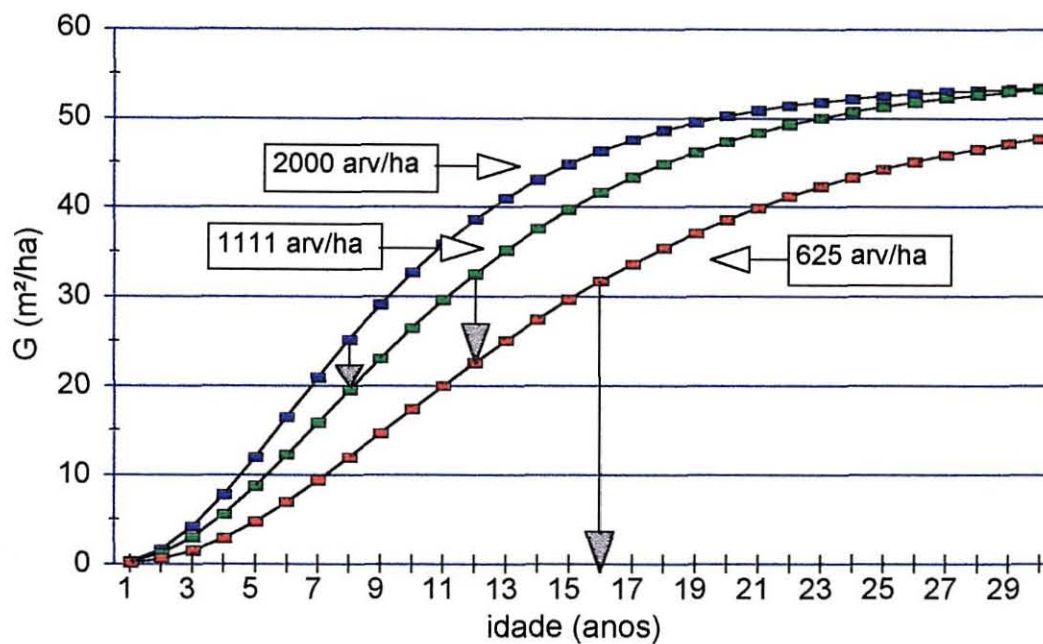
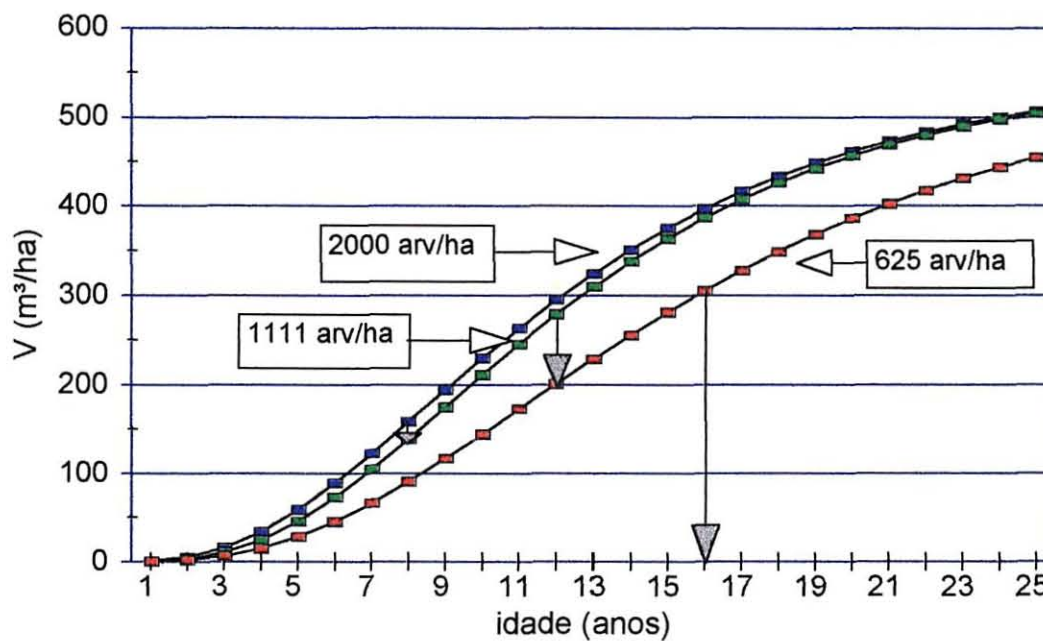


FIGURA 56- PROGNÓSE DA PRODUÇÃO EM VOLUME PARA AS DENSIDADES DE 2000, 1111 E 625 ARV/HA.



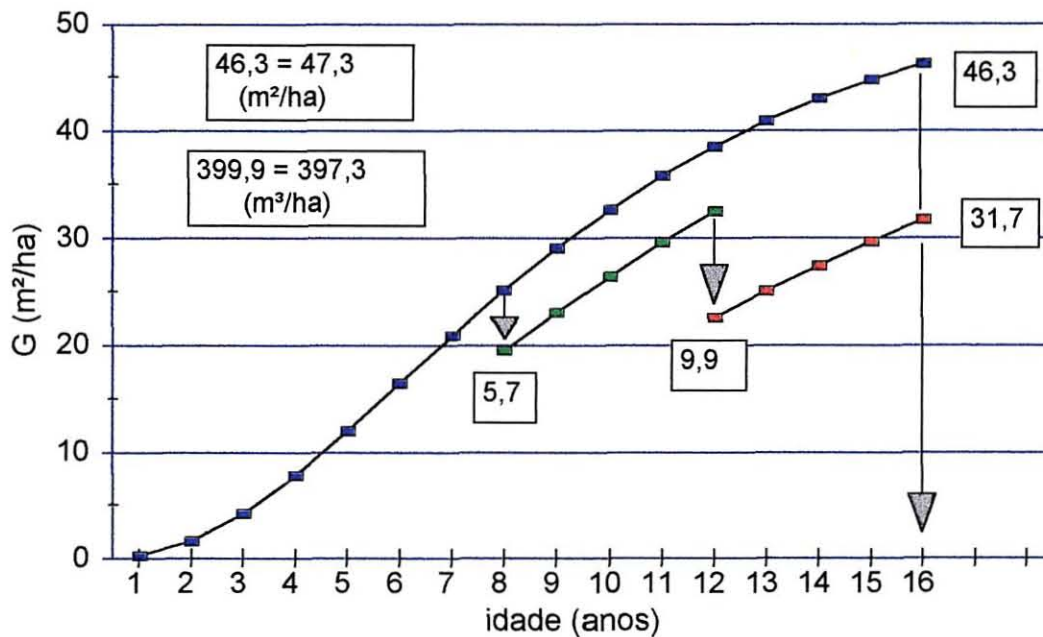


#### 4.4.3 APLICAÇÃO DA TEORIA DE MÖLLER

Nas Figuras 53 a 56, é possível observar a verificação da Teoria de Möller, citado por AHRENS (1992), que em um povoamento florestal não desbastado, a produção bruta por unidade de área, a longo prazo, é aproximadamente igual à produção total que seria obtida pelo valor acumulado das produções intermediárias (desbastes) acrescida da produção obtida no corte final, se o mesmo tivesse sido submetido a um regime de desbastes.

Como exemplo, analisando a alternativa de manejo Mista, observa-se o seguinte, conforme Tabelas 27 e 28, Anexo 2 e Figura 57:

FIGURA 57- TEORIA DE MÖLLER PARA AS DENSIDADES DE 2000, 1111 E 625 ARV/HA.



Manejo sem desbaste:

densidade 2000 arv/ha, o volume e área basal obtida na idade de 16 anos seria:

$$V_{16} = \underline{399,87 \text{ m}^3/\text{ha}}$$

$$G_{16} = \underline{46,25 \text{ m}^2/\text{ha}}$$

Manejo com desbastes:

densidade final 625 arv/ha, na idade de 16 anos,

$$V_{16} = 307,38 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$G_{16} = 31,68 \text{ m}^2/\text{ha}$$

$$\text{desbastes: } V_{8,12} = 89,94 \text{ m}^3/\text{ha}, \quad G_{8,12} = 15,58 \text{ m}^2/\text{ha}$$

Total:

$$V_{8,12,16} = \underline{397,32 \text{ m}^3/\text{ha}}$$

$$G_{8,12,16} = \underline{47,26 \text{ m}^2/\text{ha}}$$

**ou seja:**

$$V_{16} = \underline{399,87 \text{ m}^3/\text{ha}} \cong V_{8,12,16} = \underline{397,32 \text{ m}^3/\text{ha}}$$

$$G_{16} = \underline{46,25 \text{ m}^2/\text{ha}} \cong G_{8,12,16} = \underline{47,26 \text{ m}^2/\text{ha}}$$

Para outras alternativas de manejo, inclusive com maior número de desbastes, as diferenças encontradas na aplicação da teoria de Möller, não superam 5% para a amplitude de densidades consideradas e para o intervalo de idades próximos onde se produzem o máximo ICA e máximo IMA, em área basal ou volume, já que passando este limite (máximo IMA), começa a mortalidade por concorrência.

## 5 CONCLUSÕES

O modelo hipsométrico de Curtis ajustou-se para toda a amplitude de diâmetros e idades com Coeficientes de Determinação ajustados ( $R^2_{aj}$ ) que variaram de 0,951 a 0,976, erros padrões percentuais da estimativa ( $S_{yx}\%$ ) de 6,13 a 7,40%, considerados baixos, e distribuição uniforme dos resíduos.

A densidade de plantação afetou significativamente o crescimento do diâmetro médio aritmético, diâmetro médio quadrático, área transversal média, volume médio e altura média. Para estas variáveis, observou-se uma relação direta com a idade e inversa com a densidade, ou seja, quanto maior a idade e menor a densidade maiores são os valores médios das mesmas.

Constatou-se que, para as médias de todas as variáveis estudadas, à exceção da altura média para densidades de 625 até 1333 arv/ha, a medida que transcorreu o tempo entre os 6 e 18 anos, as duas menores densidades de plantação (625 e 816 arv/ha), apresentaram diferenças significativas em relação a um número progressivamente maior de densidades, contadas a partir de 4444 arv/ha. Aos 22 e 24 anos observou-se um processo inverso, ou seja, um número cada vez maior de densidades a partir de 625 arv/ha não apresentaram diferenças significativas entre si.

Para cada densidade de plantio verificou-se a existência de uma idade a partir da qual, a concorrência afeta

significativamente o crescimento das variáveis estudadas, sendo esta idade inversamente proporcional à densidade.

Se o objetivo for não afetar o crescimento destas variáveis (exceto para altura média) em relação aos valores correspondentes às duas menores densidades de plantio, equivalentes a parcelas com árvores de crescimento livre, o primeiro desbaste deveria ser realizado antes de 6 anos para a densidade de 3333 e 4444 arv/ha, de 7 anos para 2000 e 2500 arv/ha, de 8 anos para 1600 e 1666 arv/ha, de 9 anos para 1333 arv/ha e 11 anos para 1111 arv/ha.

Como esperado, constatou-se ausência de efeitos significativos da densidade de plantio sobre a altura dominante, em todo o período estudado.

A maior concorrência nas maiores densidades trouxe como consequência maior mortalidade, principalmente nas árvores suprimidas e dominadas. Isto se traduz em um aumento da média das variáveis analisadas, a qual é diretamente proporcional à idade. Desta maneira, o número de médias de tratamentos que não se diferenciam entre si foi cada vez maior. Com essa tendência observada, é de se esperar que num período curto de tempo não existam diferenças significativas entre as médias de todos os tratamentos.

A densidade de plantação manifestou efeitos significativos sobre o número de árvores, para todas as idades de medição. Observou-se que, para todas as idades, a maior quantidade de árvores vivas resultou associada à maior densidade de plantação,

e que as diferenças significativas diminuíram através do tempo. Este último associa-se a taxas de mortalidade relativamente maiores nas densidades mais altas, como consequência da maior concorrência ocorrida nestas condições.

Verificou-se um efeito não significativo da densidade de plantio sobre a mortalidade de 6 até 8 anos, assim como efeitos significativos no período compreendido entre 9 até 24 anos. Durante os primeiros anos a mortalidade pareceu depender principalmente de causas aleatórias (ataque de pragas, enfermidades, concorrência com ervas daninhas, fatores climáticas, e outras). A partir dos 9 anos, no entanto, a concorrência entre árvores da população passou a ser o fator determinante da mortalidade, a qual, por sua vez, incrementou-se com o transcurso do tempo e com a densidade de plantio.

A densidade de plantio influenciou de maneira significativa o crescimento da área basal, para todas as idades de medição, manifestando uma relação direta. No período de 6 até 12 anos, as médias das maiores densidades iniciais, superaram significativamente às correspondentes a um número praticamente constante de tratamentos de menor densidade. Entre 12 até 24 anos observou-se uma tendência à diminuição do número de tratamentos com diferenças significativas. Isto está associado a existência de uma amplitude de densidades (1111 até 4444 arv/ha) que atingiram o nível máximo de área basal que o sítio estudado é capaz de suportar, aproximadamente  $53 \text{ m}^2/\text{ha}$ .

A densidade de plantio mostrou um efeito significativo sobre o volume total. Até os 18 anos, as duas menores densidades (625 e 816 arv/ha), foram superadas pelas demais densidades. Aos 24 anos, não se observaram diferenças significativas entre as médias de todas as densidades. A amplitude de densidades estatisticamente equivalentes dos volumes, entre densidades de plantio tão extremas, indicam que a medida que aumenta a densidade, têm-se um mesmo volume distribuído em um maior número de árvores de volume médio proporcionalmente menor. No período compreendido entre 6 até 18 anos, os valores máximos de volume, encontram-se nas densidades médias. A partir desta idade até os 24 anos estes máximos encontram-se aleatoriamente na amplitude de densidades de 1111 até 4444 arv/ha.

As equações de Chapman-Richards e Prodan, testadas para modelar o crescimento das variáveis, descreveram adequadamente e eficientemente a evolução dessas variáveis dentro do intervalo de idades analisadas (6 até 24 anos) e para todas as densidades de plantio. Todavia, o modelo de Chapman-Richards estima de maneira mais realística os valores assintóticos das variáveis analisadas.

O modelo de Chapman-Richards estimou para todas as densidades um valor assintótico final em área basal e volume que o sítio é capaz de suportar, variando entre 50 até 55 m<sup>2</sup>/ha para o primeiro e entre 514 até 570 m<sup>3</sup>/ha para o segundo,

enquanto o modelo de Prodan estimou limites de 47 até 62 m<sup>2</sup>/ha e de 347 até 509 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente.

Embora os modelos de Prodan e Chapman-Richards tenham tido performance semelhantes, o modelo de Prodan têm a vantagem de ser linearizável, enquanto que o modelo de Chapman-Richards só pode ser ajustado por procedimentos não lineares, que podem levar a estimar coeficientes ilógicos não se conhecendo os prováveis valores dos coeficientes para iniciar as iterações e principalmente quando os dados de crescimento ainda não atingiram o valor assintótico da variável em estudo.

Obteve-se resultados satisfatórios na modelagem da sobrevivência, com o modelo de Silva e o modelo de Chapman-Richards modificado em função da idade e número de árvores. O modelo de Silva foi mais eficiente para descrever a evolução desta variável para todas as densidades de plantação.

Através da aplicação das curvas de produção para simular regimes silviculturais, foi possível confirmar a Teoria de Möller para *Araucaria angustifolia*. Para outras alternativas de manejo, inclusive com maior número de desbastes, as diferenças encontradas na aplicação da teoria de Möller, não superaram 5% para as densidades estudadas, e para o intervalo de idades próximos onde se produzem o máximo ICA e máximo IMA, em área basal ou volume.

6 ANEXOS



6.1 ANEXO 1

QUADRO 13- DIÂMETRO MÉDIO ARITMÉTICO (cm) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.

