

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**DENSIDADE E INCREMENTO DIAMÉTRICO DE
ÁRVORES INDIVIDUAIS DA FLORESTA
OMBRÓFILA MISTA**

TESE DE DOUTORADO

Tatiane Chassot

Santa Maria, RS, Brasil

2013

**DENSIDADE E INCREMENTO DIAMÉTRICO DE ÁRVORES
INDIVIDUAIS DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA**

Tatiane Chassot

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Engenharia Florestal.**

Orientador: Frederico Dimas Fleig

Santa Maria, RS, Brasil

2013

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Chassot, Tatiane

Densidade e incremento diamétrico de árvores individuais da Floresta Ombrófila Mista / Tatiane Chassot.-2013.

142 p.; 30cm

Orientador: Frederico Dimas Fleig

Coorientadores: César Augusto Guimarães Finger, Solon Jonas Longhi

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2013

1. Engenharia Florestal 2. Manejo Florestal 3. Florestas nativas 4. Árvores individuais 5. Incremento I. Fleig, Frederico Dimas II. Guimarães Finger, César Augusto III. Longhi, Solon Jonas IV. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada
aprova a Tese de Doutorado**

**DENSIDADE E INCREMENTO DIAMÉTRICO DE ÁRVORES
INDIVIDUAIS DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA**

Elaborada por
Tatiane Chassot

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

Frederico Dimas Fleig, Dr.
(Presidente/Orientador)

Afonso Figueiredo Filho, Dr. (UNICENTRO)

Evandro Zanini Righi, Dr. (UFSM)

Paulo Renato Schneider, Dr. (UFSM)

Jorge Antônio de Farias, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 23 de julho de 2013.

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria

DENSIDADE E INCREMENTO DIAMÉTRICO DE ÁRVORES INDIVIDUAIS DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

AUTORA: TATIANE CHASSOT

ORIENTADOR: FREDERICO DIMAS FLEIG

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 23 de julho de 2013

Este trabalho teve como objetivo fornecer respostas sobre o crescimento em diâmetro para árvores individuais de diferentes estratos da Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, no nordeste do Rio Grande do Sul, bem como, apresentar metodologias de determinação da densidade considerando métodos de amostragem angular. Para tanto, foram utilizadas remedições de 8 anos de 262 indivíduos de *Araucaria angustifolia*, 111 indivíduos de *Blepharocalix salicifolius*, 115 indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana* e 154 indivíduos de *Casearia decandra*, amostradas nas parcelas permanentes do Projeto PELD – CNPq. Utilizando métodos de contagem angular, foi determinada a densidade pontual, em área basal e número de árvores por hectare, em cada ponto de localização das espécies estudadas e avaliada a sua influência sobre o crescimento desses indivíduos. Procedeu-se a uma análise detalhada das características dimensionais e de concorrência de cada uma das espécies. Utilizando análise de correlação, covariância e regressão, foram ajustados modelos de incremento, estratificados em função da variável de maior correlação com o incremento em diâmetro. Foi utilizado o incremento periódico anual, calculado com base no incremento em diâmetro dos indivíduos no período analisado. De maneira geral, a densidade pontual mostrou efeito sobre o incremento em diâmetro. A metodologia para o cálculo do número de árvores por hectare mais correlacionada com o incremento em diâmetro foi a de Linares e Zagoya. Os modelos resultaram em boas estimativas do incremento, no entanto, apresentaram resíduos com forte tendência. A ineficiência dos modelos pode ser atribuída a pouca distinção entre as variáveis em cada uma das estratificações. Para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* e *Blepharocalix salicifolius* foi possível a estratificação dos indivíduos por classe de diâmetro. Já para a *Cryptocaria aschersoniana* e *Casearia decandra*, realizou-se uma estratificação por tendência de valorização. Para cada espécie, em cada uma das estratificações, diferentes variáveis exerceram efeito sobre o incremento em diâmetro sendo a altura total, uma variável de influência sobre o crescimento de todos os indivíduos estudados. As características de local das espécies não mostraram distinções explicativas do incremento.

Palavras – chave: crescimento, florestas nativas, competição

ABSTRACT

Tese de doutorado
Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria

DENSITY AND DIAMETER INCREMENT OF INDIVIDUAL TREES IN MIXED OMBROPHYLOUS FOREST

AUTHOR: TATIANE CHASSOT

ADVISOR: FREDERICO DIMAS FLEIG

Place and Date of Defense: Santa Maria, July 23th, 2013

This study aimed to provide answers about the diameter growth for individual trees of different layers of the Mixed Ombrophylous Forest of São Francisco de Paula, in northeastern Rio Grande do Sul, as well as present methods of determining the density considering angular sampling methods. Therefore, were used 8 years remeasurements of 262 *Araucaria angustifolia* individuals, 111 *Blepharocalix salicifolius* individuals, 115 *Cryptocaria aschersoniana* individuals and 154 *Casearia decandra* individuals, sampled in the permanent plots of the Project PELD – CNPq. Using angular counting methods, the density point was determined, in basal area and number of trees per hectare, in each location point of the studied species and evaluated its influence on the growth of these individuals. Proceeded a detailed analysis of the dimensional characteristics and competition for each species. Using correlation analysis, covariance and regression, increment models were adjusted, stratified by the highest correlation with the diameter increment. Was used the annual periodic increment, calculated based on the diameter increment of the individuals in the analyzed period. Generally, the point density showed a significant effect on the increment in diameter. The methodology for calculating the number of trees per hectare more correlated with the increase in diameter was Linares and Zagoya. Models resulted in good estimates of the increase, however, showed wastes with a strong tendency. The inefficiency of models can be attributed to the little distinction between the variables in each of the stratifications. For individuals of *Araucaria angustifolia* and *Blepharocalix salicifolius* was possible to stratify the individuals by diameter class. As for the *Cryptocaria aschersoniana* and *Casearia decandra*, there was a value tendency stratification. For each species at each of the stratifications, different variables had an effect on the increment of diameter with total height, a variable influence on the growth of all individuals studied. The site features of the species showed no explanatory distinctions of the increment.

Key - words: growth, native forests, competition

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui da localização do município de São Francisco de Paula.	37
Figura 2 - Esquema das unidades amostrais do PELD na Floresta Nacional de São Francisco de Paula - RS.	41
Figura 3 – Recorte de um fragmento do croqui de localização das árvores nas unidades amostrais do PELD/CPNq, por meio do software Spring 5.1.6.	42
Figura 4 - Determinação das árvores competidoras em relação a uma árvore central, de acordo com a metodologia proposta por Prodan (1965).	45
Figura 5 - Padrões de estabilização da área basal observada nos pontos de localização das araucárias centrais.....	52
Figura 6 - Número de árvores por hectare em cada um dos pontos de localização de araucária central, calculados a partir da densidade pontual de Spurr.....	53
Figura 7 - Curva de distribuição dos dados de N em relação ao dg para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> , para N calculado a partir de Bitterlich.	54
Figura 8 - Curva de distribuição dos dados de N em relação ao dg para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> , para N calculado a partir de Prodan.	55
Figura 9 - Curva de distribuição dos dados de N em relação ao dap para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> , para N calculado a partir de Linares e Zagoya.....	56
Figura 10 – Distribuição de frequência por classes de diâmetro dos indivíduos arbóreos da Floresta Ombrófila Mista.	56
Figura 11 - Linha de máxima densidade para N calculado a partir de Bitterlich para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i>	58
Figura 12 - Linha de máxima densidade para N calculado a partir de Prodan para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i>	58
Figura 13 - Linha de máxima densidade para N calculado a partir de Linares e Zagoya para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i>	58
Figura 14 - Valores da densidade pontual de Spurr em relação aos valores da densidade de Bitterlich para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i>	61
Figura 15 - Número de árvores por hectare em cada um dos pontos de localização de araucária central, calculados a partir da densidade de Bitterlich.	62
Figura 16 - Curva de distribuição dos dados de N em relação ao dg para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> , para N calculado a partir de Bitterlich.	63

Figura 17 - Curva de distribuição dos dados de N em relação ao dg para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> , para N calculado a partir de Prodan.	64
Figura 18 - Curva de distribuição dos dados de N em relação ao dap para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> , para N calculado a partir de Linares e Zagoya.	64
Figura 19 - Linha de máxima densidade para N calculado a partir de Bitterlich para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i>	67
Figura 20 - Linha de máxima densidade para N calculado a partir de Prodan para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i>	67
Figura 21 - Linha de máxima densidade para N calculado a partir de Linares e Zagoya para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i>	67
Figura 22 – Incremento em diâmetro de <i>Araucaria angustifolia</i> de acordo com a quantidade de área basal das araucárias concorrentes.	69
Figura 23 - Valores da densidade pontual de Spurr em relação aos valores da densidade de Bitterlich para indivíduos de <i>Blepharocalix salicifolius</i>	70
Figura 24 - Número de árvores, calculado a partir da metodologia de Linares e Zagoya, de acordo com a densidade pontual de Spurr e a densidade de Bitterlich para indivíduos de <i>Blepharocalix salicifolius</i>	71
Figura 25 - Valores da densidade pontual de Spurr em relação aos valores da densidade de Bitterlich para indivíduos de <i>Cryptocaria aschersoniana</i>	72
Figura 26 - Número de árvores, calculado a partir da metodologia de Linares e Zagoya, de acordo com a densidade pontual de Spurr e a densidade de Bitterlich para indivíduos de <i>Cryptocaria aschersoniana</i>	73
Figura 27 - Valores da densidade pontual de Spurr em relação aos valores da densidade de Bitterlich para indivíduos de <i>Casearia decandra</i>	74
Figura 28 - Número de árvores, calculado a partir da metodologia de Linares e Zagoya, de acordo com a densidade pontual de Spurr e a densidade de Bitterlich para indivíduos de <i>Casearia decandra</i>	75
Figura 29 – Valores de altura dos indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> em relação às classes de diâmetro.	81
Figura 30 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> com diâmetro menor que 20 cm.	82
Figura 31 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a altura para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> com diâmetro menor que 20 cm.	83
Figura 32 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a porcentagem de	

araucárias concorrentes para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de diâmetro 1.	85
Figura 33 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> com diâmetro entre 20 e 30 cm.	87
Figura 34 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a altura para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> com diâmetro entre 20 e 30 cm.	88
Figura 35 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a porcentagem de araucárias concorrentes para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de diâmetro 2.	89
Figura 36 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> das classes de diâmetro 3, 4, 5, 6, 7 e 8.....	91
Figura 37 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a altura para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> das classes de diâmetro 3, 4, 5, 6, 7 e 8.....	92
Figura 38 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a porcentagem de araucárias concorrentes para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de diâmetro 3.	94
Figura 39 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a porcentagem de araucárias concorrentes para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de diâmetro 4.	96
Figura 40 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a porcentagem de araucárias concorrentes para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de diâmetro 5.	98
Figura 41 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a porcentagem de araucárias concorrentes para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de diâmetro 6.	100
Figura 42 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a porcentagem de araucárias concorrentes para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de diâmetro 7.	102
Figura 43 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a porcentagem de araucárias concorrentes para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de diâmetro 8.	104
Figura 44 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap para os indivíduos de <i>Blepharocalix salicifolius</i> da classe de dap 1.	110
Figura 45 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a altura para os indivíduos	

de <i>Blepharocalix salicifolius</i> com diâmetro menor que 20 cm.....	111
Figura 46 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap para os indivíduos de <i>Blepharocalix salicifolius</i> da classe de diâmetro 2.	112
Figura 47 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a altura para os indivíduos de <i>Blepharocalix salicifolius</i> da classe de diâmetro 2.	113
Figura 48 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap para os indivíduos de <i>Blepharocalix salicifolius</i> da classe de diâmetro 3.	114
Figura 49 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a altura para os indivíduos de <i>Blepharocalix salicifolius</i> da classe de diâmetro 3.	115
Figura 50 - Distribuição dos incrementos em diâmetro dos indivíduos de <i>Cryptocaria aschersoniana</i> em função da tendência de valorização de cada indivíduo.....	118
Figura 51 – Distribuição dos valores de incrementos em diâmetro em relação à altura dos indivíduos de <i>Cryptocaria aschersoniana</i> classificados de acordo com a tendência de valorização.	120
Figura 52 - Distribuição dos incrementos em diâmetro dos indivíduos de <i>Casearia decandra</i> em função da tendência de valorização de cada indivíduo.	123
Figura 53 – Distribuição dos valores de incremento em diâmetro em relação à densidade de Bitterlich dos indivíduos de <i>Casearia decandra</i> classificados de acordo com a tendência de valorização.	125
Figura 54 - Distribuição dos valores de incremento em diâmetro em relação ao diâmetro dos indivíduos de <i>Casearia decandra</i> classificados de acordo com a tendência de valorização.	125
Figura 55 - Distribuição dos valores de incremento em diâmetro em relação à relação hd dos indivíduos de <i>Casearia decandra</i> classificados de acordo com a tendência de valorização.	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização geral das unidades amostrais utilizadas	38
Tabela 2 - Número de árvores circundantes selecionadas como concorrentes de acordo com a variação do FAB em 6 pontos de localização das araucárias centrais.....	51
Tabela 3 - Equações de máxima densidade para densidade pontual de Spurr e três formas de cálculo do número de árvores para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i>	57
Tabela 4 - Equações de máxima densidade para densidade de Bitterlich e três formas de cálculo do número de árvores para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i>	66
Tabela 5 - Correlação de Pearson do número de árvores e porcentagem do máximo N sobre o incremento em diâmetro para <i>Araucaria angustifolia</i>	68
Tabela 6 - Correlações de Pearson das variáveis com o incremento diamétrico de árvores individuais de <i>Araucaria angustifolia</i>	76
Tabela 7 - Classes de diâmetro para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i>	77
Tabela 8 - Análise de covariância da função $inc = dap + classedap*dap$ para classes de diâmetro para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i>	78
Tabela 9 - Análise de covariância da função $inc = dap + classedap$ para classes de diâmetro para os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i>	79
Tabela 10 - Características das parcelas de localização das árvores individuais de <i>Araucaria angustifolia</i>	83
Tabela 11 - Parcelas de localização dos indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de dap 1.	86
Tabela 12 - Parcelas de localização dos indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de dap 2.	90
Tabela 13 - Parcelas de localização dos indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de dap 3.	93
Tabela 14 - Parcelas de localização dos indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de dap 4.	97
Tabela 15 - Parcelas de localização dos indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de dap 5.	99
Tabela 16 - Parcelas de localização dos indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de dap 6.	101
Tabela 17 - Parcelas de localização dos indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de dap	

7.....	103
Tabela 18 - Parcelas de localização dos indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> da classe de dap	
8.....	105
Tabela 19 - Correlações de Pearson das variáveis com o incremento diamétrico de <i>Blepharocalix salicifolius</i> .	106
Tabela 20 - Classes de diâmetro para os indivíduos de <i>Blepharocalix salicifolius</i> .	107
Tabela 21 - Análise de covariância da função $inc = dap + classedap*dap$ para classes de diâmetro para os indivíduos de <i>Blepharocalix salicifolius</i> .	108
Tabela 22 - Análise de covariância da função $inc = dap + classedap$ para classes de diâmetro para os indivíduos de <i>Blepharocalix salicifolius</i> .	109
Tabela 23 - Parcelas de localização dos indivíduos de <i>Blepharocalix salicifolius</i> da classe de dap 1.	111
Tabela 24 - Parcelas de localização dos indivíduos de <i>Blepharocalix salicifolius</i> da classe de dap 2.	113
Tabela 25 - Parcelas de localização dos indivíduos de <i>Blepharocalix salicifolius</i> da classe de dap 3.	115
Tabela 26 - Correlações de Pearson das variáveis com o incremento diamétrico de <i>Cryptocaria aschersoniana</i> .	116
Tabela 27 - Número de indivíduos de <i>Cryptocaria aschersoniana</i> classificados por tendência de valorização.	117
Tabela 28 - Análise de covariância da função $inc = h + TV*h$ para indivíduos de <i>Cryptocaria aschersoniana</i> .	119
Tabela 29 - Incremento médio dos indivíduos de <i>Cryptocaria aschersoniana</i> classificados por tendência de valorização.	120
Tabela 30 – Parcelas de localização dos indivíduos de <i>Cryptocaria aschersoniana</i> .	121
Tabela 31 - Correlações de Pearson das variáveis com o incremento diamétrico de <i>Casearia decandra</i> .	122
Tabela 32 – Número de indivíduos de <i>Casearia decandra</i> classificados por tendência de valorização.	123
Tabela 33 - Análise de covariância da função $inc = GBitterlich + TV*GBitterlich$ para os indivíduos de <i>Casearia decandra</i> .	124
Tabela 34 – Parcelas de localização dos indivíduos de <i>Casearia decandra</i> .	126

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACA – amostra de contagem angular

B – coeficientes de cada classe de diâmetro

B N Lin e Zag – número de árvores calculado a partir da metodologia de Linares e Zagoya, com base da densidade de Bitterlich

CAP – circunferência à altura do peito

CC – classe de copa

DAP – diâmetro à altura do peito

dg – diâmetro da árvore de área basal média

F – valor de F calculado para a variável dependente (significância do modelo)

FAB – fator de área basal

G – área basal

gi – área basal da árvore (indivíduo)

Gpontual – densidade pontual

h – altura da árvore

hd – relação altura/diâmetro

inc – incremento periódico anual em diâmetro

L – distância entre a árvore central e a árvore circundante

N – número de árvores por hectare

n – número de árvores concorrentes

Nm – número máximo de árvores

PS – posição sociológica

R² - coeficiente de determinação

R²ajustado - coeficiente de determinação ajustado

Sig – significância do modelo ou coeficiente

S N Lin e Zag – número de árvores calculado a partir da metodologia de Linares e Zagoya, com base da densidade de Spurr

Syx% - erro padrão da estimativa em porcentagem

t - valor de t calculado para o coeficiente

TV – tendência de valorização

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 OBJETIVOS	25
2.1 Objetivo geral.....	25
2.2 Objetivos específicos.....	25
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
3.1 Florestas nativas e modelagem do crescimento de árvores individuais.....	27
3.2 Determinação da densidade em florestas nativas	33
4 MATERIAIS E MÉTODOS	37
4.1 Localização e caracterização da área de estudo	37
4.2 Características das espécies	39
4.2.1 <i>Araucaria angustifolia</i>	39
4.2.2 <i>Blepharocalix salicifolius</i>	40
4.2.3 <i>Cryptocaria aschersoniana</i>	40
4.2.4 <i>Casearia decandra</i>	40
4.3 Obtenção dos dados.....	41
4.4 Determinação da densidade pontual de Spurr	42
4.4.1 Densidade pontual (G_{pontual}).....	43
4.5 Determinação da densidade de Bitterlich.....	44
4.6 Determinação do número de árvores por hectare (N).....	44
4.6.1 Determinação do número de árvores de acordo com Bitterlich	44
4.6.2 Determinação do número de árvores de acordo com Prodan	44
4.6.3 Determinação do número de árvores de acordo com Linares e Zagoya.....	46
4.7 Número máximo de árvores.....	46
4.8 Verificação das árvores competidoras quanto à homogeneidade de espécie com a árvore central para indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i>	47
4.9 Influência da dimensão da relação diâmetro/distância (dap/L) das competidoras no crescimento da <i>Araucaria angustifolia</i>	48
4.10 Comparação do diâmetro da araucária central com o diâmetro médio do ponto ...	48
4.11 Incremento diamétrico de árvores individuais de <i>Araucaria angustifolia</i> , <i>Blepharocalix salicifolius</i> , <i>Cryptocaria aschersoniana</i> e <i>Casearia decandra</i>	48
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	51

5.1 Densidade para árvores individuais de <i>Araucaria angustifolia</i>, <i>Blepharocalix salicifolius</i>, <i>Cryptocaria aschersoniana</i> e <i>Casearia decandra</i>	51
5.1.1 Densidade para árvores individuais de <i>Araucaria angustifolia</i>	51
5.1.1.1 Densidade pontual de Spurr	51
5.1.1.1.1 Escolha do Fator de Área Basal (FAB).....	51
5.1.1.1.2 Densidade pontual por hectare (G)	52
5.1.1.1.3 Número de árvores por hectare (N) calculado a partir da densidade pontual de Spurr	52
5.1.1.1.4 Número de árvores (N) relacionados com o diâmetro da árvore de área basal média (dg).....	54
5.1.1.1.5 Linha de máxima densidade.....	57
5.1.1.1.6 Número máximo de árvores	59
5.1.1.2 Densidade de Bitterlich.....	60
5.1.1.2.1 Número de árvores por hectare (N) calculado a partir da densidade de Bitterlich ...	62
5.1.1.2.2 Número de árvores (N) relacionados com o diâmetro da árvore de área basal média (dg).....	63
5.1.1.2.3 Linha de máxima densidade.....	65
5.1.1.2.4 Número máximo de árvores	66
5.1.1.3 Avaliação do N em relação ao número máximo de árvores e sua influência sobre o incremento diamétrico da <i>Araucaria angustifolia</i>	68
5.1.2 Densidade para árvores individuais de <i>Blepharocalix salicifolius</i>	70
5.1.2.1 Densidade pontual.....	70
5.1.2.2 Número de árvores por hectare (N).....	71
5.1.3 Densidade para árvores individuais de <i>Cryptocaria aschersoniana</i>	72
5.1.3.1 Densidade pontual.....	72
5.1.3.2 Número de árvores por hectare (N).....	72
5.1.4 Densidade para árvores individuais de <i>Casearia decandra</i>	73
5.1.4.1. Densidade pontual para <i>Casearia decandra</i>	73
5.1.4.2 Número de árvores por hectare (N).....	74
5.2 Incremento diamétrico para árvores individuais de <i>Araucaria angustifolia</i>, <i>Blepharocalix salicifolius</i>, <i>Cryptocaria aschersoniana</i> e <i>Casearia decandra</i>	75
5.2.1 Incremento diamétrico para árvores individuais de <i>Araucaria angustifolia</i>	75
5.2.1.1 Variáveis de influência no incremento diamétrico da <i>Araucaria angustifolia</i>	75
5.2.1.2 Análise de covariância e regressão para árvores individuais de <i>Araucaria angustifolia</i>	

.....	77
5.2.1.2.1 Classes de diâmetro 1	81
5.2.1.2.2 Classes de diâmetro 2	87
5.2.1.2.3 Demais classes de diâmetro	91
5.2.2 Incremento diamétrico para árvores individuais de <i>Blepharocalix salicifolius</i>	106
5.2.2.1 Variáveis de influência no incremento diamétrico de árvores individuais de <i>Blepharocalix salicifolius</i>	106
5.2.2.2 Análise de covariância e regressão para árvores individuais de <i>Blepharocalix salicifolius</i>	107
5.2.2.2.1 Classe dap 1	110
5.2.2.2.2 Classe dap 2	112
5.2.2.2.3 Classe dap 3	114
5.2.3 Incremento diamétrico para árvores individuais de <i>Cryptocaria aschersoniana</i>	116
5.2.3.1 Variáveis de influência no incremento diamétrico de árvores individuais de <i>Cryptocaria aschersoniana</i>	116
5.2.3.2 Análise de covariância e regressão para árvores individuais de <i>Cryptocaria aschersoniana</i>	117
5.2.4. Incremento diamétrico para árvores individuais de <i>Casearia decandra</i>	121
5.2.4.1 Variáveis de influência no incremento diamétrico de árvores individuais de <i>Casearia decandra</i>	121
5.2.4.2 Análise de covariância e regressão para árvores individuais de <i>Casearia decandra</i>	122
5.2.5 Comparações entre as 4 espécies estudadas	127
6 CONCLUSÕES	129
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
ANEXO A – Modelos de incremento para árvores individuais de <i>Araucaria angustifolia</i>.	137
ANEXO B – Resíduos dos modelos de regressão para árvores individuais de <i>Araucaria angustifolia</i>.	138
ANEXO C – Modelos de incremento para árvores individuais de <i>Blepharocalix salicifolius</i>.	139
ANEXO D – Resíduos dos modelos de regressão para árvores individuais de <i>Blepharocalix salicifolius</i>.	140

ANEXO E – Modelos de incremento para árvores individuais de <i>Casearia decandra</i>.	141
ANEXO F – Resíduos dos modelos de regressão para árvores individuais de <i>Casearia decandra</i>.	142

1 INTRODUÇÃO

A vegetação típica da Floresta Ombrófila Mista, bem como das demais matas nativas do Estado do Rio Grande do Sul, encontra-se, atualmente, em um estágio bastante alterado.

No passado ocorreu uma exploração maciça das espécies de grande valor comercial para a geração de renda ou ocupação das áreas de florestas nativas para a agricultura, pecuária, estabelecimento de populações, entre outras formas de ocupação da terra. Essa retirada da vegetação originalmente estabelecida sem preocupações de reposição visando uma utilização futura da floresta, atualmente resulta em fragmentos irregularmente distribuídos em lavouras ocupadas por culturas agrícolas.

Vegetação florestal original ou regenerações representativas em termos de espécies e dimensões, em geral, somente podem ser vistas em áreas protegidas como parques, reservas e Flonas (Florestas Nacionais).

Apesar de no passado ter havido uma devastação intensa das áreas florestais, atualmente, a figura do homem desbravador e extrativista não existe mais. Percebe-se, atualmente, que este está assumindo um novo papel, tendo-se observado, inclusive, um aumento na área de florestas nativas (Inventário Florestal Contínuo do RS).

Além disso, a condição natural de diversidade de espécies florestais observada no Rio Grande do Sul, aliada a uma boa oportunidade de mercado, deveria servir de estímulo à utilização múltipla da floresta nativa.

A crescente consciência política da necessidade do manejo sustentável das florestas e uma demanda social por uma variedade cada vez maior de novos produtos oriundos da floresta, como a biodiversidade e recreação, faz com que os povoamentos mistos de espécies de múltiplas idades sejam preferíveis (WICHMANN, 1999). Além disso, observou-se um aumento do interesse na utilização de florestas nativas para a revegetação de áreas degradadas e matas ciliares e também para a produção de madeira de uso nobre, valorizando assim a floresta.

Estudos em florestas nativas têm sido intensificados nos últimos anos, procurando-se descrever sua composição florística e estrutura fitossociológica, bem como entender a dinâmica desses ecossistemas inequívocos.

No entanto, percebe-se a falta de informações sobre o crescimento individual das espécies dessas florestas, ou seja, informações relativas ao incremento, densidade, número de árvores que uma determinada área pode suportar, proximidade com outras árvores,

concorrência. Essa falta de informações inerentes ao crescimento das espécies faz com que estudos nessas florestas acabam sendo fracassadas. Estudos em nível de povoamento homogêneo podem ser encontrados mais facilmente.

Em florestas nativas, devido a sua complexidade em número de espécies, com as mais variadas dimensões e distribuição irregular dentro do povoamento, os estudos de crescimento não podem ser realizados com base em valores médios. Faz-se necessário, estudos em nível de árvore individual, o que acarreta em uma demanda maior na quantidade de tempo de coleta, análise e processamento dos dados, motivo pelo qual, estudos dessa magnitude são pouco desenvolvidos.

Estudos em nível de árvore individual devem ser desenvolvidos estudando os vários fatores que influenciam o crescimento das árvores, como disponibilidade de luz, nutrientes, condições de temperatura, precipitação, distribuição espacial das árvores na floresta. A densidade com que as árvores estão distribuídas na floresta, estando elas em aglomerados ou mais espaçadas, determina a competição pelos demais fatores determinantes para o crescimento.

O status competitivo sob o qual uma árvore está submetida pode ser quantificado por meio de determinação da densidade no ponto, em termos de área basal ou em número de árvores por hectare, onde a árvore está situada. Altos valores dessas duas estimativas resultam em um maior stress competitivo sobre a árvore central, dificultando o seu crescimento.

Vários autores propuseram metodologias de quantificar a concorrência, as quais, em sua absoluta totalidade, levam em conta as árvores competidoras. No entanto, não existe uma definição clara de quais as árvores, suas características, a localização espacial e distância em relação à árvore de interesse, que exerce efeito competitivo, ou seja, não há um tamanho de unidade amostral a ser utilizado para a identificação das árvores competidoras.

Nesse sentido, a utilização de metodologias para a determinação do nível de competição que levam em conta um ângulo entre a árvore central e as possíveis competidoras, parece resolver o problema de definição das árvores competidoras.

Dessa forma, com a obtenção de informações quantitativas a respeito do crescimento das árvores de uma floresta nativa e quais seus fatores de influência, tem-se a possibilidade de manejar essas espécies para fins de produção de madeira de qualidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Fornecer respostas sobre a densidade e incremento diamétrico dos indivíduos de *Araucaria angustifolia*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Cryptocaria aschersoniana* e *Caseria decandra*, espécies de diferentes posições sociológicas da Floresta Ombrófila Mista localizada na Floresta Nacional de São Francisco de Paula – RS, como função de suas características dimensionais individuais e da concorrência.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- identificar as variáveis dimensionais e de concorrência que influenciam o crescimento de árvores individuais das espécies estudadas;
- testar duas metodologias de determinação da densidade pontual com base em amostras de contagem angular quanto à capacidade de determinação do nível de competição para indivíduos dessas espécies;
- testar três formas de determinação do número de árvores por hectare (N) capaz de expressar a concorrência sob a qual os indivíduos dessas espécies estão submetidos, como tentativa de explicar o incremento em diâmetro;
- estudar a influência sobre o incremento da relação entre a densidade máxima e a densidade atual no ponto de localização das araucárias centrais;
- formular modelos de incremento diamétrico individual para *Araucaria angustifolia*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Cryptocaria aschersoniana* e *Caseria decandra*.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Florestas nativas e modelagem do crescimento de árvores individuais

As florestas nativas têm como característica a complexidade em sua composição, ou seja, um grande número de espécies com as mais diferentes características silviculturais, ecológicas e tecnológicas (SCOLFORO et al., 1996).

A Floresta Ombrófila Mista, enquadramento fitogeográfico característico da floresta em estudo, é aquela que tem como característica o predomínio da *Araucaria angustifolia*. De acordo com Sanquetta (2005), a Floresta de Araucária não abriga apenas a sua espécie típica, mas muitas outras que juntas formam comunidades interativas e diferenciadas em florística, estrutura e organização ecológica. A riqueza da floresta de araucária pode ser encontrada nos seus componentes arbóreos, no sub-dossel ou nas copas que formam dosséis irregulares. Assim, a biodiversidade dessa floresta atinge níveis elevados, apesar de sua aparente simplicidade estrutural.

De acordo com o Inventário Florestal Contínuo do estado do Rio Grande do Sul (UFSM/SEMA – RS, 2001), apesar de toda exploração econômica que ocorreu no passado, a cobertura florestal no estado aumentou significativamente nos últimos anos e grande parte dessa vegetação é constituída por florestas nativas que são dotadas de inúmeras espécies com grande potencial produtivo. No entanto, essas novas áreas encontram-se em um estágio inicial de sucessão vegetal, sendo que estoques de madeira ainda são elementares (ANDRAE, 2011).

Estas florestas, quando não estiverem localizadas em áreas protegidas, poderiam ser transformadas em áreas produtivas, de maneira a agregar renda para a propriedade rural. No entanto, não têm recebido a merecida atenção de cunho silvicultural, pois poucos estudos têm sido desenvolvidos sobre suas características de crescimento (MATTOS, 2007).

Além disso, os fragmentos de florestas nativas localizam-se, na maioria das vezes, em terrenos declivosos ou em áreas onde a agricultura é impraticável e, quando não se encontram nessas áreas, são vistos como entraves ao cultivo de culturas agrícolas (ANDRAE, 2000). Este desinteresse pela utilização das florestas nativas é ainda mais intensificado pelas limitações impostas pela legislação florestal atualmente vigente, a qual restringe o uso das espécies florestais nativas.

No entanto, há um limite permitido por lei para a exploração eventual de espécies da floresta nativa provenientes de formações naturais, para o qual, não há necessidade de

autorização de órgãos competentes. De acordo com o Decreto Nº 6.660, de 21 de novembro de 2008, é permitida a retirada não superior a vinte metros cúbicos por propriedade ou posse, a cada período de três anos, exceto as espécies incluídas na Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção (BRASIL, 2008). A *Araucaria angustifolia*, atualmente, encontra-se em situação de espécie ameaçada de extinção, não sendo possível, portanto, a sua exploração (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2008).

Uma forma de utilização das espécies que compõem as florestas nativas é por meio do manejo sustentado, que visa, além da produção de madeira, o uso múltiplo da floresta para proteção, atividades recreativas, lazer, turismo e como fonte de equilíbrio ecológico.

Para que a produção de madeira de alta qualidade, oriunda de florestas nativas, seja sustentável, faz-se necessário conhecer o incremento das árvores a serem manejadas, para que se tenham informações da quantidade de madeira a ser cortada periodicamente, e assim, estabelecer um ciclo de corte (FLEIG et al., 2011).