Den. (arv/ha)	Idade (anos)								
	6	7	8	9	11	12	18	22	24
4444	8,336	8,85	10,107	11,879	12,713	13,311	16,242	19,53	22,32
	8,87	8,863	10,176	11,997	13,35	13,789	18,831	21,42	23,37
	8,415	8,847	9,744	12,021	13,031	13,906	19,154	24	26,89
<b>média</b>	<b>8,54</b>	<b>8,853</b>	<b>10,009</b>	<b>11,966</b>	<b>13,031</b>	<b>13,669</b>	<b>18,076</b>	<b>21,65</b>	<b>24,19</b>
3333	9,976	10,32	11,329	12,942	14,057	14,859	18,949	21,58	24,71
	8,878	9,06	10,653	12,459	13,558	14,397	19,67	24,42	26,25
	7,999	9,256	10,317	12,475	13,719	14,563	18,532	20,48	22,77
<b>média</b>	<b>8,951</b>	<b>9,545</b>	<b>10,766</b>	<b>12,625</b>	<b>13,778</b>	<b>14,606</b>	<b>19,05</b>	<b>22,16</b>	<b>24,58</b>
2500	10,167	10,868	12,24	13,988	15,053	15,769	19,294	22,81	25,99
	11,075	11,418	12,965	13,995	15,309	15,825	19,368	22,85	25,17
	9,385	10,587	11,903	13,38	15,003	15,96	20,466	24,18	26,7
<b>média</b>	<b>10,209</b>	<b>10,958</b>	<b>12,369</b>	<b>13,788</b>	<b>15,122</b>	<b>15,851</b>	<b>19,709</b>	<b>23,28</b>	<b>25,95</b>
2000	11,45	11,913	13,474	14,743	15,993	16,658	20,224	23,33	26,11
	11,521	11,724	13,44	14,913	15,955	16,54	20,865	22,97	25,33
	9,322	10,808	12,13	14,838	15,935	16,71	20,477	24,32	26,4
<b>média</b>	<b>10,764</b>	<b>11,482</b>	<b>13,015</b>	<b>14,831</b>	<b>15,961</b>	<b>16,636</b>	<b>20,522</b>	<b>23,54</b>	<b>25,95</b>
1600	12,278	12,705	14,337	15,812	17,057	17,663	21,556	24,25	25,94
	10,87	11,511	13,258	15,211	16,682	17,918	21,789	25,56	28,31
	10,998	12,451	13,777	15,519	17,02	17,819	21,477	24,05	25,87
<b>média</b>	<b>11,382</b>	<b>12,222</b>	<b>13,791</b>	<b>15,514</b>	<b>16,92</b>	<b>17,8</b>	<b>21,607</b>	<b>24,62</b>	<b>26,71</b>
1666	11,83	12,279	13,962	15,658	16,786	17,584	21,458	24,19	25,69
	12,094	12,652	14,171	15,693	16,866	17,443	21,958	24,36	25,74
	9,709	10,793	12,202	14,641	16,259	16,954	21,44	26,7	28,25
<b>média</b>	<b>11,211</b>	<b>11,908</b>	<b>13,445</b>	<b>15,331</b>	<b>16,637</b>	<b>17,327</b>	<b>21,619</b>	<b>25,08</b>	<b>26,56</b>
1333	12,065	12,734	15,313	17,113	18,718	19,747	23,541	25,64	28,57
	12,483	13,305	15,135	16,416	17,805	18,429	21,491	22,94	26,59
	11,471	13,135	14,489	16,168	17,864	18,767	22,131	25,79	28,16
<b>média</b>	<b>12,006</b>	<b>13,058</b>	<b>14,979</b>	<b>16,566</b>	<b>18,129</b>	<b>18,981</b>	<b>22,388</b>	<b>24,79</b>	<b>27,77</b>
1111	12,768	14,033	15,532	17,803	19,546	20,476	23,892	27,38	29,51
	10,876	12,487	14,626	16,697	18,503	19,166	23,205	26,46	27,77
	11,832	13,521	15,085	17,093	19,069	19,744	23,625	26,99	28,34
<b>média</b>	<b>11,825</b>	<b>13,347</b>	<b>15,081</b>	<b>17,198</b>	<b>19,039</b>	<b>19,795</b>	<b>23,574</b>	<b>26,94</b>	<b>28,54</b>
816	13,979	15,188	17,141	18,988	20,988	22,15	26,012	28,46	30,88
	13,207	14,43	17,343	19,003	21,693	23,107	29,481	32,04	34,26
	10,069	11,92	14,206	16,654	18,963	20,486	25,123	27,49	29,19
<b>média</b>	<b>12,418</b>	<b>13,846</b>	<b>16,23</b>	<b>18,215</b>	<b>20,548</b>	<b>21,914</b>	<b>26,872</b>	<b>29,33</b>	<b>31,44</b>
625	11,904	13,724	16,088	18,64	21,84	22,479	28,588	31,31	32,54
	14,017	15,713	17,913	20,013	21,97	23,483	28,327	30,83	32,02
	10,579	12,525	14,725	17,475	20,8	22,411	28,607	30,6	32,32
<b>média</b>	<b>12,167</b>	<b>13,987</b>	<b>16,242</b>	<b>18,709</b>	<b>21,54</b>	<b>22,791</b>	<b>28,507</b>	<b>30,91</b>	<b>32,29</b>

QUADRO 14- DIÂMETRO MÉDIO QUADRÁTICO (cm) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.

Den. (arv/ha)	Idade (anos)								
	6	7	8	9	11	12	18	22	24
4444	8,832	9,388	10,610	12,303	13,303	13,985	17,446	21,344	23,920
	9,365	9,444	10,815	12,517	14,006	14,538	19,999	22,832	24,980
	8,926	9,454	10,417	12,542	13,789	14,727	20,281	24,457	27,690
<b>média</b>	<b>9,041</b>	<b>9,429</b>	<b>10,614</b>	<b>12,454</b>	<b>13,699</b>	<b>14,417</b>	<b>19,242</b>	<b>22,878</b>	<b>25,53</b>
3333	10,307	10,722	11,759	13,348	14,593	15,418	19,669	22,424	25,550
	9,348	9,616	11,295	13,036	14,351	15,267	20,721	25,231	27,050
	8,396	9,695	10,823	12,865	14,292	15,230	19,478	21,672	24,240
<b>média</b>	<b>9,35</b>	<b>10,011</b>	<b>11,292</b>	<b>13,083</b>	<b>14,412</b>	<b>15,305</b>	<b>19,956</b>	<b>23,109</b>	<b>25,613</b>
2500	10,544	11,284	12,630	14,382	15,565	16,346	20,164	23,863	26,810
	11,348	11,745	13,345	14,363	15,746	16,302	20,109	23,635	25,920
	9,878	11,163	12,545	14,076	15,866	16,834	21,620	25,427	27,660
<b>média</b>	<b>10,59</b>	<b>11,397</b>	<b>12,84</b>	<b>14,274</b>	<b>15,726</b>	<b>16,494</b>	<b>20,631</b>	<b>24,308</b>	<b>26,797</b>
2000	11,766	12,280	13,817	15,147	16,480	17,217	20,993	24,128	26,830
	11,810	12,082	13,806	15,256	16,420	17,037	21,439	23,664	25,970
	9,978	11,467	12,890	15,370	16,565	17,367	21,512	25,224	27,290
<b>média</b>	<b>11,185</b>	<b>11,943</b>	<b>13,504</b>	<b>15,258</b>	<b>16,488</b>	<b>17,207</b>	<b>21,315</b>	<b>24,339</b>	<b>26,697</b>
1600	12,595	13,063	14,740	16,184	17,524	18,140	22,191	24,890	27,120
	11,411	12,147	14,029	15,878	17,499	18,668	22,779	26,410	29,380
	11,375	12,836	14,195	15,931	17,529	18,377	22,207	24,870	27,130
<b>média</b>	<b>11,794</b>	<b>12,682</b>	<b>14,321</b>	<b>15,998</b>	<b>17,517</b>	<b>18,395</b>	<b>22,392</b>	<b>25,39</b>	<b>27,877</b>
1666	12,251	12,733	14,458	16,107	17,351	18,147	22,180	24,890	26,970
	12,410	13,014	14,625	16,104	17,356	17,946	22,577	25,130	27,030
	10,405	11,551	13,070	15,424	17,231	18,087	22,918	27,730	29,670
<b>média</b>	<b>11,689</b>	<b>12,433</b>	<b>14,051</b>	<b>15,878</b>	<b>17,313</b>	<b>18,06</b>	<b>22,558</b>	<b>25,917</b>	<b>27,89</b>
1333	12,684	13,356	15,741	17,528	19,192	20,250	24,171	26,404	29,190
	12,747	13,585	15,467	16,750	18,226	18,886	22,266	24,035	27,570
	11,876	13,544	14,983	16,621	18,457	19,427	23,140	26,631	28,790
<b>média</b>	<b>12,436</b>	<b>13,495</b>	<b>15,397</b>	<b>16,966</b>	<b>18,625</b>	<b>19,521</b>	<b>23,192</b>	<b>25,69</b>	<b>28,517</b>
1111	13,177	14,443	16,024	18,194	20,012	21,021	24,667	28,015	30,060
	11,345	12,996	15,168	17,136	19,033	19,737	24,068	27,111	28,530
	12,264	13,982	15,592	17,554	19,648	20,355	24,474	27,606	28,940
<b>média</b>	<b>12,262</b>	<b>13,807</b>	<b>15,595</b>	<b>17,628</b>	<b>19,564</b>	<b>20,371</b>	<b>24,403</b>	<b>27,577</b>	<b>29,177</b>
816	14,254	15,458	17,445	19,358	21,421	22,561	26,745	29,038	31,380
	14,451	15,735	18,664	20,140	22,966	24,461	30,805	33,387	35,480
	10,450	12,278	14,584	17,044	19,391	20,958	25,909	28,259	29,910
<b>média</b>	<b>13,052</b>	<b>14,49</b>	<b>16,898</b>	<b>18,847</b>	<b>21,259</b>	<b>22,66</b>	<b>27,82</b>	<b>30,228</b>	<b>32,257</b>
625	12,249	14,029	16,365	18,941	22,124	22,753	28,966	31,737	33,020
	14,304	15,973	18,255	20,304	22,391	23,831	28,827	31,184	32,480
	10,833	12,781	14,972	17,770	21,135	22,763	29,193	31,329	33,060
<b>média</b>	<b>12,462</b>	<b>14,261</b>	<b>16,531</b>	<b>19,005</b>	<b>21,883</b>	<b>23,116</b>	<b>28,995</b>	<b>31,417</b>	<b>32,853</b>

QUADRO 15- ÁREA TRANSVERSAL MÉDIA (cm<sup>2</sup>) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.

Den. (arv/ha)	Idade (anos)								
	6	7	8	9	11	12	18	22	24
4444	61,26	69,21	88,41	118,87	138,98	153,62	239,05	357,82	449,60
	68,88	70,05	91,87	123,05	154,07	166,00	314,10	409,42	490,27
	62,58	70,18	85,23	123,55	149,33	170,32	323,07	469,76	601,95
<b>média</b>	<b>64,24</b>	<b>69,81</b>	<b>88,5</b>	<b>121,82</b>	<b>147,46</b>	<b>163,31</b>	<b>292,07</b>	<b>412,33</b>	<b>513,94</b>
3333	83,48	90,30	108,58	139,93	167,26	186,70	303,86	394,92	512,87
	68,63	72,62	100,20	133,44	161,74	183,07	337,20	500,00	574,89
	55,37	73,85	91,98	130,01	160,42	182,17	298,01	368,87	461,48
<b>média</b>	<b>69,16</b>	<b>78,92</b>	<b>100,25</b>	<b>134,46</b>	<b>163,14</b>	<b>183,98</b>	<b>313,02</b>	<b>421,26</b>	<b>516,41</b>
2500	87,25	100,00	125,29	162,47	190,30	209,87	319,33	447,26	564,94
	101,18	108,34	139,86	162,05	194,71	208,74	317,63	438,73	527,46
	76,64	97,85	123,62	155,63	197,71	222,56	367,08	507,77	601,22
<b>média</b>	<b>88,36</b>	<b>102,06</b>	<b>129,59</b>	<b>160,05</b>	<b>194,24</b>	<b>213,72</b>	<b>334,68</b>	<b>464,59</b>	<b>564,54</b>
2000	108,80	118,46	149,94	180,17	213,29	232,83	346,15	457,23	565,35
	109,54	114,67	149,70	182,78	211,76	227,97	361,03	439,80	529,78
	78,19	103,27	130,51	185,55	215,55	236,84	363,49	499,70	584,86
<b>média</b>	<b>98,84</b>	<b>112,13</b>	<b>143,38</b>	<b>182,83</b>	<b>213,53</b>	<b>232,55</b>	<b>356,89</b>	<b>465,58</b>	<b>560</b>
1600	124,69	134,03	170,63	205,72	241,21	258,46	386,74	486,71	577,55
	102,25	115,89	154,57	198,01	240,51	273,67	407,58	547,48	677,78
	101,71	129,44	158,23	199,33	241,31	265,21	387,32	485,86	578,13
<b>média</b>	<b>109,55</b>	<b>126,45</b>	<b>161,14</b>	<b>201,02</b>	<b>241,01</b>	<b>265,78</b>	<b>393,88</b>	<b>506,68</b>	<b>611,15</b>
1666	117,86	127,32	164,20	203,78	236,47	258,62	386,36	486,36	571,34
	120,96	132,99	167,97	203,72	236,56	252,91	400,33	496,12	573,79
	85,11	104,80	134,13	186,85	233,15	256,96	412,51	604,12	691,23
<b>média</b>	<b>107,98</b>	<b>121,7</b>	<b>155,43</b>	<b>198,12</b>	<b>235,39</b>	<b>256,16</b>	<b>399,73</b>	<b>528,87</b>	<b>612,12</b>
1333	126,28	140,07	194,57	241,34	289,25	322,07	458,84	547,56	669,48
	127,68	144,92	187,92	220,34	260,87	280,16	389,37	453,70	596,61
	110,85	144,08	176,33	216,99	267,58	296,40	420,52	557,03	650,55
<b>média</b>	<b>121,6</b>	<b>143,02</b>	<b>186,27</b>	<b>226,22</b>	<b>272,57</b>	<b>299,54</b>	<b>422,91</b>	<b>519,43</b>	<b>638,88</b>
1111	136,43	163,79	201,71	259,98	314,51	347,03	477,89	616,41	709,42
	101,18	132,63	180,72	230,65	284,52	305,91	454,95	577,27	639,14
	118,05	153,50	190,92	242,00	303,20	325,40	470,46	598,56	657,20
<b>média</b>	<b>118,55</b>	<b>149,97</b>	<b>191,12</b>	<b>244,21</b>	<b>300,74</b>	<b>326,11</b>	<b>467,77</b>	<b>597,41</b>	<b>668,59</b>
816	159,49	187,73	238,96	294,37	360,32	399,71	561,81	662,24	774,08
	163,99	194,44	273,69	318,61	414,21	469,88	745,28	875,49	989,34
	85,77	118,35	167,09	228,15	295,38	344,96	527,17	627,19	702,91
<b>média</b>	<b>136,42</b>	<b>166,84</b>	<b>226,58</b>	<b>280,38</b>	<b>356,64</b>	<b>404,85</b>	<b>611,42</b>	<b>721,64</b>	<b>822,11</b>
625	117,86	154,51	210,45	281,76	384,43	406,62	658,97	791,09	856,57
	160,61	200,34	261,71	323,76	393,85	445,98	652,65	763,78	829,15
	92,12	128,21	176,01	247,99	350,92	406,96	669,41	770,88	859,71
<b>média</b>	<b>123,53</b>	<b>161,02</b>	<b>216,06</b>	<b>284,5</b>	<b>376,4</b>	<b>419,85</b>	<b>660,34</b>	<b>775,25</b>	<b>848,48</b>

QUADRO 16- ALTURA MÉDIA (m) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.

Den. (arv/ha)	Idade (anos)								
	6	7	8	9	11	12	18	22	24
4444	6,810	7,680	8,920	10,350	11,650	12,310	15,190	17,270	18,420
	7,070	7,680	8,840	10,330	11,860	12,440	16,110	17,710	18,810
	6,920	7,690	8,650	10,340	11,670	12,450	16,260	18,700	19,720
<b>média</b>	<b>6,933</b>	<b>7,683</b>	<b>8,803</b>	<b>10,34</b>	<b>11,727</b>	<b>12,4</b>	<b>15,853</b>	<b>17,893</b>	<b>18,983</b>
3333	7,410	8,260	9,290	10,520	11,860	12,570	15,670	17,170	18,100
	6,960	7,650	8,890	10,250	11,520	12,200	15,660	17,780	18,390
	6,640	7,820	8,830	10,370	11,720	12,390	15,410	16,670	17,590
<b>média</b>	<b>7,003</b>	<b>7,91</b>	<b>9,003</b>	<b>10,38</b>	<b>11,7</b>	<b>12,387</b>	<b>15,58</b>	<b>17,207</b>	<b>18,027</b>
2500	7,260	8,220	9,410	10,640	12,000	12,660	15,620	17,410	18,580
	7,610	8,490	9,650	10,640	12,120	12,730	15,730	17,580	18,420
	6,960	8,020	9,110	10,210	11,730	12,500	15,790	17,610	18,660
<b>média</b>	<b>7,277</b>	<b>8,243</b>	<b>9,39</b>	<b>10,497</b>	<b>11,95</b>	<b>12,63</b>	<b>15,713</b>	<b>17,533</b>	<b>18,553</b>
2000	7,620	8,520	9,770	10,800	12,250	12,900	16,060	17,800	18,810
	7,590	8,480	9,730	10,870	12,240	12,880	16,240	17,740	18,650
	6,690	7,920	8,990	10,740	12,130	12,830	15,870	18,030	18,810
<b>média</b>	<b>7,3</b>	<b>8,307</b>	<b>9,497</b>	<b>10,803</b>	<b>12,207</b>	<b>12,87</b>	<b>16,057</b>	<b>17,857</b>	<b>18,757</b>
1600	7,800	8,710	9,790	10,870	12,280	12,940	16,160	17,870	18,720
	7,260	8,110	9,180	10,520	11,950	13,200	16,030	18,110	19,320
	7,570	8,710	9,770	10,850	12,350	13,730	16,080	17,740	18,670
<b>média</b>	<b>7,543</b>	<b>8,51</b>	<b>9,58</b>	<b>10,747</b>	<b>12,193</b>	<b>13,29</b>	<b>16,09</b>	<b>17,907</b>	<b>18,903</b>
1666	7,660	8,640	9,860	11,020	12,430	13,150	16,160	17,710	18,380
	7,750	8,780	9,920	11,070	12,520	13,180	16,340	17,720	18,390
	6,890	7,970	9,100	10,620	12,110	12,690	15,730	18,060	18,800
<b>média</b>	<b>7,433</b>	<b>8,463</b>	<b>9,627</b>	<b>10,903</b>	<b>12,353</b>	<b>13,007</b>	<b>16,077</b>	<b>17,83</b>	<b>18,523</b>
1333	7,400	8,420	10,120	11,350	13,040	13,810	17,300	18,500	19,490
	7,750	8,870	10,130	11,230	12,820	13,500	16,500	17,730	18,960
	7,440	8,750	9,870	11,090	12,800	13,540	16,460	18,460	19,430
<b>média</b>	<b>7,53</b>	<b>8,68</b>	<b>10,04</b>	<b>11,223</b>	<b>12,887</b>	<b>13,617</b>	<b>16,753</b>	<b>18,23</b>	<b>19,293</b>
1111	7,510	8,730	9,880	11,260	12,960	13,700	16,930	18,740	19,540
	7,070	8,380	9,660	10,990	12,680	13,390	16,700	18,520	19,090
	7,320	8,600	9,790	11,070	12,780	13,480	16,700	18,670	19,280
<b>média</b>	<b>7,3</b>	<b>8,57</b>	<b>9,777</b>	<b>11,107</b>	<b>12,807</b>	<b>13,523</b>	<b>16,777</b>	<b>18,643</b>	<b>19,303</b>
816	7,810	8,880	10,090	11,170	12,820	13,610	16,570	18,250	19,080
	7,090	8,110	9,620	10,850	12,640	13,440	17,160	18,710	19,490
	6,570	7,820	9,180	10,540	12,270	13,160	16,340	17,930	18,610
<b>média</b>	<b>7,157</b>	<b>8,27</b>	<b>9,63</b>	<b>10,853</b>	<b>12,577</b>	<b>13,403</b>	<b>16,69</b>	<b>18,297</b>	<b>19,06</b>
625	6,960	8,160	9,510	10,820	12,860	13,570	17,390	19,060	19,630
	7,430	8,650	9,890	11,120	12,790	13,730	17,220	18,980	19,510
	6,670	7,880	9,180	10,560	12,610	13,530	17,330	18,810	19,420
<b>média</b>	<b>7,02</b>	<b>8,23</b>	<b>9,527</b>	<b>10,833</b>	<b>12,753</b>	<b>13,61</b>	<b>17,313</b>	<b>18,95</b>	<b>19,52</b>

QUADRO 17- ALTURA DOMINANTE MÉDIA (m) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.

Den. (arv/ha)	Idade (anos)								
	6	7	8	9	11	12	18	22	24
4444	8,420	9,770	11,170	12,380	14,350	15,290	18,630	20,410	21,110
	8,570	9,800	11,200	12,440	14,400	15,280	18,770	20,460	21,100
	8,560	9,880	11,150	12,450	14,460	15,320	18,640	20,370	20,990
<b>média</b>	<b>8,517</b>	<b>9,817</b>	<b>11,173</b>	<b>12,423</b>	<b>14,403</b>	<b>15,297</b>	<b>18,68</b>	<b>20,413</b>	<b>21,067</b>
3333	8,700	9,960	11,100	12,330	14,030	14,770	18,390	19,920	20,580
	8,660	9,870	11,210	12,290	14,070	14,780	18,420	19,860	20,510
	8,390	9,780	11,010	12,140	13,970	14,770	18,330	19,770	20,410
<b>média</b>	<b>8,583</b>	<b>9,87</b>	<b>11,107</b>	<b>12,253</b>	<b>14,023</b>	<b>14,773</b>	<b>18,38</b>	<b>19,85</b>	<b>20,5</b>
2500	8,490	9,750	10,990	12,300	14,080	14,940	18,380	20,090	20,700
	8,630	9,770	11,080	12,180	13,970	14,700	18,170	19,790	20,490
	8,430	9,840	11,100	12,310	14,200	14,960	18,550	20,130	20,660
<b>média</b>	<b>8,517</b>	<b>9,787</b>	<b>11,057</b>	<b>12,263</b>	<b>14,083</b>	<b>14,867</b>	<b>18,367</b>	<b>20,003</b>	<b>20,617</b>
2000	8,810	10,090	11,430	12,660	14,460	15,300	18,750	20,360	21,030
	8,690	9,820	11,220	12,430	14,230	15,060	18,500	20,130	20,780
	8,650	10,020	11,300	12,530	14,390	15,210	18,970	20,610	21,230
<b>média</b>	<b>8,717</b>	<b>9,977</b>	<b>11,317</b>	<b>12,54</b>	<b>14,36</b>	<b>15,19</b>	<b>18,74</b>	<b>20,367</b>	<b>21,013</b>
1600	8,670	9,760	11,100	12,190	14,080	14,750	18,550	20,220	20,910
	8,680	9,850	11,210	12,390	14,300	15,110	18,750	20,380	21,050
	8,540	9,880	11,080	12,300	14,230	15,020	18,650	20,340	21,000
<b>média</b>	<b>8,63</b>	<b>9,83</b>	<b>11,13</b>	<b>12,293</b>	<b>14,203</b>	<b>14,96</b>	<b>18,65</b>	<b>20,313</b>	<b>20,987</b>
1666	8,720	9,990	11,320	12,420	14,140	14,790	18,420	19,780	20,480
	8,650	9,900	11,190	12,280	13,990	14,750	18,440	19,880	20,510
	8,590	9,940	11,320	12,520	14,330	15,060	18,690	20,160	20,750
<b>média</b>	<b>8,653</b>	<b>9,943</b>	<b>11,277</b>	<b>12,407</b>	<b>14,153</b>	<b>14,867</b>	<b>18,517</b>	<b>19,94</b>	<b>20,58</b>
1333	8,570	9,850	11,260	12,530	14,330	15,300	18,730	20,420	21,100
	8,570	9,890	11,340	12,530	14,460	15,320	18,900	20,590	21,240
	8,410	9,860	11,220	12,470	14,450	15,330	18,980	20,550	21,180
<b>média</b>	<b>8,517</b>	<b>9,867</b>	<b>11,273</b>	<b>12,51</b>	<b>14,413</b>	<b>15,317</b>	<b>18,87</b>	<b>20,52</b>	<b>21,173</b>
1111	8,370	9,760	11,040	12,340	14,280	15,190	18,810	20,440	21,130
	8,190	9,560	10,960	12,160	14,120	14,910	18,620	20,200	20,910
	8,250	9,710	11,030	12,300	14,260	15,060	18,810	20,420	21,060
<b>média</b>	<b>8,27</b>	<b>9,677</b>	<b>11,01</b>	<b>12,267</b>	<b>14,22</b>	<b>15,053</b>	<b>18,747</b>	<b>20,353</b>	<b>21,033</b>
816	8,630	9,810	11,090	12,320	14,170	14,950	18,510	20,000	20,620
	9,040	10,340	11,840	13,010	15,040	15,880	19,490	21,100	21,720
	7,900	9,220	10,640	11,990	13,900	14,850	18,570	20,200	20,860
<b>média</b>	<b>8,523</b>	<b>9,79</b>	<b>11,19</b>	<b>12,44</b>	<b>14,37</b>	<b>15,227</b>	<b>18,857</b>	<b>20,433</b>	<b>21,067</b>
625	8,340	9,600	10,700	11,990	13,800	14,560	18,490	20,270	21,140
	8,510	9,780	10,950	12,100	13,890	14,750	18,510	20,160	20,920
	8,090	9,440	10,530	11,960	13,880	14,860	19,030	20,750	21,470
<b>média</b>	<b>8,313</b>	<b>9,607</b>	<b>10,727</b>	<b>12,017</b>	<b>13,857</b>	<b>14,723</b>	<b>18,677</b>	<b>20,393</b>	<b>21,177</b>

QUADRO 18- VOLUME DA ÁRVORE MÉDIA (m<sup>3</sup>) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.

Den. (arv/ha)	Idade (anos)								
	6	7	8	9	11	12	18	22	24
4444	0,0202	0,0265	0,0414	0,0665	0,0868	0,1014	0,1914	0,3031	0,4216
	0,0262	0,0280	0,0460	0,0713	0,1018	0,1140	0,2702	0,3758	0,4669
	0,0221	0,0287	0,0410	0,0716	0,0979	0,1188	0,2794	0,4615	0,5869
<b>média</b>	<b>0,0228</b>	<b>0,0277</b>	<b>0,0428</b>	<b>0,0698</b>	<b>0,0955</b>	<b>0,1114</b>	<b>0,247</b>	<b>0,3801</b>	<b>0,4918</b>
3333	0,0354	0,0419	0,0579	0,0861	0,1136	0,1330	0,2557	0,3554	0,4864
	0,0257	0,0299	0,0527	0,0812	0,1103	0,1318	0,2942	0,4719	0,5561
	0,0158	0,0292	0,0447	0,0767	0,1073	0,1294	0,2513	0,3295	0,4300
<b>média</b>	<b>0,0256</b>	<b>0,0337</b>	<b>0,0518</b>	<b>0,0813</b>	<b>0,1104</b>	<b>0,1314</b>	<b>0,2671</b>	<b>0,3856</b>	<b>0,4908</b>
2500	0,0391	0,0503	0,0727	0,1079	0,1363	0,1566	0,2735	0,4148	0,5450
	0,0498	0,0568	0,0863	0,1072	0,1401	0,1546	0,2706	0,4033	0,5021
	0,0326	0,0507	0,0740	0,1043	0,1468	0,1720	0,3273	0,4838	0,5872
<b>média</b>	<b>0,0405</b>	<b>0,0526</b>	<b>0,0777</b>	<b>0,1065</b>	<b>0,1411</b>	<b>0,1611</b>	<b>0,2905</b>	<b>0,434</b>	<b>0,5448</b>
2000	0,0568	0,0660	0,0954	0,1254	0,1594	0,1799	0,3016	0,4239	0,5447
	0,0574	0,0626	0,0955	0,1275	0,1576	0,1745	0,3162	0,4037	0,5039
	0,0355	0,0561	0,0815	0,1317	0,1627	0,1848	0,3224	0,4722	0,5681
<b>média</b>	<b>0,0499</b>	<b>0,0616</b>	<b>0,0908</b>	<b>0,1282</b>	<b>0,1599</b>	<b>0,1797</b>	<b>0,3134</b>	<b>0,4333</b>	<b>0,5389</b>
1600	0,0715	0,0807	0,1163	0,1508	0,1879	0,2060	0,3448	0,4557	0,5581
	0,0539	0,0667	0,1037	0,1453	0,1899	0,2241	0,3704	0,5253	0,6719
	0,0515	0,0764	0,1041	0,1446	0,1884	0,2136	0,3462	0,4559	0,5594
<b>média</b>	<b>0,059</b>	<b>0,0746</b>	<b>0,108</b>	<b>0,1469</b>	<b>0,1887</b>	<b>0,2146</b>	<b>0,3538</b>	<b>0,479</b>	<b>0,5965</b>
1666	0,0665	0,0753	0,1106	0,1494	0,1837	0,2068	0,3450	0,4555	0,5515
	0,0683	0,0798	0,1143	0,1490	0,1833	0,2004	0,3596	0,4671	0,5541
	0,0415	0,0588	0,0858	0,1348	0,1834	0,2092	0,3794	0,5910	0,6891
<b>média</b>	<b>0,0588</b>	<b>0,0713</b>	<b>0,1036</b>	<b>0,1444</b>	<b>0,1835</b>	<b>0,2055</b>	<b>0,3613</b>	<b>0,5045</b>	<b>0,5982</b>
1333	0,0764	0,0892	0,1402	0,1876	0,2386	0,2737	0,4244	0,5249	0,6484
	0,0738	0,0903	0,1328	0,1654	0,2081	0,2287	0,3487	0,4222	0,5745
	0,0600	0,0908	0,1227	0,1628	0,2165	0,2474	0,3848	0,5363	0,6410
<b>média</b>	<b>0,0701</b>	<b>0,0901</b>	<b>0,1319</b>	<b>0,1719</b>	<b>0,2211</b>	<b>0,2499</b>	<b>0,386</b>	<b>0,4945</b>	<b>0,6213</b>
1111	0,0835	0,1097	0,1480	0,2069	0,2652	0,3009	0,4469	0,6019	0,7079
	0,0520	0,0809	0,1273	0,1767	0,2338	0,2569	0,4217	0,5577	0,6289
	0,0668	0,1000	0,1370	0,1888	0,2540	0,2781	0,4390	0,5814	0,6485
<b>média</b>	<b>0,0674</b>	<b>0,0969</b>	<b>0,1374</b>	<b>0,1908</b>	<b>0,251</b>	<b>0,2786</b>	<b>0,4359</b>	<b>0,5803</b>	<b>0,6618</b>
816	0,1043	0,1319	0,1843	0,2428	0,3144	0,3573	0,5406	0,6542	0,7822
	0,1175	0,1472	0,2286	0,2745	0,3797	0,4420	0,7549	0,9063	1,0387
	0,0384	0,0660	0,1123	0,1739	0,2445	0,2982	0,5021	0,6152	0,7018
<b>média</b>	<b>0,0867</b>	<b>0,115</b>	<b>0,1751</b>	<b>0,2304</b>	<b>0,3129</b>	<b>0,3658</b>	<b>0,5992</b>	<b>0,7252</b>	<b>0,8409</b>
625	0,0658	0,0997	0,1547	0,2291	0,3396	0,3637	0,6484	0,8014	0,8779
	0,1056	0,1448	0,2085	0,2737	0,3507	0,4079	0,6421	0,7690	0,8459
	0,0416	0,0739	0,1199	0,1936	0,3032	0,3647	0,6619	0,7798	0,8834
<b>média</b>	<b>0,071</b>	<b>0,1061</b>	<b>0,161</b>	<b>0,2321</b>	<b>0,3312</b>	<b>0,3788</b>	<b>0,6508</b>	<b>0,7834</b>	<b>0,8691</b>

QUADRO 19- ÁREA BASAL (m<sup>2</sup>/ha) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.