Há uma extensa literatura no que diz respeito a modelos de crescimento de florestas homogêneas e equiâneas. De acordo com Sterba (1992), em povoamentos equiâneos, o incremento é determinado em função das características médias das variáveis dimensionais e da idade.

No entanto, esse tipo de ecossistema é simples e muitos desses modelos não explicam diretamente a variação do tamanho das árvores dentro do povoamento (CAMPOS e LEITE, 2006) e, portanto não são aplicáveis para florestas de múltiplas espécies com diferentes idades (VANCLAY, 1994). Em florestas nativas, a complexidade de sítios, idades e mistura de espécies florestais dificulta o manejo em nível de povoamento e exige estudos orientados na árvore individual.

Povoamentos inequiâneos possuem um elevado nível de complexidade e diversidade comparado a povoamentos homogêneos. Possuem uma vasta gama de espécies, com várias alturas e tamanhos de copa, resultando em um perfil vertical irregular do povoamento (KIERMAN et al., 2008).

Em uma floresta inequiânea, embora a idade tenha expressão, mas não é conhecida ou muitas vezes de difícil determinação devido à ausência de anéis anuais de crescimento em algumas espécies, é substituída pela dimensão das árvores (VANCLAY, 1994). A estrutura e a densidade do povoamento influenciam na quantidade de luz que entra na floresta e assim, conseqüentemente, o crescimento das espécies. De acordo com esse autor, as dimensões das árvores são resultados da combinação do sítio, idade e concorrência.

Consequentemente, idade e índice de sítio (variáveis utilizadas na tabela de produção para povoamentos homogêneos) não são utilizáveis para modelagem do crescimento de árvores individuais, sendo esta uma das razões porque a modelagem do crescimento e produção para esse tipo de floresta não tem sido desenvolvida tão rapidamente como para povoamentos homogêneos (KIERMAN et al., 2008).

De acordo com Hughell (1990), existem muitos fracassos causados principalmente pela falta de informações adequadas e devido à falta de modelos de crescimento e rendimento que permitam a predição da produção para florestas mistas.

Uma das maneiras de se obter conhecimentos sobre o crescimento das espécies é por meio de modelos de crescimento. Esses modelos auxiliam as pesquisas e manejo das florestas de várias formas. Um dos importantes usos inclui a possibilidade da predição de produção em tempos futuros, partindo das condições atuais.

Segundo VANCLAY (1994), para se determinar o crescimento e incremento de espécies que compõem as florestas inequiâneas e de múltiplas espécies deve-se lançar mão de técnicas de modelagem de crescimento considerando as árvores de forma individual, pois cada espécie apresenta um conjunto de características singulares, como: ritmo de crescimento, necessidades por nutrientes, luz e espaço para crescimento.

Segundo Della – Flora (2001), esses modelos tem como vantagem o detalhamento da estrutura do povoamento sendo potencialmente aplicáveis para as florestas naturais, além de permitirem a análise de aspectos fisiológicos e de coexistência.

Os diversos modelos de crescimento e produção para florestas mistas e inequiâneas podem ser divididos em três grupos sendo, modelos para o povoamento total (*whole stand model*), de classes de tamanho (*size class model*) e de árvore individual (*single-tree model*). Nos modelos para o povoamento total, o crescimento e a produção são enfocados no povoamento, ou seja, o povoamento é tomado como unidade básica para modelagem; nos modelos de classes de tamanho, empregam-se classes (de diâmetro, de altura, etc.) como unidades básicas; já nos modelos para árvores individuais, a árvore é a unidade básica. Os modelos para árvore individual simulam cada indivíduo com relação ao estabelecimento, crescimento e mortalidade, e a soma das estimativas de cada árvore resulta na produção do povoamento (VANCLAY, 1994).

Os modelos de crescimento em nível de árvore individual ou singulares são mais complexos e de difícil construção quando comparados com os modelos em nível de povoamento ou modelos de classe de tamanho, pois são constituídos por vários sub-modelos que estimam o crescimento em diâmetro, crescimento em altura, crescimento em volume,

concorrência entre as árvores. E ainda, muitos modelos apresentam variáveis de difícil medição e avaliação, como variáveis relacionadas às medições das copas das árvores (DANIELS et al., 1986). Além disso, é necessário o desenvolvimento de um grande número de funções (VANCLAY, 1991).

Os modelos de crescimento para árvores singulares foram divididos em dois principais grupos: os modelos espaciais, chamados de modelos dependentes de distância, e os não espaciais, chamados de modelos independentes de distância. Para os modelos espaciais são necessários dados de sua localização no terreno, coordenadas geográficas, por exemplo, ou distância entre as árvores. Já os modelos não espaciais, são mais simples e exigem menor levantamento de dados, pois não se utilizam de dados espaciais de localização (PORTÉ e BARTELINK, 2002; VANCLAY, 1994).

A modelagem do crescimento de árvores individuais vem sendo desenvolvida principalmente em países europeus e americanos. Conforme Hasenauer (1994), o primeiro modelo simulador de árvore singular foi desenvolvido por Newhan, no ano de 1964, para povoamentos puros. A partir de então, os pesquisadores passaram a trabalhar muito com modelagem, orientados na árvore singular.

Vários modelos de crescimento singulares foram desenvolvidos tanto para florestas monoespecíficas como para mistas, como os de TRASOBARES et al. (2004) que modelaram o crescimento e produção para *Pinus halepensis*; HUANG e TITUS (1999) modelaram o incremento em altura de povoamento de *Picea glauca* e *Populus tremuloides*; NYSTRÖM e KEXI (1997) modelaram o incremento em área basal de *Picea abies* em povoamentos jovens; ZHANG et al. (1996) modelaram o crescimento de *Pinus taeda* em povoamentos jovens; ADAME et al. (2008) modelaram o incremento em diâmetro de *Quercus pyrenaica*; GONZÁLEZ et al. (2006) modelaram o incremento em diâmetro de *Quercus suber* (independente de distância), ANDREASSEN e TOMTER (2002) modelaram o crescimento em área basal de espécies folhosas e coníferas, criando um modelo independente de distância; ZHAO et al. (2006) modelaram o efeito das demais árvores do povoamento no crescimento e sobrevivência de árvores individuais em floresta mista.

As equações são normalmente ajustadas com dados de remedições de parcelas permanentes nas quais todas as árvores foram individualmente medidas e identificadas (VANCLAY, 1994).

De acordo com Vanclay (1991), o desenvolvimento de funções de crescimento para árvores individuais somente terá sucesso, dispondo-se de um grande número de informações e se a espécie estudada ocorrer em grande frequência na área de estudo.

A maioria dos modelos adequados para florestas mistas predizem, explicitamente, o crescimento de árvores individuais, na maioria das vezes, com equações para estimar o crescimento em diâmetro a partir do diâmetro das árvores e outras variáveis.

Devido à facilidade de medição, sensibilidade às mudanças ambientais e densidade do povoamento, relação com o tamanho da copa, massa da árvore ou volume do tronco, o diâmetro está diretamente relacionado com o incremento das árvores (ZEIDE, 1989).

O crescimento em diâmetro de árvores individuais pode ser expresso como incremento em diâmetro, ou correspondente incremento em área basal. Segundo Vanclay (1994), pesquisadores discutem a preferência da modelagem do incremento em área basal sobre a modelagem do incremento em diâmetro, já que o incremento em área basal supostamente seria mais parecido com o crescimento em volume atingido por uma árvore e também pelo fato de os modelos de incremento em área basal apresentarem maior R^2 em relação aos de incremento em diâmetro. No entanto, segundo esse autor, essa diferença na precisão do modelo é devido à estrutura do erro e implica em uma relação funcional, ao invés de superioridade de um modelo sobre o outro, sendo que West (1980) não encontrou diferenças na precisão entre modelos de incremento em diâmetro e área basal.

Outra decisão a ser tomada na modelagem é em relação à variável resposta, ou seja, modelar o diâmetro futuro ou o incremento em diâmetro. De acordo com Vanclay (1994), o aumento do diâmetro do tronco pode ser expresso como uma função de produção, a qual estima diâmetros futuros, ou como uma função de crescimento, que estima o incremento durante um período específico. Em teoria, ambas as formas deveriam apresentar o mesmo resultado, no entanto, diferenças podem ser observadas quando há variações nos intervalos de medição ou este é muito grande.

Assim, a decisão de modelar o crescimento ou produção a partir do diâmetro ou área basal, normalmente está baseada em conveniências ou preferências dos pesquisadores, visto que ambas fornecem estimativas adequadas.

O crescimento de uma floresta depende tanto da produtividade potencial, dada pela qualidade de sítio, como pelo grau em que se aproveita essa potencialidade expressada pelo estoqueamento da floresta, ou seja, a densidade presente em relação a uma condição de referência normal.

De acordo com Prodan et al. (1997), o conceito de densidade está estritamente ligado às condições de concorrência, ocupação da superfície e fechamento do dossel. Assim, a densidade pode ser utilizada como variável de decisão para intervenções silviculturais, como também, em modelos simuladores de crescimento e na prognose de produção.

De acordo com TONINI (2007), para determinar a concorrência não são necessários a coleta de variáveis complexas e/ou uma grande quantidade dessas, mas sim, conhecer as características individuais de cada espécie estudada. Por isso, sugere que, primeiramente sejam conhecidas as características fisiológicas da espécie e que sejam utilizados métodos mais simples, que requeiram uma menor intensidade de trabalho.

Observa-se, atualmente, uma carência na definição de uma metodologia para identificar as árvores competidoras. Não existem critérios rigorosamente definidos para a determinação do tamanho da unidade amostral. As formas de determinar a competição apresentam as definições de árvores competidoras de uma maneira muito vaga, não informando exatamente quais árvores considerar como competidoras, o que faz com que apresentem um baixo desempenho na habilidade preditora da concorrência.

Outra falha que se observa na definição das árvores competidoras é a observação da localização espacial em relação à árvore objetivo, ou seja, se as competidoras estão em sua maioria em um dos lados, em lados opostos (TONINI, 2007), ou se há clareiras próximas à árvore objetivo (COLE e LORIMER, 1994).

Além disso, observa-se outro problema na utilização da área fixa para a determinação dos competidores, normalmente utilizada em povoamentos homogêneos. O principal problema na utilização desse tipo de unidade amostral é a definição das árvores competidoras de uma árvore central localizada próximo à borda da floresta (TONINI, 2007). Uma árvore de bordadura tem grandes chances de ter seu nível de competição subestimado já que, na borda de uma floresta a vegetação tem uma estrutura arbustiva, em transição com os mais variados tipos de ocupação do solo (MALCHOW et al., 2006).

A identificação com exatidão da zona em que a competição está ocorrendo, é uma tarefa extremamente difícil. Na superfície da floresta a visualização de possíveis competidoras é relativamente simples, que pode ser pela proximidade das árvores, sobreposição de copas, no entanto, abaixo do solo, é praticamente impossível quantificar e determinar a direção das raízes de uma árvore. Por isso, de acordo com Tonini (2007), sem parâmetros claramente definidos para a seleção das árvores competidoras, corre-se o risco de subestimar a zona de competição.

Uma maneira de tentar resolver o problema do tamanho da unidade amostral para a determinação das árvores competidoras é a utilização de métodos de amostragem que levam em conta a adoção de um ângulo de amostragem horizontal, como as metodologias propostas por Bitterlich (1947) e Spurr (1962).

De acordo com estas metodologias, as possíveis árvores competidoras são analisadas

em relação à distância e dimensão, utilizando um determinado Fator de Área Basal.

Dessa forma, não há tamanhos de unidades amostrais previamente definidos. Cada árvore circundante a uma determinada árvore central é individualmente avaliada como competidora ou não.

3.2 Determinação da densidade em florestas nativas

A densidade de um povoamento florestal pode ser definida como o grau de aproveitamento do solo pelas árvores, que pode ser expresso em área basal, volume e número de árvores por hectare (SCHNEIDER e SCHNEIDER, 2008).

De acordo com Prodan et al. (1997), o crescimento das árvores e do povoamento florestal é resultado da qualidade do sítio e do grau com que essas árvores aproveitam a potencialidade desse sítio.

A capacidade de aproveitamento das potencialidades do sítio depende diretamente da distribuição das árvores. Árvores isoladas têm para si todos os recursos naturais disponíveis no local. Árvores muito próximas umas das outras tendem a competir por luz, água, nutrientes, espaço para desenvolvimento da copa e das raízes (SCHNEIDER e SCHNEIDER, 2008; SANTOS, 2012).

Em inventários florestais, normalmente em povoamentos puros e equiâneos, a densidade expressa a ocupação do espaço pelas árvores e pode ser representada pela área basal por hectare, obtida a partir do diâmetro a 1,30 m (DAP) das árvores do povoamento (SCHNEIDER e SCHNEIDER, 2008).

Em se tratando de florestas nativas, com árvores irregularmente distribuídas, é desejável estimar a densidade que influencia um determinado ponto da floresta. Neste tipo de floresta, pode-se encontrar situações bastante distintas, como locais onde as árvores estão agrupadas, com conseqüente mortalidade natural ou locais onde as árvores estão bem espaçadas, crescendo livres de qualquer concorrência. Dessa forma, é inviável gerar um valor médio, em nível de floresta, para expressar a competição (VANCLAY, 1994).

Em estudos para determinação da competição pontual é extremamente deficiente a definição do tamanho da unidade amostral. A utilização de unidades amostrais com área fixa tem se mostrado ineficiente, principalmente, quando considerada a bordadura. Uma árvore próxima a borda de uma floresta apresenta uma menor quantidade de competidoras em relação a uma árvore no interior da floresta, o que resulta em uma subestimação da competição (TONINI, 2007).

Até o momento, poucas metodologias foram propostas para a determinação da densidade pontual em florestas mistas.

Na metodologia proposta por Bitterlich, em 1947, “Amostra de Contagem Angular (ACA)”, é fixado um dado valor angular constante e feita a contagem do número de árvores que são incluídas na unidade amostral, em torno de um ponto central. No desenvolvimento de uma ACA, o número de árvores (N) de um povoamento, cujos diâmetros (DAP) a partir de um ponto fixo aparecem superiores a um dado valor angular constante, é proporcional a área basal (G) em m² por hectare, o que gera uma informação da densidade do povoamento (BITTERLICH, 1947).

Spurr (1962) propôs um método de determinação da densidade, em termos de área basal, no ponto onde a árvore está localizada. Na metodologia proposta por Spurr, todas as árvores circundantes a uma determinada árvore central são avaliadas de acordo com um Fator de Área Basal (FAB), para inclusão ou não na unidade amostral. As árvores incluídas são consideradas as competidoras.

De acordo com o fator utilizado, varia a quantidade de árvores que são selecionadas, sendo que, quanto menor o FAB mais árvores são incluídas na parcela de Spurr. Devem ser incluídas um número de árvores na parcela para que se observe uma estabilização da área basal (SPURR, 1962).

De acordo ainda com esse autor, esta metodologia foi indicada para a determinação da densidade individual no ponto onde a árvore está situada, mas não devendo ser utilizada na realização de inventários florestais, como fornecedor da densidade populacional média por unidade de área. Tomando como referência uma árvore central, a densidade de Spurr fornece a quantidade de área basal sob a qual esta árvore central está submetida.

A densidade pontual na parcela de Spurr é determinada de acordo com um ranqueamento que leva em consideração o tamanho da árvore circundante e a distância em que esta se encontra da árvore central. Quanto mais próxima da árvore central e maior for o seu diâmetro, maior é o ângulo formado entre a árvore central e as tangentes da árvore circundante, resultando em um maior poder de competição sobre a árvore central.

Este procedimento é realizado para todas as árvores circundantes. Ordenam-se as árvores competidoras em ordem decrescente da relação diâmetro/distância.

Para a determinação da densidade pontual de Spurr, a árvore central pode ser considerada ou não. Quando for considerada a árvore central cada árvore recebe um peso de $(n + \frac{1}{2})$; no caso de não considerar a árvore central, cada árvore competidora recebe um peso de $(n - \frac{1}{2})$.

Apesar de a área basal fornecer um indicativo da densidade sob a qual a árvore está submetida, não informa se esta área basal é formada por muitas árvores pequenas ou poucas árvores de maiores dimensões (SCHNEIDER e SCHNEIDER, 2008).

Dessa forma, Spurr (1962) sugeriu que a área basal fosse desmembrada em dois componentes, sendo: número de árvores por unidade de área e diâmetro da árvore de área basal média.

O número de árvores por hectare pode fornecer uma indicação da densidade do povoamento. Segundo Schneider e Schneider (2008), consiste no índice de densidade mais simples, pois pode ser obtido de forma simples e objetiva. No entanto, é influenciado pela idade, qualidade e grau de utilização do sítio.

Para a determinação do número de árvores por unidade de Bitterlich, foram encontradas na literatura três metodologias.

De acordo com a metodologia clássica proposta por Bitterlich (1947), o número de árvores é resultante do somatório do inverso da área basal de cada árvore competidora, multiplicado pelo fator de amostragem utilizado.

Prodan (1965), fundamentado nas teorias de Wenk (1962 apud PRODAN, 1965) propôs outra metodologia para determinar o número de árvores por hectare.

As árvores competidoras são ordenadas em ordem crescente de suas distâncias em relação à árvore central. A distância de cada árvore circundante resulta em um raio que representa um número de $(n + \frac{1}{2})$ árvores. Sendo que o menor raio, ou seja, a árvore mais próxima representa $(1 + \frac{1}{2})$ árvores.

Linares e Zagoya (1995) propuseram distinta metodologia para a determinação do número de árvores por hectare, partindo da área basal obtida a partir da determinação da densidade pontual pelo método de Spurr. Esses autores determinaram o número de árvores por hectare utilizando o diâmetro da árvore e a área basal do ponto de localização da árvore central.

Apesar de o número de árvores por hectare ou a área basal fornecerem um indicativo da densidade sob a qual uma árvore está submetida, o seu emprego isoladamente, fornece uma indicação pouco segura da densidade do povoamento.

Para expressar a densidade de um povoamento de maneira mais efetiva, o número de árvores por hectare poderia ser combinado com alguma variável que expressasse a idade do povoamento (SPURR, 1962).

Em uma floresta nativa, devido à dificuldade de determinação da idade das árvores, esta pode ser substituída pelo diâmetro ou altura dominante (VANCLAY, 1994). Dessa

forma, utilizando o diâmetro da árvore de área basal média (dg), como indicativo da idade do povoamento, combinado com o número de árvores por hectare (N), foi desenvolvido o índice de densidade de Reineke (SCHNEIDER e SCHNEIDER, 2008).

Utilizando essas duas variáveis, N e dg, para povoamentos que apresentam máxima densidade e conseqüente mortalidade devido à grande competição entre os indivíduos, Reineke (1933) descreveu que existe uma relação linear, em escala de duplo logaritmo entre essas duas variáveis, com o valor do coeficiente angular constante igual a -1,605. De acordo com o autor, os parâmetros da equação são independentes da idade e qualidade do sítio.

Muitos estudos realizados utilizaram o modelo de Reineke, no entanto, foram encontrados valores de coeficiente angular distintos ao inicialmente proposto pelo autor (SCHNEIDER et al., 2011).

A metodologia proposta por Reineke considerou a relação entre N e dg. No entanto, o valor de dg representa uma informação referente a um povoamento ou amostra deste. Em se tratando de investigar o crescimento de árvores individuais de florestas mistas e inequiâneas, parece interessante substituir o valor do dg pelo valor do dap da árvore de interesse (SHAW, 2005; WOODALL et al., 2005).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área de estudo

Foram utilizados os dados coletados em 8 unidades amostrais do PELD/CNPq – Projeto Ecológico de Longa Duração – “Conservação e Manejo Sustentável de Ecossistemas Florestais – Bioma Araucária e suas Transições” instaladas na Floresta Nacional da São Francisco de Paula.

A Floresta Nacional (FLONA) localiza-se no Distrito de Rincão dos Kröeff, no município de São Francisco de Paula, nordeste do Rio Grande do Sul (Figura 1), na Serra Gaúcha, a 27 km da sede do município, entre as coordenadas 29°23' e 29°27' de latitude Sul e 50°23' e 50°25' de longitude Oeste, a uma altitude de 930 m acima do nível do mar.

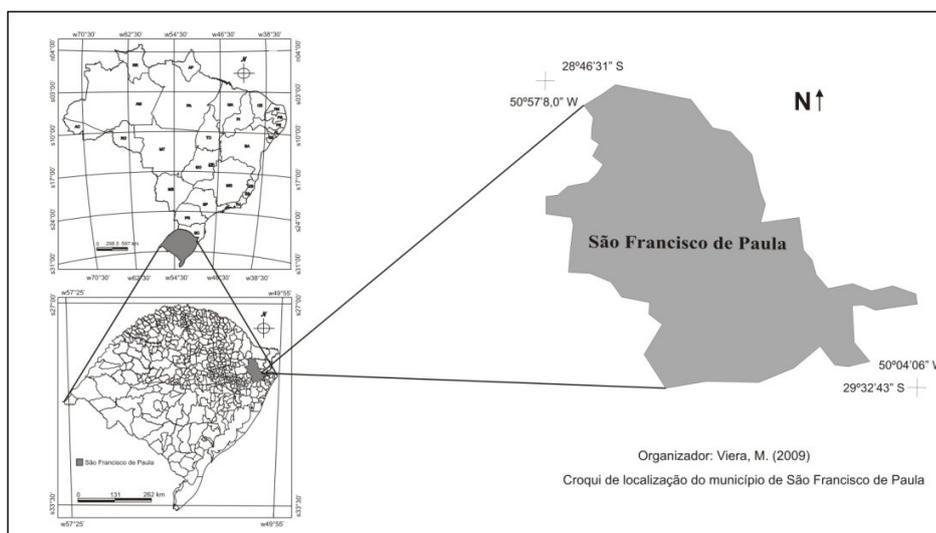


Figura 1 - Croqui da localização do município de São Francisco de Paula.

De acordo com as regiões fisiogeográficas do Rio Grande do Sul, corresponde à microrregião dos Campos de Cima da Serra, na borda do Planalto, formada por uma planície de origem basáltica de elevada inclinação para oeste, zona de transição entre Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista (IBDF/FATEC, 1989).

Possui uma temperatura média anual de 14,5°C, sendo a média das máximas do mês mais quente igual a 20°C e a do mês mais frio igual a 5,7°C; a máxima absoluta é de 34°C e a mínima absoluta é de -6,5°C. Contudo, temperaturas negativas podem ocorrer desde o mês de abril até novembro (ICMBio, 2007).

Segundo Nimer (1990), a precipitação média anual no sul do Brasil varia de 1.250 a 2.000 mm. No entanto, em São Francisco de Paula chove aproximadamente 2.500 mm/anuais, sendo o mais alto índice pluviométrico do Estado.

Assim, segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo “Cfb” (mesotérmico subtropical, com período de temperado; úmido com precipitação uniformemente distribuída durante o ano; verão brando, característico do Planalto do RS) (MORENO, 1961).

O solo caracteriza-se por Cambissolo Húmico Alumínico Típico – CHa 1 cuja característica principal é o horizonte A húmico de elevada acumulação de matéria orgânica decorrente da alta pluviosidade e das baixas temperaturas, cores escuras, alta acidez e baixa saturação por bases. O horizonte B é incipiente, porém menos ricos em matéria orgânica (STRECK et al., 2002).

A Tabela 1 apresenta uma caracterização geral das 8 unidades amostrais distribuídas ao longo da floresta, com o número total de indivíduos, diâmetro dominante, a porcentagem de indivíduos de *Araucaria angustifolia*, a área basal total e a área basal da araucária em cada uma dessas unidades.

Tabela 1 - Caracterização geral das unidades amostrais utilizadas.

Unidade Amostral	Nº total de indivíduos	dap dominante (cm)		Percentual de araucárias (%)	Área basal total (m ² /ha)	Área basal das araucárias (m ² /ha)
1537	679	55,2	bc*	1,8	46,4	1,08
1538	983	47,3	e	3,9	45,3	6,15
1540	780	53,7	c	5,5	48,4	4,23
1541	832	59,6	a	15,7	51,9	28,05
1542	910	48,7	de	1,2	43,5	0,63
1543	852	58,6	ab	20,5	46,9	29,44
1544	815	51,0	cd	0,2	41,6	1,06
1545	841	60,2	a	17,7	49,3	30,04

*valores de dap médio dominante não seguidos por mesma letra diferem entre si pelo teste de Duncan (5%).

As parcelas apresentaram variação quanto ao diâmetro médio dominante, diâmetro médio das 100 árvores mais grossas por hectare.

A variação do número de indivíduos e da área basal por hectare de uma unidade amostral para outra pode ser desprezada. No entanto, a porcentagem de indivíduos de araucária em cada unidade amostral variou de um valor máximo de 20,5% até um mínimo de 0,2%, indicando que existem unidades onde a araucária é a espécie predominante, refletindo,

assim, na área basal que as araucárias representam sobre a área basal total da unidade amostral.

4.2 Características das espécies

4.2.1 *Araucaria angustifolia*

A espécie *Araucaria angustifolia* foi escolhida para este estudo, por se tratar de uma espécie de grande importância, usada principalmente para serraria e laminação, devido à qualidade do fuste e possuir potencial para formar povoamentos homogêneos (LORENZI, 2008; REITZ et al., 1983) e também, por ocorrer em grande frequência no local de estudo, apresentando assim um número de dados suficientes para uma estimativa confiável dos resultados obtidos.

A *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, espécie pertencente à família Araucariaceae, popularmente conhecida por araucária, pinheiro-do-paraná, pinheiro-brasileiro, é uma típica conífera brasileira, de grande porte, tronco reto e quase cilíndrico, com altura variando entre 10 e 35 m, fuste com altura de 20 m ou mais, e diâmetro à altura do peito acima de 50 cm quando adulta, alcançando melhor desenvolvimento a partir dos 30 anos de idade (AQUINO, 2005).

Sua madeira é bastante utilizada para forros, molduras, ripas, caixotaria, brinquedos, utensílios domésticos, entre outros. Foi amplamente cultivada no sul do Brasil para produção de madeira, pasta celulósica, construção civil e laminação. O fruto é comestível e de grande importância para a alimentação humana e da fauna, tanto de aves, como de mamíferos (LORENZI, 2008). É também uma espécie ornamental, podendo ser empregada no paisagismo. É uma espécie característica de regiões de altitude (acima de 500 m) onde forma as chamadas “matas de pinhais”. Ocorre geralmente na forma de agrupamentos quase homogêneos, dominando completamente o dossel superior; em seu sub-bosque ocorrem espécies arbóreas de menor porte (REITZ e KLEIN, 1966 apud ANGELI e STAPE, 2011).

De acordo com estudo realizado por Ribeiro (2004) na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, a *Araucaria angustifolia* destacou-se na fisionomia da floresta por apresentar alta densidade e dominância, considerada, assim, a espécie mais importante, representando 15,56% do Valor de Importância e 22,49% do Valor de Cobertura.

4.2.2 *Blepharocalyx salicifolius*

A espécie *Blepharocalyx salicifolius* (H.B.K.) Berg, pertencente à família Myrtaceae, popularmente conhecida por murta, é uma árvore de 15 a 20 metros de altura, com diâmetro de 20 a 40 cm. O tronco geralmente é reto e cilíndrico, raramente tortuoso. Espécie frequente nas submatas de pinhais situadas em solos úmidos, por isso apropriada para utilização em matas ciliares. Possui também grande potencialidade para o reflorestamento em campos abertos ou capoeiras. A madeira dura e pesada é localmente aproveitada para obras internas e para energia (REITZ et al., 1983; LORENZI, 2009). Assim como a araucária, é uma espécie do dossel da floresta de araucária e encontrada com grande frequência no local de estudo.

4.2.3 *Cryptocaria aschersoniana*

A *Cryptocaria aschersoniana* Mez, pertencente à família Lauraceae é popularmente conhecida por canela fogo, canela batalha, canela amarela, canela pururuca, entre outros. Atinge uma altura de 15 a 25 m, com tronco de 70 a 90 cm de diâmetro. Sua madeira é utilizada para acabamentos internos, laminados, caixotaria, molduras, entre outros; a árvore proporciona ótima sombra por isso, bastante utilizada na arborização de ruas e cidades. Seus frutos são consumidos por várias espécies de animais (LORENZI, 2008). É uma espécie que, com grande frequência, ocupa o estrato intermediário em uma floresta de araucária.

4.2.4 *Casearia decandra*

A *Casearia decandra* pertence à família Salicaceae, sendo popularmente conhecida por guaçatonga, guaçatunga, cafezeiro-do-mato. Possui altura de 4 a 10 m e diâmetro de 20 a 40 cm, sendo o tronco reto e cilíndrico. Por ser uma árvore de pequeno porte e rápido crescimento, é apropriada para a arborização urbana (LORENZI, 2009).

Sua madeira, devido à baixa densidade, pode ser empregada apenas para confecção de utensílios leves, brinquedos, caixotaria e para lenha e carvão. Os frutos são comestíveis e avidamente procurados pela avifauna (LORENZI, 2009). Na floresta de araucária é uma árvore que ocupa o estrato inferior e, igualmente às espécies dos estratos superiores, ocorre com frequência no local e, por isso, escolhida para este estudo.

4.3 Obtenção dos dados

Cada unidade amostral do Projeto PELD/CNPq (Projeto Ecológico de Longa Duração – “Conservação e Manejo Sustentável de Ecossistemas Florestais – Bioma Araucária e suas transições”) possui um tamanho de 100 x 100 m (área de 1 ha), divididas em 10 faixas (100 x 10 m) e cada faixa dividida em 10 subunidades (10 x 10 m) conforme a Figura 2.

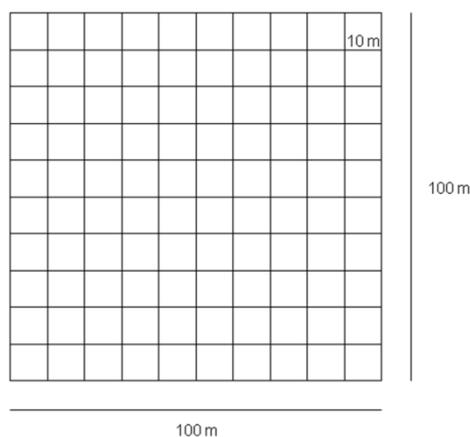


Figura 2 - Esquema das unidades amostrais do PELD na Floresta Nacional de São Francisco de Paula - RS.

Nessas unidades amostrais, foram levantados anualmente, desde o ano de 2000, dados de diâmetro, altura, posição sociológica, tendência de valorização, classe de copa, sanidade, condição de qualidade do fuste, qualidade e utilização das toras e as coordenadas geográficas de todas as espécies pertencentes à parcela, devidamente identificadas e numeradas. Para este estudo, foram utilizadas medições de 8 anos.

Vale destacar que o levantamento dessas características foi realizado para árvores com CAP (circunferência à altura do peito) maior que 30 cm, equivalente a aproximadamente 10 cm de diâmetro. Árvores com menores dimensões não foram incluídas no levantamento de dados. Dessa forma, para este estudo, as árvores centrais e as demais árvores circundantes apresentavam um dap maior ou igual a 10 cm.

Nesta pesquisa foram utilizados 262 indivíduos de *Araucaria angustifolia*, 111 indivíduos de *Blepharocalix salicifolius*, 115 indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana* e 154 indivíduos de *Casearia decandra*. Inicialmente foi feita uma depuração dos dados, excluindo indivíduos que apresentavam inconsistência de informações, árvores mortas e com copa quebrada.

Foi utilizado o incremento periódico anual, calculado com base no incremento em

diâmetro dos indivíduos no período de 8 anos.

Com a disponibilidade das coordenadas geográficas de cada uma das árvores, foi gerado um croqui de localização de todas as árvores das unidades amostrais, por meio do software Spring 5.1.6 (Figura 3). Utilizando recursos de operações métricas desse software, foi possível calcular a distância entre a árvore central e as circundantes.

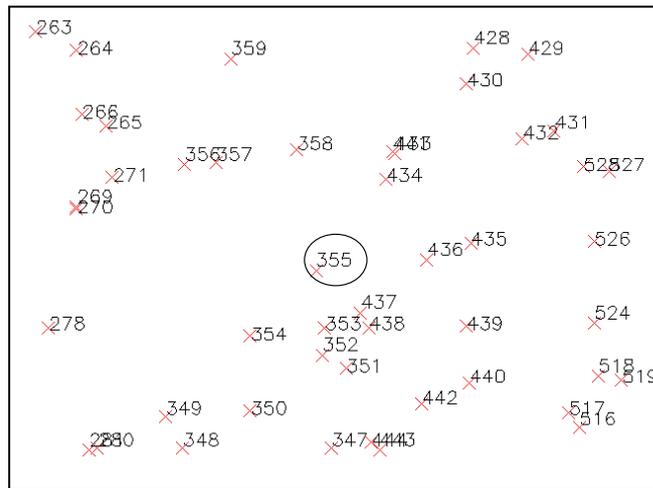


Figura 3 – Recorte de um fragmento do croqui de localização das árvores nas unidades amostrais do PELD/CPNq, por meio do software Spring 5.1.6.

Na figura 3, aparece destacada uma árvore com um círculo, a qual representa uma árvore central. As demais são árvores circundantes.

4.4 Determinação da densidade pontual de Spurr

Na metodologia para determinação da densidade pontual, proposta por Spurr, cada árvore circundante à árvore de referência, foi avaliada de acordo com um FAB.

Para identificar as árvores concorrentes em cada um dos pontos de localização das árvores centrais foram testados valores de FAB igual a 2,0; 2,5 e 3,0.

De posse dos croquis de localização das árvores nas unidades amostrais, primeiramente foram localizados os indivíduos de *Araucaria angustifolia*, *Blepharocalix salicifolius*, *Cryptocaria aschersoniana* e *Casearia decandra* e medidas as distâncias entre as árvores centrais e as árvores circundantes.

As distâncias para inclusão das árvores na parcela de Spurr foram analisadas de acordo com o seu dap, calculado a partir da equação 1:

$$L = \frac{0,5 \cdot \text{dap}}{\sqrt{\text{FAB}}} \quad (1)$$

Onde: L = distância calculada entre a árvore central e a árvore circundante para inclusão dessa na parcela de Spurr; dap = diâmetro a altura do peito da árvore circundante; FAB = fator de área basal de Spurr.

Esta equação forneceu a distância máxima que uma árvore circundante pode estar para ser considerada como competidora da árvore central. Dessa forma, se a distância real foi menor que a distância calculada, a árvore foi incluída na parcela de Spurr e consequentemente, considerada como competidora.

Considerando um diâmetro máximo de 100 cm, desprezando as poucas árvores com dimensão maior, resultou em um valor de distância calculada L igual a 28,9 m. Dessa forma, foram consideradas competidoras árvores que estão, no máximo, a 28,9 m da árvore central, considerando este dap. Assim, para estas análises, não foram consideradas as árvores localizadas a menos de 30 m de cada uma das bordas das unidades amostrais, evitando que as árvores centrais dessas espécies próximas das bordas das unidades amostrais tivessem sua competição subestimada.

4.4.1 Densidade pontual (G_{pontual})

Para o cálculo da área basal por hectare em cada um dos pontos de localização das árvores centrais, foi utilizada a fórmula de cálculo da área basal pontual, proposta por Spurr (1962), demonstrado na equação 2:

$$G_{\text{pontual}} = \sum_{i=1}^n 0,25 \cdot \left(\frac{\text{dap}}{L}\right)^2 \cdot \left(n - \frac{1}{2}\right) \quad (2)$$

Onde: G_{pontual} = área basal por hectare obtida no ponto de amostragem; dap = diâmetro à altura do peito da árvore concorrente; L = distância da árvore concorrente à árvore central; n = número da árvore por ordem de ranqueamento na parcela de Spurr.

Para o cálculo do G_{pontual} , não foi considerada a árvore central. Por isso, na equação 2, foi utilizado $(n - \frac{1}{2})$.

4.5 Determinação da densidade de Bitterlich

Em cada um dos pontos de localização de uma árvore central foi realizada uma amostra de contagem angular, conforme proposto por Bitterlich.

Para a determinação da densidade de Bitterlich, foi utilizado o mesmo Fator de Área Basal empregado para a determinação da densidade pontual de Spurr.

A densidade de Bitterlich foi obtida por meio da fórmula apresentada na equação 3:

$$G = FAB \cdot n \quad (3)$$

Onde: G = área basal de Bitterlich em cada ponto de localização de uma árvore central; FAB = fator de área basal utilizado; n = número de árvores concorrentes, incluindo a árvore central.

4.6 Determinação do número de árvores por hectare (N)

4.6.1 Determinação do número de árvores de acordo com Bitterlich

O número de árvores por hectare de acordo com a metodologia proposta por Bitterlich (1947), foi calculado a partir da fórmula, demonstrada na equação 4:

$$N/ha = FAB \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{g_i} \quad (4)$$

Onde: N/ha = número de árvores por hectare em cada ponto; FAB = fator de área basal; g_i = área basal de cada árvore concorrente.

4.6.2 Determinação do número de árvores de acordo com Prodan

Cada árvore competidora foi ranqueada de acordo com sua distância em relação à árvore central. Para tal, ordenaram-se as árvores competidoras em ordem crescente de distância, sendo que o círculo da árvore mais perto da árvore central (a_1) representou $(1 + \frac{1}{2})$ árvores; o círculo da árvore com distância a_2 representou $(2 + \frac{1}{2})$ e assim sucessivamente, até a última árvore (a_i) competidora a qual apresentou a maior distância em relação à árvore

central (Figura 4).

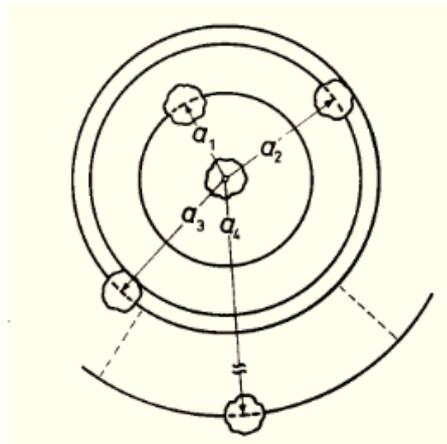


Figura 4 - Determinação das árvores competidoras em relação a uma árvore central, de acordo com a metodologia proposta por Prodan (1965).

Fonte: Prodan (1965).

O número de árvores N_i que cada círculo representou foi calculado de acordo com a equação 5:

$$N_i = \frac{10000}{\pi \cdot a_i^2} \cdot \left(i + \frac{1}{2}\right) \quad (5)$$

Onde: N_i = número de árvores representado pelo círculo formado pela distância a_i ; a_i = distância da árvore competidora em relação à árvore central; i = número do ranking da árvore competidora.

Por fim, o número de árvores por hectare (N) foi obtido pela equação 6:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{n} \quad (6)$$

Onde: N = número de árvores por hectare; $\sum N_i$ = somatório do número de árvores representado por cada círculo de distância a_i ; n = número de árvores competidoras.

4.6.3 Determinação do número de árvores de acordo com Linares e Zagoya

O número de árvores, seguindo a metodologia proposta por Linares e Zagoya (1995), foi calculado de acordo com a equação 7:

$$N = \frac{G \text{ Spurr}}{g_i} \quad (7)$$

Onde: N = número de árvores por hectare; G Spurr = área basal pontual obtida no ponto de amostragem de Spurr; g_i = área basal da árvore central.

O número de árvores também foi calculado considerando a densidade de Bitterlich, de acordo com a equação 8:

$$N = \frac{G \text{ Bitterlich}}{g_i} \quad (8)$$

Onde: N = número de árvores por hectare; G Bitterlich = área basal obtida no ponto de amostragem de Bitterlich; g_i = área basal da árvore central.

4.7 Número máximo de árvores

O número máximo de árvores foi calculado somente para os indivíduos de *Araucaria angustifolia*.

Para esta determinação foi utilizado o Número de árvores por hectare (N) e o valor do diâmetro da árvore de área basal média (dg) do ponto de localização das araucárias centrais.

O valor de dg foi obtido a partir da densidade pontual de Spurr e da densidade de Bitterlich. Primeiramente calculou-se o valor de área basal médio de cada ponto por meio da divisão da área basal pelo número de árvores. Finalmente, o valor do dg foi obtido convertendo-se a área basal em diâmetro.

O número máximo de árvores que o povoamento pode conter, com árvores com diâmetro igual a 25 cm, foi calculado por meio da equação 9:

$$Nm = \alpha \cdot dg^\beta \quad (9)$$

Onde: N_m = número máximo de árvores que um povoamento pode conter; α e β = coeficientes do modelo obtidos por meio de regressão; d_g = diâmetro da árvore de área basal média.

Para fins de comparação do número máximo de árvores com a literatura, foi utilizado, como referência, o diâmetro de 25 cm.

Esse modelo de regressão proposto por Reineke estimou um valor médio para a curva dos dados e dessa maneira, não expressou a máxima competição. Os valores capazes de estimar a máxima competição são os valores que estão acima da curva média.

Dessa forma, alterando o valor do coeficiente inicialmente obtido para que a curva tangenciasse os valores máximos, foi obtida a curva de máxima densidade.

Além do cálculo do número máximo de árvores tendo como referência o diâmetro de 25 cm, para cada indivíduo de araucária, com base no valor do d_g pontual, foi calculado o número máximo de árvores que aquele ponto poderia suportar.

A fim de determinar o nível de competição a que cada araucária estivesse submetida, foi comparado o número de árvores real atual, obtido a partir das três metodologias utilizadas para o cálculo do N , com o número máximo de árvores que aquele ponto pudesse suportar.

Para tanto, foi calculada a porcentagem que o N real de cada árvore se encontra do N máximo, por meio da equação 10:

$$\% \text{ do máximo} = \frac{N \text{ real}}{N \text{ máximo}} * 100 \quad (10)$$

Acreditou-se que as araucárias com valor de N real próximo ao N máximo, ou seja, com porcentagem do máximo próximo a 100%, tivessem seu incremento reduzido devido ao grande número de árvores circundantes.

4.8 Verificação das árvores competidoras quanto à homogeneidade de espécie com a árvore central para indivíduos de *Araucaria angustifolia*

Após a identificação das árvores competidoras de cada araucária central, foi quantificado o número de competidoras que também eram araucárias.

Foi calculada a área basal pontual de Spurr representada somente pelas araucárias e

comparada com a área basal total de Spurr do ponto. Este valor foi expresso em termos de porcentagem de área basal representado somente pelas araucárias competidoras.

Para o cálculo da área basal das competidoras representado pelas araucárias concorrentes, foram tomadas todas as árvores competidoras de cada ponto e desconsideradas as árvores folhosas. A área basal das araucárias competidoras foi calculada com a manutenção do valor de ranqueamento original de cada araucária.

Foi estudada a influência da porcentagem de área basal das araucárias competidoras em relação à área basal total no crescimento da araucária.

4.9 Influência da dimensão da relação diâmetro/distância (dap/L) das competidoras no crescimento da *Araucaria angustifolia*

Para cada araucária central foi analisado o efeito sobre o incremento da relação entre diâmetro e distância das três árvores concorrentes com maior poder de competição. Para tanto, anotou-se o valor da relação diâmetro/distância das árvores concorrentes com número de ranqueamento 1, 2 e 3 e fez-se uma média desses valores.

4.10 Comparação do diâmetro da araucária central com o diâmetro médio do ponto

Em cada ponto de localização de uma araucária foi calculado o diâmetro da árvore de área basal média (dg), considerando a densidade pontual de Spurr e cálculo do número de árvores de acordo com Bitterlich.

Foi observada a relação de grandeza entre o dap da araucária central e o dg do ponto (dap – dg) e verificada a sua influência sobre o incremento em diâmetro da *Araucaria angustifolia*.

Além disso, foi analisada a influência sobre o incremento em diâmetro da razão entre o diâmetro da araucária central e o diâmetro da árvore de área basal central (dap/dg).

4.11 Incremento diamétrico de árvores individuais de *Araucaria angustifolia*, *Blepharocalix salicifolius*, *Cryptocaria aschersoniana* e *Casearia decandra*

Para explicar o incremento em diâmetro, procedeu-se a uma análise detalhada das características dimensionais e de concorrência de cada uma das espécies.

Utilizado o software SPSS 13.0, por meio de análise de correlação, análise de

covariância e regressão linear, foi realizada a modelagem do incremento diamétrico das árvores individuais dessas quatro espécies.

Para a modelagem foi considerada como variável dependente o incremento em diâmetro e como variáveis independentes, as características dimensionais das espécies e as informações referentes à densidade em torno de cada uma das árvores centrais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Densidade para árvores individuais de *Araucaria angustifolia*, *Blepharocalix salicifolius*, *Cryptocaria aschersoniana* e *Casearia decandra*

5.1.1 Densidade para árvores individuais de *Araucaria angustifolia*

5.1.1.1 Densidade pontual de Spurr

5.1.1.1.1 Escolha do Fator de Área Basal (FAB)

Para a definição das árvores competidoras da araucária, foram testados três fatores: 3; 2,5 e 2.

Com a variação do FAB, não houve diferença na quantidade, em média, de árvores selecionadas como competidoras, como pode ser observado na Tabela 2 onde foi apresentada essa relação para seis pontos amostrais e também, não representou diferença na estabilização da área basal.

Essas seis araucárias centrais foram escolhidas aleatoriamente somente para fins de demonstração da diferença do número de árvores selecionadas como competidoras, com a variação do FAB.

Tabela 2 - Número de árvores circundantes selecionadas como concorrentes de acordo com a variação do FAB em 6 pontos de localização das araucárias centrais.

Pontos amostrais	FAB		
	3	2,5	2
1	13 (44,8)	13 (44,8)	14 (43,6)
2	7 (32,5)	7 (32,5)	8 (30,4)
3	14 (68,1)	15 (66,2)	15 (66,2)
4	10 (70,9)	10 (70,9)	11 (66,5)
5	10 (51,4)	10 (51,4)	10 (51,4)
6	13 (54,3)	13 (54,3)	14 (52,7)

Os valores entre parênteses representam as densidades pontuais de Spurr (m²/ha).

De maneira geral, pode-se observar que houve variação de inclusão ou não de apenas 1 (uma) árvore com a diminuição do FAB. Além disso, a mudança do FAB e o consequente número de árvores selecionadas como competidoras, resultou em pouca variação nos valores

da densidade de Spurr obtidos. Dessa forma, foi definido o FAB igual a 3 (três) para a seleção das árvores competidoras.

5.1.1.1.2 Densidade pontual por hectare (G)

Foram observados três padrões para a estabilização da área basal nos pontos de localização das araucárias (Figura 5). Em alguns pontos observou-se a estabilização da área basal (Figura 5 – A), em outros as áreas basais apresentaram um comportamento polinomial, apresentando um pico de máxima e decrescendo em seguida, sem necessariamente, apresentar uma estabilização da área basal (Figura 5 – B), e em outros pontos, não se observou estabilização da área basal (Figura 5 – C), mesmo com a redução do FAB.

A não estabilização da área basal ocorreu nos pontos onde a árvore circundante com maior poder de competição apresentava um grande diâmetro e encontrava-se muito perto da árvore central, resultando em uma relação dap/L grande.

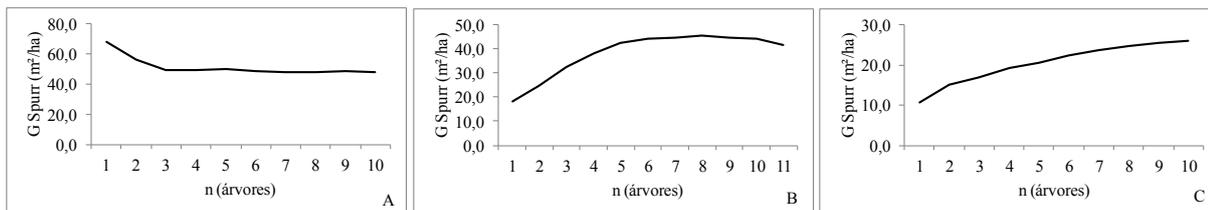


Figura 5 - Padrões de estabilização da área basal observada nos pontos de localização das araucárias centrais.

A quantidade de área basal pontual para *Araucaria angustifolia* teve uma variação bastante ampla, sendo que o menor valor de G_{pontual} amostrado foi igual a 25,0 m²/ha e o máximo valor foi de 79,7 m²/ha. Por meio desses valores, pôde-se perceber que há uma variação muito grande em termos de densidade de árvores nessa floresta.

Altos valores de área basal foram decorrentes de árvores com grande diâmetro localizadas muito perto da árvore central. Uma alta densidade em torno de uma árvore denota um alto grau de competição sob a qual esta árvore está submetida.

5.1.1.1.3 Número de árvores por hectare (N) calculado a partir da densidade pontual de Spurr

Foi calculado o número de árvores por hectare para cada um dos pontos de localização de uma araucária central. Para este cálculo, foram utilizadas as metodologias propostas por

Bitterlich, Prodan e Linares e Zagoya.

Os três métodos resultaram em valores distintos de N para cada um dos pontos. A metodologia de Linares e Zagoya resultou em valores de N com uma maior amplitude do que as metodologias de Bitterlich e Prodan (Figura 6). Sendo que os mais altos valores de N foram oriundos da metodologia proposta por Linares e Zagoya.

Os valores de N de acordo com as metodologias de Bitterlich e Prodan não mostraram grandes diferenças entre si. Esses valores mostraram a menor amplitude, variando de valores mínimos a aproximadamente 2500 árvores por hectare.

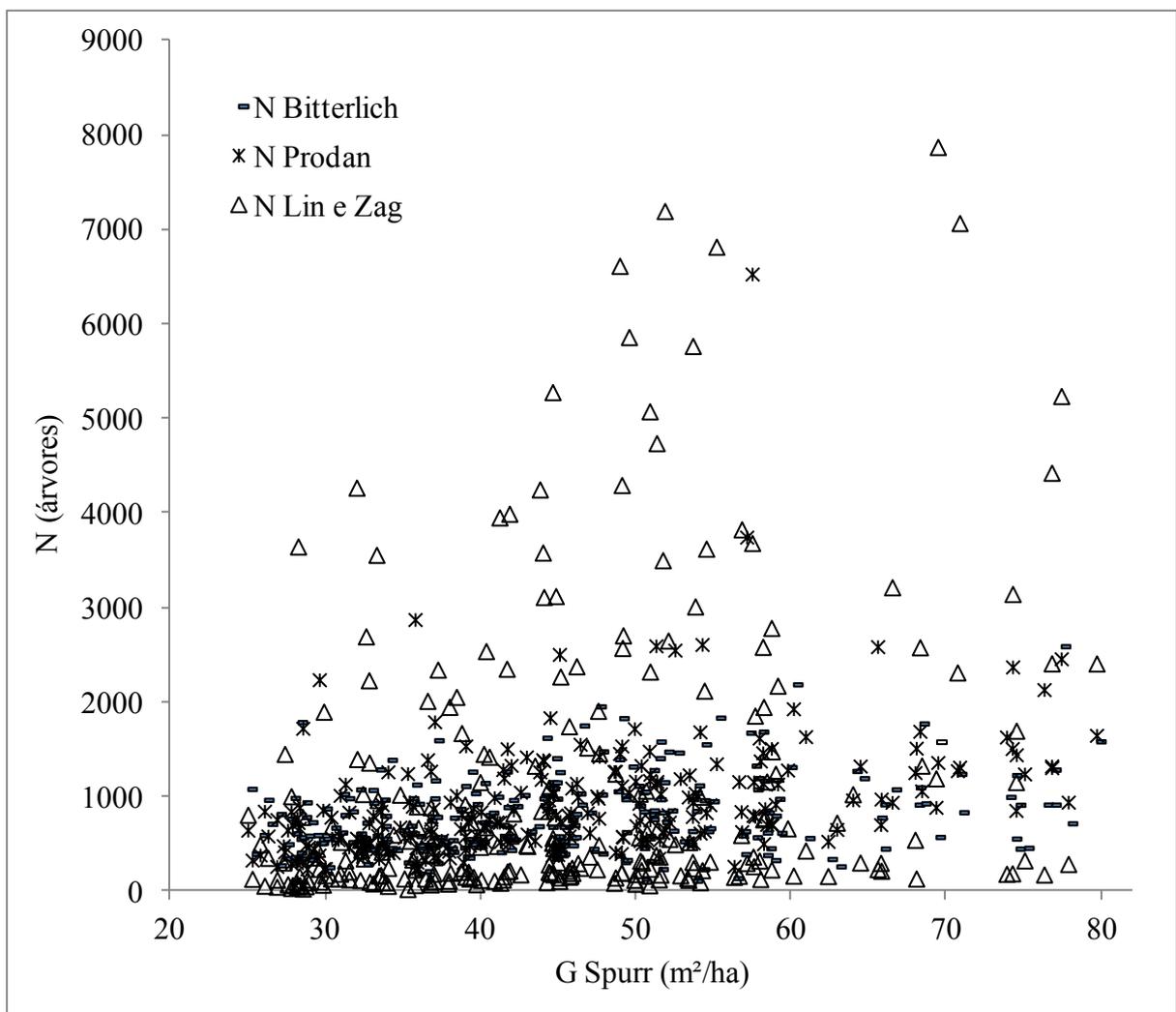


Figura 6 - Número de árvores por hectare em cada um dos pontos de localização de araucária central, calculados a partir da densidade pontual de Spurr.

O número de árvores, segundo metodologia de Bitterlich, é influenciado pelo somatório do inverso das áreas basais das árvores concorrentes. Dessa forma, se as árvores concorrentes apresentarem um pequeno diâmetro, tem-se como resultado um grande número

de árvores. Em um determinado ponto, um maior número de árvores poderá coexistir se estas forem de pequenas dimensões diamétricas.

Para o cálculo do número de árvores de acordo com Prodan, o fator de influência foi a distância que a árvore competidora encontrou-se da árvore central. Nesse sentido, como esta metodologia consistiu em uma razão de áreas territoriais (área de um (1) hectare e área definida pela árvore competidora) quanto menor a distância entre a árvore central e a competidora, maior o número de árvores representado por esta distância. Em outras palavras, um maior número de árvores, com esta distância, caberia em um hectare.

O valor de N, calculado a partir da metodologia de Linares e Zagoya, pela razão entre a densidade do ponto e a área basal da árvore central, gera, para uma mesma densidade pontual e o aumento da área basal da árvore central uma diminuição do número de árvores.

5.1.1.1.4 Número de árvores (N) relacionados com o diâmetro da árvore de área basal média (dg)

Inicialmente, foram plotados os valores de N e dg para os 262 indivíduos de araucária. A distribuição dos valores de N em relação ao dg de acordo com Bitterlich (Figura 7) mostrou um coeficiente angular de $-1,694$. Observou-se também, que este modelo apresentou um bom ajuste, sendo o valor de coeficiente de determinação igual a $R^2 = 0,74$.

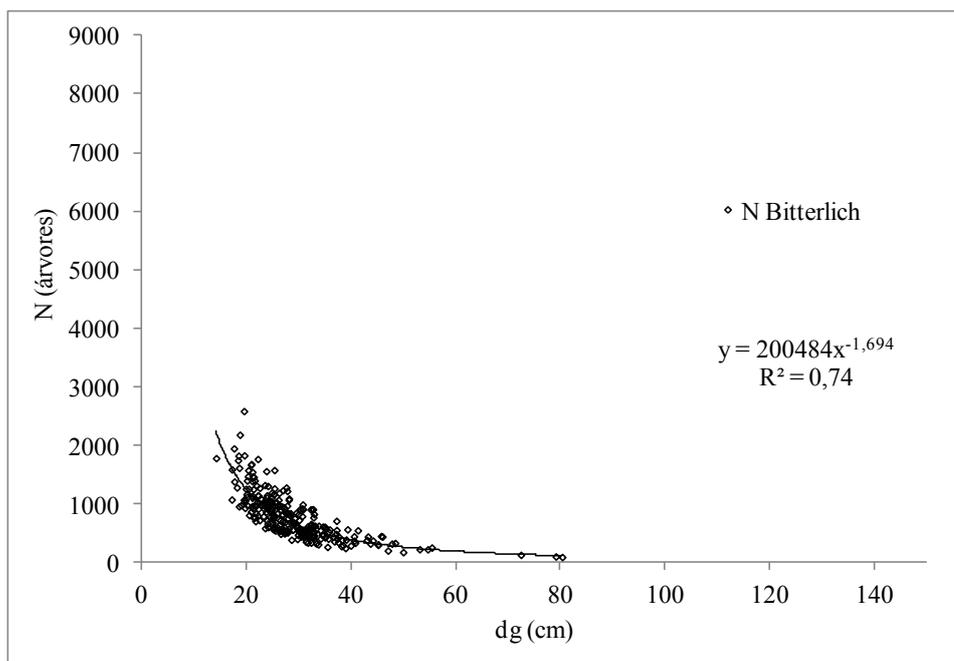


Figura 7 - Curva de distribuição dos dados de N em relação ao dg para indivíduos de *Araucaria angustifolia*, para N calculado a partir de Bitterlich.

A relação do N com dg, quando N foi calculado a partir de Prodan mostrou um ajuste semelhante à distribuição dos dados quando N foi calculado a partir da metodologia proposta por Bitterlich, sendo que o valor de coeficiente de determinação igual a $R^2 = 0,75$ (Figura 8). Este modelo apresentou um coeficiente angular -2,01.

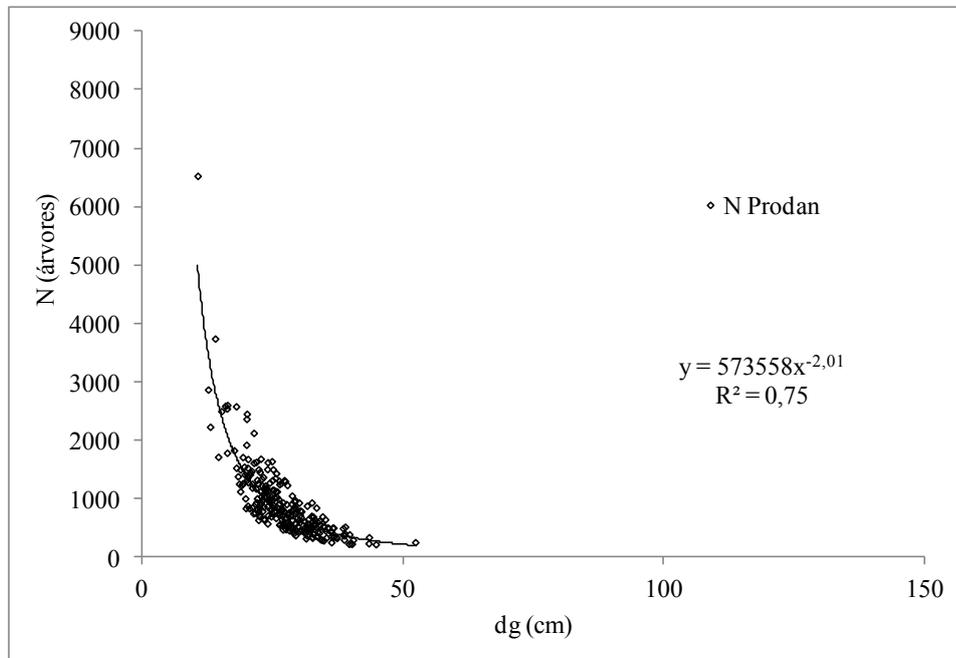


Figura 8 - Curva de distribuição dos dados de N em relação ao dg para indivíduos de *Araucaria angustifolia*, para N calculado a partir de Prodan.

O número de árvores, calculado a partir da metodologia proposta por Linares e Zagoya, mostrou um excelente ajuste na equação em dependência do dap de cada ponto de localização de uma araucária individual, sendo o valor de R^2 igual a 0,96. Este modelo apresentou um coeficiente angular de $-2,061$ (Figura 9).

Para as três formas de cálculo do valor de N, a linha que descreve o comportamento do N em relação ao dg assumiu a forma típica de curva exponencial negativa, decrescendo rapidamente nos menores diâmetros e apresentando uma estabilização, decrescendo de uma forma mais lenta ao atingir diâmetros maiores. Esta linha é um indicativo do valor médio de crescimento.

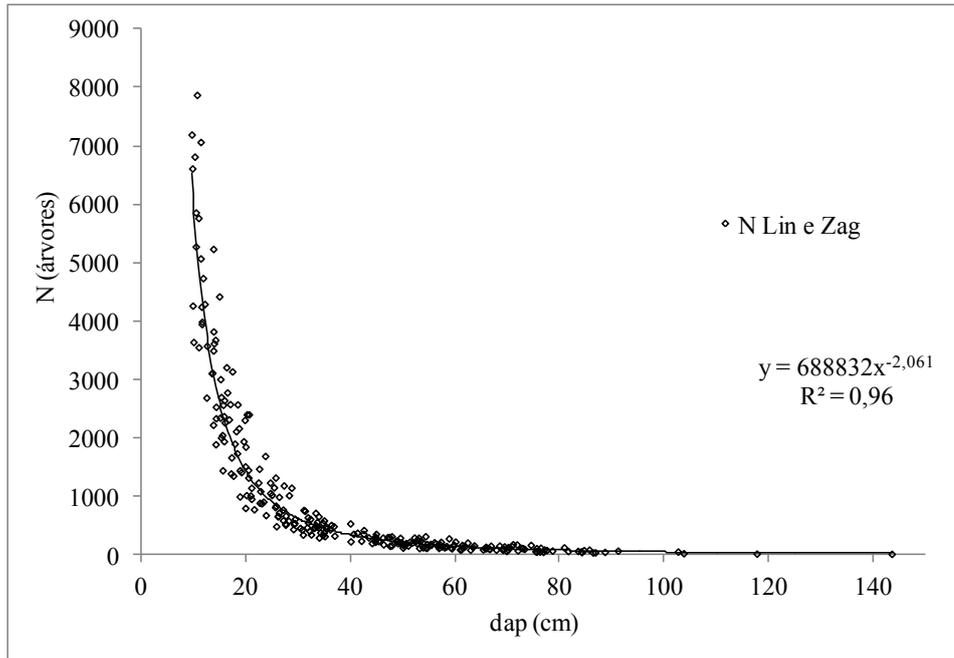


Figura 9 - Curva de distribuição dos dados de N em relação ao dap para indivíduos de *Araucaria angustifolia*, para N calculado a partir de Linares e Zagoya.

Uma distribuição exponencial negativa também foi observada para os dados originais das 10 unidades amostrais (um hectare cada) utilizadas neste estudo (Figura 10). Devido à semelhança de comportamento dos dados, na figura foram apresentadas somente duas unidades amostrais.

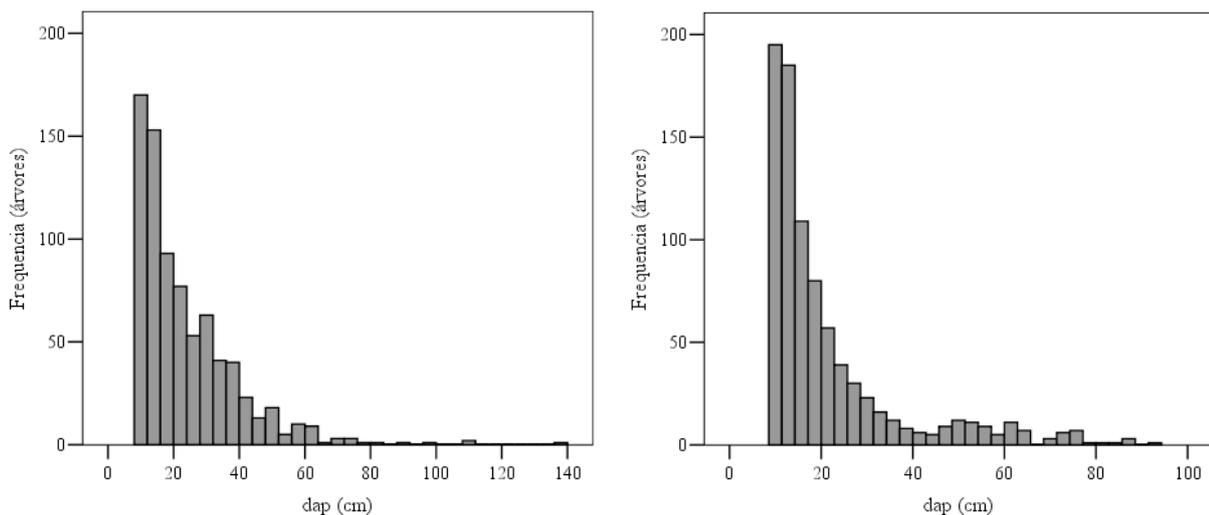


Figura 10 – Distribuição de frequência por classes de diâmetro dos indivíduos arbóreos da Floresta Ombrófila Mista.

Os dados apresentaram este tipo de comportamento, pois de acordo com Selle et al. (2010), com o aumento do diâmetro ocorre uma redução do número de árvores do

povoamento devido a concorrência por fatores como água, nutrientes, luz. Segundo Longhi (1980), trata-se de um comportamento típico de uma floresta inequiânea, onde o número de indivíduos decresce com o aumento do diâmetro.

5.1.1.1.5 Linha de máxima densidade

O máximo de densidade foi calculado a partir da relação de N e dg quando N foi calculado de acordo com Bitterlich (Figura 11), Prodan (Figura 12) e Linares e Zagoya (Figura 13).

Para formar a linha de máxima densidade, o valor de coeficiente angular obtido para a média dos dados foi modificado manualmente até que se obtivesse uma linha tangente aos máximos valores de N.

Meyer (2011) testou cinco formas para a determinação do coeficiente angular para a curva de máxima densidade, encontrando uma pequena variação apenas na segunda casa decimal do coeficiente angular. Dessa forma, optou-se pelo ajuste manual do coeficiente angular devido à simplicidade de metodologia e semelhança de valor com as demais formas de cálculo desse coeficiente.