Den. (arv/ha)	Idade (anos)								
	6	7	8	9	11	12	18	22	24
4444	23,046	25,603	30,580	36,923	40,363	42,856	51,609	53,780	50,490
	24,610	24,674	31,196	36,187	41,633	43,790	50,352	51,710	51,380
	22,359	24,812	29,481	34,307	39,962	41,493	50,976	51,580	55,500
<b>média</b>	<b>23,338</b>	<b>25,03</b>	<b>30,419</b>	<b>35,806</b>	<b>40,653</b>	<b>42,713</b>	<b>50,979</b>	<b>52,357</b>	<b>52,457</b>
3333	24,421	25,886	30,873	37,251	43,120	45,198	52,685	54,380	52,620
	17,693	18,459	25,348	29,895	36,231	39,686	49,134	50,800	50,820
	12,137	16,006	19,834	25,518	31,491	35,763	46,307	50,240	51,270
<b>média</b>	<b>18,084</b>	<b>20,117</b>	<b>25,352</b>	<b>30,888</b>	<b>36,947</b>	<b>40,216</b>	<b>49,375</b>	<b>51,807</b>	<b>51,57</b>
2500	18,076	20,569	25,120	31,517	36,669	40,166	50,710	53,000	52,200
	23,172	24,822	31,860	35,645	41,573	43,479	53,325	53,130	53,590
	13,564	17,322	21,717	26,937	33,707	36,502	50,183	53,570	53,990
<b>média</b>	<b>18,271</b>	<b>20,904</b>	<b>26,232</b>	<b>31,366</b>	<b>37,316</b>	<b>40,049</b>	<b>51,406</b>	<b>53,233</b>	<b>53,26</b>
2000	19,148	20,858	25,941	31,173	36,900	40,276	49,428	51,530	50,260
	20,166	21,105	27,320	32,482	37,628	40,510	50,396	53,040	52,130
	12,659	16,720	21,127	27,091	31,467	34,205	47,288	49,970	52,930
<b>média</b>	<b>17,324</b>	<b>19,561</b>	<b>24,796</b>	<b>30,249</b>	<b>35,332</b>	<b>38,33</b>	<b>49,037</b>	<b>51,513</b>	<b>51,773</b>
1600	18,638	19,850	25,274	29,850	34,998	37,136	46,952	48,300	47,070
	14,993	16,988	22,662	27,860	33,839	36,485	48,906	51,100	51,240
	15,497	19,736	24,133	29,821	36,104	38,883	51,630	53,250	53,130
<b>média</b>	<b>16,376</b>	<b>18,858</b>	<b>24,023</b>	<b>29,177</b>	<b>34,98</b>	<b>37,501</b>	<b>49,163</b>	<b>50,883</b>	<b>50,48</b>
1666	16,268	17,572	22,657	27,487	31,896	34,063	44,742	47,100	48,050
	18,809	20,684	26,122	30,696	35,653	37,333	48,920	51,200	51,010
	11,870	14,628	18,514	24,009	29,965	33,016	44,510	49,840	50,460
<b>média</b>	<b>15,649</b>	<b>17,628</b>	<b>22,431</b>	<b>27,397</b>	<b>32,505</b>	<b>34,804</b>	<b>46,057</b>	<b>49,38</b>	<b>49,84</b>
1333	13,684	15,172	20,434	24,926	29,883	33,269	42,813	49,280	52,420
	16,590	18,843	24,425	28,270	33,472	35,018	45,404	48,410	45,760
	13,469	17,288	21,158	25,668	31,198	34,561	46,934	51,080	53,150
<b>média</b>	<b>14,581</b>	<b>17,101</b>	<b>22,006</b>	<b>26,288</b>	<b>31,518</b>	<b>34,283</b>	<b>45,05</b>	<b>49,59</b>	<b>50,443</b>
1111	14,386	17,284	21,276	26,699	32,302	35,644	47,119	52,210	54,200
	9,967	12,521	17,057	21,449	26,461	28,454	40,401	45,720	48,830
	11,967	15,555	19,341	24,203	30,320	32,541	45,069	49,860	52,970
<b>média</b>	<b>12,107</b>	<b>15,12</b>	<b>19,225</b>	<b>24,117</b>	<b>29,694</b>	<b>32,213</b>	<b>44,196</b>	<b>49,263</b>	<b>52</b>
816	11,059	13,005	16,564	20,397	24,974	27,703	37,809	41,920	44,200
	10,038	11,900	16,745	18,828	24,483	27,773	39,500	44,650	46,400
	6,124	8,453	11,927	16,290	21,086	24,631	37,643	42,210	45,900
<b>média</b>	<b>9,074</b>	<b>11,119</b>	<b>15,079</b>	<b>18,505</b>	<b>23,514</b>	<b>26,702</b>	<b>38,317</b>	<b>42,927</b>	<b>45,5</b>
625	5,751	7,544	10,265	13,750	18,759	19,029	30,840	35,520	38,460
	9,401	11,723	15,311	18,941	23,035	26,093	38,181	43,230	46,930
	5,033	7,005	9,613	13,542	19,155	22,220	36,547	42,090	46,940
<b>média</b>	<b>6,728</b>	<b>8,757</b>	<b>11,73</b>	<b>15,411</b>	<b>20,316</b>	<b>22,447</b>	<b>35,189</b>	<b>40,28</b>	<b>44,11</b>



QUADRO 20- NÚMERO DE ÁRVORES VIVAS (arv/ha) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.

Den. (arv/ha)	Idade (anos)								
	6	7	8	9	11	12	18	22	24
4444	3762	3699	3459	3106	2904	2790	2159	1503	1123
	3573	3522	3396	2941	2702	2638	1603	1263	1048
	3573	3535	3459	2777	2676	2436	1578	1098	922
<b>média</b>	<b>3636</b>	<b>3585,3</b>	<b>3438</b>	<b>2941,3</b>	<b>2760,6</b>	<b>2621,3</b>	<b>1780</b>	<b>1288</b>	<b>1031</b>
3333	2927	2867	2843	2662	2578	2421	1734	1377	1026
	2578	2542	2530	2240	2240	2168	1457	1016	884
	2192	2168	2156	1963	1963	1963	1554	1362	1111
<b>média</b>	<b>2565,6</b>	<b>2525,6</b>	<b>2509,6</b>	<b>2288,3</b>	<b>2260,3</b>	<b>2184</b>	<b>1581,6</b>	<b>1251,6</b>	<b>1007</b>
2500	2070	2057	2005	1940	1927	1914	1588	1185	924
	2291	2291	2278	2200	2135	2083	1679	1211	1016
	1770	1770	1757	1731	1705	1640	1367	1055	898
<b>média</b>	<b>2043,6</b>	<b>2039,3</b>	<b>2013,3</b>	<b>1957</b>	<b>1922,3</b>	<b>1879</b>	<b>1544,6</b>	<b>1150,3</b>	<b>946</b>
2000	1761	1761	1730	1730	1730	1730	1428	1127	889
	1841	1841	1825	1777	1777	1777	1396	1206	984
	1619	1619	1619	1460	1460	1444	1301	1000	905
<b>média</b>	<b>1740,3</b>	<b>1740,3</b>	<b>1724,6</b>	<b>1655,6</b>	<b>1655,6</b>	<b>1650,3</b>	<b>1375</b>	<b>1111</b>	<b>926</b>
1600	1496	1481	1481	1451	1451	1437	1214	993	815
	1466	1466	1466	1407	1407	1333	1200	933	756
	1525	1525	1525	1496	1496	1466	1333	1096	919
<b>média</b>	<b>1495,6</b>	<b>1490,6</b>	<b>1490,6</b>	<b>1451,3</b>	<b>1451,3</b>	<b>1412</b>	<b>1249</b>	<b>1007,3</b>	<b>830</b>
1666	1380	1380	1380	1349	1349	1317	1158	968	841
	1555	1555	1555	1507	1507	1476	1222	1032	889
	1396	1396	1380	1285	1285	1285	1079	825	730
<b>média</b>	<b>1443,6</b>	<b>1443,6</b>	<b>1438,3</b>	<b>1380,3</b>	<b>1380,3</b>	<b>1359,3</b>	<b>1153</b>	<b>941,67</b>	<b>820</b>
1333	1083	1083	1050	1033	1033	1033	933	900	783
	1300	1300	1300	1283	1283	1250	1166	1067	767
	1216	1200	1200	1183	1166	1166	1116	917	817
<b>média</b>	<b>1199,6</b>	<b>1194,3</b>	<b>1183,3</b>	<b>1166,3</b>	<b>1160,6</b>	<b>1149,6</b>	<b>1071,6</b>	<b>961,33</b>	<b>789</b>
1111	1055	1055	1055	1027	1027	1027	986	847	764
	986	944	944	930	930	930	888	792	764
	1013	1013	1013	1000	1000	1000	958	833	806
<b>média</b>	<b>1018</b>	<b>1004</b>	<b>1004</b>	<b>985,67</b>	<b>985,67</b>	<b>985,67</b>	<b>944</b>	<b>824</b>	<b>778</b>
816	693	693	693	693	693	693	673	633	571
	612	612	612	591	591	591	530	510	469
	714	714	714	714	714	714	714	673	653
<b>média</b>	<b>673</b>	<b>673</b>	<b>673</b>	<b>666</b>	<b>666</b>	<b>666</b>	<b>639</b>	<b>605,33</b>	<b>564,33</b>
625	488	488	488	488	488	468	468	449	449
	585	585	585	585	585	585	585	566	566
	546	546	546	546	546	546	546	546	546
<b>média</b>	<b>539,67</b>	<b>539,67</b>	<b>539,67</b>	<b>539,67</b>	<b>539,67</b>	<b>533</b>	<b>533</b>	<b>520,33</b>	<b>520,33</b>

QUADRO 21- SOBREVIVÊNCIA (%) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.

Den. (arv/ha)	Idade (anos)								
	6	7	8	9	11	12	18	22	24
4444	84,65	83,24	77,83	69,89	65,35	62,78	48,58	33,82	25,27
	80,4	79,25	76,42	66,18	60,8	59,36	36,07	28,42	23,58
	80,4	79,54	77,83	62,49	60,22	54,81	35,51	24,71	20,75
<b>média</b>	<b>81,82</b>	<b>80,68</b>	<b>77,36</b>	<b>66,19</b>	<b>62,12</b>	<b>58,98</b>	<b>40,05</b>	<b>28,98</b>	<b>23,2</b>
3333	87,82	86,02	85,3	79,87	77,35	72,64	52,02	41,31	30,78
	77,35	76,27	75,91	67,21	67,21	65,05	43,71	30,48	26,52
	65,77	65,05	64,69	58,9	58,9	58,9	46,62	40,86	33,33
<b>média</b>	<b>76,98</b>	<b>75,78</b>	<b>75,3</b>	<b>68,66</b>	<b>67,82</b>	<b>65,53</b>	<b>47,45</b>	<b>37,55</b>	<b>30,21</b>
2500	82,8	82,28	80,2	77,6	77,08	76,56	63,52	47,4	36,96
	91,64	91,64	91,12	88	85,4	83,32	67,16	48,44	40,64
	70,8	70,8	70,28	69,24	68,2	65,6	54,68	42,2	35,92
<b>média</b>	<b>81,75</b>	<b>81,57</b>	<b>80,53</b>	<b>78,28</b>	<b>76,89</b>	<b>75,16</b>	<b>61,79</b>	<b>46,01</b>	<b>37,84</b>
2000	88,05	88,05	86,5	86,5	86,5	86,5	71,4	56,35	44,45
	92,05	92,05	91,25	88,85	88,85	88,85	69,8	60,3	49,2
	80,95	80,95	80,95	73	73	72,2	65,05	50	45,25
<b>média</b>	<b>87,02</b>	<b>87,02</b>	<b>86,23</b>	<b>82,78</b>	<b>82,78</b>	<b>82,52</b>	<b>68,75</b>	<b>55,55</b>	<b>46,3</b>
1600	93,5	92,56	92,56	90,69	90,69	89,81	75,87	62,06	50,94
	91,62	91,62	91,62	87,94	87,94	83,31	75	58,31	47,25
	95,31	95,31	95,31	93,5	93,5	91,62	83,31	68,5	57,44
<b>média</b>	<b>93,48</b>	<b>93,16</b>	<b>93,16</b>	<b>90,71</b>	<b>90,71</b>	<b>88,25</b>	<b>78,06</b>	<b>62,96</b>	<b>51,88</b>
1666	82,83	82,83	82,83	80,97	80,97	79,05	69,51	58,1	50,48
	93,34	93,34	93,34	90,46	90,46	88,59	73,35	61,94	53,36
	83,79	83,79	82,83	77,13	77,13	77,13	64,77	49,52	43,82
<b>média</b>	<b>86,65</b>	<b>86,65</b>	<b>86,33</b>	<b>82,85</b>	<b>82,85</b>	<b>81,59</b>	<b>69,21</b>	<b>56,52</b>	<b>49,22</b>
1333	81,24	81,24	78,77	77,49	77,49	77,49	69,99	67,52	58,74
	97,52	97,52	97,52	96,25	96,25	93,77	87,47	80,04	57,54
	91,22	90,02	90,02	88,75	87,47	87,47	83,72	68,79	61,29
<b>média</b>	<b>89,99</b>	<b>89,59</b>	<b>88,77</b>	<b>87,5</b>	<b>87,07</b>	<b>86,24</b>	<b>80,39</b>	<b>72,12</b>	<b>59,19</b>
1111	94,96	94,96	94,96	92,44	92,44	92,44	88,75	76,24	68,77
	88,75	84,97	84,97	83,71	83,71	83,71	79,93	71,29	68,77
	91,18	91,18	91,18	90,01	90,01	90,01	86,23	74,98	72,55
<b>média</b>	<b>91,63</b>	<b>90,37</b>	<b>90,37</b>	<b>88,72</b>	<b>88,72</b>	<b>88,72</b>	<b>84,97</b>	<b>74,17</b>	<b>70,03</b>
816	84,93	84,93	84,93	84,93	84,93	84,93	82,47	77,57	69,97
	75	75	75	72,43	72,43	72,43	64,95	62,5	57,47
	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	82,47	80,02
<b>média</b>	<b>82,48</b>	<b>82,48</b>	<b>82,48</b>	<b>81,62</b>	<b>81,62</b>	<b>81,62</b>	<b>78,31</b>	<b>74,18</b>	<b>69,15</b>
625	78,08	78,08	78,08	78,08	78,08	74,88	74,88	71,84	71,84
	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6	93,6	90,56	90,56
	87,36	87,36	87,36	87,36	87,36	87,36	87,36	87,36	87,36
<b>média</b>	<b>86,35</b>	<b>86,35</b>	<b>86,35</b>	<b>86,35</b>	<b>86,35</b>	<b>85,28</b>	<b>85,28</b>	<b>83,25</b>	<b>83,25</b>

QUADRO 22- VOLUME TOTAL C/CASCA ATÉ 7 CM (m<sup>3</sup>/ha) PARA AS 3 REPETIÇÕES, PARA AS DIFERENTES DENSIDADES INICIAIS E IDADES DE MEDIÇÃO.

Den. (arv/ha)	Idade (anos)								
	6	7	8	9	11	12	18	22	24
4444	76,11	98,18	143,06	206,64	252,13	282,8	413,21	455,55	473,41
	93,47	98,53	156,08	209,55	275,02	300,84	433,16	474,65	489,35
	78,83	101,28	141,74	198,76	262,09	289,28	440,93	506,73	541,11
<b>média</b>	<b>82,8</b>	<b>99,33</b>	<b>146,96</b>	<b>204,98</b>	<b>263,08</b>	<b>290,97</b>	<b>429,1</b>	<b>478,98</b>	<b>501,29</b>
3333	103,54	120	164,61	229,29	292,92	321,95	443,47	489,34	499,05
	66,16	75,88	133,42	181,81	247,07	285,77	428,68	479,4	491,63
	34,53	63,23	96,39	150,52	210,61	254,06	390,54	448,83	477,74
<b>média</b>	<b>68,08</b>	<b>86,37</b>	<b>131,47</b>	<b>187,21</b>	<b>250,2</b>	<b>287,26</b>	<b>420,9</b>	<b>472,52</b>	<b>489,47</b>
2500	81,01	103,51	145,85	209,26	262,65	299,71	434,32	491,53	503,54
	113,98	130,23	196,68	235,86	299,19	322,1	454,42	488,38	510,16
	57,63	89,72	130,01	180,58	250,21	282,1	447,45	510,37	527,35
<b>média</b>	<b>84,21</b>	<b>107,82</b>	<b>157,51</b>	<b>208,57</b>	<b>270,68</b>	<b>301,3</b>	<b>445,4</b>	<b>496,76</b>	<b>513,68</b>
2000	100,08	116,26	164,96	216,96	275,72	311,33	430,7	477,71	484,28
	105,6	115,17	174,27	226,56	280,09	309,96	441,48	486,9	495,88
	57,44	90,75	131,92	192,26	237,6	266,87	419,47	472,16	514,16
<b>média</b>	<b>87,71</b>	<b>107,39</b>	<b>157,05</b>	<b>211,93</b>	<b>264,47</b>	<b>296,05</b>	<b>430,55</b>	<b>478,92</b>	<b>498,11</b>
1600	106,93	119,53	172,3	218,82	272,61	295,98	418,57	452,47	454,85
	79,05	97,81	152,06	204,41	267,25	298,7	444,46	490,11	507,97
	78,56	116,56	158,72	216,35	281,84	313,24	461,47	499,67	514,1
<b>média</b>	<b>88,18</b>	<b>111,3</b>	<b>161,03</b>	<b>213,19</b>	<b>273,9</b>	<b>302,64</b>	<b>441,5</b>	<b>480,75</b>	<b>492,31</b>
1666	91,76	103,94	152,68	201,49	247,8	272,27	399,54	440,97	463,78
	106,16	124,11	177,66	224,61	276,21	295,78	439,46	482,06	492,59
	57,99	82,1	118,41	173,25	235,62	268,83	409,42	487,55	503,04
<b>média</b>	<b>85,3</b>	<b>103,38</b>	<b>149,58</b>	<b>199,78</b>	<b>253,21</b>	<b>278,96</b>	<b>416,14</b>	<b>470,19</b>	<b>486,47</b>
1333	82,76	96,63	147,19	193,82	246,45	282,69	395,97	472,42	518,72
	95,9	117,4	172,62	212,27	267,03	285,85	406,64	450,53	449,83
	73,01	109,01	147,19	192,6	252,41	288,54	429,39	491,82	523,73
<b>média</b>	<b>83,89</b>	<b>107,68</b>	<b>155,67</b>	<b>199,56</b>	<b>255,3</b>	<b>285,69</b>	<b>410,67</b>	<b>471,59</b>	<b>497,43</b>
1111	88,05	115,76	156,09	212,44	272,41	309,01	440,63	509,84	540,86
	51,28	76,39	120,19	164,35	217,43	238,85	374,46	441,7	480,46
	67,67	101,33	138,82	188,82	254,04	278,14	420,56	484,34	522,67
<b>média</b>	<b>69</b>	<b>97,83</b>	<b>138,37</b>	<b>188,54</b>	<b>247,96</b>	<b>275,33</b>	<b>411,88</b>	<b>478,63</b>	<b>514,66</b>
816	72,27	91,43	127,69	168,27	217,87	247,58	363,85	414,09	446,63
	71,93	90,06	139,91	162,25	224,38	261,21	400,09	462,22	487,17
	27,43	47,13	80,15	124,13	174,58	212,85	358,47	414,02	458,25
<b>média</b>	<b>57,21</b>	<b>76,21</b>	<b>115,92</b>	<b>151,55</b>	<b>205,61</b>	<b>240,55</b>	<b>374,14</b>	<b>430,11</b>	<b>464,02</b>
625	32,12	48,64	75,51	111,82	165,72	170,2	303,45	359,81	394,17
	61,78	84,7	121,95	160,11	205,15	238,57	375,64	435,24	478,77
	22,7	40,35	65,49	105,68	165,57	199,11	361,38	425,78	482,32
<b>média</b>	<b>38,87</b>	<b>57,9</b>	<b>87,65</b>	<b>125,87</b>	<b>178,81</b>	<b>202,63</b>	<b>346,82</b>	<b>406,94</b>	<b>451,75</b>

6.2 ANEXO 2

TABELA 17- EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 4444 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

I (anos)	$\bar{d}$ (cm)	dg (cm)	N (arv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	$\bar{h}$ (m)	$h_{dm}$ (m)	V (m <sup>3</sup> /ha)
1	1,347	1,356	4186,354	0,614	1,018	0,998	0,196
2	2,725	2,796	4107,553	3,033	2,220	2,451	2,652
3	4,074	4,222	4013,328	6,974	3,441	4,019	10,664
4	5,384	5,614	3903,355	11,793	4,640	5,592	26,221
5	6,650	6,964	3777,991	16,925	5,799	7,114	49,463
6	7,869	8,267	3638,292	21,969	6,907	8,558	79,185
7	9,043	9,521	3485,963	26,679	7,961	9,910	113,526
8	10,170	10,726	3323,250	30,925	8,959	11,163	150,500
9	11,252	11,882	3152,781	34,658	9,900	12,317	188,321
10	12,289	12,990	2977,396	37,881	10,786	13,373	225,551
11	13,284	14,050	2799,960	40,626	11,618	14,337	261,134
12	14,238	15,064	2623,212	42,939	12,398	15,212	294,369
13	15,151	16,034	2449,636	44,872	13,129	16,006	324,849
14	16,025	16,961	2281,371	46,477	13,812	16,724	352,397
15	16,863	17,847	2120,165	47,804	14,451	17,372	377,001
16	17,664	18,692	1967,355	48,897	15,047	17,956	398,766
17	18,430	19,499	1823,884	49,793	15,604	18,482	417,867
18	19,164	20,269	1690,333	50,526	16,122	18,955	434,521
19	19,866	21,004	1566,966	51,126	16,606	19,380	448,965
20	20,537	21,705	1453,785	51,615	17,056	19,761	461,435
21	21,178	22,373	1350,577	52,013	17,476	20,103	472,162
22	21,792	23,010	1256,971	52,337	17,866	20,410	481,360
23	22,379	23,617	1172,476	52,600	18,229	20,684	489,227
24	22,939	24,196	1096,528	52,814	18,567	20,930	495,942
25	23,476	24,748	-----	52,988	18,881	21,150	501,662
26	23,988	25,274	-----	53,129	19,173	21,347	506,527
27	24,478	25,775	-----	53,243	19,445	21,523	510,660
28	24,946	26,252	-----	53,336	19,697	21,681	514,168
29	25,393	26,707	-----	53,412	19,932	21,821	517,141
30	25,821	27,140	-----	53,473	20,150	21,947	519,661

TABELA 18- EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 3333 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

I (anos)	$\bar{d}$ (cm)	dg (cm)	N (arv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	$\bar{h}$ (m)	$h_{dm}$ (m)	V (m <sup>3</sup> /ha)
1	1,592	1,634	2869,675	0,157	1,019	1,249	0,044
2	3,111	3,219	2820,712	1,262	2,253	2,786	1,088
3	4,561	4,738	2768,288	3,740	3,510	4,347	5,903
4	5,945	6,192	2712,373	7,422	4,739	5,861	17,420
5	7,266	7,580	2652,963	11,885	5,919	7,299	37,060
6	8,527	8,905	2590,079	16,692	7,038	8,647	64,446
7	9,731	10,169	2523,771	21,492	8,093	9,902	97,938
8	10,879	11,375	2454,111	26,042	9,081	11,063	135,341
9	11,976	12,526	2381,201	30,198	10,004	12,131	174,459
10	13,022	13,622	2305,167	33,893	10,862	13,113	213,424
11	14,021	14,668	2226,160	37,112	11,659	14,011	250,822
12	14,974	15,664	2144,353	39,872	12,399	14,832	285,697
13	15,883	16,614	2059,941	42,210	13,082	15,581	317,495
14	16,752	17,519	1973,137	44,173	13,715	16,263	345,973
15	17,580	18,382	1884,171	45,809	14,298	16,884	371,116
16	18,371	19,204	1793,287	47,164	14,836	17,448	393,060
17	19,126	19,987	1700,738	48,282	15,332	17,960	412,035
18	19,846	20,733	1606,787	49,200	15,789	18,425	428,318
19	20,534	21,444	1511,701	49,952	16,210	18,847	442,206
20	21,190	22,122	1415,749	50,567	16,597	19,229	453,991
21	21,816	22,767	1319,201	51,068	16,953	19,576	463,950
22	22,414	23,382	1222,321	51,477	17,280	19,890	472,338
23	22,985	23,968	1125,371	51,809	17,580	20,174	479,383
24	23,529	24,526	1028,602	52,079	17,856	20,431	485,286
25	24,049	25,057	-----	52,298	18,110	20,663	490,222
26	24,545	25,564	-----	52,476	18,343	20,874	494,345
27	25,018	26,046	-----	52,620	18,556	21,064	497,783
28	25,470	26,506	-----	52,737	18,752	21,236	500,647
29	25,901	26,943	-----	52,832	18,932	21,392	503,031
30	26,313	27,360	-----	52,908	19,097	21,532	505,013

TABELA 19- EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 2500 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

I (anos)	$\bar{d}$ (cm)	dg (cm)	N (arv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	$\bar{h}$ (m)	$h_{dcm}$ (m)	V (m <sup>3</sup> /ha)
1	2,148	2,186	2239,255	0,243	1,339	1,167	0,220
2	3,938	4,042	2214,667	1,600	2,679	2,672	2,896
3	5,566	5,740	2188,150	4,313	3,960	4,227	11,456
4	7,073	7,316	2159,594	8,110	5,174	5,749	27,875
5	8,480	8,788	2128,887	12,575	6,319	7,204	52,203
6	9,800	10,170	2095,913	17,314	7,395	8,574	83,136
7	11,042	11,471	2060,555	22,026	8,405	9,851	118,725
8	12,213	12,697	2022,696	26,502	9,352	11,034	156,924
9	13,320	13,855	1982,216	30,621	10,239	12,124	195,907
10	14,367	14,949	1938,995	34,319	11,069	13,125	234,214
11	15,359	15,985	1892,911	37,581	11,845	14,041	270,780
12	16,298	16,966	1843,846	40,417	12,571	14,877	304,900
13	17,190	17,895	1791,679	42,858	13,250	15,639	336,172
14	18,036	18,775	1736,291	44,939	13,883	16,333	364,421
15	18,839	19,610	1677,565	46,701	14,476	16,963	389,646
16	19,602	20,403	1615,385	48,186	15,029	17,535	411,955
17	20,328	21,154	1549,640	49,431	15,545	18,053	431,533
18	21,017	21,868	1480,219	50,472	16,027	18,523	448,604
19	21,673	22,545	1407,016	51,339	16,476	18,948	463,411
20	22,296	23,189	1329,930	52,060	16,896	19,333	476,197
21	22,890	23,800	1248,863	52,658	17,288	19,681	487,197
22	23,454	24,380	1163,722	53,154	17,653	19,995	496,632
23	23,992	24,932	1074,422	53,564	17,994	20,279	504,705
24	24,503	25,456	980,881	53,903	18,312	20,536	511,596
25	24,990	25,954	-----	54,182	18,609	20,767	517,469
26	25,454	26,428	-----	54,413	18,886	20,976	522,466
27	25,896	26,878	-----	54,604	19,144	21,165	526,712
28	26,317	27,306	-----	54,761	19,384	21,335	530,317
29	26,717	27,713	-----	54,890	19,609	21,488	533,375
30	27,099	28,100	-----	54,997	19,818	21,626	535,966

TABELA 20- EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 2000 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

I (anos)	$\bar{d}$ (cm)	dg (cm)	N (arv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	$\bar{h}$ (m)	$h_{dem}$ (m)	V (m <sup>3</sup> /ha)
1	2,600	2,699	1863,601	0,251	1,159	1,190	0,304
2	4,551	4,724	1848,728	1,577	2,478	2,730	3,509
3	6,265	6,502	1832,464	4,165	3,791	4,320	12,973
4	7,820	8,113	1814,708	7,750	5,061	5,878	30,255
5	9,249	9,593	1795,352	11,952	6,271	7,365	55,038
6	10,575	10,965	1774,286	16,417	7,414	8,765	85,838
7	11,811	12,244	1751,393	20,870	8,488	10,069	120,703
8	12,969	13,440	1726,553	25,122	9,494	11,276	157,688
9	14,057	14,563	1699,642	29,056	10,433	12,388	195,111
10	15,080	15,619	1670,533	32,613	11,307	13,407	231,661
11	16,046	16,614	1639,094	35,772	12,120	14,340	266,400
12	16,958	17,553	1605,190	38,540	12,875	15,191	298,722
13	17,820	18,440	1568,683	40,939	13,576	15,965	328,291
14	18,636	19,280	1529,433	43,001	14,224	16,670	354,978
15	19,410	20,074	1487,297	44,761	14,825	17,309	378,799
16	20,143	20,827	1442,132	46,255	15,381	17,889	399,872
17	20,839	21,540	1393,791	47,517	15,894	18,414	418,378
18	21,500	22,217	1342,127	48,581	16,369	18,890	434,531
19	22,127	22,859	1286,995	49,474	16,808	19,319	448,559
20	22,723	23,469	1228,247	50,222	17,212	19,708	460,691
21	23,290	24,048	1165,737	50,847	17,586	20,059	471,146
22	23,829	24,598	1099,320	51,369	17,931	20,376	480,130
23	24,342	25,121	1028,855	51,804	18,249	20,662	487,831
24	24,830	25,619	954,199	52,167	18,542	20,920	494,419
25	25,295	26,092	-----	52,468	18,813	21,153	500,045
26	25,737	26,542	-----	52,719	19,062	21,363	504,842
27	26,159	26,970	-----	52,927	19,292	21,553	508,928
28	26,560	27,378	-----	53,100	19,503	21,723	512,405
29	26,942	27,765	-----	53,244	19,699	21,877	515,360
30	27,307	28,135	-----	53,363	19,878	22,015	517,870



TABELA 21- EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 1600 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

I (anos)	$\bar{d}$ (cm)	dg (cm)	N (arv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	$\bar{h}$ (m)	$h_{dcm}$ (m)	V (m <sup>3</sup> /ha)
1	2,794	2,820	1558,526	0,152	1,274	1,232	0,170
2	4,880	4,976	1552,107	1,178	2,639	2,759	2,592
3	6,707	6,874	1544,787	3,446	3,971	4,316	10,973
4	8,356	8,594	1536,455	6,814	5,244	5,834	27,673
5	9,866	10,172	1526,988	10,929	6,449	7,282	52,841
6	11,262	11,631	1516,252	15,412	7,583	8,646	84,984
7	12,559	12,987	1504,098	19,948	8,645	9,920	121,849
8	13,769	14,251	1490,363	24,310	9,638	11,104	161,092
9	14,901	15,434	1474,871	28,357	10,565	12,198	200,679
10	15,962	16,542	1457,428	32,010	11,428	13,207	239,045
11	16,959	17,583	1437,822	35,243	12,231	14,134	275,108
12	17,898	18,560	1415,826	38,060	12,978	14,985	308,213
13	18,781	19,481	1391,192	40,484	13,671	15,765	338,043
14	19,615	20,347	1363,653	42,550	14,315	16,477	364,525
15	20,401	21,164	1332,920	44,298	14,912	17,128	387,759
16	21,144	21,934	1298,684	45,768	15,466	17,723	407,948
17	21,846	22,661	1260,613	46,998	15,979	18,264	425,357
18	22,510	23,348	1218,350	48,023	16,454	18,758	440,274
19	23,139	23,997	1171,517	48,875	16,894	19,208	452,988
20	23,733	24,610	1119,709	49,581	17,302	19,617	463,780
21	24,297	25,189	1062,496	50,165	17,679	19,989	472,909
22	24,830	25,737	999,423	50,648	18,028	20,327	480,608
23	25,336	26,256	930,009	51,045	18,351	20,634	487,085
24	25,815	26,746	853,746	51,373	18,650	20,914	492,525
25	26,270	27,211	-----	51,642	18,927	21,167	497,086
26	26,701	27,650	-----	51,864	19,182	21,398	500,905
27	27,109	28,066	-----	52,046	19,419	21,607	504,099
28	27,497	28,461	-----	52,196	19,637	21,796	506,767
29	27,866	28,834	-----	52,319	19,840	21,969	508,995
30	28,215	29,188	-----	52,419	20,026	22,125	510,854

TABELA 22- EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 1666 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

I (anos)	$\bar{d}$ (cm)	dg (cm)	N (arv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	$\bar{h}$ (m)	h <sub>dom</sub> (m)	V (m <sup>3</sup> /ha)
1	2,505	2,533	1538,928	0,295	1,124	1,240	0,426
2	4,517	4,624	1526,958	1,615	2,459	2,791	4,108
3	6,319	6,509	1513,970	4,004	3,803	4,372	13,919
4	7,968	8,241	1499,891	7,210	5,107	5,908	30,867
5	9,493	9,844	1484,640	10,925	6,349	7,367	54,439
6	10,911	11,336	1468,132	14,875	7,520	8,734	83,274
7	12,234	12,729	1450,279	18,847	8,615	10,004	115,704
8	13,474	14,033	1430,986	22,689	9,636	11,178	150,100
9	14,636	15,255	1410,153	26,304	10,583	12,256	185,052
10	15,729	16,402	1387,676	29,634	11,459	13,245	219,442
11	16,757	17,480	1363,443	32,652	12,268	14,148	252,444
12	17,725	18,494	1337,338	35,353	13,014	14,971	283,499
13	18,638	19,448	1309,238	37,746	13,701	15,720	312,266
14	19,500	20,347	1279,015	39,850	14,332	16,401	338,577
15	20,313	21,193	1246,534	41,687	14,912	17,019	362,392
16	21,081	21,991	1211,653	43,282	15,444	17,579	383,766
17	21,806	22,744	1174,224	44,662	15,932	18,086	402,813
18	22,492	23,454	1134,092	45,851	16,379	18,546	419,686
19	23,141	24,124	1091,097	46,873	16,788	18,961	434,561
20	23,754	24,756	1045,068	47,748	17,163	19,337	447,619
21	24,335	25,353	995,831	48,497	17,506	19,677	459,042
22	24,884	25,916	943,202	49,137	17,820	19,983	469,006
23	25,404	26,449	886,990	49,682	18,107	20,260	477,675
24	25,897	26,951	826,999	50,146	18,369	20,510	485,202
25	26,363	27,426	-----	50,540	18,609	20,735	491,725
26	26,805	27,875	-----	50,876	18,828	20,939	497,370
27	27,224	28,299	-----	51,161	19,028	21,122	502,248
28	27,620	28,700	-----	51,403	19,210	21,288	506,458
29	27,996	29,078	-----	51,608	19,377	21,437	510,090
30	28,352	29,436	-----	51,782	19,530	21,571	513,219

TABELA 23- EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 1333 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