Para as três formas de cálculo do valor de N, a partir da densidade pontual de Spurr, o valor de coeficiente angular foi igual a -2, diferindo somente o valor de intercepto (Tabela 3).

Tabela 3 - Equações de máxima densidade para densidade pontual de Spurr e três formas de cálculo do número de árvores para indivíduos de *Araucaria angustifolia*.

Metodologia de cálculo do N	Equação de máxima densidade
N de Bitterlich	$N_m = 1.100.000 * dg^{-2}$
N de Prodan	$N_m = 990.000 * dg^{-2}$
N de Linares e Zagoya	$N_m = 1.000.000 * dg^{-2}$

O valor do coeficiente angular observado na linha de máxima densidade para *Araucaria angustifolia* diferiu do intercepto angular de Reineke.

Reineke (1933) relacionando o número de árvores (N) com o diâmetro da árvore de área basal média (dg) encontrou um valor de coeficiente angular igual a -1,605.

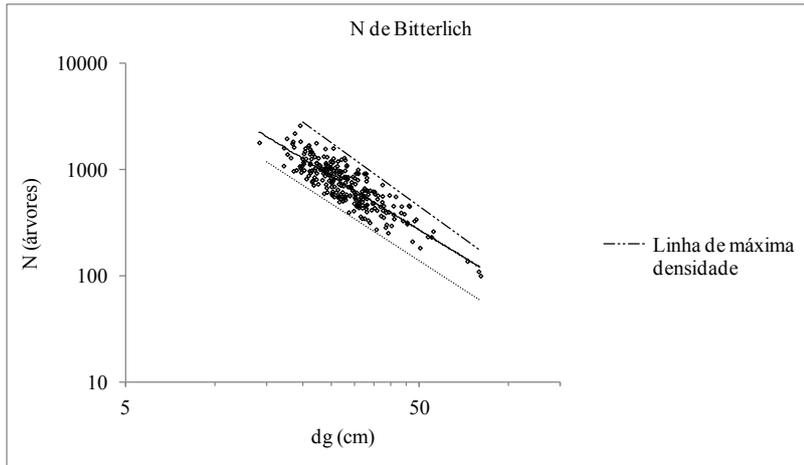


Figura 11 - Linha de máxima densidade para N calculado a partir de Bitterlich para indivíduos de *Araucaria angustifolia*.

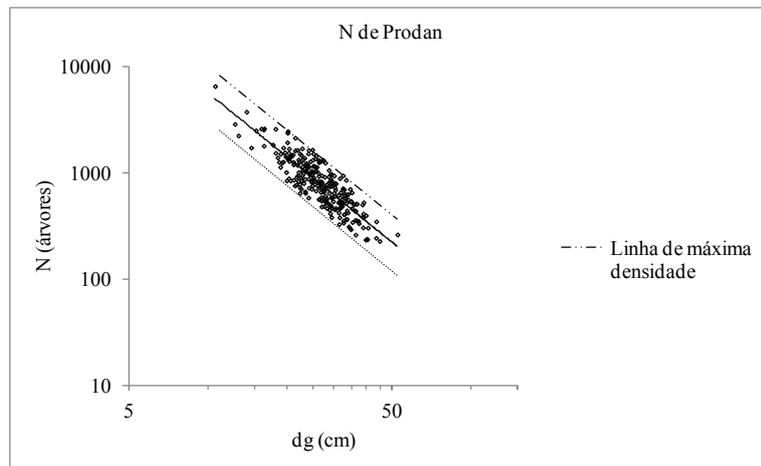


Figura 12 - Linha de máxima densidade para N calculado a partir de Prodan para indivíduos de *Araucaria angustifolia*.

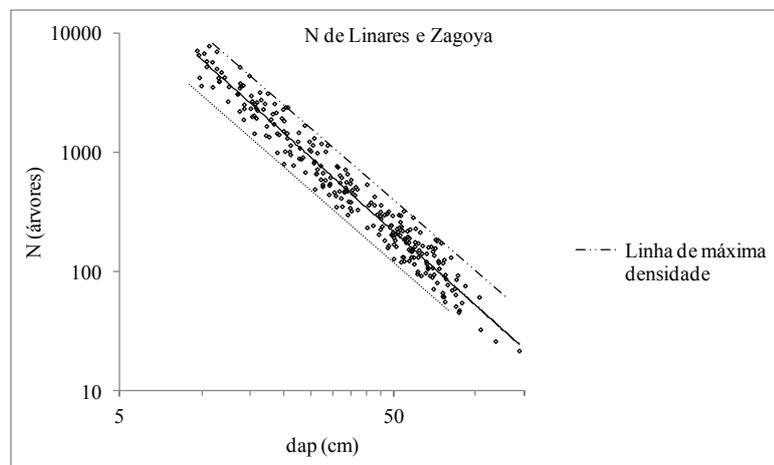


Figura 13 - Linha de máxima densidade para N calculado a partir de Linares e Zagoya para indivíduos de *Araucaria angustifolia*.

Muitos autores, utilizando o modelo de Reineke para estudos com diversas espécies, encontraram valores diferentes de coeficiente angular. De acordo com Schneider et al. (2011), o coeficiente angular varia de acordo com a espécie estudada e descreve a posição da linha média na distribuição dos dados indicando a sua relativa tolerância a competição.

A linha de máxima densidade descreve o limite máximo de tolerância das árvores aos fatores limitantes ao crescimento, sendo a concorrência um dos principais fatores.

Assim, as araucárias próximas a esta curva apresentam uma alta densidade de árvores em seu entorno, com uma intensa competição, refletindo em uma menor possibilidade de crescimento.

Já os indivíduos afastados da curva de máxima, apresentam uma menor densidade de árvores em sua volta, indicando que têm melhores condições de crescimento, não sendo tão intensamente influenciados pela competição.

De acordo com Zhang et al. (2005), a inclinação da linha de máxima densidade deve-se ajustar perfeitamente à inclinação da linha dos valores médios.

Na curva de máximo, para N calculado a partir de Bitterlich (Figura 11), não se observou um ajuste entre a inclinação das linhas, o que indicou uma incerteza na utilização desta para a determinação da máxima densidade.

O ajuste da linha de máxima densidade com a linha média pôde ser observada para valores de N calculados segundo a metodologia de Prodan (Figura 12) e de Linares e Zagoya (Figura 13).

O ajuste da inclinação entre as curvas pôde também ser identificado pela semelhança entre os coeficientes da curva média (-2,01) e curva de máxima densidade (-2) para N calculado a partir de Prodan. Para N calculado a partir de Linares e Zagoya, os coeficientes da curva média (-2,061) e curva de máxima densidade (-2) também mostraram-se semelhantes, contribuindo para o ajuste de inclinação entre as duas curvas.

5.1.1.1.6 Número máximo de árvores

Foi tomado como referência um diâmetro de 25 cm e calculado o número máximo de árvores por unidade de área que este povoamento pode conter (SCHNEIDER, 2008), considerando árvores com esta dimensão.

Para N calculado de acordo com a metodologia proposta por Bitterlich, o máximo valor obtido para *Araucaria angustifolia* foi 1760. Este valor é muito semelhante ao observado por Meyer (2011) que obteve N máximo de 1779 para *Cupania vernalis*, utilizando

densidade pontual de Spurr e cálculo do número de árvores de acordo com Bitterlich. Esse autor acredita que este alto valor foi em decorrência de a espécie ser tolerante ao sombreamento, podendo reunir um maior número de árvores no dossel médio da floresta, com menor competição por luz. Além disso, a heterogeneidade de espécies da floresta pode ter contribuído para que um maior número de árvores de mesmo diâmetro possa coexistir na floresta mista. No entanto, a comparação do máximo N obtido para *Araucaria angustifolia* com o obtido por Meyer é um tanto arriscada, visto que o autor em seu trabalho utilizou indivíduos de *Cupania vernalis* a partir de 1 cm de diâmetro.

Para outras espécies intolerantes ao sombreamento e de povoamentos homogêneos, foram encontrados valores de N menores. Thomas (2009), utilizando densidade de Spurr, N calculado a partir de Bitterlich e valor do dg, obteve um valor máximo de árvores igual a 1201 para *Pinus elliottii*. Para *Pinus taeda*, Schneider (2008) obteve um máximo de 1438.

Téo et al. (2008) observaram um N máximo de 541 árvores para bracatingais nativos. O reduzido número máximo de árvores, segundo os autores, pode ser atribuído às características peculiares da espécie, sendo: caráter heliófilo, acentuada mortalidade nos povoamentos maduros e baixa longevidade.

O valor de número de árvores máximo, quando N calculado de acordo com a metodologia de Prodan mostrou-se uma diferença considerável ao observado quando N calculado a partir de Bitterlich (1760), apresentando um valor máximo de 1584, o que equivale a uma diferença de 176 árvores.

O número máximo de árvores (1600), quando N calculado segundo a metodologia de Linares e Zagoya, mostrou uma diferença de apenas 16 árvores em relação ao máximo para N calculado a partir de Prodan (1584).

5.1.1.2 Densidade de Bitterlich

Para a determinação da densidade de Bitterlich foram realizadas amostras de contagem angular utilizando o FAB igual a 3, o mesmo fator escolhido para a determinação da densidade de Spurr.

A obtenção dos valores da densidade de Bitterlich é altamente influenciada pelo FAB utilizado, diferentemente da determinação da densidade de Spurr, onde a variação do fator pouco influenciou nos valores de densidade.

Considerando o ponto amostral 1 (Tabela 2) onde, para o FAB 3 e 2,5, foram selecionadas 13 árvores e para o FAB 2, 14 árvores, a densidade, em área basal, variou de

44,8 a 43,6 m²/ha, respectivamente. No entanto, para a densidade de Bitterlich, caso tivessem sido considerados os três fatores, ter-se-ia uma variação de 39 m²/ha (para FAB 3), 32,5 m²/ha (para FAB 2,5) e 26 m²/ha (para FAB 2).

Os valores de densidade de Bitterlich em cada um dos pontos de localização de uma araucária central tiveram uma variação de 18 m²/ha a 75 m²/ha.

Comparado aos valores de densidade obtidos a partir de Spurr, os quais variaram de 25 m²/ha a 79,7 m²/ha, não foram observadas diferenças importantes nas amplitudes de variação dos valores de densidade.

Pôde-se observar que os valores de densidade de Bitterlich foram menores que os obtidos por Spurr (Figura 14). Além disso, somente em um ponto observou-se uma densidade de 75 m²/ha, os demais foram inferiores a 63 m²/ha.

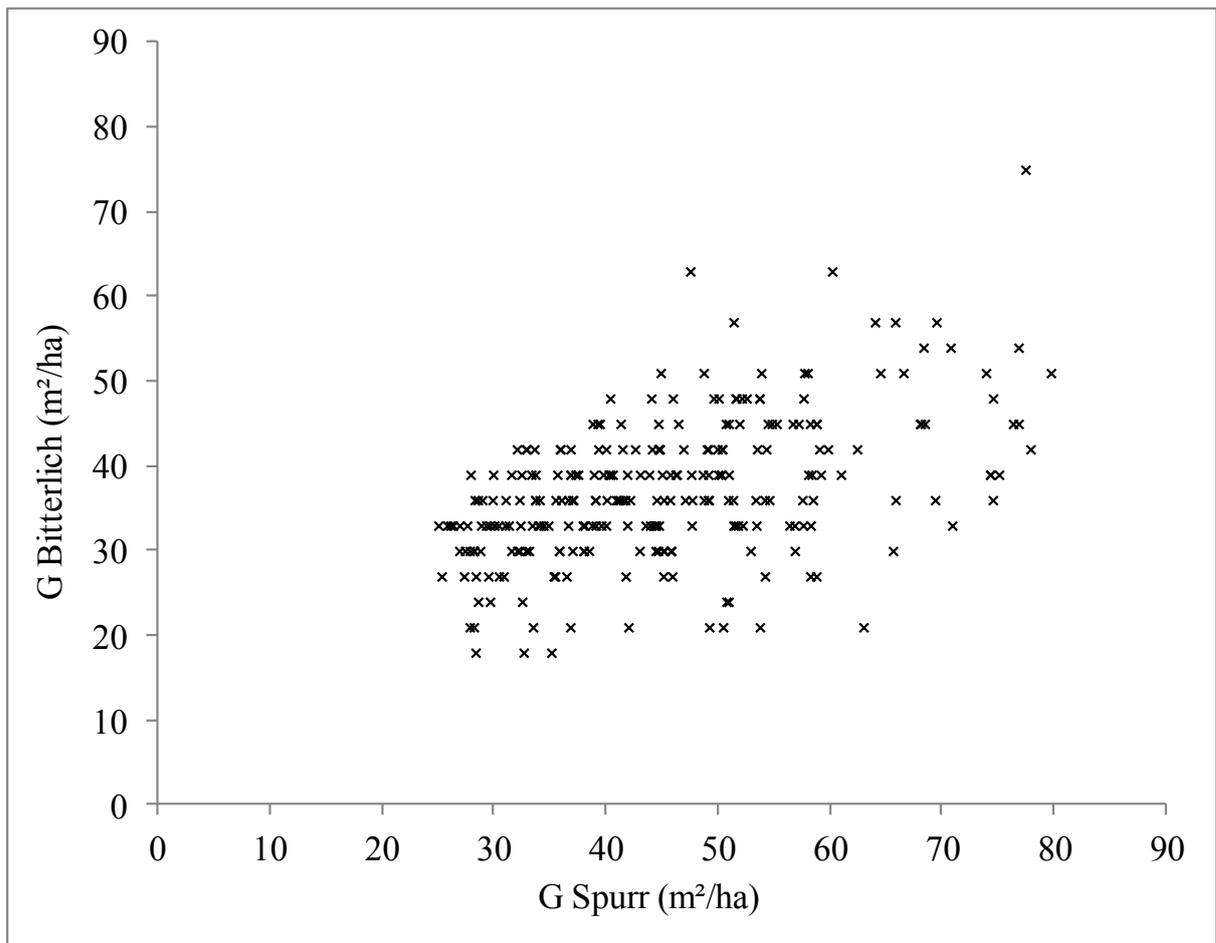


Figura 14 - Valores da densidade pontual de Spurr em relação aos valores da densidade de Bitterlich para indivíduos de *Araucaria angustifolia*.

Considerando o fator de área basal igual a 3, cada árvore selecionada como concorrente representa 3 m²/ha de área basal. Dessa forma, considerando a variação dos

valores de área basal de Bitterlich, com valor mínimo de 18 m²/ha, desconsiderando a área basal representada pela árvore central, cada araucária central possui no mínimo 5 árvores competidoras.

5.1.1.2.1 Número de árvores por hectare (N) calculado a partir da densidade de Bitterlich

Tendo como base a densidade de Bitterlich, foram calculados os valores de N de acordo com as metodologias de Bitterlich, Prodan e Linares e Zagoya.

Os valores de N, calculados a partir da metodologia de Linares e Zagoya mostraram a maior amplitude de dados, variando de valores mínimos a aproximadamente 7000 árvores/ha (Figura 15).

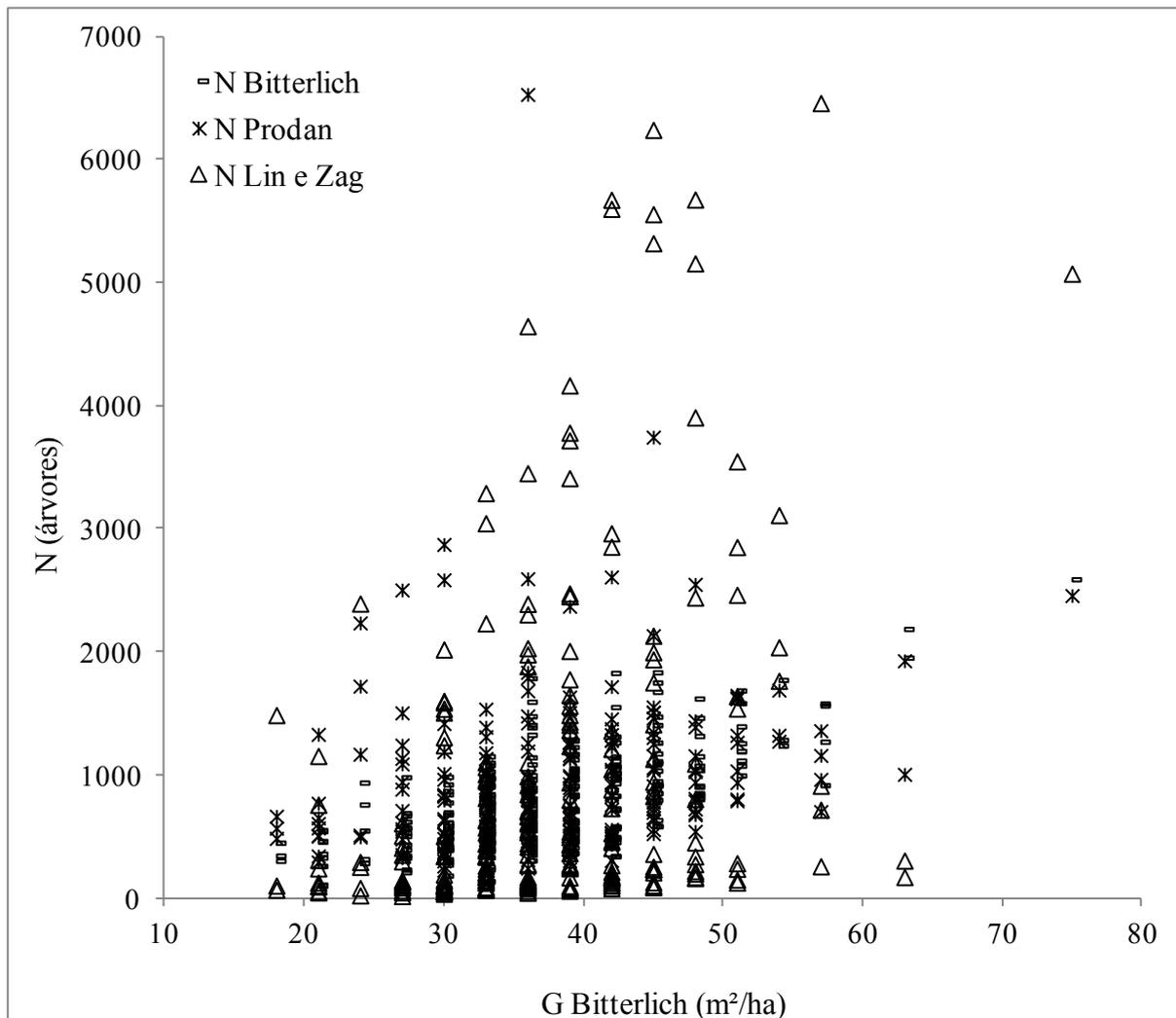


Figura 15 - Número de árvores por hectare em cada um dos pontos de localização de araucária central, calculados a partir da densidade de Bitterlich.

Assim como observado no cálculo dos valores de N tendo como base a densidade pontual de Spurr, o número de árvores de Bitterlich e Prodan resultou em valores semelhantes, dificultando a sua distinção no gráfico.

5.1.1.2.2 Número de árvores (N) relacionados com o diâmetro da árvore de área basal média (dg)

A distribuição dos valores de N, calculado a partir da metodologia de Bitterlich, em relação ao dg, resultou em uma curva média cujo valor do coeficiente angular foi a -2,266 (Figura 16).

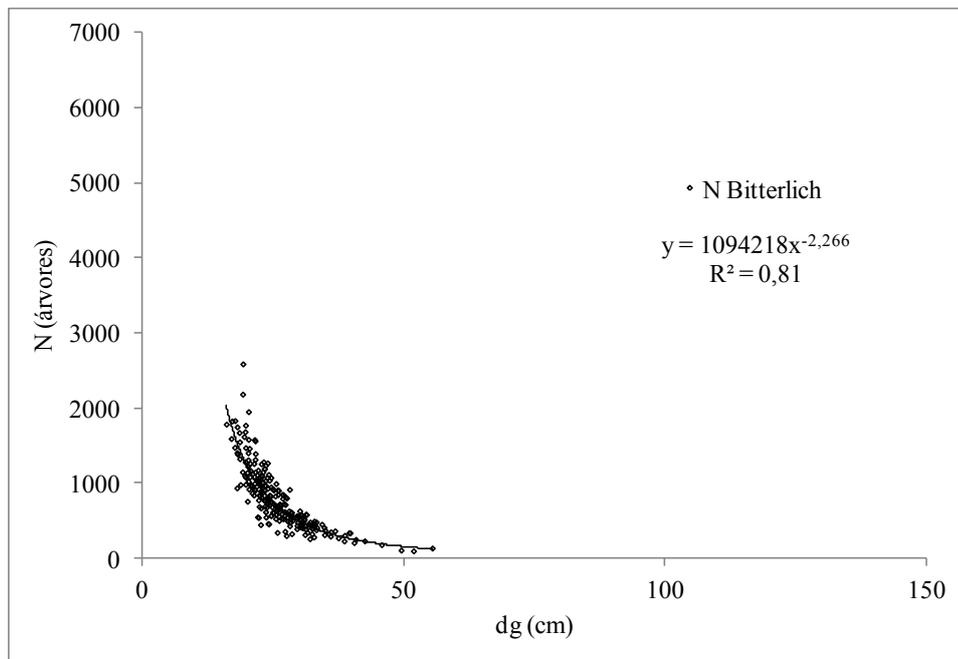


Figura 16 - Curva de distribuição dos dados de N em relação ao dg para indivíduos de *Araucaria angustifolia*, para N calculado a partir de Bitterlich.

Este valor do coeficiente, obtido a partir da densidade de Bitterlich, indicou uma maior taxa de diminuição do N com o aumento dg, comparado com o coeficiente obtido a partir da densidade de Spurr (-1,694).

Os valores dos coeficientes angulares para os valores médios de N, calculados a partir de Prodan (-1,9) (Figura 17) e Linares e Zagoya (-2,07) (Figura 18), em relação ao dg, tendo como base a densidade de Bitterlich, mostraram-se semelhantes ao obtidos tendo como base a densidade pontual de Spurr, no qual foram obtidos os coeficientes de -2,01 e -2,061, para N de Prodan e Linares e Zagoya, respectivamente.

Opostamente ao observado quando N foi calculado a partir de Bitterlich, para N calculado a partir de Prodan, os valores de N apresentaram uma diminuição mais lenta em função do dg, tendo como base a densidade de Bitterlich.

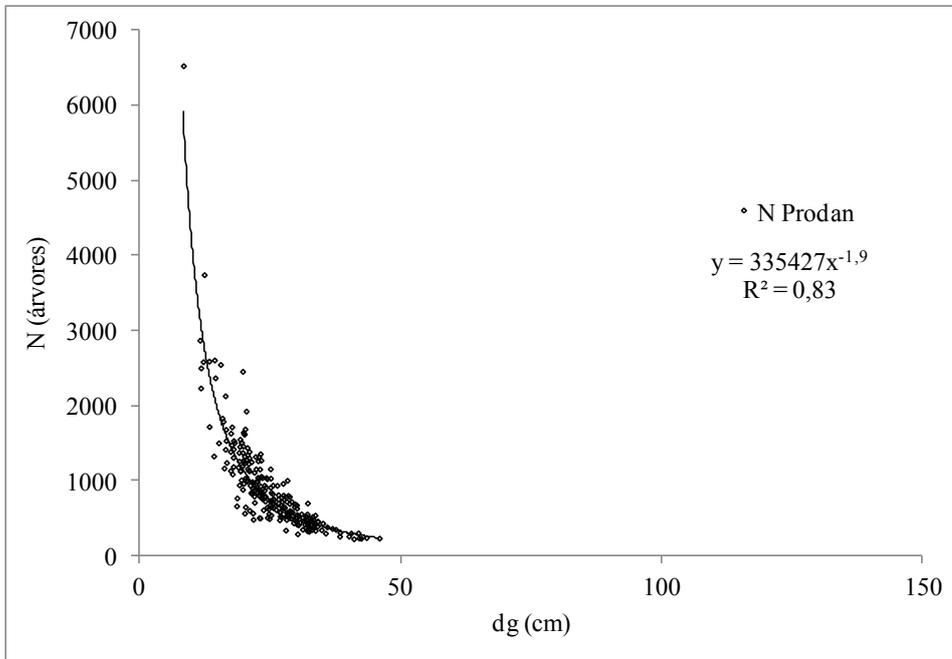


Figura 17 - Curva de distribuição dos dados de N em relação ao dg para indivíduos de *Araucaria angustifolia*, para N calculado a partir de Prodan.

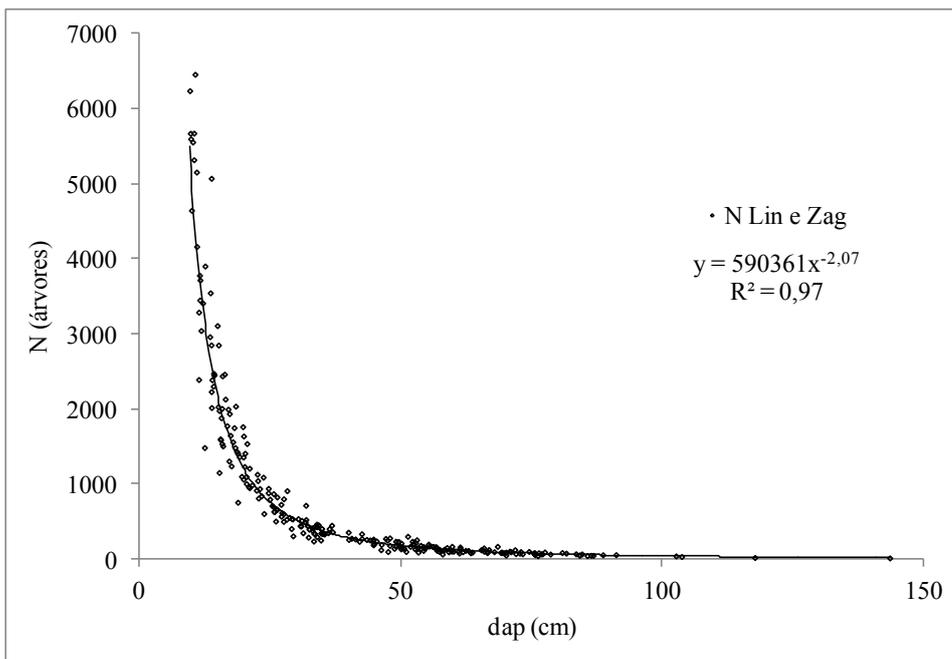


Figura 18 - Curva de distribuição dos dados de N em relação ao dap para indivíduos de *Araucaria angustifolia*, para N calculado a partir de Linhares e Zagoya.

Já para N calculado a partir de Linares e Zagoya e densidade de Bitterlich, este valor apresentou uma maior taxa de decréscimo em relação à densidade de Spurr. No entanto, como a diferença do coeficiente apresenta-se somente na segunda casa decimal, pôde-se afirmar a igualdade desses dois coeficientes.

Para as três formas de cálculo do valor de N, a curva média de distribuição dos dados apresentou um excelente ajuste, tendo como referência o coeficiente de determinação.

O cálculo do valor de N de acordo com a metodologia de Linares e Zagoya foi originado a partir da razão entre a densidade pontual e a área basal da árvore central ($N = G/g_i$).

O valor da área basal média foi obtido dividindo-se a densidade pontual pelo número de árvores ($g_{\text{médio}} = G/N$). Isolando o valor de G na equação do número de árvores de Linares e Zagoya, obteve-se: $G = N \cdot g_i$. Substituindo esta expressão na fórmula do $g_{\text{médio}}$, obtivemos: $g_{\text{médio}} = N \cdot g_i / N$, o que resultou em $g_{\text{médio}} = g_i$. Convertendo-se esses valores de área basal em diâmetro, observou-se que o valor de diâmetro médio do ponto igualou-se ao diâmetro da árvore central, ou seja, $dg = dap$.

De acordo com Shaw (2005) para espécies da floresta mista e inequiânea devido à heterogeneidade de espécies, dimensões e distribuição espacial das árvores, na determinação de um Índice de Densidade do Povoamento deve-se utilizar o diâmetro ou classe de diâmetro (WOODALL et al., 2005) da árvore, em vez do dg.

Assim, a metodologia de cálculo de N de Linares e Zagoya pareceu ideal para a determinação da densidade do povoamento, pois independente da forma de obtenção da densidade, o valor do dg é sempre igual ao dap da árvore central.

5.1.1.2.3 Linha de máxima densidade

Tendo como base a densidade de Bitterlich, não foi possível a definição de um coeficiente angular único para as equações de máxima densidade, para as três formas de cálculo do valor de N (Tabela 4).

A maior diferença no coeficiente angular foi observada quando N foi calculado a partir da metodologia de Bitterlich.

Para N calculado a partir de Linares e Zagoya, percebeu-se uma semelhança no valor do coeficiente angular.

Tabela 4 - Equações de máxima densidade para densidade de Bitterlich e três formas de cálculo do número de árvores para indivíduos de *Araucaria angustifolia*.

Metodologia de cálculo do N	Equação de máxima densidade
N de Bitterlich	$N_m = 10.900.000 * dg^{-2,8}$
N de Prodan	$N_m = 6.060.000 * dg^{-2,6}$
N de Linares e Zagoya	$N_m = 1.400.000 . dg^{-2,1}$

Ajuste na inclinação da linha média com a linha de máxima densidade, tendo como base a densidade de Bitterlich, somente foi observado para valores de N calculados a partir da metodologia de Linares e Zagoya (Figura 21). O ajuste da inclinação entre as curvas pôde também ser identificado pela semelhança entre os coeficientes da curva média (-2,07) e curva de máxima densidade (-2,1).

Para N calculado a partir de Bitterlich (Figura 19) e Prodan (Figura 20) para maiores valores de dg, a linha de máximo aproximou-se da linha de média densidade, resultando em uma subestimação do valor máximo de N.

5.1.1.2.4 Número máximo de árvores

Tendo como base a densidade de Bitterlich, foi calculado o número máximo de árvores para *Araucaria angustifolia* para valor de N calculado a partir de Bitterlich, Prodan e Linares e Zagoya.

Para N calculado a partir de Bitterlich, o valor máximo de N foi igual a 1328 árvores, o qual diferiu do máximo N na dependência da densidade pontual de Spurr (1760). Esta diferença no número máximo de árvores pode ser atribuída ao menor valor do coeficiente angular da equação, que fez com que o número de árvores fosse menor, apesar de o coeficiente linear da equação ser muito maior.

Para N calculado a partir de Prodan, novamente observou-se uma diferença no número máximo de árvores para a densidade de Bitterlich (1405) em relação à densidade pontual de Spurr (1584), a qual também pode ser atribuída ao menor valor do coeficiente angular da equação.

Para N calculado a partir de Linares e Zagoya, não foi observada considerável diferença entre os valores do número máximo de árvores em função das metodologias de determinação da densidade.

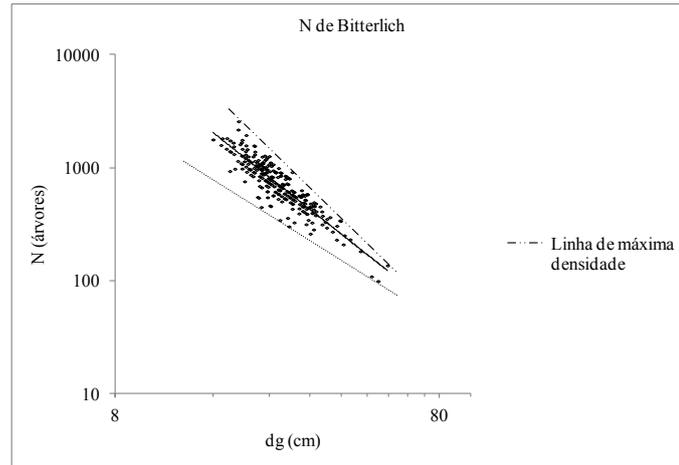


Figura 19 - Linha de máxima densidade para N calculado a partir de Bitterlich para indivíduos de *Araucaria angustifolia*.

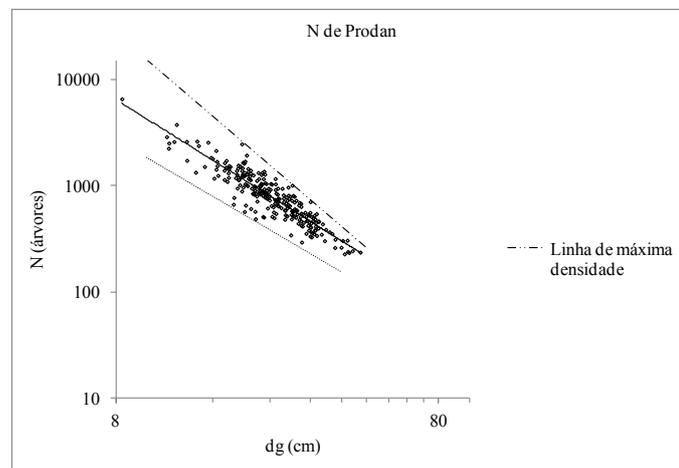


Figura 20 - Linha de máxima densidade para N calculado a partir de Prodan para indivíduos de *Araucaria angustifolia*.

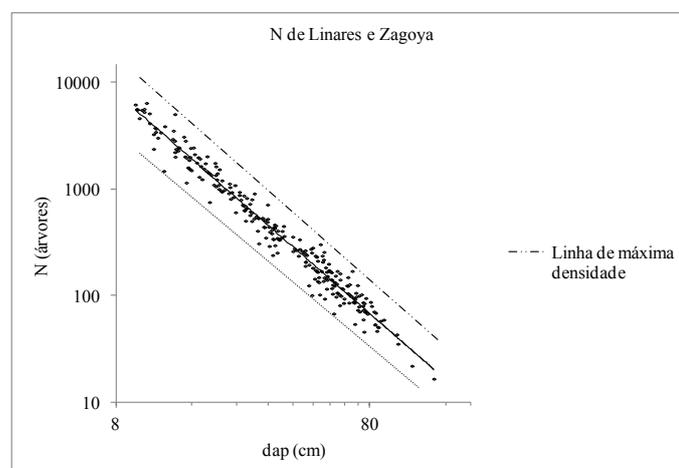


Figura 21 - Linha de máxima densidade para N calculado a partir de Linares e Zagoya para indivíduos de *Araucaria angustifolia*.

Para densidade de Bitterlich foi observado um N máximo de 1624 árvores e para a densidade pontual de Spurr, 1600 árvores. Esta semelhança pôde ser atribuída à similaridade do coeficiente angular da equação do máximo número de árvores, que fez com que o número de árvores fosse praticamente igual. Além disso, observou-se uma proximidade dos valores dos coeficientes lineares dessa equação.

5.1.1.3 Avaliação do N em relação ao número máximo de árvores e sua influência sobre o incremento diamétrico da *Araucaria angustifolia*

O número de árvores somente exerceu influência significativa sobre o incremento quando calculado a partir da metodologia de Linares e Zagoya. Tanto para a densidade pontual de Spurr quanto para a densidade de Bitterlich, os coeficiente de correlação -0,339 e -0,336, respectivamente, mostraram que o incremento em diâmetro tende a ser menor com a presença de uma maior quantidade de árvores (Tabela 5).

Tabela 5 - Correlação de Pearson do número de árvores e porcentagem do máximo N sobre o incremento em diâmetro para *Araucaria angustifolia*.

		Densidade pontual de Spurr					
		Bitterlich		Prodan		Linares e Zagoya	
Variáveis		N	Porcentagem do máximo N	N	Porcentagem do máximo N	N	Porcentagem do máximo N
Inc	Correlação	-0,065	-0,192	0,030	-0,194	-0,339	-0,191
	Significância	0,298^{ns}	0,002*	0,629^{ns}	0,002*	0,000**	0,002*
		Densidade de Bitterlich					
		Bitterlich		Prodan		Linares e Zagoya	
Variáveis		N	Porcentagem do máximo N	N	Porcentagem do máximo N	N	Porcentagem do máximo N
Inc	Correlação	-0,065	-0,109	0,030	-0,164	-0,336	-0,019
	Significância	0,298^{ns}	0,077^{ns}	0,629^{ns}	0,008^{ns}	0,000**	0,765^{ns}

Onde: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%

Comparando-se o valor de N real de cada araucária com o número máximo de árvores

que o ponto pode conter observou-se que a porcentagem que o N real está do máximo número de árvores influencia inversamente no incremento. Os valores dos coeficientes indicaram que quanto mais próximo do número máximo de árvores uma árvore se encontra, menor é a possibilidade de incremento. Esta relação somente foi observada tendo como base a densidade pontual de Spurr, para todas as formas de cálculo de N e para densidade de Bitterlich, para N calculado a partir de Prodan, este com uma menor significância.

5.1.1.4 Influência das árvores competidoras de mesma espécie da árvore central

Foi calculada a porcentagem de área basal de Spurr representada por araucárias em cada parcela de Spurr.

Os valores de área basal representados por araucárias concorrentes variam de 0 a 100%, indicando a existência de parcelas com nenhuma araucária concorrente e em outras onde todas as concorrentes são araucárias.

A porcentagem de araucárias competidoras mostrou correlação negativa, com índice de correlação igual a - 0,278, sobre o incremento em diâmetro das araucárias centrais. Dessa forma, quanto maior a porcentagem de área basal de araucárias, menor é o incremento.

No gráfico pôde-se observar uma aglomeração dos indivíduos de menor incremento em zonas de alta porcentagem de área basal de araucárias concorrentes (Figura 22).

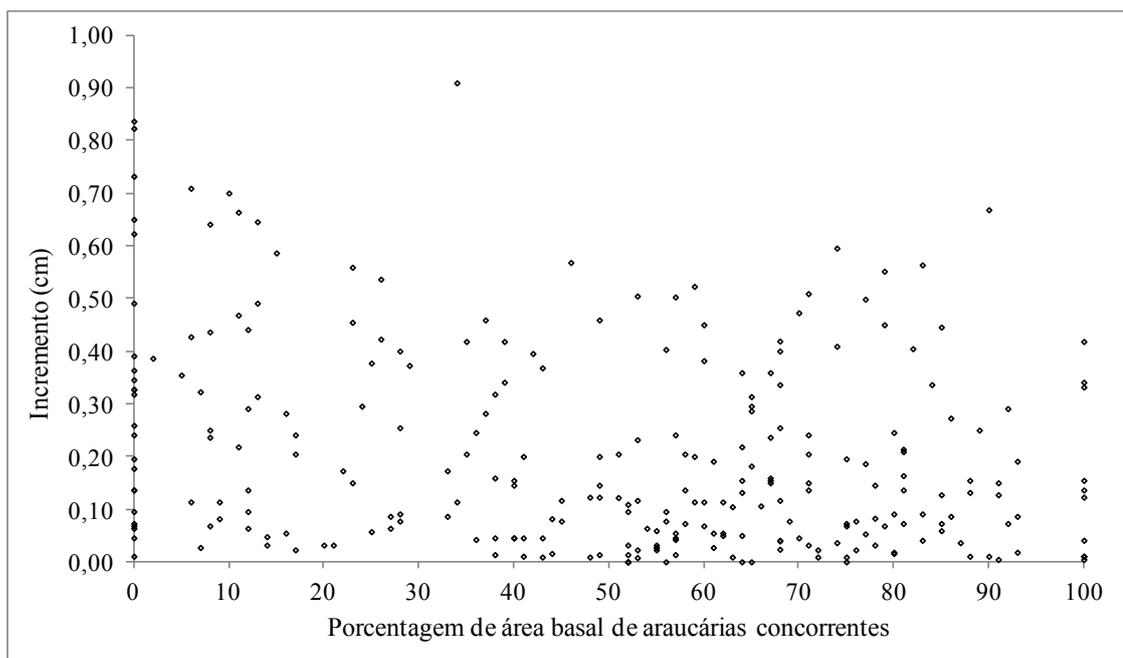


Figura 22 – Incremento em diâmetro de *Araucaria angustifolia* de acordo com a quantidade de área basal das araucárias concorrentes.

5.1.2 Densidade para árvores individuais de *Blepharocalix salicifolius*

5.1.2.1 Densidade pontual

Os valores da densidade de Spurr em cada um dos pontos de localização de uma murta central variaram de 25,1 m²/ha a 81,1 m²/ha. Já os valores da densidade de Bitterlich tiveram uma variação de 24 m²/ha a 60 m²/ha.

Pôde-se observar que a densidade de Spurr teve uma amplitude mais larga que os valores da densidade de Bitterlich, sendo observado os maiores valores para a densidade de Spurr (Figura 23).

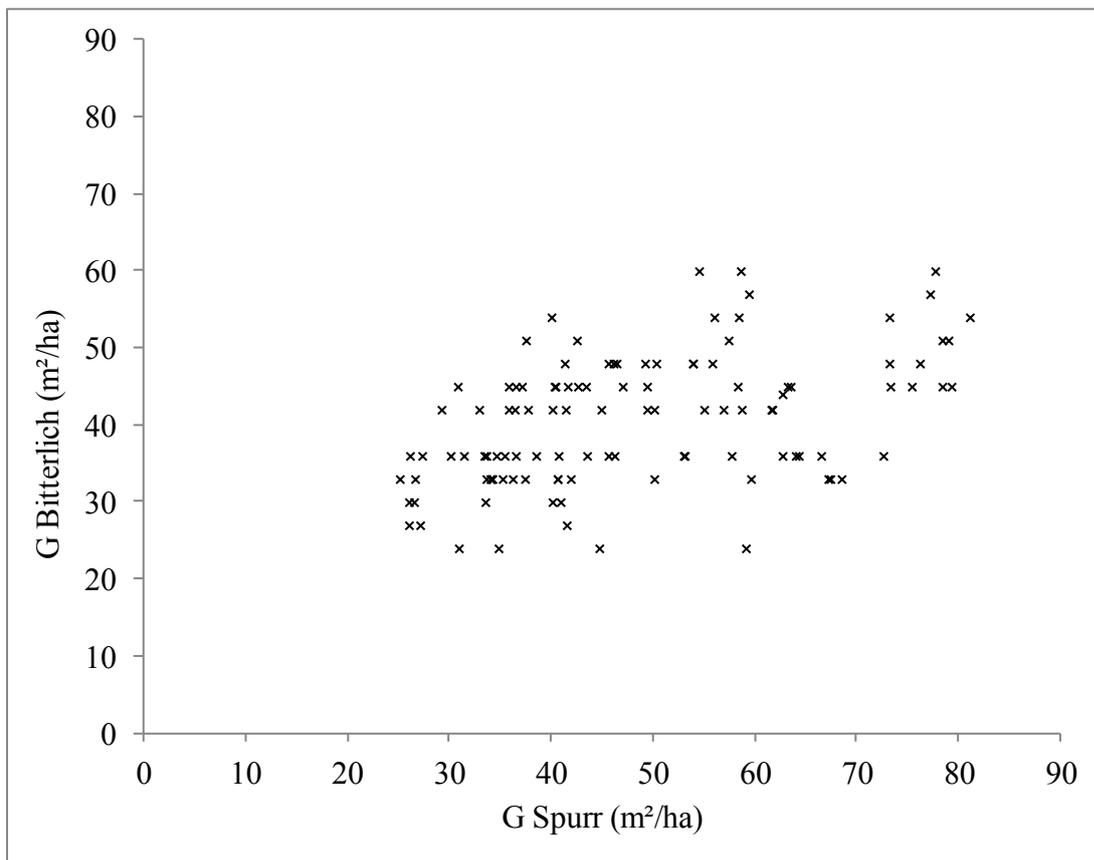


Figura 23 - Valores da densidade pontual de Spurr em relação aos valores da densidade de Bitterlich para indivíduos de *Blepharocalix salicifolius*.

Observou-se que a *Araucaria angustifolia*, em função da densidade de Bitterlich, apresentou, no mínimo, 5 árvores competidoras em seu entorno. Já para *Blepharocalix salicifolius*, o número mínimo de árvores competidoras foi igual a 7, considerando o menor valor de densidade pontual, excluindo a área basal representada pela árvore central. Dessa

forma, percebeu-se que a murta apresentou uma maior densidade de árvores em sua volta, quando comparada à espécie com a qual divide o dossel na floresta.

5.1.2.2 Número de árvores por hectare (N)

Para as espécies *Blepharocalix salicifolius*, *Cryptocaria aschersonina* e *Casearia decandra*, o número de árvores foi calculado somente de acordo com a metodologia de Linares e Zagoya (1995), por entender-se que esta metodologia seria a mais apropriada para a determinação da densidade, em número de árvores, para as florestas nativas.

O número de árvores, calculado a partir da metodologia de Linares e Zagoya, mostrou pouca diferença em relação às duas formas de determinação da densidade (Figura 24). Apenas alguns valores de N, quando calculados com base na densidade pontual de Spurr, apresentaram valores com maior dispersão.

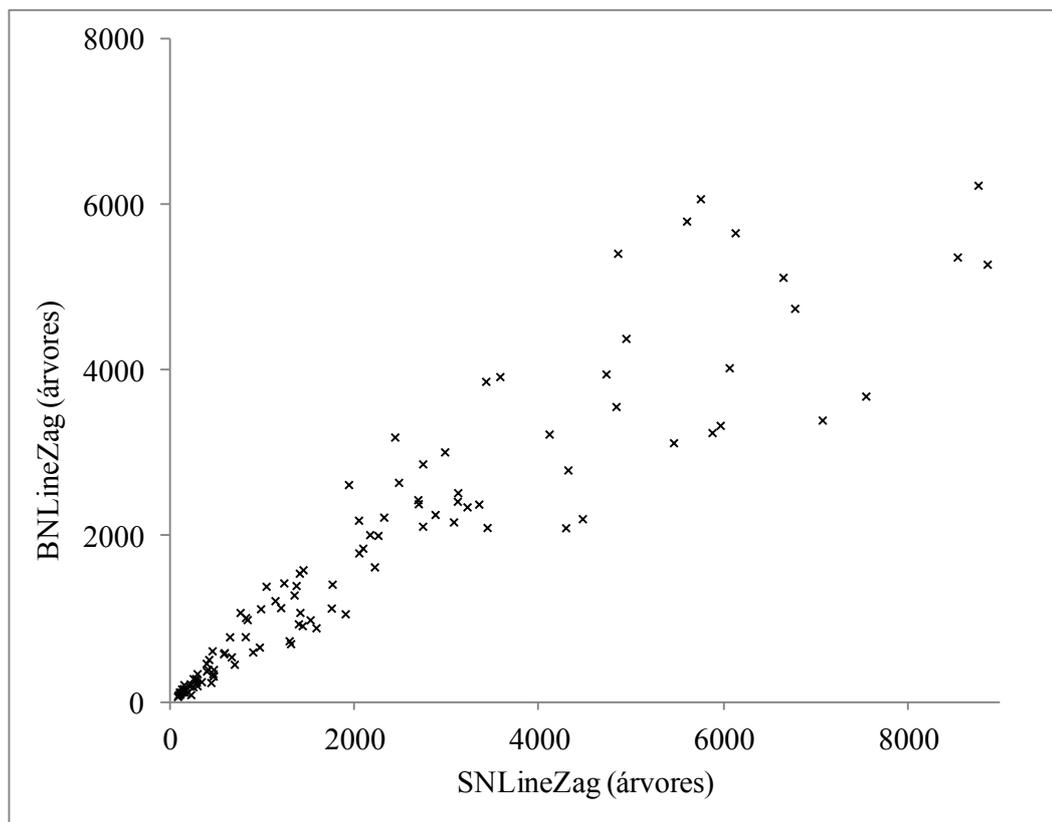


Figura 24 - Número de árvores, calculado a partir da metodologia de Linares e Zagoya, de acordo com a densidade pontual de Spurr e a densidade de Bitterlich para indivíduos de *Blepharocalix salicifolius*.

B N Lin e Zag: número de árvores calculado a partir da metodologia de Linares e Zagoya, com base na densidade de Bitterlich; S N Lin e Zag: número de árvores calculado a partir da metodologia de Linares e Zagoya, com base na densidade de Spurr.

5.1.3 Densidade para árvores individuais de *Cryptocaria aschersoniana*

5.1.3.1 Densidade pontual

Para a espécie que ocupa o estrato médio da floresta, *Cryptocaria aschersoniana*, os valores de densidade de Spurr tiveram uma variação de 25,5 m²/ha a 80,4 m²/ha. Já os valores da densidade de Bitterlich variaram de 24 m²/ha a 63 m²/ha (Figura 25). Esses valores de densidade não diferiram dos valores de máxima e mínima densidade das espécies do dossel da floresta.

Igualmente, os valores da densidade pontual de Spurr apresentaram uma maior dispersão dos dados.

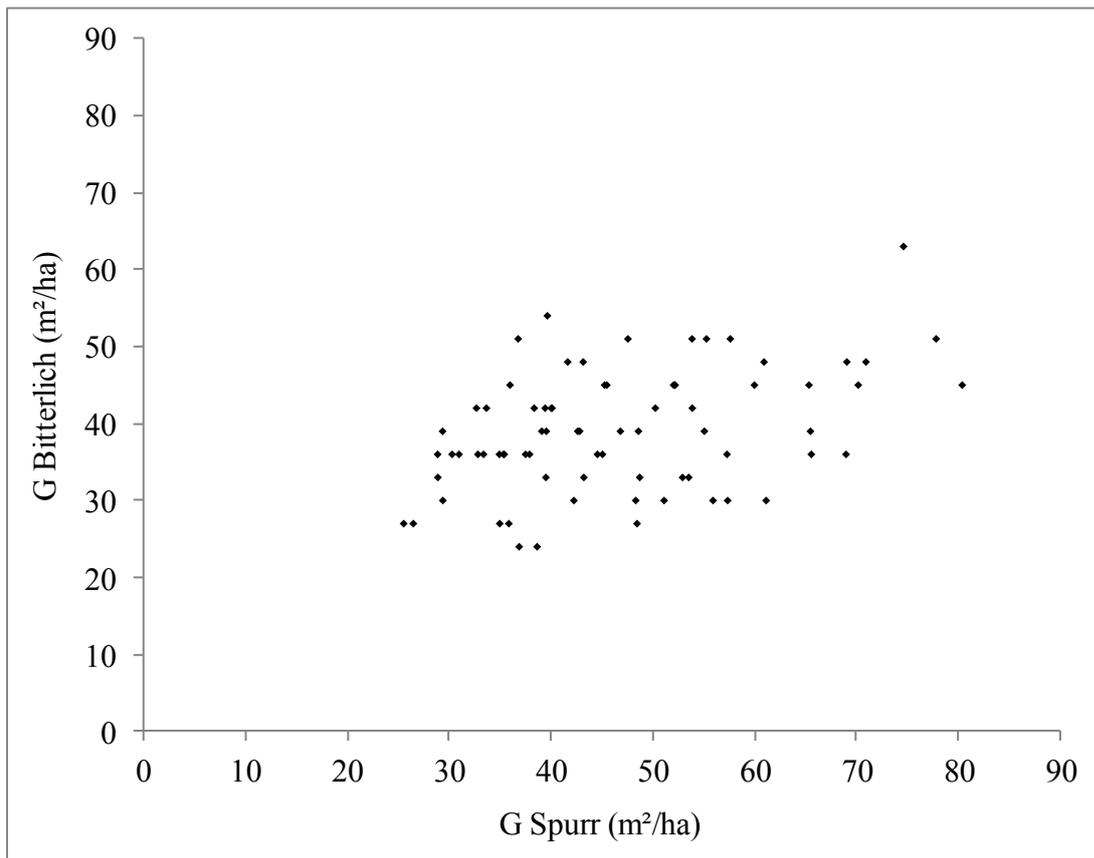


Figura 25 - Valores da densidade pontual de Spurr em relação aos valores da densidade de Bitterlich para indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana*.

5.1.3.2 Número de árvores por hectare (N)

Da mesma forma que observado para as espécies do estrato superior da floresta, o

número de árvores teve pouca variação. De forma semelhante, os valores de N com base na densidade de Spurr mostraram alguns valores mais dispersos, resultando nos maiores valores de N (Figura 26).

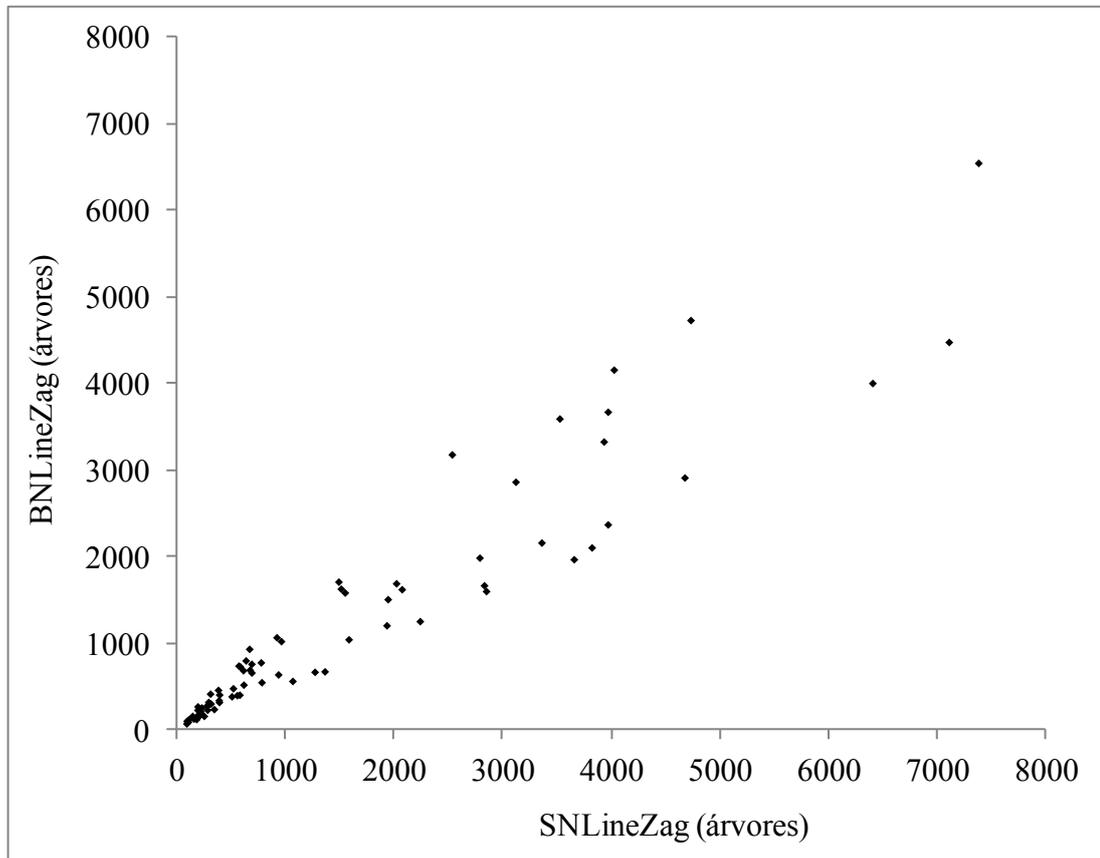


Figura 26 - Número de árvores, calculado a partir da metodologia de Linhares e Zagoya, de acordo com a densidade pontual de Spurr e a densidade de Bitterlich para indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana*.

B N Lin e Zag: número de árvores calculados a partir da metodologia de Linhares e Zagoya, com base na densidade de Bitterlich; S N Lin e Zag: número de árvores calculados a partir da metodologia de Linhares e Zagoya, com base na densidade de Spurr.

5.1.4 Densidade para árvores individuais de *Casearia decandra*

5.1.4.1. Densidade pontual para *Casearia decandra*

Para a espécie *Casearia decandra*, característica do estrato inferior da floresta, os valores de densidade de Spurr tiveram uma variação de 16,7 m²/ha a 90,5 m²/ha. Já os valores da densidade de Bitterlich variaram de 21 m²/ha a 60 m²/ha (Figura 27).

Pôde-se observar que, para esta espécie, o valor mínimo da densidade de Spurr foi

menor que os valores mínimos desta densidade para as espécies dos estratos superiores da floresta. Por outro lado, o valor máximo da densidade de Spurr também foi superior os demais valores, mostrando que a *Casearia decandra* pode encontrar-se em situações de baixa competição bem como, de alta de competição, respectivamente.

Os valores da densidade de Bitterlich tiveram pouca variação em relação às espécies dos estratos superiores da floresta.

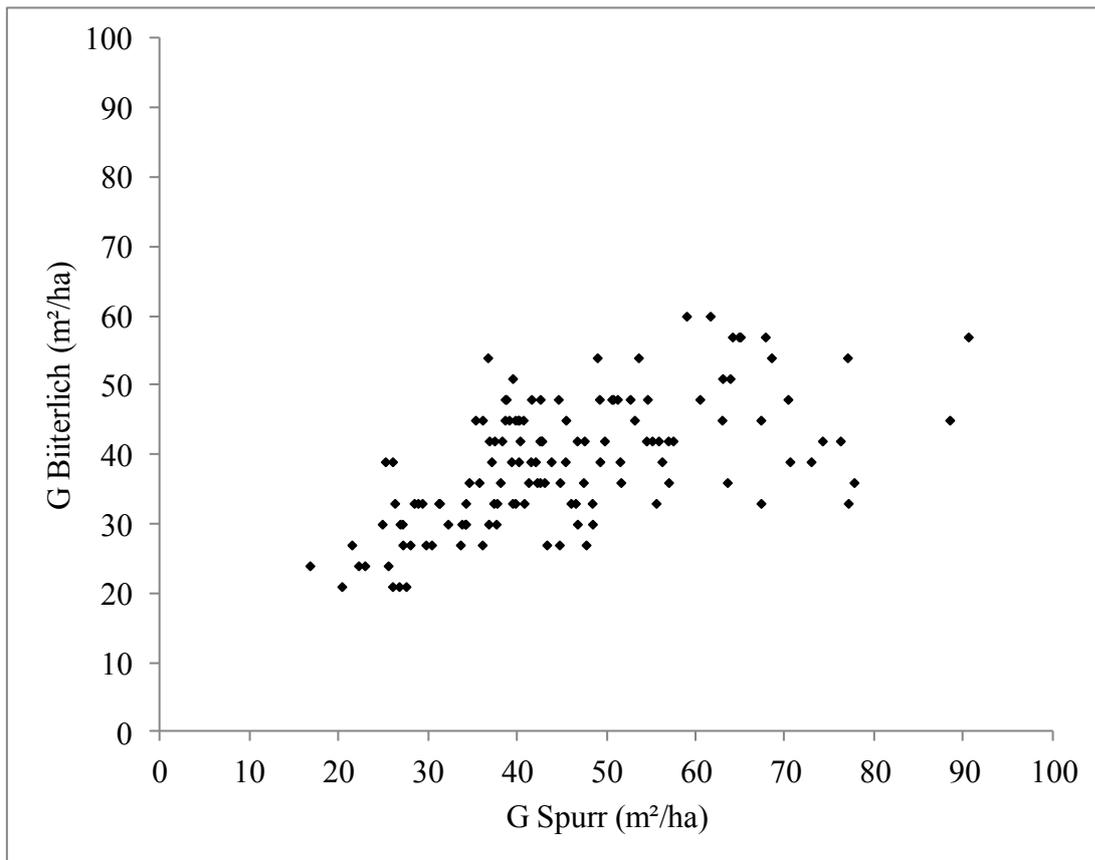


Figura 27 - Valores da densidade pontual de Spurr em relação aos valores da densidade de Bitterlich para indivíduos de *Casearia decandra*.

5.1.4.2 Número de árvores por hectare (N)

Da mesma forma que observado para as espécies dos estratos superiores da floresta, o número de árvores teve pouca variação em função das formas de determinação da densidade pontual. De forma semelhante, os valores de N com base na densidade de Spurr mostraram alguns valores mais dispersos, resultando nos maiores valores de N (Figura 28).

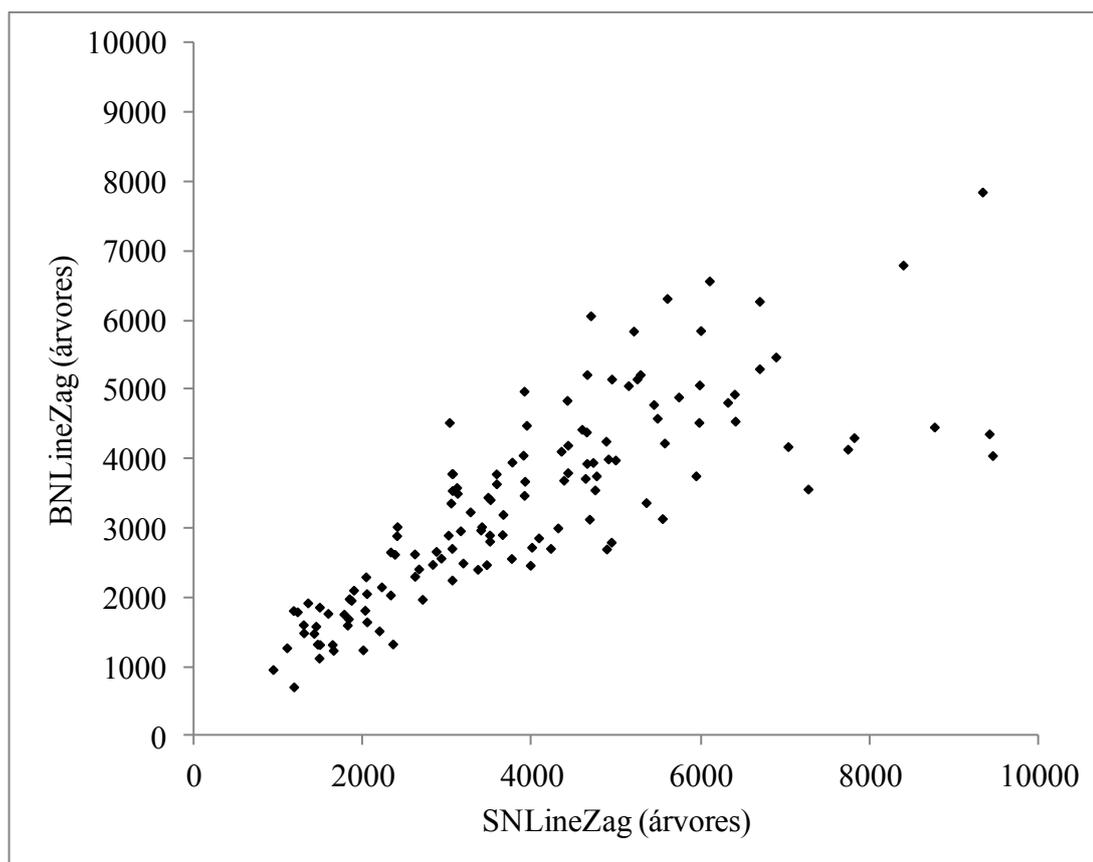


Figura 28 - Número de árvores, calculado a partir da metodologia de Linares e Zagoya, de acordo com a densidade pontual de Spurr e a densidade de Bitterlich para indivíduos de *Casearia decandra*.

B N Lin e Zag: número de árvores calculados a partir da metodologia de Linares e Zagoya, com base na densidade de Bitterlich; S N Lin e Zag: número de árvores calculados a partir da metodologia de Linares e Zagoya, com base na densidade de Spurr.

5.2 Incremento diamétrico para árvores individuais de *Araucaria angustifolia*, *Blepharocalix salicifolius*, *Cryptocaria aschersoniana* e *Casearia decandra*

5.2.1 Incremento diamétrico para árvores individuais de *Araucaria angustifolia*

5.2.1.1 Variáveis de influência no incremento diamétrico da *Araucaria angustifolia*

Exerceram influência sobre o incremento em diâmetro de *Araucaria angustifolia* as variáveis diâmetro, altura, relação h/d, posição sociológica, porcentagem de araucárias concorrentes, a relação diâmetro/distância das concorrentes e a relação de grandeza entre o diâmetro e diâmetro médio pontual, bem como a razão entre essas duas variáveis (Tabela 6).

O diâmetro da árvore apresentou correlação positiva com o incremento, demonstrando

que árvores com maiores diâmetros têm maiores valores de incremento. Já árvores mais finas, tendem a incrementar menos. Ebling et al. (2012) também observaram as maiores taxas de crescimento nos indivíduos de maiores diâmetros.

A relação altura/diâmetro mostrou efeito negativo sobre o incremento em diâmetro, demonstrando que indivíduos de araucária com uma alta relação h/d incrementam menos que indivíduos com relação h/d mais baixa.

A variável de maior correlação com o incremento diamétrico de árvores individuais de *Araucaria angustifolia* foi a altura da própria árvore, indicando que, quando mais alta for a árvore maior o seu incremento.

Tabela 6 - Correlações de Pearson das variáveis com o incremento diamétrico de árvores individuais de *Araucaria angustifolia*.

Variáveis	inc	dap	h	hd	PS	TV	CC	Araucárias concorrentes	dap/L	dap - dg	dap/dg
inc	1	0,382	0,453	-0,397	-0,418	0,007	-0,110	-0,278	-0,181	0,380	0,384
dap	0,000	1	0,791	-0,861	-0,732	-0,240	-0,156	-0,183	-0,111	0,932	0,892
h	0,000	0,000	1	-0,665	-0,747	-0,257	-0,129	-0,067	-0,132	0,706	0,674
hd	0,000	0,000	0,000	1	0,730	0,234	0,213	0,174	0,111	-0,782	-0,751
PS	0,000	0,000	0,000	0,000	1	0,154	0,161	0,169	0,146	-0,682	-0,646
TV	0,908	0,000	0,000	0,000	0,012	1	0,003	-0,088	-0,002	-0,199	-0,152
CC	0,075	0,012	0,038	0,001	0,009	0,961	1	0,043	0,164	-0,165	-0,177
Araucárias concorrentes	0,000	0,003	0,282	0,005	0,006	0,157	0,487	1	-0,060	-0,229	-0,276
dap/L	0,003	0,074	0,032	0,072	0,018	0,978	0,008	0,332	1	-0,211	-0,230
dap - dg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,008	0,000	0,001	1	0,968
dap/dg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,004	0,000	0,000	0,000	1

Valores em negrito representam as significâncias.