I (anos)	$\bar{d}$ (cm)	dg (cm)	N (arv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	$\bar{h}$ (m)	$h_{dom}$ (m)	V (m <sup>3</sup> /ha)
1	3,290	3,337	1261,140	0,320	0,947	0,999	0,614
2	5,564	5,678	1254,004	1,638	2,257	2,456	5,096
3	7,504	7,683	1246,254	3,948	3,650	4,030	16,012
4	9,228	9,468	1237,846	7,007	5,037	5,609	33,921
5	10,788	11,085	1228,736	10,539	6,378	7,138	58,056
6	12,216	12,565	1218,877	14,304	7,651	8,590	87,005
7	13,532	13,930	1208,221	18,113	8,844	9,949	119,178
8	14,751	15,194	1196,717	21,830	9,955	11,210	153,075
9	15,885	16,369	1184,311	25,362	10,982	12,371	187,423
10	16,943	17,465	1170,951	28,651	11,927	13,434	221,216
11	17,932	18,488	1156,578	31,668	12,794	14,404	253,709
12	18,858	19,446	1141,136	34,402	13,587	15,287	284,392
13	19,727	20,345	1124,564	36,856	14,310	16,087	312,949
14	20,543	21,188	1106,800	39,041	14,968	16,811	339,215
15	21,311	21,981	1087,782	40,974	15,567	17,464	363,142
16	22,034	22,726	1067,445	42,675	16,110	18,054	384,763
17	22,715	23,427	1045,723	44,166	16,602	18,585	404,171
18	23,357	24,088	1022,548	45,468	17,048	19,062	421,495
19	23,963	24,711	997,853	46,602	17,452	19,491	436,887
20	24,536	25,299	971,567	47,586	17,816	19,876	450,508
21	25,076	25,853	943,622	48,439	18,146	20,222	462,521
22	25,587	26,376	913,945	49,176	18,444	20,532	473,086
23	26,070	26,870	882,466	49,814	18,712	20,810	482,355
24	26,526	27,337	849,113	50,363	18,955	21,058	490,469
25	26,958	27,778	-----	50,837	19,173	21,281	497,561
26	27,367	28,196	-----	51,244	19,370	21,480	503,749
27	27,754	28,590	-----	51,595	19,548	21,659	509,141
28	28,121	28,963	-----	51,896	19,708	21,818	513,835
29	28,468	29,316	-----	52,155	19,852	21,961	517,917
30	28,797	29,649	-----	52,377	19,982	22,088	521,464

TABELA 24- EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 1111 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

I (anos)	$\bar{d}$ (cm)	dg (cm)	N (arv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	$\bar{h}$ (m)	$h_{dom}$ (m)	V (m <sup>3</sup> /ha)
1	2,706	2,841	1052,216	0,195	0,853	0,927	0,387
2	4,975	5,193	1047,865	1,143	2,098	2,324	3,667
3	7,023	7,304	1043,216	2,972	3,453	3,855	12,416
4	8,896	9,231	1038,251	5,558	4,823	5,405	27,687
5	10,622	11,002	1032,950	8,695	6,161	6,916	49,234
6	12,219	12,638	1027,293	12,172	7,441	8,358	76,035
7	13,701	14,154	1021,259	15,807	8,651	9,712	106,721
8	15,078	15,561	1014,824	19,454	9,783	10,973	139,876
9	16,360	16,869	1007,964	23,005	10,834	12,137	174,207
10	17,554	18,087	1000,655	26,385	11,806	13,205	208,630
11	18,667	19,222	992,870	29,546	12,701	14,182	242,292
12	19,707	20,280	984,581	32,461	13,521	15,071	274,562
13	20,677	21,268	975,758	35,121	14,272	15,879	305,011
14	21,583	22,190	966,372	37,526	14,957	16,611	333,368
15	22,430	23,051	956,390	39,684	15,582	17,273	359,498
16	23,222	23,856	945,778	41,609	16,150	17,870	383,362
17	23,963	24,608	934,500	43,317	16,666	18,408	404,996
18	24,656	25,312	922,520	44,826	17,134	18,893	424,488
19	25,304	25,970	909,799	46,156	17,559	19,328	441,957
20	25,910	26,585	896,296	47,322	17,943	19,720	457,543
21	26,478	27,161	881,968	48,344	18,291	20,071	471,397
22	27,010	27,700	866,771	49,237	18,606	20,386	483,672
23	27,507	28,205	850,658	50,015	18,890	20,669	494,518
24	27,973	28,677	833,580	50,693	19,147	20,922	504,078
25	28,410	29,119	-----	51,283	19,379	21,149	512,488
26	28,819	29,533	-----	51,795	19,588	21,352	519,873
27	29,201	29,921	-----	52,240	19,777	21,534	526,349
28	29,560	30,284	-----	52,625	19,948	21,697	532,020
29	29,896	30,624	-----	52,959	20,102	21,842	536,980
30	30,211	30,943	-----	53,248	20,240	21,973	541,315

TABELA 25- EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 816 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

I (anos)	$\bar{d}$ (cm)	dg (cm)	N (arv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	$\bar{h}$ (m)	$h_{dc}$ (m)	V (m <sup>3</sup> /ha)
1	1,750	1,867	705,859	0,116	0,731	0,986	0,192
2	3,939	4,171	701,681	0,731	1,900	2,432	2,202
3	6,184	6,517	697,401	1,994	3,219	3,998	8,267
4	8,381	8,802	693,019	3,867	4,577	5,571	19,725
5	10,484	10,981	688,536	6,232	5,919	7,095	36,819
6	12,472	13,034	683,953	8,949	7,211	8,543	58,972
7	14,335	14,953	679,270	11,881	8,436	9,898	85,151
8	16,070	16,734	674,488	14,911	9,582	11,156	114,147
9	17,678	18,383	669,608	17,943	10,648	12,314	144,775
10	19,165	19,903	664,631	20,905	11,631	13,375	175,984
11	20,535	21,300	659,558	23,743	12,534	14,344	206,907
12	21,796	22,583	654,392	26,423	13,359	15,224	236,878
13	22,953	23,759	649,132	28,923	14,112	16,022	265,413
14	24,013	24,834	643,781	31,232	14,796	16,744	292,190
15	24,984	25,817	638,342	33,347	15,416	17,396	317,018
16	25,873	26,715	632,814	35,271	15,977	17,984	339,813
17	26,685	27,533	627,202	37,012	16,485	18,513	360,570
18	27,426	28,279	621,506	38,580	16,943	18,989	379,340
19	28,102	28,959	615,730	39,985	17,355	19,417	396,213
20	28,719	29,578	609,875	41,241	17,727	19,800	411,308
21	29,281	30,142	603,944	42,360	18,061	20,145	424,753
22	29,794	30,654	597,939	43,354	18,362	20,453	436,687
23	30,260	31,120	591,864	44,236	18,632	20,730	447,247
24	30,685	31,543	585,721	45,016	18,874	20,977	456,567
25	31,072	31,928	-----	45,706	19,092	21,199	464,773
26	31,424	32,278	-----	46,314	19,287	21,397	471,985
27	31,744	32,596	-----	46,850	19,462	21,574	478,312
28	32,035	32,884	-----	47,322	19,619	21,733	483,856
29	32,300	33,146	-----	47,737	19,759	21,875	488,706
30	32,541	33,384	-----	48,102	19,885	22,002	492,946

TABELA 26- EVOLUÇÃO DAS DIFERENTES VARIÁVEIS DO POVOAMENTO PARA A DENSIDADE DE 625 ARV/HA (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

I (anos)	$\bar{d}$ (cm)	dg (cm)	N (arv/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	$\bar{h}$ (m)	$h_{dom}$ (m)	V (m <sup>3</sup> /ha)
1	1,099	1,187	547,387	0,080	0,572	1,104	0,107
2	3,018	3,179	546,357	0,518	1,637	2,545	1,359
3	5,254	5,464	545,317	1,443	2,918	4,047	5,438
4	7,596	7,837	544,268	2,859	4,287	5,532	13,621
5	9,928	10,189	543,210	4,705	5,671	6,963	26,460
6	12,183	12,457	542,143	6,893	7,026	8,322	43,853
7	14,321	14,605	541,067	9,329	8,323	9,600	65,242
8	16,320	16,615	539,982	11,927	9,548	10,794	89,813
9	18,172	18,476	538,887	14,606	10,691	11,904	116,658
10	19,874	20,189	537,784	17,303	11,748	12,931	144,890
11	21,428	21,756	536,671	19,965	12,721	13,879	173,708
12	22,842	23,184	535,550	22,552	13,610	14,752	202,433
13	24,122	24,479	534,419	25,034	14,420	15,553	230,521
14	25,278	25,652	533,280	27,392	15,154	16,289	257,556
15	26,319	26,710	532,131	29,611	15,819	16,962	283,242
16	27,254	27,664	530,974	31,685	16,419	17,579	307,379
17	28,093	28,521	529,808	33,612	16,959	18,142	329,855
18	28,844	29,291	528,632	35,392	17,445	18,656	350,622
19	29,515	29,981	527,448	37,028	17,881	19,126	369,683
20	30,115	30,600	526,255	38,528	18,271	19,553	387,081
21	30,650	31,153	525,052	39,897	18,621	19,943	402,882
22	31,127	31,648	523,842	41,143	18,934	20,299	417,174
23	31,552	32,090	522,622	42,275	19,214	20,622	430,055
24	31,931	32,485	521,393	43,300	19,464	20,916	441,628
25	32,267	32,838	-----	44,227	19,687	21,184	451,997
26	32,567	33,152	-----	45,064	19,886	21,427	461,266
27	32,833	33,433	-----	45,819	20,064	21,649	469,535
28	33,069	33,682	-----	46,498	20,222	21,850	476,898
29	33,279	33,905	-----	47,108	20,363	22,033	483,445
30	33,465	34,104	-----	47,656	20,488	22,199	489,258

TABELA 27- PRODUÇÃO (m<sup>2</sup>/ha) E CRESCIMENTO (m<sup>2</sup>/ha/ano) EM ÁREA BASAL PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS) .

idade (anos)	4444 Prod.	IMA cresc	ICA cresc	3333 Prod.	IMA cresc	ICA cresc	2500 Prod.	IMA cresc	ICA cresc	2000 Prod.	IMA cresc	ICA cresc
1	0,614	0,614		0,157	0,157		0,243	0,243		0,251	0,251	
2	3,033	1,516	2,419	1,262	0,631	1,105	1,600	0,800	1,357	1,577	0,788	1,326
3	6,974	2,325	3,941	3,740	1,247	2,479	4,313	1,438	2,713	4,165	1,388	2,588
4	11,793	2,948	4,819	7,422	1,855	3,681	8,110	2,028	3,798	7,750	1,938	3,586
5	16,925	3,385	5,132	11,885	2,377	4,463	12,575	2,515	4,464	11,952	2,390	4,202
6	21,969	3,662	5,044	16,692	2,782	4,808	17,314	2,886	4,739	16,417	2,736	4,465
7	26,679	3,811	4,710	21,492	3,070	4,800	22,026	3,147	4,711	20,870	2,981	4,453
8	30,925	3,866	4,246	26,042	3,255	4,550	26,502	3,313	4,477	25,122	3,140	4,252
9	34,658	3,851	3,733	30,198	3,355	4,156	30,621	3,402	4,118	29,056	3,228	3,934
10	37,881	3,788	3,223	33,893	3,389	3,695	34,319	3,432	3,698	32,613	3,261	3,557
11	40,626	3,693	2,745	37,112	3,374	3,218	37,581	3,416	3,262	35,772	3,252	3,159
12	42,939	3,578	2,313	39,872	3,323	2,760	40,417	3,368	2,837	38,540	3,212	2,768
13	44,872	3,452	1,933	42,210	3,247	2,339	42,858	3,297	2,440	40,939	3,149	2,399
14	46,477	3,320	1,606	44,173	3,155	1,963	44,939	3,210	2,081	43,001	3,071	2,062
15	47,804	3,187	1,327	45,809	3,054	1,636	46,701	3,113	1,763	44,761	2,984	1,760
16	48,897	3,056	1,092	47,164	2,948	1,355	48,186	3,012	1,485	46,255	2,891	1,494
17	49,793	2,929	0,896	48,282	2,840	1,118	49,431	2,908	1,245	47,517	2,795	1,263
18	50,526	2,807	0,734	49,200	2,733	0,918	50,472	2,804	1,041	48,581	2,699	1,063
19	51,126	2,691	0,599	49,952	2,629	0,752	51,339	2,702	0,867	49,474	2,604	0,893
20	51,615	2,581	0,489	50,567	2,528	0,615	52,060	2,603	0,721	50,222	2,511	0,748
21	52,013	2,477	0,398	51,068	2,432	0,501	52,658	2,508	0,598	50,847	2,421	0,625
22	52,337	2,379	0,324	51,477	2,340	0,408	53,154	2,416	0,496	51,369	2,335	0,522
23	52,600	2,287	0,263	51,809	2,253	0,332	53,564	2,329	0,410	51,804	2,252	0,435
24	52,814	2,201	0,214	52,079	2,170	0,270	53,903	2,246	0,339	52,167	2,174	0,362
25	52,988	2,120	0,174	52,298	2,092	0,219	54,182	2,167	0,280	52,468	2,099	0,301
26	53,129	2,043	0,141	52,476	2,018	0,178	54,413	2,093	0,231	52,719	2,028	0,251
27	53,243	1,972	0,114	52,620	1,949	0,144	54,604	2,022	0,190	52,927	1,960	0,208
28	53,336	1,905	0,093	52,737	1,883	0,117	54,761	1,956	0,157	53,100	1,896	0,173
29	53,412	1,842	0,075	52,832	1,822	0,095	54,890	1,893	0,129	53,244	1,836	0,144
30	53,473	1,782	0,061	52,908	1,764	0,077	54,997	1,833	0,107	53,363	1,779	0,119
31	53,522	1,727	0,049	52,971	1,709	0,062	55,085	1,777	0,088	53,461	1,725	0,099
32	53,562	1,674	0,040	53,021	1,657	0,050	55,157	1,724	0,072	53,543	1,673	0,082
33	53,595	1,624	0,033	53,062	1,608	0,041	55,216	1,673	0,060	53,611	1,625	0,068
34	53,621	1,577	0,026	53,095	1,562	0,033	55,265	1,625	0,049	53,668	1,578	0,056
35	53,642	1,533	0,021	53,121	1,518	0,027	55,306	1,580	0,040	53,714	1,535	0,047
36	53,660	1,491	0,017	53,143	1,476	0,022	55,339	1,537	0,033	53,753	1,493	0,039
37	53,674	1,451	0,014	53,161	1,437	0,018	55,366	1,496	0,027	53,785	1,454	0,032
38	53,685	1,413	0,011	53,175	1,399	0,014	55,389	1,458	0,022	53,812	1,416	0,027
39	53,694	1,377	0,009	53,186	1,364	0,011	55,407	1,421	0,018	53,834	1,380	0,022
40	53,702	1,343	0,007	53,196	1,330	0,009	55,422	1,386	0,015	53,852	1,346	0,018

TABELA 27- CONTINUAÇÃO.