Pôde ser observado que a posição sociológica da árvore também é um fator de grande influência no incremento em diâmetro, mostrando que árvores dominantes têm um crescimento maior que árvores dos estratos inferiores. O valor do coeficiente de correlação apresentou-se negativo, pois no levantamento de dados, as árvores dominantes foram codificadas como sendo igual a 1, árvores co-dominantes igual a 2 e as dominadas igual a 3. Dessa forma, quanto maior o número, o qual representa a posição sociológica, menor é o incremento em diâmetro.

Árvores mais altas apresentam a copa livre, não sendo tocadas por nenhuma outra árvore. Devido a isso, uma árvore com a copa livre tem uma grande quantidade de radiação fotossinteticamente ativa incidente diretamente sobre a copa, o que faz com que a produção de fotoassimilados seja grande, refletindo em maiores incrementos.

A tendência de valorização e classe de copa não se mostraram significativas no

incremento diamétrico.

A relação entre o diâmetro e a distância entre as árvores competidoras e araucária central mostrou influência sobre o incremento. Quanto mais próxima de uma árvore de grande dimensão menor é a possibilidade de crescimento da araucária.

A relação de grandeza entre o diâmetro da árvore central e o diâmetro médio do ponto de localização de uma araucária central mostrou influência positiva sobre o incremento diamétrico. Quando o dap da araucária central é maior que o dg, o indivíduo tem maior possibilidade de crescimento, pois é maior que as árvores em sua volta.

Relação semelhante também pôde ser observada na razão dap/dg, ou seja, quanto maior essa relação, maior é o incremento em diâmetro da araucária.

No entanto, quando um indivíduo é menor que as demais árvores circundantes, apresentando dap menor que o dg, este tem seu crescimento limitado.

5.2.1.2 Análise de covariância e regressão para árvores individuais de *Araucaria angustifolia*

Levando em consideração a correlação do incremento com o diâmetro e a facilidade de medição deste, foram organizadas classes de diâmetro com amplitude de 10 cm (Tabela 7).

Em todas as classes pôde ser observado um número expressivo de indivíduos, o que, segundo Vanclay (1991), é imprescindível para estudos de crescimento de árvores individuais.

O menor número de indivíduos foi observado na classe de dap 8, com somente 10 representantes.

Tabela 7 - Classes de diâmetro para os indivíduos de *Araucaria angustifolia*.

Classe de diâmetro	Diâmetro (cm)	Número de indivíduos
1	até 20	63
2	20 - 30	42
3	30 - 40	33
4	40 - 50	27
5	50 - 60	39
6	60 - 70	23
7	70 - 80	20
8	Acima de 80	10

Por meio da análise de covariância, foi possível verificar que não houve interação significativa entre as classes de diâmetro com o diâmetro (Classedap*dap) (Tabela 8), indicando que as classes de diâmetro apresentaram a mesma inclinação em relação ao diâmetro das araucárias.

Tabela 8 - Análise de covariância da função $inc = dap + classedap*dap$ para classes de diâmetro para os indivíduos de *Araucaria angustifolia*.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Sig
Modelo	1,696	8	0,212	6,783	0,000
Intercepto	0,008	1	0,008	0,259	0,611
Dap	0,204	1	0,204	6,533	0,011
Classedap*dap	0,300	7	0,043	1,370	0,219
Erro	7,752	248	0,031		
Total	19,966	257			

R²ajustado = 0,153

Parâmetros	B	Erro Padrão	t	Sig.
Intercepto	-0,048	0,094	-0,509	0,611
dap	0,004	0,001	3,265	0,001
[classedap=1]*dap	0,006	0,005	1,058	0,291
[classedap=2]*dap	0,003	0,003	1,177	0,240
[classedap=3]*dap	0,004	0,002	1,936	0,054
[classedap=4]*dap	0,003	0,001	2,275	0,024
[classedap=5]*dap	0,001	0,001	1,131	0,259
[classedap=6]*dap	0,000	0,001	0,403	0,687
[classedap=7]*dap	0,001	0,001	0,838	0,403
[classedap=8]*dap	0	.	.	.

Os coeficientes de cada uma das classes indicaram a semelhança entre as classes de diâmetro. Pôde-se verificar que as classes de diâmetro 5, 6, 7 e 8 apresentaram valores de coeficiente idênticos, mostrando mesma inclinação das curvas. Para estas classes, os coeficientes angulares não foram significativos, indicando que estes não diferiram da $classedap = 8$.

Procedendo à análise de covariância para verificar a diferença entre as inclinações das

demais curvas, verificou-se que a classe de diâmetro 4 apresentou inclinação diferente da classe de diâmetro 5.

Já as classes de diâmetro 1, 2, 3 e 4 não apresentaram diferença entre as inclinações. Além de não ter sido observada diferenças entre as inclinações das curvas, também não puderam ser observadas diferenças entre os níveis dessas curvas (Tabela 9). A variável classe de dap não se mostrou significativa.

Entretanto, assim como observado para as inclinações, para a diferença dos níveis das curvas, algumas classes de diâmetro mostraram coeficientes significativos.

Tabela 9 - Análise de covariância da função $inc = dap + classedap$ para classes de diâmetro para os indivíduos de *Araucaria angustifolia*.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Sig
Modelo	1,755	8	0,219	7,072	0,000
Intercepto	0,085	1	0,085	2,752	0,098
Dap	0,255	1	0,255	8,213	0,005
Classedap	0,358	7	0,051	1,651	0,122
Erro	7,694	248	0,031		
Total	19,966	257			

R²ajustado = 0,159

Parâmetros	B	Erro Padrão	t	Sig.
Intercepto	-0,637	0,335	-1,901	0,058
dap	0,011	0,004	2,866	0,005
[classedap=1]	0,571	0,280	2,044	0,042
[classedap=2]	0,503	0,242	2,083	0,038
[classedap=3]	0,483	0,209	2,312	0,022
[classedap=4]	0,410	0,166	2,470	0,014
[classedap=5]	0,271	0,132	2,048	0,042
[classedap=6]	0,159	0,102	1,563	0,119
[classedap=7]	0,121	0,079	1,527	0,128
[classedap=8]	0	.	.	.

Dessa forma, procedeu-se à análise dos dados, desconsiderando a possibilidade de agrupamento das classes de diâmetro.

Para cada classe de diâmetro foram realizadas tentativas de ajuste de um modelo de regressão.

No entanto, as tentativas de modelagem do incremento, apesar de bom ajuste em termos de coeficiente de determinação ajustado e erro padrão da estimativa, resultaram em modelos com resíduos relativamente altos e fortemente tendenciosos (Anexos A e B).

Stepka et al. (2012), utilizando estratificações dos dados, testaram vários modelos para estimar o incremento em diâmetro de *Araucaria angustifolia* em uma Floresta Ombrófila Mista no centro-sul do Paraná. Os modelos não foram eficientes na predição do incremento por apresentarem baixíssimo ajuste, considerando o coeficiente de determinação, e altos valores do erro padrão da estimativa.

Como os modelos gerados não se mostraram eficientes na predição do crescimento dos indivíduos de *Araucaria angustifolia*, foram analisadas as características desses indivíduos considerando as classes de diâmetro.

Para essas análises, foi considerado como expressivo o crescimento de, no mínimo, 0,2 cm/ano.

Levando em consideração a forte correlação da altura com o diâmetro (Tabela 6), foram graficadas essas duas variáveis onde pôde-se observar que os indivíduos de araucária apresentaram valores de altura distintos para cada classe de diâmetro (Figura 29). Para cada classe, os valores de altura ocuparam diferentes posições no gráfico.

Indivíduos da classe de dap 1 apresentaram altura variando de 9 a 20 m; representantes da classe de dap 2 variaram sua altura entre 13 e 22 m; na classe de dap 3, a altura variou de 15 a 23 m, sendo um indivíduo com altura de, aproximadamente, 11 m, o qual foi classificado como co-dominante (PS 2); para indivíduos da classe de dap 4, a altura apresentou variação de 16 a 25 m; indivíduos da classe de dap 5 com amplitude de 16 a 26 m na altura; indivíduos da classe de dap 6 apresentaram variação de 19 a 26 m; para a classe de dap 7 foi observada uma maior dispersão dos valores de altura, não seguindo a tendência das demais classes, sendo que os valores de altura variaram de 15 a 28 m e esta maior variação foi decorrente de três árvores que apresentaram valores de altura inferior a 19 m (limite inferior da classe anterior); a classe de dap 8, teve variação de altura entre 21 e 29 m.

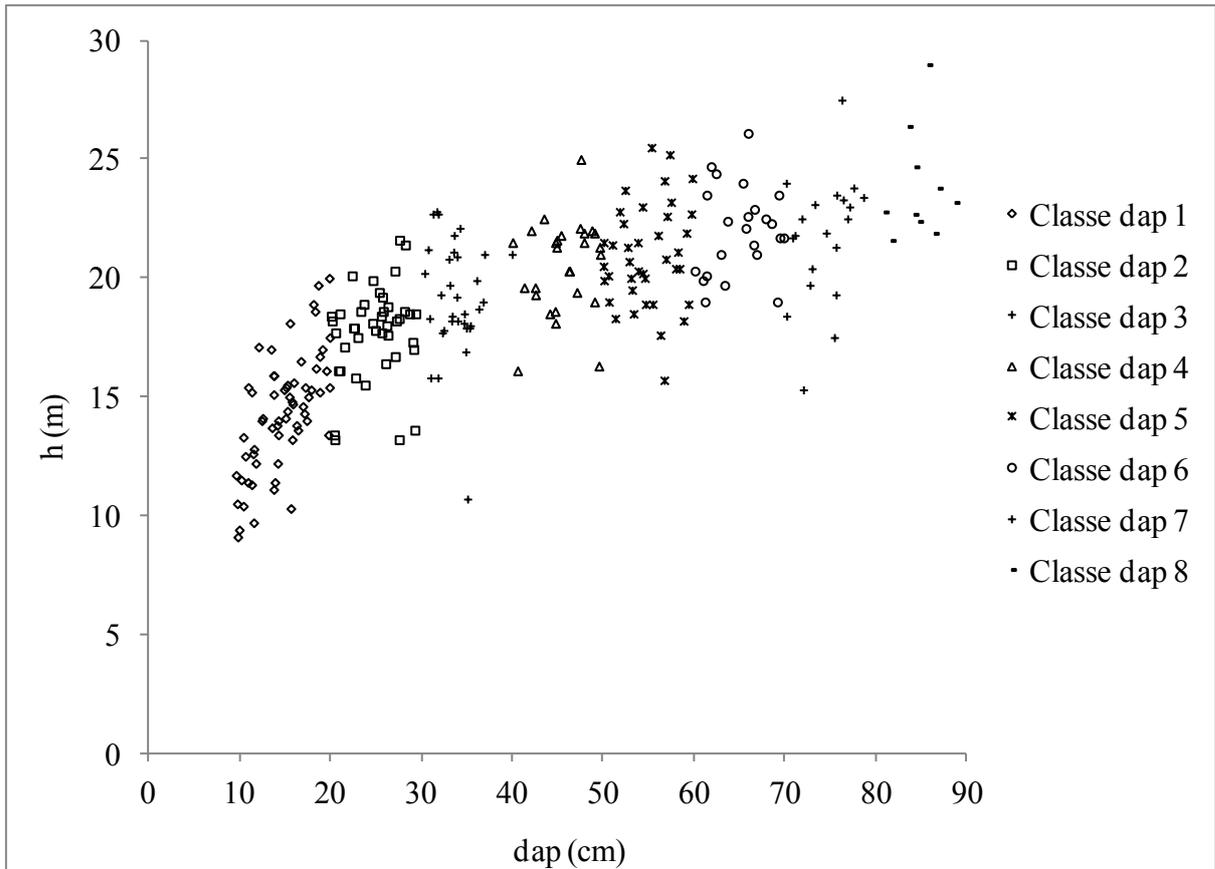


Figura 29 – Valores de altura dos indivíduos de *Araucaria angustifolia* em relação às classes de diâmetro.

5.2.1.2.1 Classes de diâmetro 1

A distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* com diâmetro menor que 20 cm mostrou-se sem tendência, sendo observado qualquer valor de incremento para cada um dos valores de diâmetro (Figura 30).

Além disso, indivíduos com crescimento de até 0,2 cm/ano foram observados para a maioria dos valores de diâmetro.

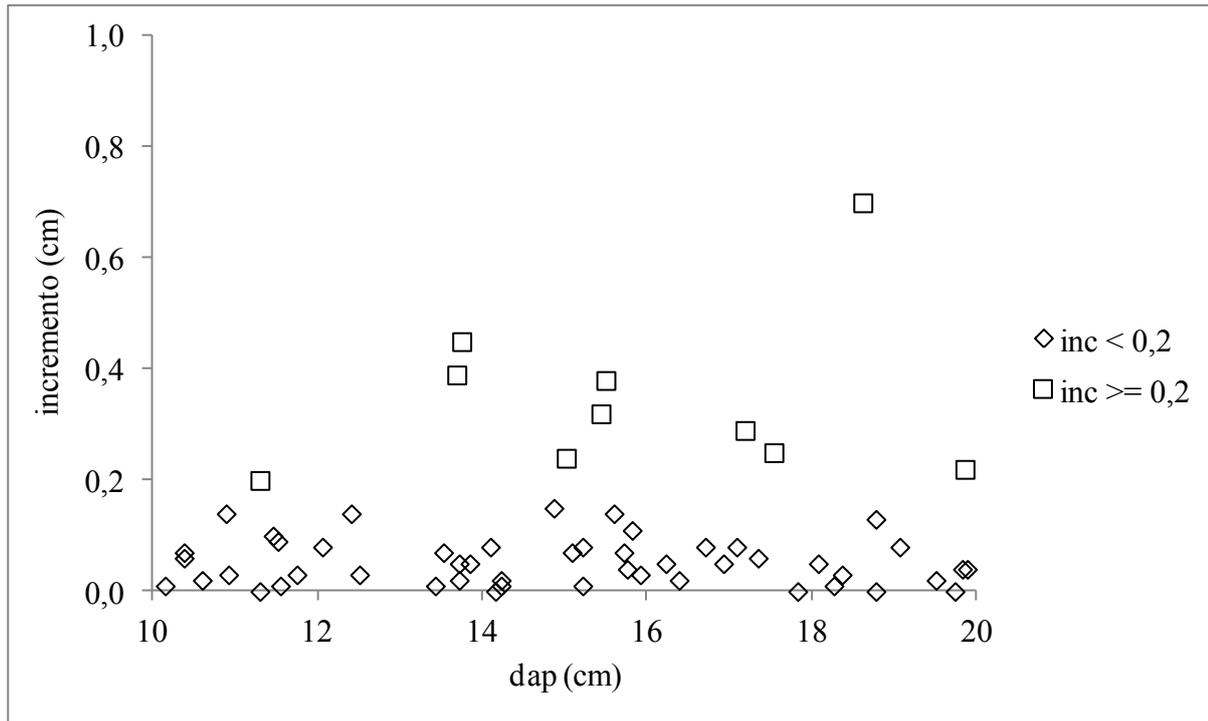


Figura 30 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* com diâmetro menor que 20 cm.

Considerando a correlação significativa da altura com o incremento em diâmetro dos indivíduos de *Araucaria angustifolia* (Tabela 6) e a relação da altura com o diâmetro para cada classe de dap observada na Figura 23, foi estudada a influência da altura sobre o incremento em diâmetro (Figura 31).

A altura mostrou-se um fator determinante para o crescimento desses indivíduos de *Araucaria angustifolia*. Foi observado que todos os indivíduos com crescimento maior que 0,2 cm/ano apresentaram altura superior a 14 m.

Dessa forma, indivíduos de *Araucaria angustifolia*, com diâmetro menor que 20 cm, somente apresentarão crescimento considerável quando possuírem uma altura superior a 14 m.

Ainda para as árvores com crescimento superior a 0,2 cm/ano, observou-se também um maior crescimento para aquelas de maior altura. Indivíduos que incrementaram de 0,2 a 0,4 cm/ano apresentaram altura entre 14 e 16 m. Já os indivíduos com os maiores valores de incremento foram árvores com mais de 16 m de altura.

Os indivíduos dessa classe de diâmetro com altura menor que 14 m não alcançaram incremento considerável. Pôde-se observar que todos os indivíduos com essa dimensão de altura incrementaram menos que 0,2 cm/ano.

No entanto, para os indivíduos com altura maior que 14 m, também foram observados

incrementos menores que 0,2 cm/ano.

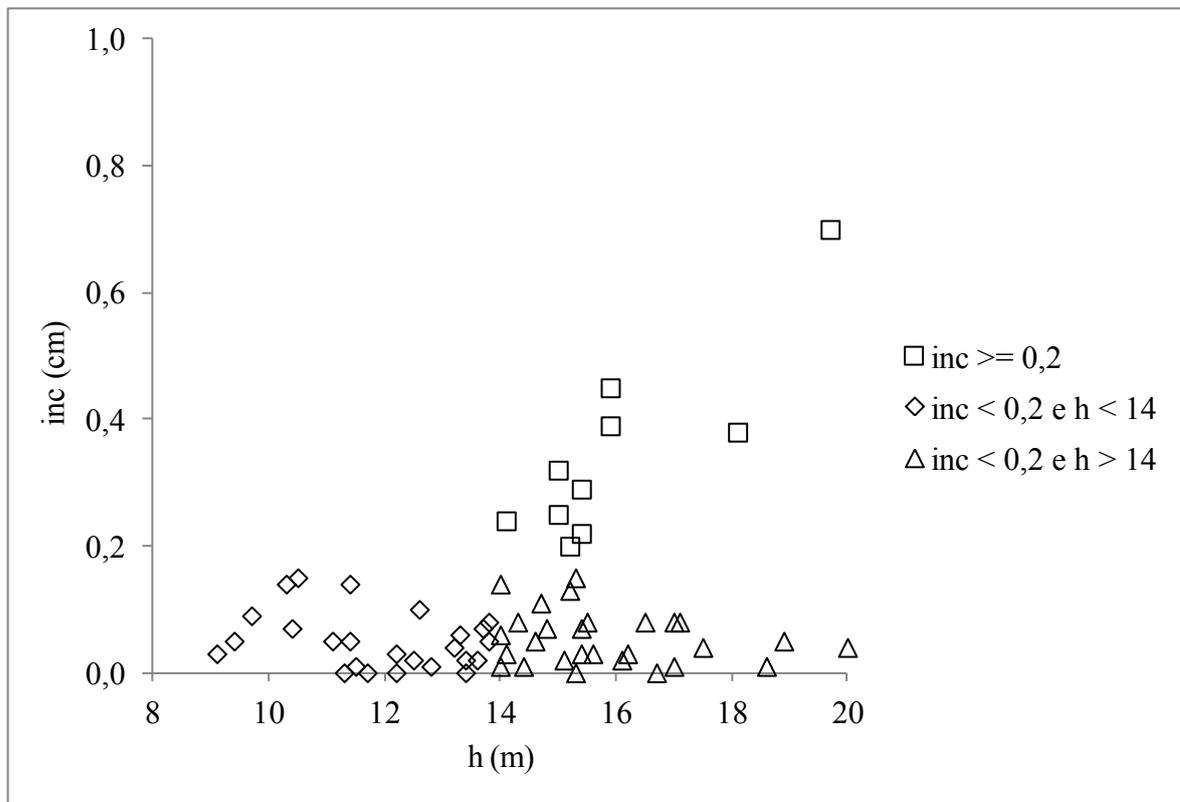


Figura 31 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a altura para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* com diâmetro menor que 20 cm.

Para esses indivíduos com altura maior que 14 m, procedeu-se a uma análise mais detalhada, considerando a densidade de Spurr, a porcentagem de araucárias circundantes à árvore central (Figura 32) e a sua parcela de localização.

Para a caracterização da parcela de cada indivíduo de araucária foi tomada como referência a Tabela 10.

Tabela 10 - Características das parcelas de localização das árvores individuais de *Araucaria angustifolia*.

Unidade Amostral	Área basal total	h dom
1537	46,4	20,3 b*
1538	45,3	17,4 d
1540	48,4	21,1 b
1541	51,9	22,7 a
1542	43,5	17,0 d
1543	46,9	20,4 b
1544	41,6	19,2 c
1545	49,3	20,9 b

*valores de altura dominante não seguidos por mesma letra diferem entre si pelo teste de Duncan (5%).

Para a determinação da árvore de altura dominante (h_{dom}), foi utilizada a definição de Assmann, correspondente a altura média aritmética das 100 árvores mais grossas por hectare (FINGER, 1992).

A maioria dos indivíduos com incremento menor que 0,2 cm/ano e altura maior que 14 m apresentou valores de porcentagem de araucárias circundantes superior a 40%, o que indicou que, aproximadamente, mais da metade das árvores concorrentes de cada uma das araucárias centrais foram também araucárias (Figura 32). A grande quantidade de araucárias circundantes à araucária central exerceu efeito negativo sobre o crescimento.

Além disso, esses indivíduos também apresentaram altos valores de densidade de Spurr, exceto um indivíduo que apresentou densidade de 28 m²/ha, outro com 32 m²/ha e dois indivíduos com 33 m²/ha.

A maioria dos indivíduos com crescimento reduzido apresentou forte competição. No entanto, algumas árvores de araucárias, mesmo estando sob baixa porcentagem de araucárias concorrentes, com valores abaixo de 20%, não apresentaram incremento considerável. No entanto, essas árvores apresentaram altos valores da densidade de Spurr.

Apesar de os indivíduos de *Araucaria angustifolia* estarem em condições de baixa porcentagem de araucárias concorrentes, a alta densidade de Spurr influenciou negativamente o incremento em diâmetro.

Assim, a densidade de Spurr mostrou ser uma variável de forte influência sobre o incremento em diâmetro, independente de ser constituída por folhosas ou araucárias circundantes.

No entanto, os indivíduos de *Araucaria angustifolia* com crescimento superior a 0,2 cm/ano também apresentaram altos valores de densidade de Spurr. Somente três indivíduos estiveram sob densidade menor ou igual a 33 m²/ha.

Apesar da alta densidade, os indivíduos de araucária encontraram-se em situações de baixa porcentagem de araucárias concorrentes, com valores abaixo de 40%.

Nesse sentido, entendeu-se que, a alta densidade foi formada por árvores folhosas e esta não afetou o incremento em diâmetro. Além disso, a altura superior a 14 m favoreceu o crescimento desses indivíduos.

Indivíduos de *Araucaria angustifolia* com altura maior que 14 m circundados por espécies folhosas, mesmo em alta densidade, apresentaram potencial de crescimento superior a 0,2 cm/ano.

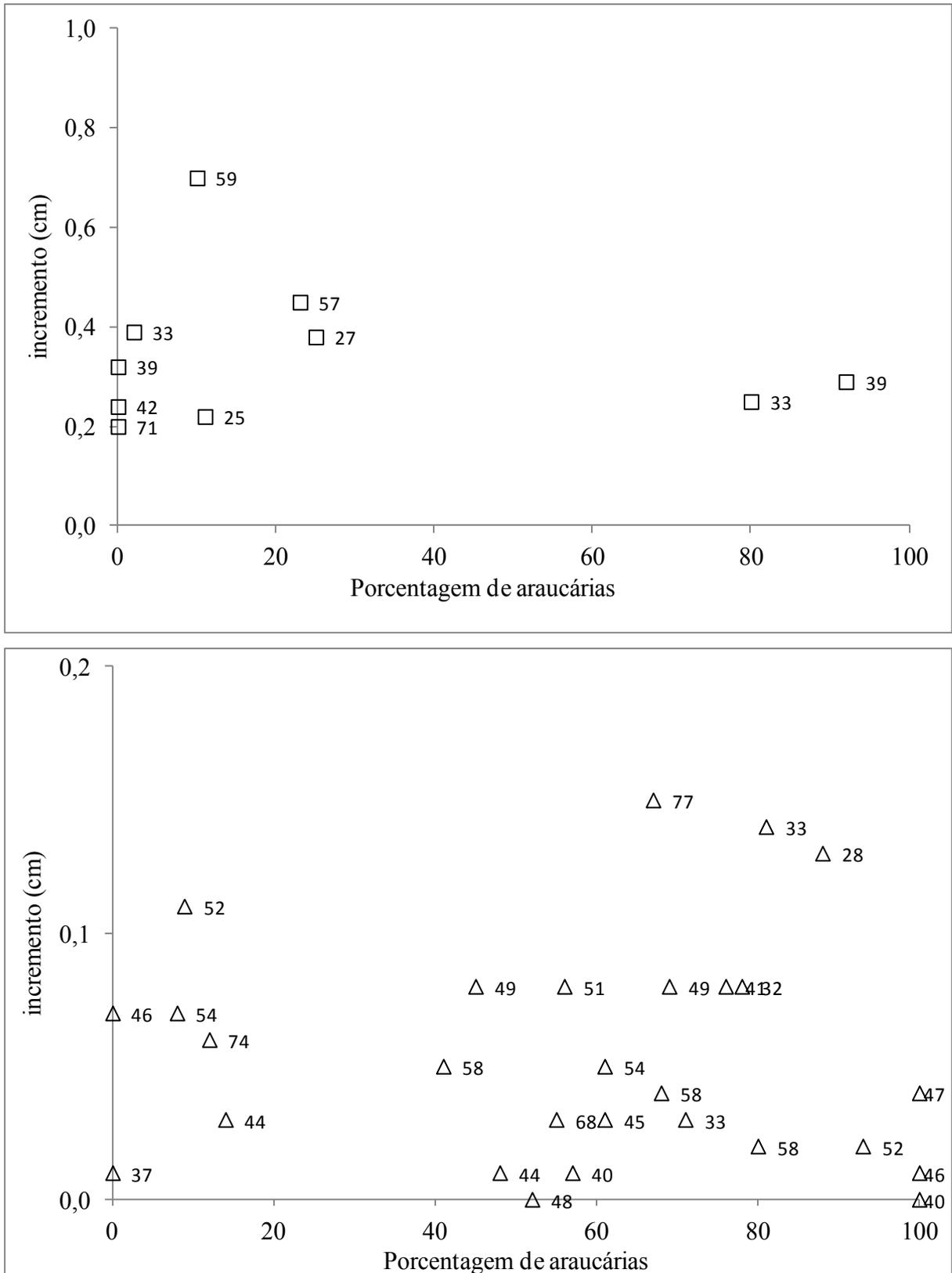


Figura 32 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a porcentagem de araucárias concorrentes para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* da classe de diâmetro 1.

Obs: os valores do rótulo de dados representam a densidade pontual de Spurr.

Dois indivíduos de *Araucaria angustifolia* apresentaram incremento superior a 0,2 cm/ano mesmo estando em condições de alta porcentagem de araucárias circundantes. Porém, a densidade sob a qual estes indivíduos estiveram submetidos não foi tão alta, sendo os valores de 33 e 39 m²/ha. Nesse caso, entendeu-se que esta densidade foi formada a partir de um grande número de araucárias circundantes, mas de pequenas dimensões.

De maneira geral, altos valores da densidade de Spurr e da porcentagem de araucárias circundantes influenciam negativamente o incremento em diâmetro dos indivíduos de araucária.

No entanto, indivíduos com altos valores de densidade de Spurr apresentarão crescimento significativo quando esta densidade for formada por espécies folhosas, ou seja, a araucária central estiver circundada por outras espécies que não a araucária.

Além disso, os indivíduos de araucária igualmente apresentarão crescimento considerável quando estiverem circundados por um grande número de araucárias, desde que estas tenham baixas dimensões, resultando em baixos valores de densidade de Spurr.

Em relação às parcelas de localização dos indivíduos de araucária, pôde-se observar que na parcela 1543 e 1545 somente ocorreram indivíduos com crescimento reduzido (Tabela 11). Estas parcelas apresentaram-se altamente estocadas, com área basal total igual a 46,9 e 49,3 m²/ha, respectivamente, o que poderia ter influenciado negativamente o incremento desses indivíduos de araucária. Além disso, essas duas parcelas não apresentaram os maiores valores de altura dominante, indicando qualidade do sítio inferior.

Tabela 11 - Parcelas de localização dos indivíduos de *Araucaria angustifolia* da classe de dap 1.

Unidade Amostral	Crescimento	
	Maior 0,2 cm/ano	Menor 0,2 cm/ano
1537	x	
1538	x	
1540	x	x
1541	x	x
1542	x	x
1543		x
1544		
1545		x

Essas duas parcelas apresentaram altura e diâmetro dominante estatisticamente iguais. Outras parcelas apresentaram valores de altura e diâmetro dominante iguais aos das parcelas

1543 e 1545, exibindo, no entanto, tanto indivíduos com crescimento menor quanto maior que 0,2 cm/ano.

Já as parcelas 1537 e 1538 somente apresentaram indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano. Estas apresentaram estoque, em termos de área basal, ligeiramente inferior às parcelas com exclusivamente árvores de crescimento inferior a 0,2 cm/ano. No entanto, essas parcelas apresentaram baixos valores de altura dominante.

Para esta classe, as demais parcelas não apresentaram uma distinção entre os indivíduos com crescimento abaixo de 0,2 cm/ano e acima de 0,2 cm/ano.

5.2.1.2.2 Classes de diâmetro 2

Assim como observado para os indivíduos da classe de dap 1, para os indivíduos com diâmetro entre 20 e 30 cm, a distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap também mostrou-se sem tendência, sendo novamente observado qualquer valor de incremento para cada um dos valores de diâmetro (Figura 33).

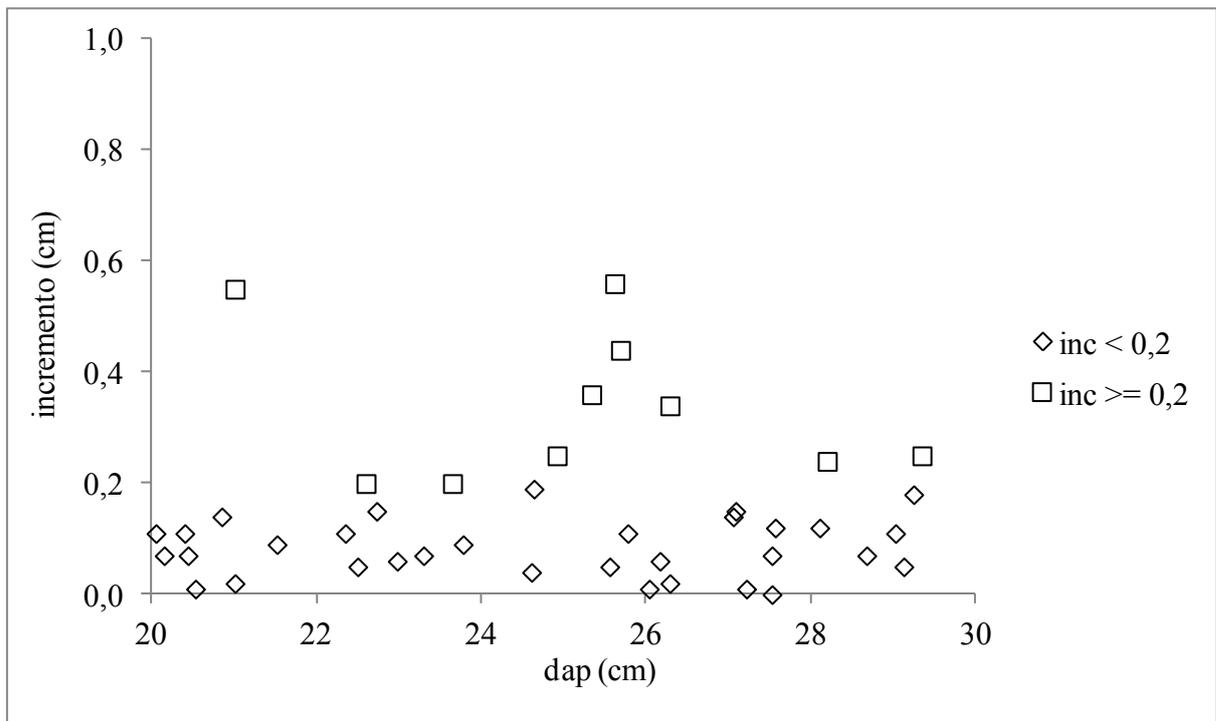


Figura 33 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* com diâmetro entre 20 e 30 cm.

Indivíduos com crescimento de até 0,2 cm/ano puderam ser observados para todos os valores de diâmetro e, igualmente foram considerados como árvores com crescimento

reduzido e estudados separadamente.

Para esta classe de diâmetro, a altura também exerceu influência sobre o incremento em diâmetro (Figura 34).

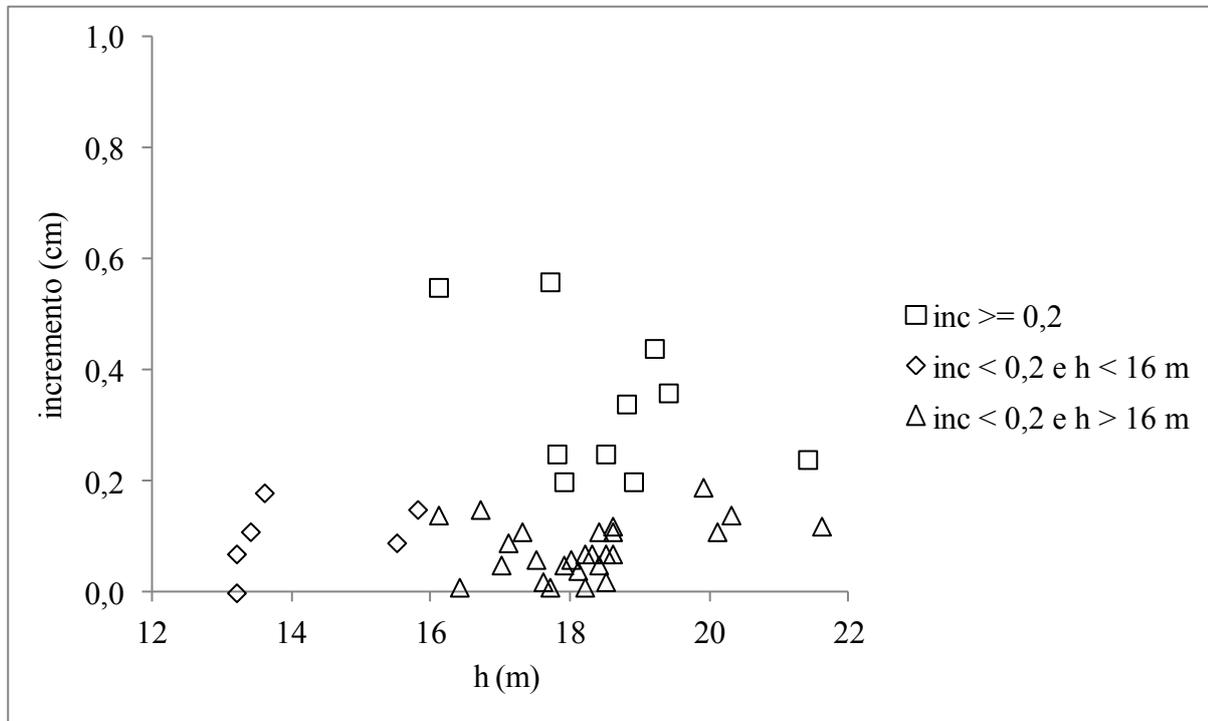


Figura 34 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a altura para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* com diâmetro entre 20 e 30 cm.

Todos os indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano apresentaram altura superior a 16 m.

Os indivíduos com dap entre 20 e 30 cm apresentaram crescimento considerável a partir da altura mínima de 16 m. Já para os indivíduos da classe de dap 1 (dap menor que 20 cm) esta altura foi de 14 m.

No entanto, também puderam ser observados indivíduos de araucária com altura superior a 16 m, mas com incremento inferior a 0,2 cm/ano, ou seja, com crescimento reduzido.

Estes indivíduos mostraram-se em situações de alta competição, considerando a porcentagem de araucárias circundantes (Figura 35). Todos, exceto dois indivíduos, encontraram-se em condições onde, mais de 40% das árvores circundantes foram araucárias.

Além disso, a maioria desses indivíduos apresentou altos valores de densidade de Spurr, o que poderia limitar o crescimento desses indivíduos de araucária.

Os indivíduos de araucária com crescimento superior a 0,2 cm/ano também apresentaram altos valores da densidade de Spurr, inclusive, com valores maiores que os indivíduos com crescimento desprezível. Entendendo-se, portanto, que, para estes indivíduos, a altura foi o fator determinante para o crescimento.

A parcela 1537 somente apresentou indivíduos com crescimento menor que 0,2 cm/ano, diferentemente da classe de dap 1, onde, nesta parcela, somente foram observados indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano (Tabela 12).

Tabela 12 - Parcelas de localização dos indivíduos de *Araucaria angustifolia* da classe de dap 2.

Unidade Amostral	Crescimento	
	Maior 0,2 cm/ano	Menor 0,2 cm/ano
1537		x
1538	x	
1540	x	
1541	x	x
1542	x	
1543	x	x
1544		
1545	x	x

As parcelas 1538, 1540 e 1542 somente apresentaram indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano.

A parcela 1538, parcela que também só apresentou indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano para a classe de dap 1, não apresentou alto estoque, em termos de área basal, o que facilitaria o crescimento dos indivíduos de araucária. No entanto, apresentou o menor valor de altura dominante, não diferindo da altura dominante da parcela 1542.

A parcela 1542 também possuiu baixo estoque. No entanto, pôde ser considerada a parcela de pior sítio, por apresentar a menor altura dominante.

Já a parcela 1540 apresentou-se altamente estocada, com área basal igual a 48,4 m²/ha, sendo uma das parcelas de maior estoque. Entretanto, é uma das parcelas de melhor sítio, considerando a altura dominante.

Para as demais parcelas, não pôde ser observada uma distinção entre os indivíduos com crescimento abaixo de 0,2 cm/ano e acima de 0,2 cm/ano, para os indivíduos da classe de dap 2.

5.2.1.2.3 Demais classes de diâmetro

A distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap para as classes de diâmetro 3, 4, 5, 6, 7 e 8 para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* não diferiu da distribuição das classes de dap anteriores, sendo novamente observado qualquer valor de incremento para cada um dos valores de diâmetro (Figura 36).

Os indivíduos com crescimento reduzido puderam ser observados em todos os valores de diâmetro.

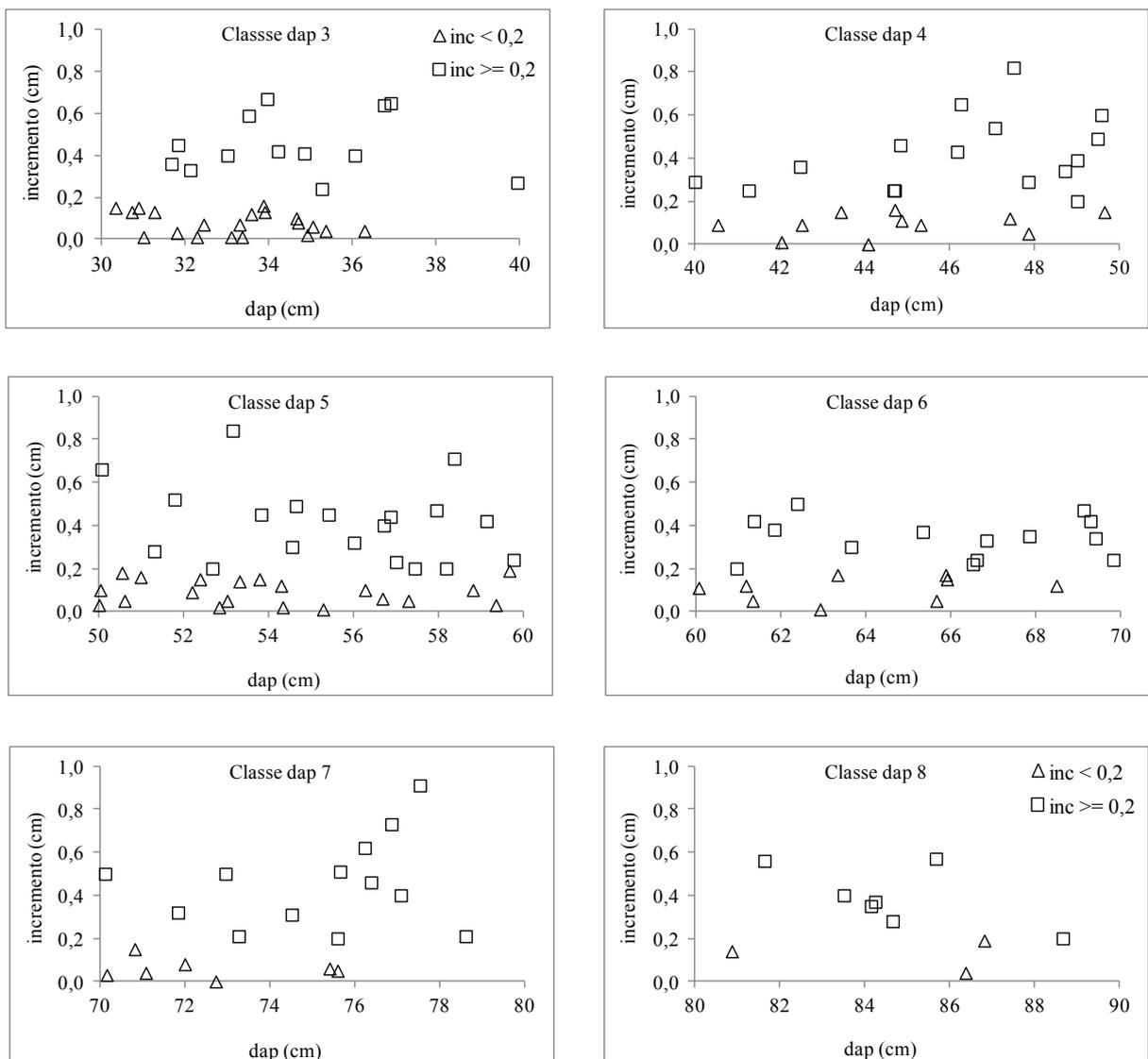


Figura 36 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* das classes de diâmetro 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

Para este conjunto de dados, a altura não foi uma variável explicativa do incremento (Figura 37). Os indivíduos com crescimento inferior a 0,2 cm/ano apresentaram valores de

altura semelhantes aos indivíduos com crescimento maior que 0,2 cm/ano.

Nas classes de dap 3 e 5, pôde ser observado um indivíduo, em cada uma das classes, que apresentou crescimento próximo a zero e com altura inferior à altura das árvores com incrementos maiores que 0,2 cm/ano.

Na classe de dap 7, no entanto, observou-se uma diferença na altura entre os indivíduos de araucária. A maioria dos indivíduos de incremento reduzido apresentou altura inferior a 20 m, exceto duas árvores. Já as árvores com crescimento superior a 0,2 cm/ano apresentaram altura superior a 20 m. Dessa forma, nessa classe, a altura mostrou forte influência sobre o incremento em diâmetro.

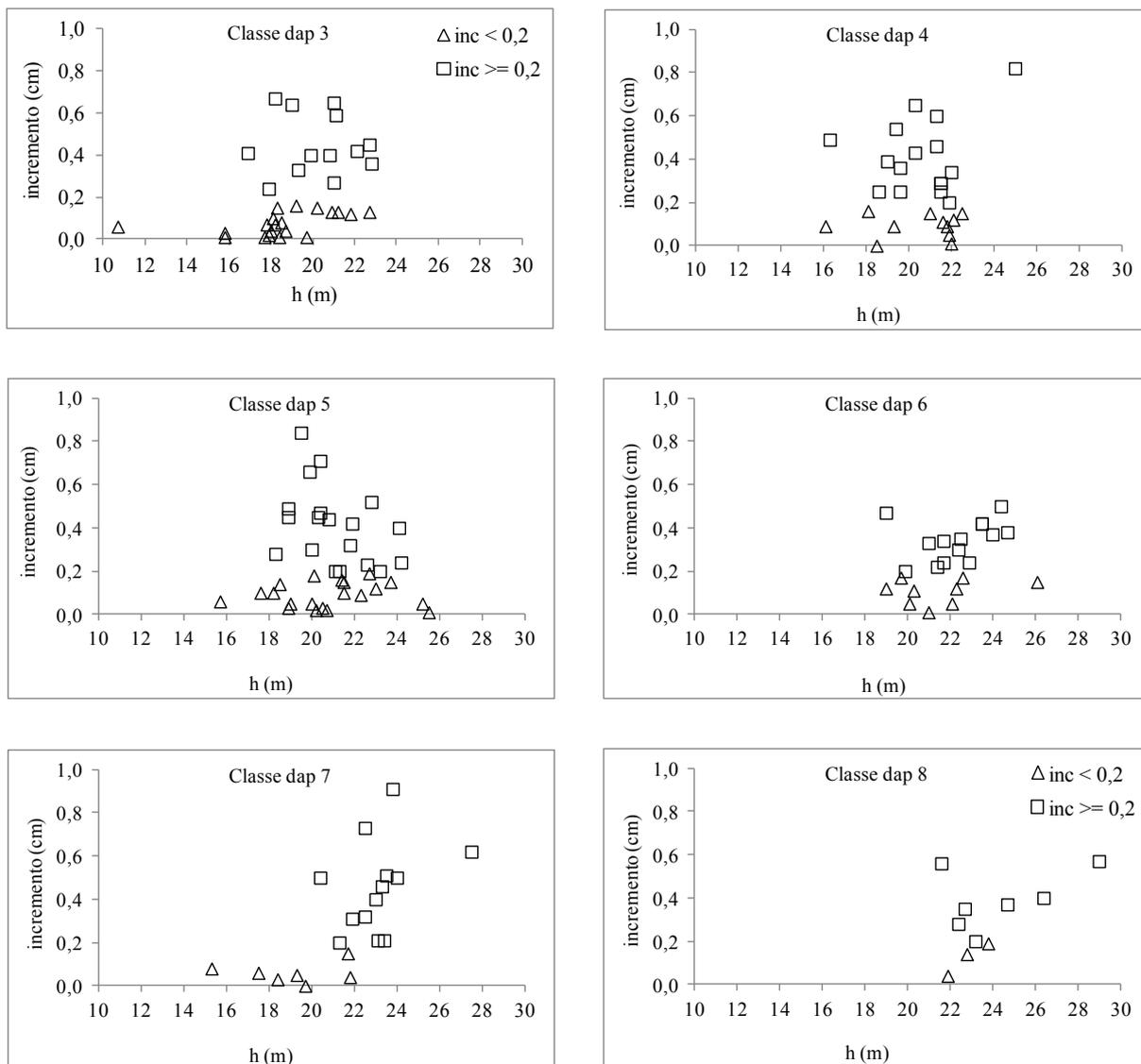


Figura 37 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a altura para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* das classes de diâmetro 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

Para os indivíduos da classe de diâmetro 3, os valores da porcentagem de araucárias

concorrentes não foram eficientes em explicar o baixo incremento dos indivíduos de araucária (Figura 38). Estes indivíduos apresentaram valores de porcentagem de araucária concorrentes variando a 0 a 100%.

A maioria dos indivíduos com crescimento desprezível apresentou altos valores da densidade de Spurr.

No entanto, altos valores da densidade de Spurr também foram observados para os indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano. Além disso, a maioria desses indivíduos apresentou alta porcentagem de araucárias concorrentes.

Dessa forma, essas variáveis não foram eficientes na explicação do incremento para os indivíduos de araucária da classe de dap 3.

Analisando a parcela de localização de cada uma das araucárias centrais puderam ser observadas algumas particularidades (Tabela 13).

Tabela 13 - Parcelas de localização dos indivíduos de *Araucaria angustifolia* da classe de dap 3.

Unidade Amostral	Crescimento	
	Maior 0,2 cm/ano	Menor 0,2 cm/ano
1537		x
1538	x	
1540	x	x
1541	x	x
1542		
1543	x	x
1544		
1545	x	x

Na parcela 1538 somente ocorreu indivíduos de araucária com crescimento superior a 0,2 cm/ano.

A parcela 1538 não apresentou alto estoque, em termos de área basal, o que facilitaria o crescimento dos indivíduos de araucária. Comparando a altura dominante dessa parcela com as alturas dominantes das demais, esta parcela apresentou baixo valor de altura dominante (17,4), o que, por sua vez, indicou que o sítio dessa parcela é ruim. Para esta parcela, também foram observados somente indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano nas classes de dap 1 e 2.

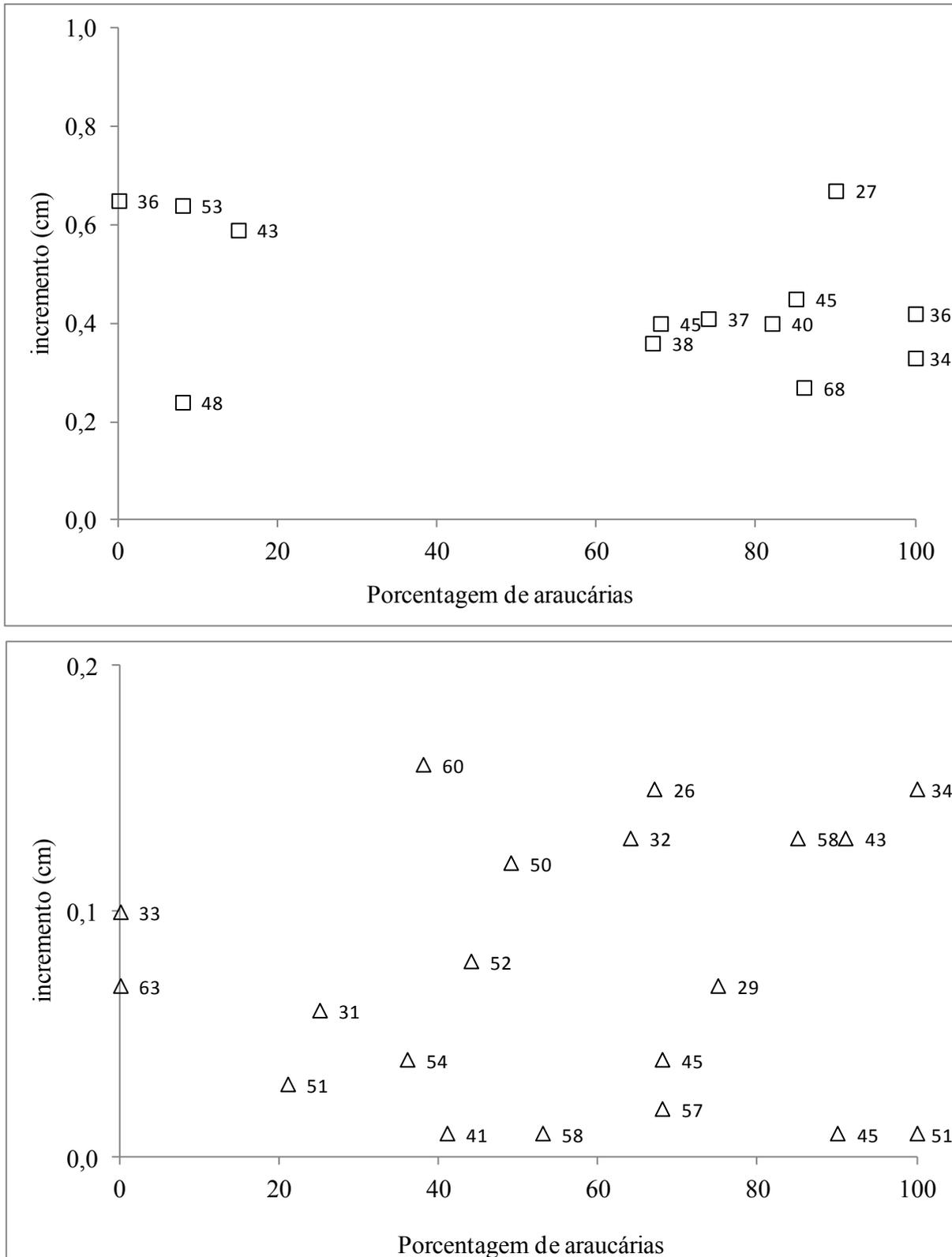


Figura 38 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a porcentagem de araucárias concorrentes para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* da classe de diâmetro 3.

Obs: os valores do rótulo de dados representam a densidade pontual de Spurr.

Já a parcela 1537 somente apresentou indivíduos com crescimento inferior a 0,2 cm/ano, assim como observado para a classe de dap 2. Esta parcela possuiu estoque e altura dominante com valores intermediários, indicando que se encontra razoavelmente estocada e com altura dominante intermediária, comparado com as demais parcelas.

Para as demais parcelas, não pôde ser observada uma distinção entre os indivíduos com crescimento abaixo de 0,2 cm/ano e acima de 0,2 cm/ano.

Os indivíduos da classe de dap 4 (diâmetro entre 40 e 50 cm) com crescimento inferior a 0,2 cm/ano mostraram-se sob alta competição de araucárias concorrentes. Os indivíduos apresentaram porcentagem de araucárias concorrentes com valores acima de 40%, exceto um indivíduo o qual apresentou esse valor um pouco abaixo de 40%. Todos os indivíduos apresentaram altos valores da densidade de Spurr (Figura 39).

Dessa forma, esses indivíduos encontraram-se em situações de alta competição, o que dificultou o seu crescimento.

Os indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano também apresentaram altos valores de densidade de Spurr, exceto o indivíduo de maior incremento que apresentou densidade de Spurr igual a 28 m²/ha. Este mesmo indivíduo encontrou-se totalmente livre de araucárias concorrentes.

A maioria dos indivíduos com crescimento maior que 0,2 cm/ano apresentou baixos valores de porcentagem de araucárias concorrentes. Para outros, no entanto, este valor foi superior a 40%.

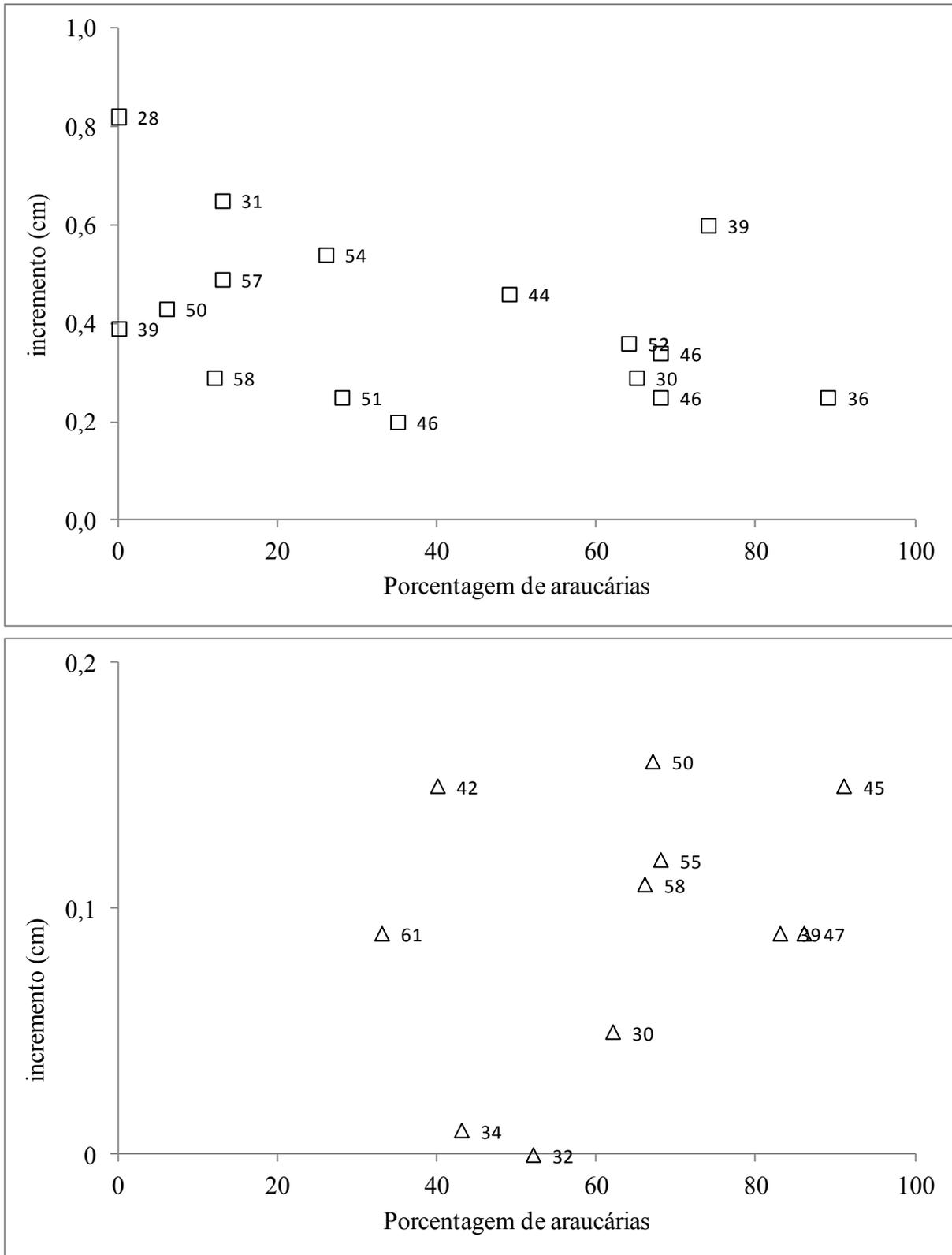


Figura 39 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a porcentagem de araucárias concorrentes para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* da classe de diâmetro 4.

Obs: os valores do rótulo de dados representam a densidade pontual de Spurr.

Em relação às parcelas de localização das araucárias centrais, somente as árvores com crescimento superior a 0,2 cm/ano apresentaram uma distinção (Tabela 14). A parcela 1538 somente constou de indivíduos de bom crescimento, igualmente ao observado para a classe de dap 1, 2 e 3.

Tabela 14 - Parcelas de localização dos indivíduos de *Araucaria angustifolia* da classe de dap 4.

Unidade Amostral	Crescimento	
	Maior 0,2 cm/ano	Menor 0,2 cm/ano
1537		
1538	x	
1540	x	x
1541	x	x
1542		
1543	x	x
1544		
1545	x	x

As demais parcelas apresentaram tanto indivíduos com crescimento abaixo de 0,2 cm/ano quanto acima de 0,2 cm/ano.

Para os indivíduos da classe de dap 5 (diâmetro entre 50 e 60 cm) com crescimento inferior a 0,2 cm/ano os valores da porcentagem de araucárias concorrentes não foram eficientes para explicar o baixo incremento dos indivíduos de araucária (Figura 40). Estes indivíduos apresentaram valores de porcentagem de araucária concorrentes variando a 0% a, aproximadamente, 100%. Essa relação também foi observada para os indivíduos da classe de dap 3.

Da mesma forma, a maioria dos indivíduos com crescimento desprezível apresentou altos valores da densidade de Spurr.

No entanto, altos valores da densidade de Spurr também foram observados para os indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano. Somente dois indivíduos apresentaram valores de densidade baixos, sendo um deles o indivíduo que apresentou o maior incremento, o qual mostrou-se livre de araucárias circundantes.

Vale destacar que além do indivíduo de maior incremento, os dois indivíduos com crescimento pouco inferior, também apresentaram baixa porcentagem de araucárias concorrentes.

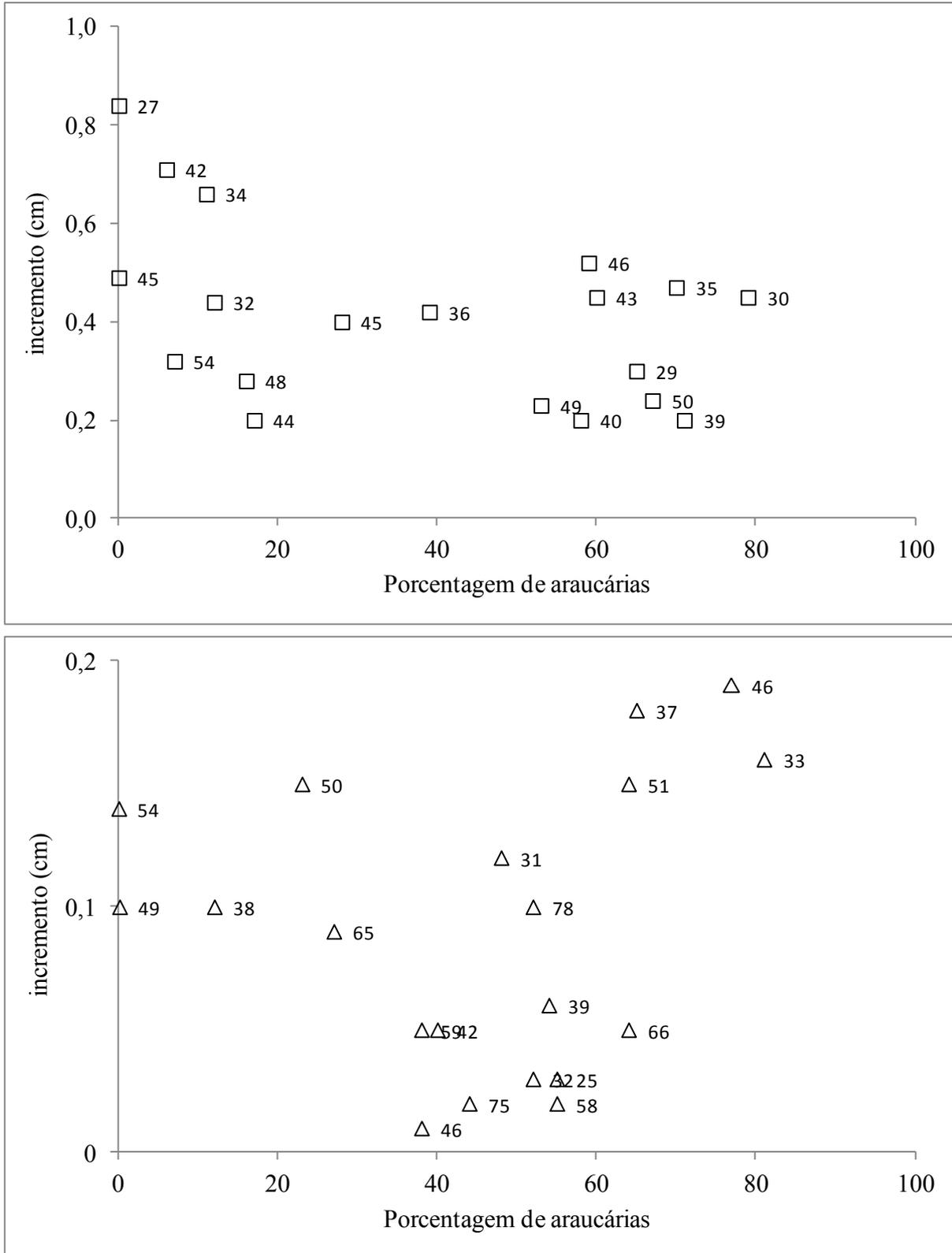


Figura 40 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a porcentagem de araucárias concorrentes para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* da classe de diâmetro 5.

Obs: os valores do rótulo de dados representam a densidade pontual de Spurr.

Para os demais indivíduos, a porcentagem de araucárias circundantes não se revelou um fator de influência sobre o crescimento em diâmetro.

As parcelas 1538 e 1540 somente apresentaram indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano (Tabela 15).

Tabela 15 - Parcelas de localização dos indivíduos de *Araucaria angustifolia* da classe de dap 5.

Unidade Amostral	Crescimento	
	Maior 0,2 cm/ano	Menor 0,2 cm/ano
1537		
1538	x	
1540	x	
1541	x	x
1542		
1543	x	x
1544		
1545	x	x

Nas classes de dap anteriores, essa distinção não foi observada para a parcela 1540, exceto para a classe de dap 2. Esta parcela apresentou a segunda maior altura dominante, denotando assim uma boa qualidade do sítio. No entanto, esta parcela encontrou-se altamente estocada.

Para os indivíduos da classe de diâmetro 6 (diâmetro entre 60 e 70 cm) a porcentagem de araucárias e a densidade de Spurr não se mostraram eficientes em explicar o incremento em diâmetro dos indivíduos de araucária (Figura 41).

Os indivíduos com incremento inferior a 0,2 cm/ano apresentaram altos valores da densidade de Spurr. No entanto, os valores de porcentagem de araucárias foram inferiores a 60%, o que deveria ter contribuído positivamente para o crescimento dos indivíduos de araucária. Acreditou-se que a alta densidade tenha exercido maior influência sobre o crescimento reduzido desses indivíduos.

Os indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano também apresentaram altos valores de densidade de Spurr, exceto dois indivíduos que apresentaram densidade de 28 m²/ha. Para os valores de porcentagem de araucárias concorrentes não foi observada nenhuma tendência, tendo sido observado desde árvores com nenhuma a todas as concorrentes sendo araucárias.