idade (anos)	1666 Prod.	IMA cresc	ICA cresc	1600 Prod.	IMA cresc	ICA cresc	1333 Prod.	IMA cresc	ICA cresc	1111 Prod.	IMA cresc	ICA cresc
1	0,295	0,295		0,152	0,152		0,320	0,320		0,195	0,195	
2	1,615	0,807	1,320	1,178	0,589	1,026	1,638	0,819	1,319	1,143	0,572	0,948
3	4,004	1,335	2,390	3,446	1,149	2,268	3,948	1,316	2,310	2,972	0,991	1,829
4	7,210	1,803	3,206	6,814	1,704	3,369	7,007	1,752	3,058	5,558	1,390	2,586
5	10,925	2,185	3,715	10,929	2,186	4,115	10,539	2,108	3,532	8,695	1,739	3,137
6	14,875	2,479	3,950	15,412	2,569	4,483	14,304	2,384	3,765	12,172	2,029	3,477
7	18,847	2,692	3,972	19,948	2,850	4,536	18,113	2,588	3,810	15,807	2,258	3,635
8	22,689	2,836	3,843	24,310	3,039	4,363	21,830	2,729	3,717	19,454	2,432	3,647
9	26,304	2,923	3,615	28,357	3,151	4,046	25,362	2,818	3,532	23,005	2,556	3,551
10	29,634	2,963	3,330	32,010	3,201	3,654	28,651	2,865	3,289	26,385	2,638	3,380
11	32,652	2,968	3,018	35,243	3,204	3,233	31,668	2,879	3,017	29,546	2,686	3,161
12	35,353	2,946	2,701	38,060	3,172	2,816	34,402	2,867	2,734	32,461	2,705	2,916
13	37,746	2,904	2,393	40,484	3,114	2,424	36,856	2,835	2,454	35,121	2,702	2,660
14	39,850	2,846	2,104	42,550	3,039	2,066	39,041	2,789	2,185	37,526	2,680	2,405
15	41,687	2,779	1,837	44,298	2,953	1,748	40,974	2,732	1,933	39,684	2,646	2,158
16	43,282	2,705	1,596	45,768	2,860	1,470	42,675	2,667	1,701	41,609	2,601	1,925
17	44,662	2,627	1,380	46,998	2,765	1,230	44,166	2,598	1,491	43,317	2,548	1,708
18	45,851	2,547	1,189	48,023	2,668	1,025	45,468	2,526	1,302	44,826	2,490	1,509
19	46,873	2,467	1,022	48,875	2,572	0,852	46,602	2,453	1,133	46,156	2,429	1,329
20	47,748	2,387	0,876	49,581	2,479	0,706	47,586	2,379	0,984	47,322	2,366	1,167
21	48,497	2,309	0,749	50,165	2,389	0,584	48,439	2,307	0,853	48,344	2,302	1,022
22	49,137	2,233	0,639	50,648	2,302	0,482	49,176	2,235	0,738	49,237	2,238	0,893
23	49,682	2,160	0,545	51,045	2,219	0,398	49,814	2,166	0,637	50,015	2,175	0,779
24	50,146	2,089	0,464	51,373	2,141	0,328	50,363	2,098	0,550	50,693	2,112	0,678
25	50,540	2,022	0,395	51,642	2,066	0,270	50,837	2,033	0,473	51,283	2,051	0,590
26	50,876	1,957	0,336	51,864	1,995	0,222	51,244	1,971	0,408	51,795	1,992	0,512
27	51,161	1,895	0,285	52,046	1,928	0,182	51,595	1,911	0,351	52,240	1,935	0,444
28	51,403	1,836	0,242	52,196	1,864	0,150	51,896	1,853	0,301	52,625	1,879	0,385
29	51,608	1,780	0,205	52,319	1,804	0,123	52,155	1,798	0,259	52,959	1,826	0,334
30	51,782	1,726	0,174	52,419	1,747	0,101	52,377	1,746	0,222	53,248	1,775	0,289
31	51,929	1,675	0,147	52,502	1,694	0,083	52,568	1,696	0,191	53,498	1,726	0,250
32	52,054	1,627	0,125	52,570	1,643	0,068	52,732	1,648	0,164	53,715	1,679	0,216
33	52,160	1,581	0,106	52,626	1,595	0,056	52,872	1,602	0,140	53,902	1,633	0,187
34	52,250	1,537	0,090	52,671	1,549	0,046	52,992	1,559	0,120	54,064	1,590	0,162
35	52,326	1,495	0,076	52,709	1,506	0,037	53,096	1,517	0,103	54,203	1,549	0,140
36	52,390	1,455	0,064	52,739	1,465	0,031	53,184	1,477	0,088	54,324	1,509	0,121
37	52,445	1,417	0,054	52,765	1,426	0,025	53,260	1,439	0,076	54,428	1,471	0,104
38	52,491	1,381	0,046	52,785	1,389	0,021	53,325	1,403	0,065	54,519	1,435	0,090
39	52,530	1,347	0,039	52,802	1,354	0,017	53,381	1,369	0,056	54,596	1,400	0,078
40	52,563	1,314	0,033	52,816	1,320	0,014	53,428	1,336	0,048	54,664	1,367	0,067



TABELA 27- CONTINUAÇÃO.

idade (anos)	816 Prod.	IMA cresc	ICA cresc	625 Prod.	IMA cresc	ICA cresc
1	0,116	0,116		0,080	0,080	
2	0,731	0,365	0,615	0,518	0,259	0,438
3	1,994	0,665	1,263	1,443	0,481	0,925
4	3,867	0,967	1,873	2,859	0,715	1,416
5	6,232	1,246	2,365	4,705	0,941	1,846
6	8,949	1,491	2,717	6,893	1,149	2,188
7	11,881	1,697	2,932	9,329	1,333	2,437
8	14,911	1,864	3,030	11,927	1,491	2,597
9	17,943	1,994	3,032	14,606	1,623	2,680
10	20,905	2,090	2,962	17,303	1,730	2,697
11	23,743	2,158	2,839	19,965	1,815	2,662
12	26,423	2,202	2,680	22,552	1,879	2,587
13	28,923	2,225	2,500	25,034	1,926	2,482
14	31,232	2,231	2,309	27,392	1,957	2,357
15	33,347	2,223	2,115	29,611	1,974	2,219
16	35,271	2,204	1,924	31,685	1,980	2,074
17	37,012	2,177	1,741	33,612	1,977	1,926
18	38,580	2,143	1,567	35,392	1,966	1,780
19	39,985	2,104	1,405	37,028	1,949	1,637
20	41,241	2,062	1,256	38,528	1,926	1,500
21	42,360	2,017	1,119	39,897	1,900	1,369
22	43,354	1,971	0,994	41,143	1,870	1,246
23	44,236	1,923	0,882	42,275	1,838	1,132
24	45,016	1,876	0,780	43,300	1,804	1,025
25	45,706	1,828	0,689	44,227	1,769	0,927
26	46,314	1,781	0,608	45,064	1,733	0,837
27	46,850	1,735	0,536	45,819	1,697	0,754
28	47,322	1,690	0,472	46,498	1,661	0,679
29	47,737	1,646	0,415	47,108	1,624	0,610
30	48,102	1,603	0,365	47,656	1,589	0,548
31	48,423	1,562	0,320	48,148	1,553	0,492
32	48,704	1,522	0,281	48,589	1,518	0,441
33	48,951	1,483	0,247	48,984	1,484	0,395
34	49,167	1,446	0,216	49,338	1,451	0,354
35	49,357	1,410	0,190	49,655	1,419	0,317
36	49,523	1,376	0,166	49,938	1,387	0,283
37	49,668	1,342	0,146	50,191	1,357	0,253
38	49,796	1,310	0,127	50,418	1,327	0,226
39	49,907	1,280	0,112	50,620	1,298	0,202
40	50,005	1,250	0,098	50,800	1,270	0,181

TABELA 28- PRODUÇÃO (m<sup>3</sup>/ha) E CRESCIMENTO (m<sup>3</sup>/ha/ano) EM VOLUME PARA DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAÇÃO (MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS).

idade (anos)	4444 Prod.	IMA cresc	ICA cresc	3333 Prod.	IMA cresc	ICA cresc	2500 Prod.	IMA cresc	ICA cresc	2000 Prod.	IMA cresc	ICA cresc
1	0,20	0,20		0,04	0,04		0,22	0,22		0,30	0,30	
2	2,65	1,33	2,46	1,09	0,54	1,04	2,90	1,45	2,68	3,51	1,75	3,20
3	10,66	3,55	8,01	5,90	1,97	4,82	11,46	3,82	8,56	12,97	4,32	9,46
4	26,22	6,56	15,56	17,42	4,35	11,52	27,87	6,97	16,42	30,25	7,56	17,28
5	49,46	9,89	23,24	37,06	7,41	19,64	52,20	10,44	24,33	55,04	11,01	24,78
6	79,18	13,20	29,72	64,45	10,74	27,39	83,14	13,86	30,93	85,84	14,31	30,80
7	113,53	16,22	34,34	97,94	13,99	33,49	118,73	16,96	35,59	120,70	17,24	34,87
8	150,50	18,81	36,97	135,34	16,92	37,40	156,92	19,62	38,20	157,69	19,71	36,98
9	188,32	20,92	37,82	174,46	19,38	39,12	195,91	21,77	38,98	195,11	21,68	37,42
10	225,55	22,56	37,23	213,42	21,34	38,97	234,21	23,42	38,31	231,66	23,17	36,55
11	261,13	23,74	35,58	250,82	22,80	37,40	270,78	24,62	36,57	266,40	24,22	34,74
12	294,37	24,53	33,23	285,70	23,81	34,88	304,90	25,41	34,12	298,72	24,89	32,32
13	324,85	24,99	30,48	317,50	24,42	31,80	336,17	25,86	31,27	328,29	25,25	29,57
14	352,40	25,17	27,55	345,97	24,71	28,48	364,42	26,03	28,25	354,98	25,36	26,69
15	377,00	25,13	24,60	371,12	24,74	25,14	389,65	25,98	25,22	378,80	25,25	23,82
16	398,77	24,92	21,76	393,06	24,57	21,94	411,95	25,75	22,31	399,87	24,99	21,07
17	417,87	24,58	19,10	412,03	24,24	18,97	431,53	25,38	19,58	418,38	24,61	18,51
18	434,52	24,14	16,65	428,32	23,80	16,28	448,60	24,92	17,07	434,53	24,14	16,15
19	448,97	23,63	14,44	442,21	23,27	13,89	463,41	24,39	14,81	448,56	23,61	14,03
20	461,44	23,07	12,47	453,99	22,70	11,78	476,20	23,81	12,79	460,69	23,03	12,13
21	472,16	22,48	10,73	463,95	22,09	9,96	487,20	23,20	11,00	471,15	22,44	10,46
22	481,36	21,88	9,20	472,34	21,47	8,39	496,63	22,57	9,44	480,13	21,82	8,98
23	489,23	21,27	7,87	479,38	20,84	7,04	504,70	21,94	8,07	487,83	21,21	7,70
24	495,94	20,66	6,71	485,29	20,22	5,90	511,60	21,32	6,89	494,42	20,60	6,59
25	501,66	20,07	5,72	490,22	19,61	4,94	517,47	20,70	5,87	500,05	20,00	5,63
26	506,53	19,48	4,87	494,34	19,01	4,12	522,47	20,09	5,00	504,84	19,42	4,80
27	510,66	18,91	4,13	497,78	18,44	3,44	526,71	19,51	4,25	508,93	18,85	4,09
28	514,17	18,36	3,51	500,65	17,88	2,86	530,32	18,94	3,61	512,40	18,30	3,48
29	517,14	17,83	2,97	503,03	17,35	2,38	533,37	18,39	3,06	515,36	17,77	2,96
30	519,66	17,32	2,52	505,01	16,83	1,98	535,97	17,87	2,59	517,87	17,26	2,51
31	521,79	16,83	2,13	506,66	16,34	1,65	538,16	17,36	2,19	520,00	16,77	2,13
32	523,60	16,36	1,80	508,03	15,88	1,37	540,02	16,88	1,86	521,81	16,31	1,81
33	525,13	15,91	1,53	509,17	15,43	1,14	541,59	16,41	1,57	523,34	15,86	1,53
34	526,42	15,48	1,29	510,11	15,00	0,94	542,92	15,97	1,33	524,64	15,43	1,30
35	527,51	15,07	1,09	510,90	14,60	0,78	544,05	15,54	1,12	525,75	15,02	1,10
36	528,43	14,68	0,92	511,55	14,21	0,65	545,00	15,14	0,95	526,68	14,63	0,93
37	529,21	14,30	0,78	512,08	13,84	0,54	545,80	14,75	0,80	527,47	14,26	0,79
38	529,87	13,94	0,66	512,53	13,49	0,45	546,48	14,38	0,68	528,14	13,90	0,67
39	530,42	13,60	0,56	512,90	13,15	0,37	547,05	14,03	0,57	528,71	13,56	0,57
40	530,89	13,27	0,47	513,21	12,83	0,31	547,54	13,69	0,48	529,19	13,23	0,48

TABELA 28- CONTINUAÇÃO.

idade (anos)	1666 Prod.	IMA cresc	ICA cresc	1600 Prod.	IMA cresc	ICA cresc	1333 Prod.	IMA cresc	ICA cresc	1111 Prod.	IMA cresc	ICA cresc
1	0,43	0,43		0,17	0,17		0,61	0,61		0,39	0,39	
2	4,11	2,05	3,68	2,59	1,30	2,42	5,10	2,55	4,48	3,67	1,83	3,28
3	13,92	4,64	9,81	10,97	3,66	8,38	16,01	5,34	10,92	12,42	4,14	8,75
4	30,87	7,72	16,95	27,67	6,92	16,70	33,92	8,48	17,91	27,69	6,92	15,27
5	54,44	10,89	23,57	52,84	10,57	25,17	58,06	11,61	24,14	49,23	9,85	21,55
6	83,27	13,88	28,83	84,98	14,16	32,14	87,00	14,50	28,95	76,03	12,67	26,80
7	115,70	16,53	32,43	121,85	17,41	36,86	119,18	17,03	32,17	106,72	15,25	30,69
8	150,10	18,76	34,40	161,09	20,14	39,24	153,08	19,13	33,90	139,88	17,48	33,15
9	185,05	20,56	34,95	200,68	22,30	39,59	187,42	20,82	34,35	174,21	19,36	34,33
10	219,44	21,94	34,39	239,05	23,90	38,37	221,22	22,12	33,79	208,63	20,86	34,42
11	252,44	22,95	33,00	275,11	25,01	36,06	253,71	23,06	32,49	242,29	22,03	33,66
12	283,50	23,62	31,05	308,21	25,68	33,11	284,39	23,70	30,68	274,56	22,88	32,27
13	312,27	24,02	28,77	338,04	26,00	29,83	312,95	24,07	28,56	305,01	23,46	30,45
14	338,58	24,18	26,31	364,52	26,04	26,48	339,22	24,23	26,27	333,37	23,81	28,36
15	362,39	24,16	23,82	387,76	25,85	23,23	363,14	24,21	23,93	359,50	23,97	26,13
16	383,77	23,99	21,37	407,95	25,50	20,19	384,76	24,05	21,62	383,36	23,96	23,86
17	402,81	23,69	19,05	425,36	25,02	17,41	404,17	23,77	19,41	405,00	23,82	21,63
18	419,69	23,32	16,87	440,27	24,46	14,92	421,50	23,42	17,32	424,49	23,58	19,49
19	434,56	22,87	14,87	452,99	23,84	12,71	436,89	22,99	15,39	441,96	23,26	17,47
20	447,62	22,38	13,06	463,78	23,19	10,79	450,51	22,53	13,62	457,54	22,88	15,59
21	459,04	21,86	11,42	472,91	22,52	9,13	462,52	22,02	12,01	471,40	22,45	13,85
22	469,01	21,32	9,96	480,61	21,85	7,70	473,09	21,50	10,56	483,67	21,99	12,27
23	477,68	20,77	8,67	487,09	21,18	6,48	482,35	20,97	9,27	494,52	21,50	10,85
24	485,20	20,22	7,53	492,53	20,52	5,44	490,47	20,44	8,11	504,08	21,00	9,56
25	491,72	19,67	6,52	497,09	19,88	4,56	497,56	19,90	7,09	512,49	20,50	8,41
26	497,37	19,13	5,64	500,90	19,27	3,82	503,75	19,37	6,19	519,87	20,00	7,39
27	502,25	18,60	4,88	504,10	18,67	3,19	509,14	18,86	5,39	526,35	19,49	6,48
28	506,46	18,09	4,21	506,77	18,10	2,67	513,84	18,35	4,69	532,02	19,00	5,67
29	510,09	17,59	3,63	509,00	17,55	2,23	517,92	17,86	4,08	536,98	18,52	4,96
30	513,22	17,11	3,13	510,85	17,03	1,86	521,46	17,38	3,55	541,31	18,04	4,33
31	515,91	16,64	2,69	512,40	16,53	1,55	524,54	16,92	3,08	545,10	17,58	3,78
32	518,23	16,19	2,32	513,70	16,05	1,29	527,22	16,48	2,67	548,40	17,14	3,30
33	520,23	15,76	1,99	514,77	15,60	1,08	529,53	16,05	2,32	551,28	16,71	2,88
34	521,94	15,35	1,72	515,67	15,17	0,90	531,54	15,63	2,01	553,79	16,29	2,51
35	523,42	14,95	1,47	516,42	14,75	0,75	533,28	15,24	1,74	555,98	15,89	2,19
36	524,68	14,57	1,27	517,04	14,36	0,62	534,79	14,86	1,51	557,88	15,50	1,90
37	525,77	14,21	1,09	517,56	13,99	0,52	536,10	14,49	1,31	559,54	15,12	1,66
38	526,71	13,86	0,93	517,99	13,63	0,43	537,23	14,14	1,13	560,98	14,76	1,44
39	527,51	13,53	0,80	518,35	13,29	0,36	538,21	13,80	0,98	562,23	14,42	1,25
40	528,20	13,20	0,69	518,65	12,97	0,30	539,06	13,48	0,85	563,32	14,08	1,09

TABELA 28- CONTINUAÇÃO.