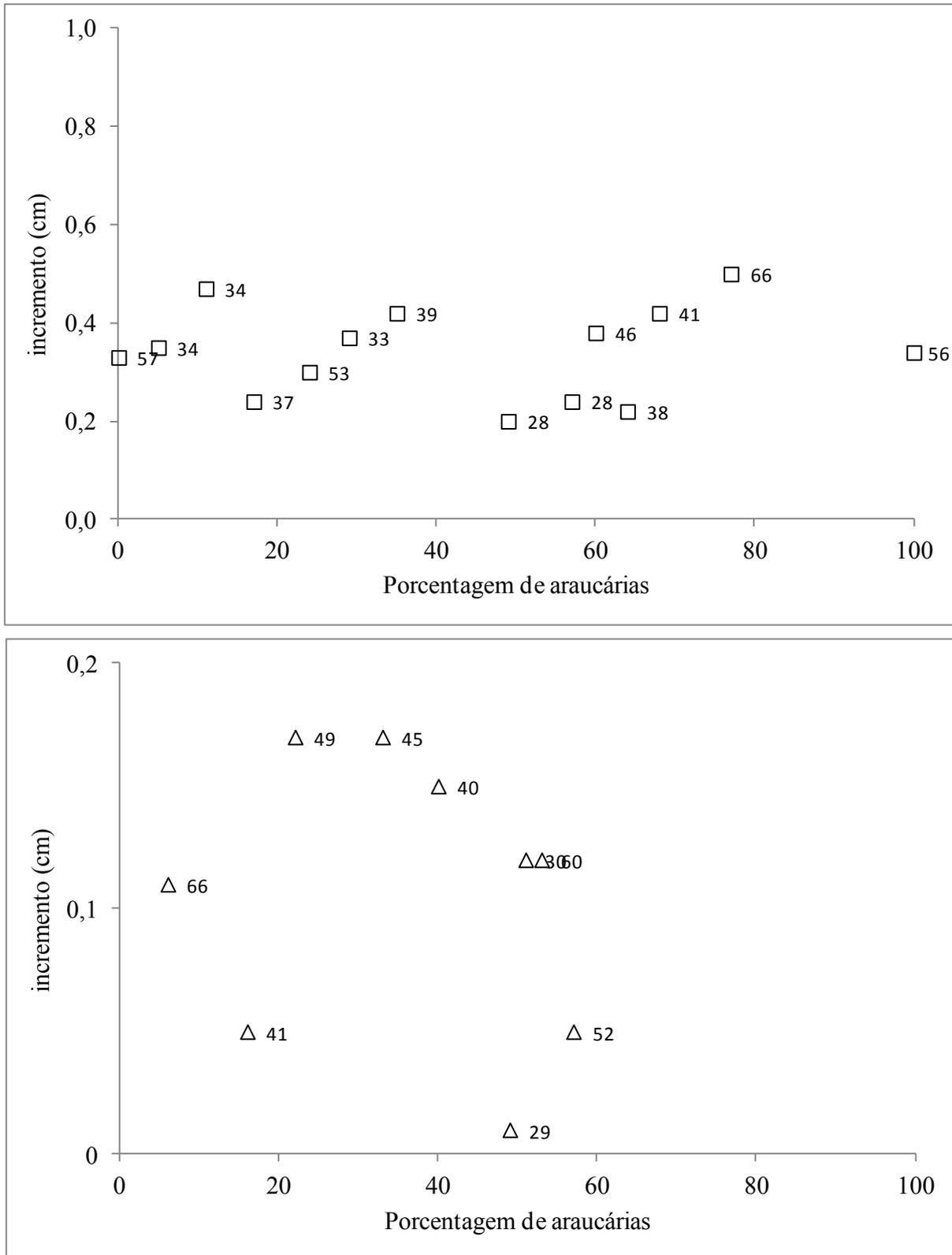


Figura 41 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a porcentagem de araucárias concorrentes para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* da classe de diâmetro 6.

Obs: os valores do rótulo de dados representam a densidade pontual de Spurr.

Novamente pôde ser observado que a parcela 1538 somente exibiu indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano (Tabela 16).

Tabela 16 - Parcelas de localização dos indivíduos de *Araucaria angustifolia* da classe de dap 6.

Unidade Amostral	Crescimento	
	Maior 0,2 cm/ano	Menor 0,2 cm/ano
1537		
1538	x	
1540		
1541	x	x
1542		
1543	x	x
1544	x	
1545	x	x

Também, a parcela 1544 somente apresentou indivíduos com crescimento significativo. A parcela ofereceu boas condições de crescimento a seus indivíduos, sendo a parcela menos estocada. Além disso, esta foi a parcela com a menor quantidade de araucárias, na qual, estas representaram apenas 0,2% do número total de indivíduos (Tabela 1). No entanto, a altura dominante indicou qualidade do sítio inferior.

Para os indivíduos da classe de diâmetro 7 (diâmetro entre 70 e 80 cm) a porcentagem de araucárias e a densidade de Spurr também não se mostraram eficientes em explicar o incremento em diâmetro dos indivíduos de araucária (Figura 42).

Para os indivíduos com crescimento inferior a 0,2 cm/ano os valores da porcentagem de araucárias concorrentes não foram eficientes para explicar o baixo incremento dos indivíduos de araucária. Estes indivíduos apresentaram valores de porcentagem de araucária concorrentes variando a 0% a 100%. Essa relação foi, também, observada para os indivíduos da classe de dap 3 e 5.

Da mesma forma, a maioria dos indivíduos com crescimento desprezível apresentou altos valores da densidade de Spurr.

No entanto, altos valores da densidade de Spurr também foram observados para os indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano, com exceção de alguns indivíduos.

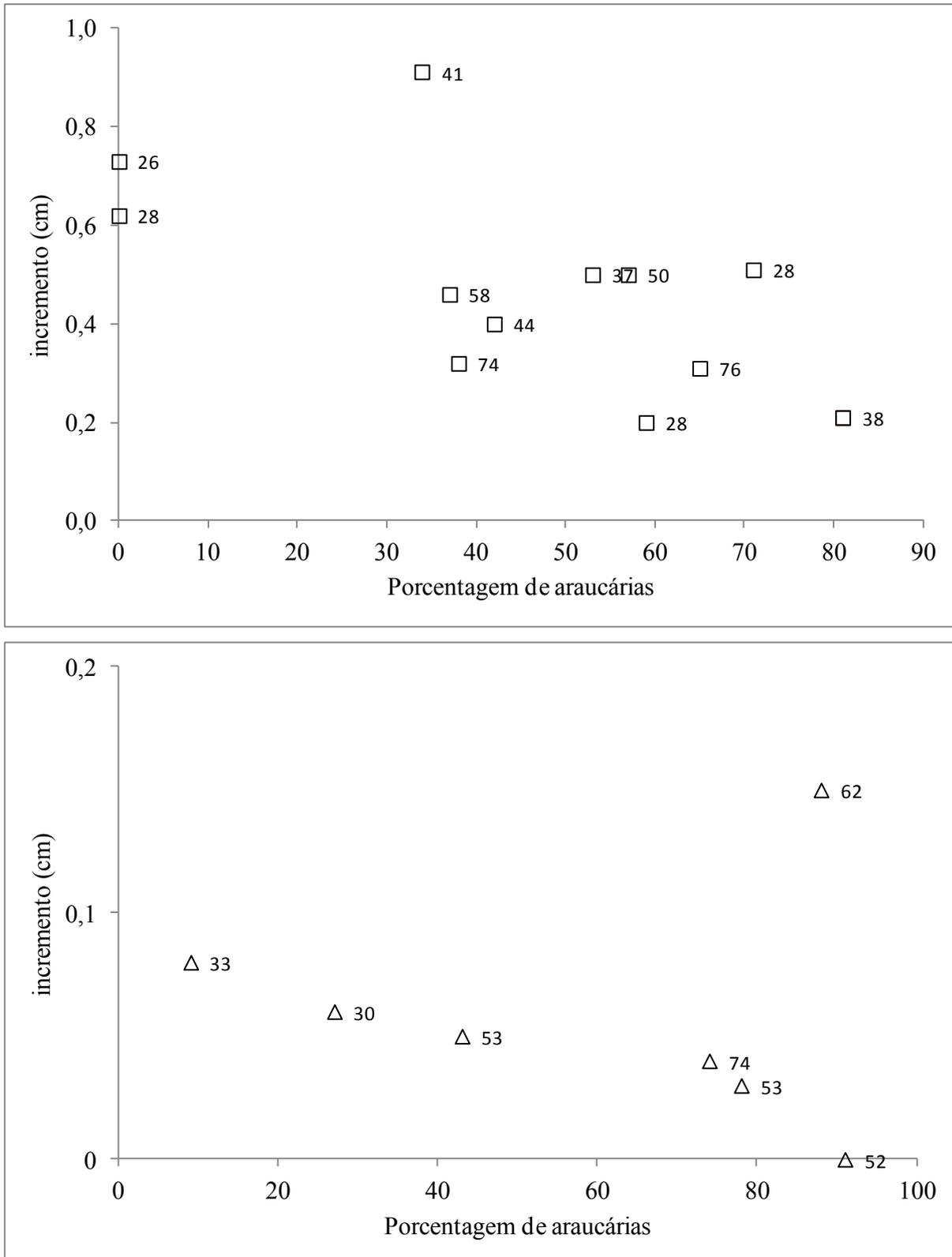


Figura 42 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a porcentagem de araucárias concorrentes para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* da classe de diâmetro 7.

Obs: os valores do rótulo de dados representam a densidade pontual de Spurr.

Dois indivíduos que apresentaram crescimento entre 0,6 e 0,8 cm/ano apresentaram baixa densidade de Spurr e em situações de nenhuma araucária concorrente. Os demais indivíduos apresentaram altos valores de porcentagem de araucárias concorrentes.

Igualmente às classes anteriores, a parcela 1538 somente exibiu indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano (Tabela 17).

Tabela 17 - Parcelas de localização dos indivíduos de *Araucaria angustifolia* da classe de dap 7.

Unidade Amostral	Crescimento	
	Maior 0,2 cm/ano	Menor 0,2 cm/ano
1537		
1538	x	
1540		
1541	x	
1542		
1543	x	x
1544		
1545	x	x

Para essa classe de dap, a parcela 1541 apresentou unicamente indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano. Em função da altura dominante, esta parcela, por apresentar o maior valor e estatisticamente diferente das demais parcelas, pôde ser considerada a parcela de melhor sítio. Dessa forma, os indivíduos nessa parcela teriam melhores condições de crescimento. No entanto, esta parcela apresentou o maior valor de área basal por hectare (51,9 m²/ha), indicando que esta parcela está altamente estocada.

Para os indivíduos da classe de diâmetro 8 (diâmetro acima de 80 cm) somente 3 indivíduos de araucária apresentaram crescimento inferior a 0,2 cm/ano. Um deles encontrou-se livre de araucárias concorrentes, no entanto, a densidade de folhosas foi grande, dificultando o seu crescimento. Os outros dois indivíduos apresentaram baixa densidade de Spurr, encontrando-se, no entanto, sob forte concentração de araucárias (Figura 43).

Os indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano apresentaram altos valores da densidade de Spurr, exceto um indivíduo que esteve sob 29 m²/ha de densidade de Spurr. Para a grande maioria desses indivíduos, a porcentagem de araucárias concorrentes foi intermediária, variando de 40 a 60%.

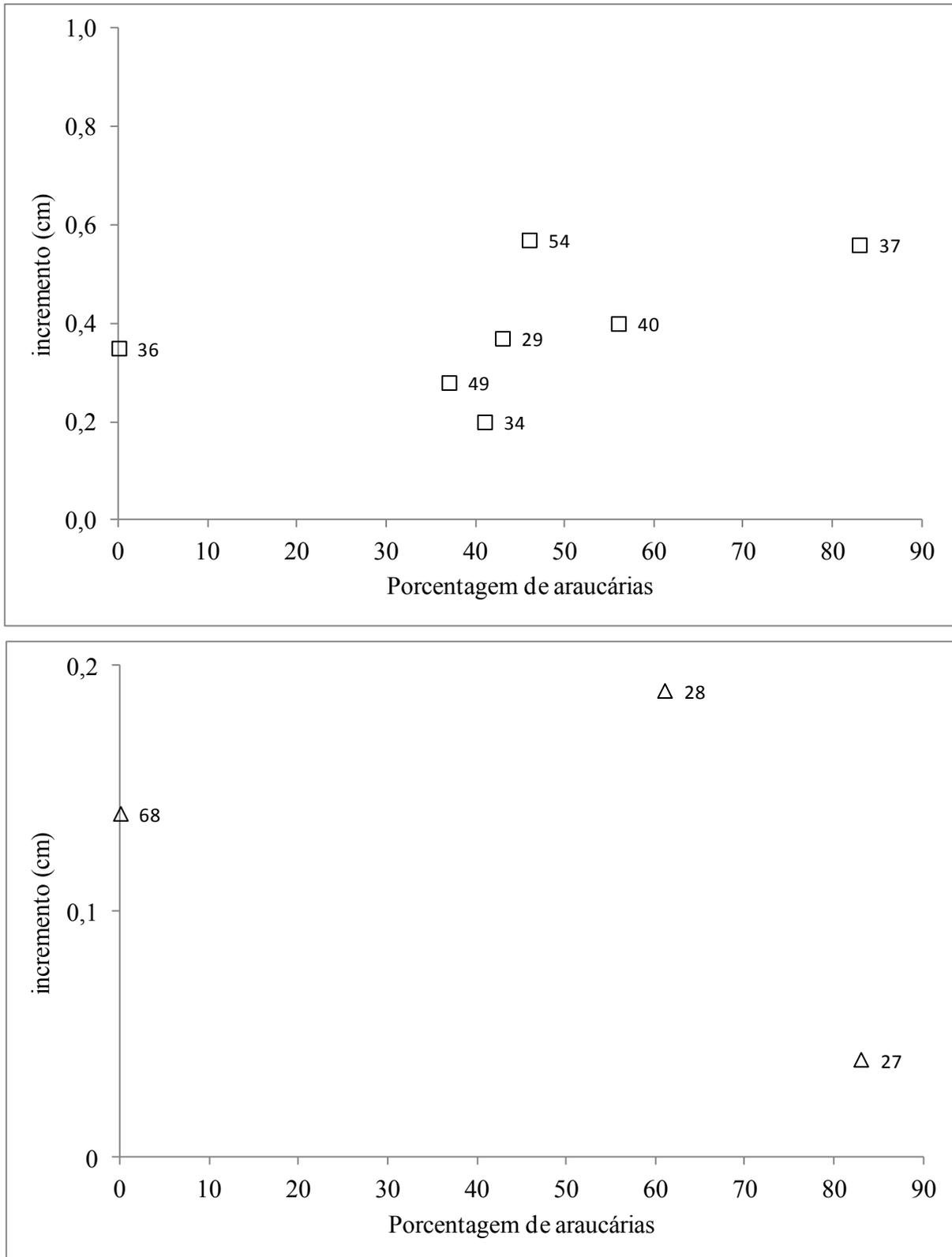


Figura 43 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a porcentagem de araucárias concorrentes para os indivíduos de *Araucaria angustifolia* da classe de diâmetro 8.

Obs: os valores do rótulo de dados representam a densidade pontual de Spurr.

Assim como observado para a classe de dap 7, a parcela 1541 também apresentou unicamente indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano (Tabela 18).

Tabela 18 - Parcelas de localização dos indivíduos de *Araucaria angustifolia* da classe de dap 8.

Unidade Amostral	Crescimento	
	Maior 0,2 cm/ano	Menor 0,2 cm/ano
1537		x
1538		
1540		
1541	x	
1542		
1543	x	x
1544		
1545	x	x

Já a parcela 1537 somente apresentou indivíduos com crescimento inferior a 0,2 cm/ano como, já observado para a classe de dap 3.

Analisando as parcelas de localização dos indivíduos de araucária de todas as classes de diâmetro, observou-se que na parcela 1540 não existiram indivíduos de araucária com diâmetro superior a 60 cm. Apesar de essa parcela aparentar ser de bom sítio, levando-se em consideração a altura dominante (21,1 m), oferecendo assim condições de crescimento, encontrou-se altamente estocada, em termos de área basal total (48,4 m²/ha).

Algumas parcelas apresentaram uma distinção entre os incrementos das árvores de araucária, como as parcelas 1538 e 1544 com somente indivíduos de crescimento acima de 0,2 cm/ano.

A parcela 1537 só constou de indivíduos com baixo incremento, exceto os indivíduos com diâmetro abaixo de 20 cm (classe de dap 1).

Já as parcelas 1543 e 1545 apresentaram indivíduos tanto com crescimento baixo quanto acima de 0,2 cm/ano, exceto na classe de dap 1, na qual a parcela 1545 somente apresentou indivíduos com crescimento reduzido.

5.2.2 Incremento diamétrico para árvores individuais de *Blepharocalix salicifolius*

5.2.2.1 Variáveis de influência no incremento diamétrico de árvores individuais de *Blepharocalix salicifolius*

Exerceram influência significativa sobre o incremento em diâmetro dos indivíduos de *Blepharocalix salicifolius* as variáveis diâmetro, altura, relação h/d, posição sociológica, densidade de Bitterlich e o número de árvores por hectare (Tabela 19).

Tabela 19 - Correlações de Pearson das variáveis com o incremento diamétrico de *Blepharocalix salicifolius*.

Variáveis	inc	dap	h	hd	PS	TV	CC	GSpurr	SNLineZag	GBitter	BNLineZag
inc	1	0,391	0,433	-0,365	-0,441	0,013	0,156	-0,133	-0,351	-0,193	-0,402
dap	0,000	1	0,810	-0,869	-0,729	0,201	-0,153	-0,247	-0,695	-0,108	-0,738
h	0,000	0,000	1	-0,602	-0,806	0,127	0,008	-0,149	-0,680	0,020	-0,724
hd	0,000	0,000	0,000	1	0,670	-0,264	0,242	0,256	0,806	0,079	0,839
PS	0,000	0,000	0,000	0,000	1	-0,231	0,055	0,201	0,737	0,054	0,765
TV	0,892	0,034	0,185	0,005	0,015	1	-0,267	-0,004	-0,228	-0,126	-0,228
CC	0,103	0,110	0,933	0,011	0,566	0,005	1	0,153	0,157	-0,150	-0,148
GSpurr	0,165	0,009	0,118	0,007	0,035	0,969	0,109	1	0,475	0,471	0,290
SNLineZag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,099	0,000	1	0,127	0,932
GBitter	0,042	0,261	0,839	0,411	0,573	0,186	0,117	0,000	-0,183	1	0,202
BNLineZag	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,122	0,002	0,000	0,033	1

Valores em negrito representam as significâncias.

Assim como observado para os indivíduos de *Araucaria angustifolia*, espécie que ocupa o mesmo dossel que a murta, o diâmetro da árvore apresentou correlação positiva com o incremento, demonstrando que árvores com maiores diâmetros têm maiores valores de incremento. Já árvores mais finas, tendem a incrementar menos.

A relação altura/diâmetro mostrou efeito negativo sobre o incremento em diâmetro, demonstrando que indivíduos de murta com uma alta relação h/d incrementam menos que indivíduos com relação h/d mais baixa.

Da mesma forma que para a *Araucaria angustifolia*, a variável de maior correlação com o incremento diamétrico de árvores individuais foi a altura da própria árvore, indicando que, quando mais alta for a árvore maior o seu incremento.

Pôde ser observado que a posição sociológica da árvore também é um fator de grande

influência no incremento em diâmetro, mostrando que árvores dominantes têm um crescimento maior que árvores dos estratos inferiores.

A tendência de valorização e classe de copa não se mostraram significativas no incremento diamétrico.

O número de árvores por hectare calculado a partir da metodologia da Linares e Zagoya, tendo como base tanto a densidade de Spurr quanto a de Bitterlich, mostrou correlação negativa com o incremento em diâmetro. Quanto maior o número de árvores por unidade de área, menor é o espaço disponível para o crescimento e a competição pelos demais fatores necessários ao crescimento é bastante intensa.

5.2.2.2 Análise de covariância e regressão para árvores individuais de *Blepharocalix salicifolius*

Considerando a correlação do incremento em diâmetro com o diâmetro, procedeu-se à análise por classes de diâmetro.

Devido ao menor número de indivíduos de *Blepharocalix salicifolius*, foram organizadas classes de diâmetro com amplitude de 20 cm (Tabela 20).

Tabela 20 - Classes de diâmetro para os indivíduos de *Blepharocalix salicifolius*.

Classe de diâmetro	Diâmetro (cm)	Número de indivíduos
1	até 20	49
2	20 - 40	38
3	Acima de 40	24

Por meio da análise de covariância, foi possível verificar a existência de classes de diâmetro com comportamentos distintos em relação ao diâmetro das murtas. Considerando nível de significância de 5%, houve interação significativa entre as classes de diâmetro com o diâmetro (Classedap*dap), indicando a diferença de inclinação entre as curvas de cada classe de diâmetro (Tabela 21).

No entanto, analisando os coeficientes angulares de cada uma das classes de diâmetro observou-se que a classe de dap 2 não apresentou inclinação significativamente diferente da classe de dap 3. A inclinação da classe de dap 1 também não diferiu da inclinação da classe de dap 3.

Para verificar as inclinações das curvas entre as classes de dap 1 e 2, procedeu-se à

análise de covariância somente com essas duas classes, onde pôde ser verificado que essas classes de dap apresentaram a mesma inclinação. O coeficiente angular para a classe de dap 1 não foi significativo, o que significa que este coeficiente foi igual ao coeficiente da classe de dap 2.

Tabela 21 - Análise de covariância da função $inc = dap + classedap*dap$ para classes de diâmetro para os indivíduos de *Blepharocalix salicifolius*.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Sig
Modelo	0,435	3	0,145	9,069	0,000
Intercepto	0,054	1	0,054	3,412	0,067
Dap	0,002	1	0,002	0,128	0,721
Classedap*dap	0,107	2	0,054	3,362	0,038
Erro	1,709	107	0,016		
Total	5,004	111			

R²ajustado = 0,180

Parâmetros	B	Erro Padrão	t	Sig.
Intercepto	0,119	0,065	1,847	0,067
Dap	0,002	0,001	1,700	0,092
[classedap=1]*dap	-0,004	0,004	-1,016	0,312
[classedap=2]*dap	0,001	0,001	0,660	0,510
[classedap=3]*dap	0	.	.	.

Como a diferença entre as inclinações foi fraca, também foi avaliada a diferença de nível entre as curvas (Tabela 22). Considerando um nível de significância de 5%, a variável classedap mostrou-se significativa.

No entanto, analisando os interceptos de cada uma das classes de diâmetro observou que a classe de dap 2 não apresentou nível significativamente diferente da classe de dap 3. O nível da classe de dap 1 também não diferiu do nível da classe de dap 3.

Para verificar as diferenças de níveis entre as curvas das classes de dap 1 e 2, procedeu-se à análise de covariância somente com essas duas classes, onde pôde ser verificado que essas classes de dap também apresentaram o mesmo nível. O intercepto para a classe de dap 1 não foi significativo, o que significa que este coeficiente foi igual ao coeficiente da classe de dap 2.

A análise de covariância, tanto para a diferença de inclinação quanto para a diferença de nível, não mostrou diferença entre as três classes de diâmetro (coeficientes não significativos).

No entanto, tanto a interação $\text{classedap} * \text{dap}$, para verificar a diferença de inclinação, quanto a variável classedap , para verificar a diferença de nível, mostraram-se significativas, ao nível de 5% de significância.

Tabela 22 - Análise de covariância da função $\text{inc} = \text{dap} + \text{classedap}$ para classes de diâmetro para os indivíduos de *Blepharocalix salicifolius*.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Sig
Modelo	0,430	3	0,143	8,950	0,000
Intercepto	0,062	1	0,062	3,872	0,052
Dap	0,006	1	0,006	0,359	0,550
Classedap	0,103	2	0,051	3,211	0,044
Erro	1,713	107	0,016		
Total	5,004	111			

R²ajustado = 0,178

Parâmetros	B	Erro Padrão	t	Sig.
Intercepto	0,166	0,123	1,345	0,178
Dap	0,001	0,002	0,599	0,550
[classedap=1]	-0,090	0,098	-0,917	0,361
[classedap=2]	-0,001	0,071	-0,017	0,987
[classedap=3]	0	.	.	.

Em função dessa significância, para cada classe de diâmetro foram gerados modelos de incremento diamétrico de árvores individuais de *Blepharocalix salicifolius*, os quais resultaram em bom ajuste, em termos de coeficiente de determinação ajustado e erro padrão da estimativa (Anexo C).

No entanto, os resíduos desses modelos mostraram-se fortemente tendenciosos (Anexo D).

Dessa forma, assim como realizado para os indivíduos de *Araucaria angustifolia*, procedeu-se ao estudo das características de cada classe de diâmetro.

5.2.2.2.1 Classe dap 1

Para os indivíduos de *Blepharocalix salicifolius* com diâmetro menor que 20 cm, a distribuição dos valores de incremento em diâmetro em relação ao diâmetro mostrou-se sem tendência (Figura 44), assim como observado para todas as classes de diâmetro dos indivíduos de *Araucaria angustifolia*.

Como também observado para todas as classes de diâmetro dos indivíduos de *Araucaria angustifolia*, indivíduos com crescimento reduzido foram observados para a maioria dos valores de diâmetro.

Para esta classe de diâmetro poucos indivíduos incrementaram mais que 0,2 cm/ano.

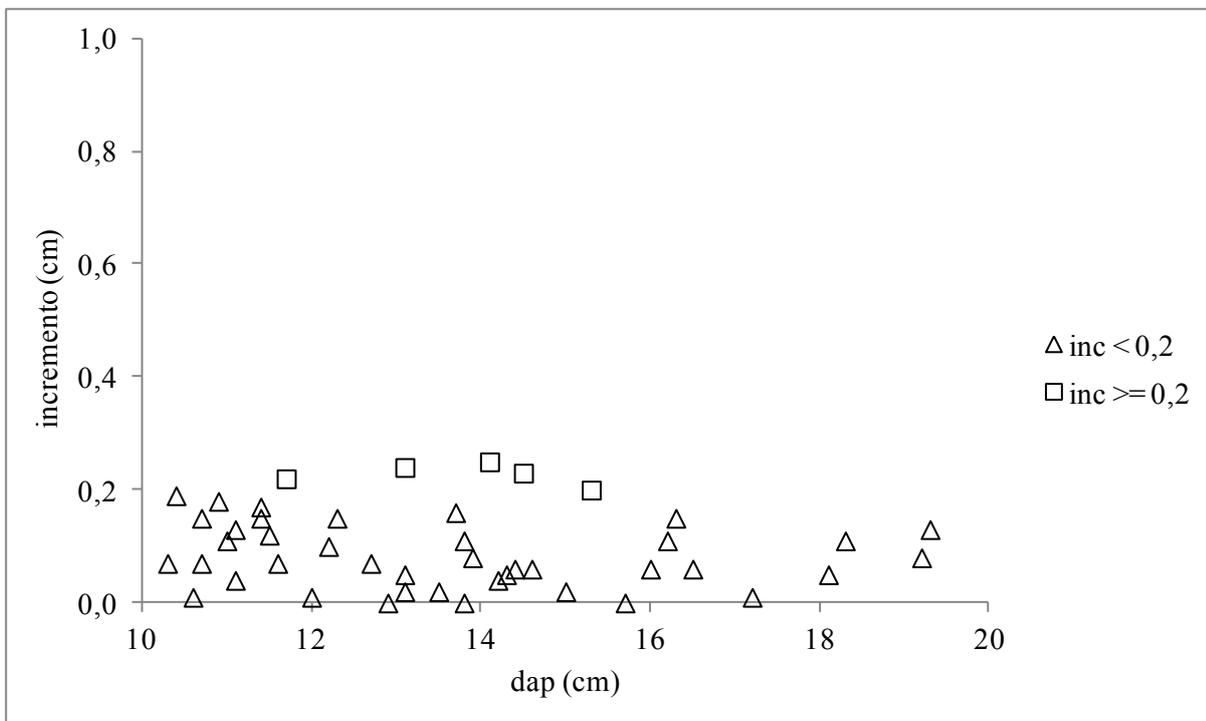


Figura 44 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap para os indivíduos de *Blepharocalix salicifolius* da classe de dap 1.

Considerando a correlação significativa da altura com o incremento em diâmetro, analisou-se a influência desta no incremento em diâmetro (Figura 45).

Apesar da correlação significativa, a altura não foi uma variável explicativa do incremento. Os indivíduos com crescimento inferior a 0,2 cm/ano apresentaram valores de altura semelhante aos indivíduos com crescimento maior que 0,2 cm/ano. Inclusive, os indivíduos com os maiores valores de altura apresentaram incrementos inferiores a 0,2 cm/ano.

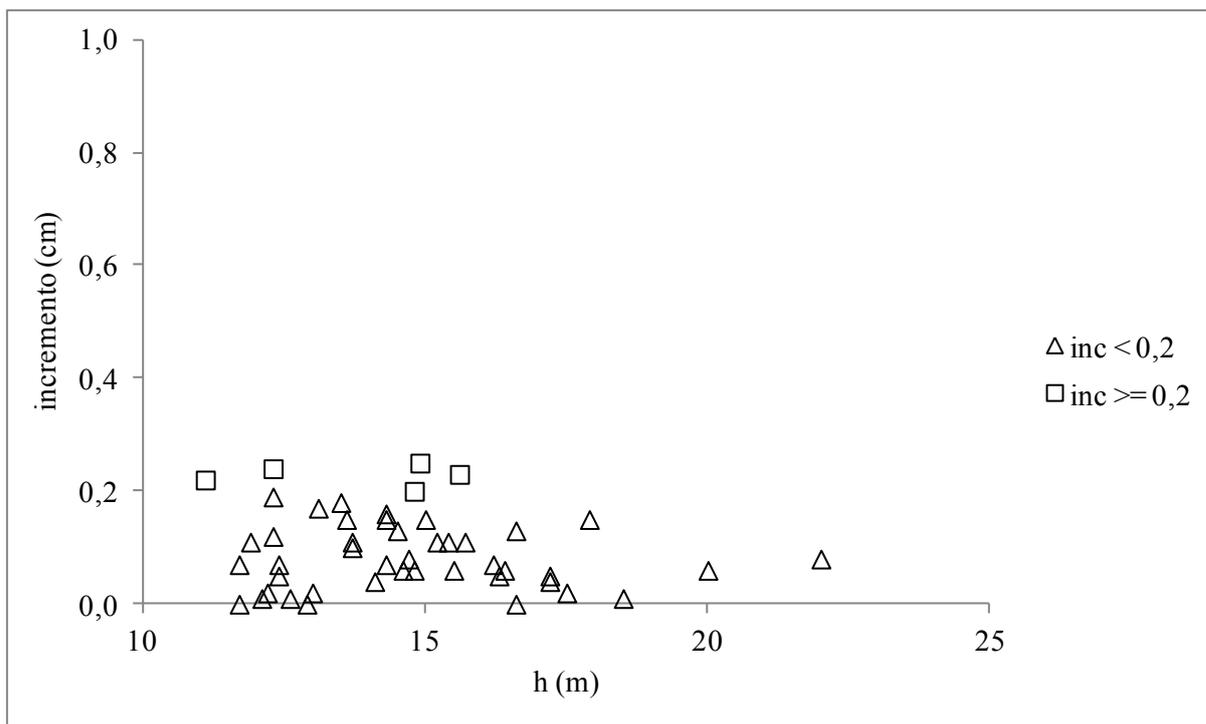


Figura 45 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a altura para os indivíduos de *Blepharocalix salicifolius* com diâmetro menor que 20 cm.

Em relação às parcelas de localização, indivíduos com diâmetro menor que 20 cm e crescimento menor que 0,2 cm/ano foram observados em todas as parcelas (Tabela 23).

Tabela 23 - Parcelas de localização dos indivíduos de *Blepharocalix salicifolius* da classe de dap 1.

Unidade Amostral	Crescimento	
	Maior 0,2 cm/ano	Menor 0,2 cm/ano
1537		x
1538		x
1540	x	x
1541	x	x
1542		x
1543	x	x
1544	x	x
1545		x

Já indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano somente ocorreram nas parcelas 1540, 1541, 1543 e 1544. Estas podem ser consideradas parcelas altamente estocadas, por apresentarem os maiores valores de área basal. No entanto, o que pode ter contribuído para essas parcelas somente apresentarem indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano foi a

altura dominante. Estas parcelas apresentaram os maiores valores, sendo a parcela 1541 com o maior valor e as demais, com valores variando de 20,4 a 21,1 m, os quais não diferiram estatisticamente entre si.

5.2.2.2.2 Classe dap 2

Os indivíduos de *Blepharocalix salicifolius* com diâmetro entre 20 e 40 cm apresentaram a mesma distribuição sem tendência dos incrementos em diâmetro (Figura 46) observada para os indivíduos com diâmetro menor que 20 cm.

E, igualmente, puderam ser observados, para todos os valores de diâmetro, indivíduos com crescimento reduzido, bem como, indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano.