idade (anos)	816 Prod.	IMA cresc	ICA cresc	625 Prod.	IMA cresc	ICA cresc
1	0,19	0,19		0,11	0,11	
2	2,20	1,10	2,01	1,36	0,68	1,25
3	8,27	2,76	6,07	5,44	1,81	4,08
4	19,73	4,93	11,46	13,62	3,41	8,18
5	36,82	7,36	17,09	26,46	5,29	12,84
6	58,97	9,83	22,15	43,85	7,31	17,39
7	85,15	12,16	26,18	65,24	9,32	21,39
8	114,15	14,27	29,00	89,81	11,23	24,57
9	144,77	16,09	30,63	116,66	12,96	26,85
10	175,98	17,60	31,21	144,89	14,49	28,23
11	206,91	18,81	30,92	173,71	15,79	28,82
12	236,88	19,74	29,97	202,43	16,87	28,73
13	265,41	20,42	28,53	230,52	17,73	28,09
14	292,19	20,87	26,78	257,56	18,40	27,04
15	317,02	21,13	24,83	283,24	18,88	25,69
16	339,81	21,24	22,80	307,38	19,21	24,14
17	360,57	21,21	20,76	329,86	19,40	22,48
18	379,34	21,07	18,77	350,62	19,48	20,77
19	396,21	20,85	16,87	369,68	19,46	19,06
20	411,31	20,57	15,09	387,08	19,35	17,40
21	424,75	20,23	13,45	402,88	19,18	15,80
22	436,69	19,85	11,93	417,17	18,96	14,29
23	447,25	19,45	10,56	430,06	18,70	12,88
24	456,57	19,02	9,32	441,63	18,40	11,57
25	464,77	18,59	8,21	452,00	18,08	10,37
26	471,98	18,15	7,21	461,27	17,74	9,27
27	478,31	17,72	6,33	469,53	17,39	8,27
28	483,86	17,28	5,54	476,90	17,03	7,36
29	488,71	16,85	4,85	483,44	16,67	6,55
30	492,95	16,43	4,24	489,26	16,31	5,81
31	496,65	16,02	3,70	494,41	15,95	5,16
32	499,88	15,62	3,23	498,98	15,59	4,57
33	502,70	15,23	2,82	503,02	15,24	4,04
34	505,15	14,86	2,45	506,60	14,90	3,58
35	507,29	14,49	2,14	509,76	14,56	3,16
36	509,15	14,14	1,86	512,55	14,24	2,79
37	510,77	13,80	1,62	515,01	13,92	2,46
38	512,18	13,48	1,41	517,19	13,61	2,17
39	513,40	13,16	1,23	519,11	13,31	1,92
40	514,47	12,86	1,07	520,80	13,02	1,69

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AHRENS, S. A seleção simultânea do ótimo regime de desbastes e da idade de rotação, para povoamentos de *Pinus taeda* L., através de um modelo de programação dinâmica. Curitiba, 1992. 189 f. Tese. (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 2 ALDER, D. Forest volume estimation and yield prediction. Rome: FAO, 1980. v. 2, 194 p.
- 3 ASSMANN, E. The principles of forest yield study. Oxford: Pergamon Press, 1970, 506 p.
- 4 BLANCO JORGE, L. A. Equação de relação hipsométrica para povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm na Floresta Nacional de Três Barras, SC. Brasil Florestal, Brasília, v. 56, p. 41-47, 1983.
- 5 BUCHMAN, R. G. ; PEDERSON, S. P. ; WALTERS, N. R. A tree survival model with application to species of the Great Lakes region. Can. J. For. Res., Ottawa, v.13, p. 601-608, 1983.
- 6 BUFORD, M. A. ; HAFLEY, W. L. Probability distributions as models for mortality. For. Sci., Bethesda, v. 31, p. 331-341, 1985.
- 7 BUCKMAN, R. E. Growth and yield of red pine in Minnesota. USDA. Technical Bulletin, Washington, n. 1272, p. 1-50, 1962.
- 8 BURGER, D. Ordenamento florestal I: a produção florestal. 4. ed. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. 1980. 124 p.
- 9 CAMPOS, J. C. C. Análise do crescimento e da produção em plantações desbastadas. Árvore, Viçosa, v. 4, n. 2, p. 157-169, 1980.
- 10 CHAPMAN, D. G. Statistical problems in population dynamics. In: BERKELEY SYMPOSIUM ON MATHEMATICAL STATISTICS AND PROBABILITY (4.: 1961: Univ. Calif. Press, Berkeley and Los Angeles). Proceedings of Fourth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. Univ. Calif. Press, Berkeley and Los Angeles, 1961. p. 153-158.

- 11 CLUTTER, J. L. Compatible growth and yield models for loblolly pine. Forest Science, Bethesda, v. 9, n. 3, p. 354-371, 1963.
- 12 CLUTTER, J.L. ; JONES JR., E. P. Prediction of growth after thinning in old field slash pine plantations. Research Paper. SE. USDA. Forest Service, Asheville, n. 217, p. 1-14, 1980.
- 13 CRECHI, E. H. ; FRIEDL, R. A. ; FERNÁNDEZ, R. A. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. PARTE III: Volúmenes de la masa. In: JORNADAS TÉCNICAS, INVENTARIOS MODELOS DE PRODUCCIÓN Y CRECIMIENTO FORESTALES (6.:1991: Eldorado ). Acta. Eldorado: Facultad de Ciencias Forestales, 1991. p. 306-320.
- 14 CRECHI, E. H. ; FRIEDL, R. A. ; FERNÁNDEZ, R. A. Evolución de la relación hipsométrica en función de la edad para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Yvyrareta, Eldorado, n.3, p. 86-92, 1992.
- 15 CURTIS, R. O. Height - Diameter and Height - Diameter - Age Equations For Second - Growth Douglas-Fir. Forest Science, Bethesda, v.13, n. 4, p. 365-375, 1967.
- 16 DANIEL, P. W. ; HELMS, V. E. ; BAKER, F. S. Principios de Silvicultura. México: Mc-Graw Hill. 1982. 492 p.
- 17 DE HOOGH, R. J.; DIETRICH, A. B.; AHRENS, S. Classificação de sítio, tabelas de volume e de produção para povoamentos artificiais de *Araucaria angustifolia*. Brasil Florestal. Brasilia, v. 9, n. 36, p. 58-82, 1978.
- 18 DELL, T. R. et al. Yields of unthinned slash pine plantations on cutover sites in the West Gulf region. RES. PAP. SO. USDA. For. Serv., New Orleans, n. 147, p. 1-84, 1979.
- 19 DRAPER, N. R. ; SMITH, H. Applied Regression Analysis. 2. ed. New York: John Wiley, 1981. 709 p.
- 20 FAHLER, J. C. ; DI LUCCA, C. M. Tabla de Producción de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. I) Datos preliminares para 10 densidades. Edad 8 años. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF GENUS ARAUCARIA (1.: 1979: Curitiba ). Forestry problems of the genus Araucaria. Curitiba: FUPEF, 1980. p. 339-346.

- 21 FAHLER, J. C. et al. Comportamiento de 10 diferentes densidades de plantación inicial en *Pinus taeda* L. a los 8 años de edad en suelos del Complejo 9 (C.A.R.T.A.) en la Provincia de Misiones. Informe Técnico, INTA, Misiones, n. 46, p. 1-14, 1986.
- 22 FASSOLA, H. E. ; BRANDAN, S. Diagrama preliminar de manejo de la densidad para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., en Misiones (Argentina). In: JORNADAS TÉCNICAS, INVENTARIOS MODELOS DE PRODUCCIÓN Y CRECIMIENTO FORESTALES (6.:1991: Eldorado). Acta. Eldorado: Facultad de Ciencias Forestales, 1991. p. 330-335.
- 24 FERNÁNDEZ, R. A.; CRECHI, E. H.; FRIEDL, R. A. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. PARTE II: número de árboles, mortandad, área basal y altura dominante. In: JORNADAS TÉCNICAS, INVENTARIOS MODELOS DE PRODUCCIÓN Y CRECIMIENTO FORESTALES (6.:1991: Eldorado). Acta. Eldorado: Facultad de Ciencias Forestales, 1991. p. 291-305.
- 23 FERNÁNDEZ, R. A. ; CRECHI, E. H. ; FRIEDL, R. A. Evaluación del comportamiento de la altura dominante como medida de la calidad de sitio para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Interciencia. Mérida, v.19, n.6, p.343-346, 1994.
- 25 FIGUEIREDO FILHO, A. Estudos de modelos matemáticos para estimar o volume por unidade de área em uma floresta tropical úmida na Amazônia Brasileira. Curitiba, 1983. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 26 FIGUEIREDO FILHO, A. Influência da resinagem no crescimento de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* e sua avaliação econômica. Curitiba, 1991. 138 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 27 FRIEDL, R. A. ; FERNÁNDEZ, R. A. ; CRECHI, E. H. Estudio del comportamiento de la función altura - edad en la evaluación de la calidad de sitio para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Yviraretá, Eldorado, v. 2, p. 42-50, 1991a.
- 28 FRIEDL, R. A. ; FERNÁNDEZ, R. A. ; CRECHI, E. H. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Parte I: Dimensiones del árbol medio. In: JORNADAS TÉCNICAS, INVENTARIOS-MODELOS DE PRODUCCIÓN Y CRECIMIENTO FORESTALES (6.:1991: Eldorado). Acta. Eldorado: Facultad de Ciencias Forestales, 1991b. p. 277-290.

- 29 GOLFARI, L. Regiones potencialmente aptas para plantaciones de *Pinus* y otras coníferas en América Latina. IDIA Suplemento Forestal, Buenos Aires, v. 2, p. 19-48, 1965.
- 30 HARMS, W. R. An empirical function for predicting survival over a wide range of densities. Gen. Tech. Rep. SE. USDA. For. Service, Asheville, n. 24, p. 334-337, 1983.
- 31 HUANG, S. ; TITUS, S. J ; WIENS, D. P. Comparison of nonlinear height - diameter functions for major Alberta tree species. Can. J. For. Res., Ottawa, v. 22, p. 1297-1304, 1992.
- 32 LARSON, P. R. Stem form development of forest trees. For. Sci. Monogr., Bethesda, n. 5, p. 1-42, 1963.
- 33 LOETSCH, F. ; ZÖHRER, F. ; HALLER, K. E. Forest inventory. München: BLV. Verlagsgesellschaft, 1973. v.2, 469 p.
- 34 MACHADO, S. A. Studies in growth and yield estimation for *Pinus taeda* L. plantations in the State of Paraná-Brazil. 1978. 170 f. Dissertation. ( Doctor of Philosophy). University of Washington.
- 35 MACHADO, S. A. Estimativa de sobrevivência de *Pinus taeda* L. em plantios homogêneos. Floresta, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 73-75, 1979.
- 36 MACHADO, S. A. The use of a flexible biological model for basal area growth and yield studies of *Pinus taeda* L.. In: IUFRO. Forest Research Inventory, Growth Models Management Planning and Remot Sensing. Fukuoka, Japan, p. 75-91, 1981.
- 37 MANCINI, L.; SANESI, G.; LASERRE, S. Informe Edafológico de la Provincia de Misiones. Misiones: I.N.T.A - Gobierno de la Provincia de Misiones. 1964. 102 p.
- 38 MARIOT, V. ; DE DIO, A. Tabla local de volumen para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. en montes implantados en la Provincia de Misiones. In: JORNADAS TECNICAS SOBRE BOSQUES IMPLANTADOS EN EL NOROESTE ARGENTINO (1: 1982: Eldorado). Actas. Eldorado: 1982. p. 25-41.
- 39 MARSH, E. K. ; BURGERS, T. F. 1973. The Response of Even-aged Pine Stands to thinning. Forestry in S. Africa, Pretoria, v.14, p. 103-111, 1973.



- 40 MURPHY, P. A.; STERNITZKE, H. S. Growth and yield estimation for loblolly pine in the West Gulf. Res. Pap. SO. USDA. For. Serv., New Orleans, n. 154, p. 1-8, 1979.
- 41 MURPHY, P. A.; BELTZ, R. C. Growth and yield of shortleaf pine in the West Gulf Region. Res. Pap. SO. USDA. For. Serv., New Orleans, n. 169, p. 1- 15, 1981.
- 42 MURPHY, P. A. Merchantable and sawtimber volumes for natural even-aged stands of loblolly pine in the West Gulf Region. Res. Pap. SO. USDA. For.Serv., New Orleans, n. 194, p. 1-38, 1983.
- 43 MURPHY, P. A. A nonlinear timber yield equation system for loblolly pine. Forest Science, Bethesda, v. 29, p. 582 - 591, 1983.
- 44 PARRESOL, B. R. Baldcypress height-diameter equations and their prediction confidence intervals. Can. J. For. Res., Ottawa, v. 22, p. 1429-34, 1992.
- 45 PIENAAR, L. V. Quantitative theory of forest growth. Washington, 1965. 176 f. Thesis (Doctor of Philosophy). University of Washington.
- 46 PIENAAR, L. V. ; TURNBULL, K. J. The Chapman-Richards generalization of Von Bertalanffy's growth model for basal area growth and yield in even-aged stands. For. Sci., Bethesda, v. 19, n. 1, p. 2 - 22, 1973.
- 47 PUJATO, J. ; MARLATZ, R. M. Datos de crecimiento y producción de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. a los 9 años de edad para 10 espaciamientos iniciales diferentes. In: CONGRESO DE ATIPCA (19.:1983: Buenos Aires). Informe Preliminar. Buenos Aires, 1983. p. 25-41.
- 48 RICHARDS, F. J. A flexible growth function for empirical use. Journal of Experimental Botany, London, v.10, n. 29, p. 290-300, 1959.
- 49 REUKEMA, D. L. ; BRUCE. D. Effects of thinnings on yield of Douglas fir. USDA. Forest Serv. - Pacific Northwest Forest and Range Experimental Station. General Technical Report. PNW. USDA. For. Serv., Portland, n. 58, p. 36, 1977.
- 50 SANQUETTA, C. R. Predição da sobrevivência em reflorestamentos de *Pinus elliottii* Engelm. Curitiba, 1990. 81 f. Dissertação ( Mestrado em Engenharia Florestal ) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

- 51 SCHÖNAU, A. P. G. Effect of site quality and initial stocking density on average diameter in black wattle plantations in Kenya. Forest Sci., Bethesda, v. 21, p. 2-9, 1975.
- 52 SCOLFORO, J. R. S. ; GLADE J. E. Modelos de crescimento e produção. Tópico especial. Curitiba ( Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1987. 116 p.
- 53 SCOLFORO, J. R. S. ; MACHADO, S. A. Curvas de índice de sítio para *Pinus elliottii* no Estado do Paraná e Santa Catarina. Floresta, Curitiba, v.18, n.1-2, p. 140-158, 1988a.
- 54 SCOLFORO, J. R. S. ; MACHADO, S. A. Curvas de índice de sítio para *Pinus taeda* no Estado do Paraná e Santa Catarina. Floresta, Curitiba, v.18, n.1-2, p. 159-173, 1988b.
- 55 SCOLFORO, J. R. S. Sistema integrado para predição e análise presente e futura do crescimento e produção, com otimização de remuneração de capitais para *Pinus caribaea*. Curitiba, 1990. 290 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 56 SMALLEY, G. W. ; BAILEY, R. L. Yield tables and stand structure for loblolly pine plantations in Tennessee, Alabama and Georgia highlands. Res. Pap. SO. USDA. For. Serv., New Orleans, n. 96, p. 1-81, 1974.
- 57 SOIL SURVEY STAFF. Soil taxonomy. Washington, 1975. 754 p. (Handbook; n. 436).
- 58 SOIL SURVEY STAFF. Keys to soil taxonomy. Washington, 1987. (SMSS Technical Monogr., n. 6).
- 59 SOMERS, G. L. et al. Predicting mortality with a Weibull distribution. For. Sci., Bethesda, v. 26, p. 291-300, 1980.
- 60 SOMERS, G. L. ; FARRAR, JR. R. M. Biomathematical growth equations for natural longleaf pine stands. Forest Science, Bethesda, v. 37, n. 1, p. 227-244, 1991.
- 61 SPELTZ, R. M. ; ROMERO MONTEIRO, R. F. ; CORDEIRO, J. A. Ensaio de espaçamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF GENUS ARAUCARIA (1: 1979: Curitiba). Forestry problems of the genus Araucaria. Curitiba: FUPEF, 1980. p 222-230.

- 62 SPURR, S. H. Forest inventory. New York: The Ronald Press, 1952. 476 p.
- 63 STAGE, A. R. Prediction of height increment for models of forest growth. Res. Pap. (INT). USDA. For. Serv., Ogden, n. 164, p. 1-20, 1975.
- 64 SULLIVAN, A. D. ; CLUTTER, J. L. A simultaneous growth and yield model for loblolly pine. Forest Science, Bethesda, v. 18, n.1, p. 76-86, 1972.
- 65 TREVIZOL JÚNIOR, T. L. Análise de um modelo compatível de crescimento e produção em plantações de Eucalyptus grandis (W. Hill ex Maiden). Viçosa, 1985. 74 f. Tese Magister Scientiae) - Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa.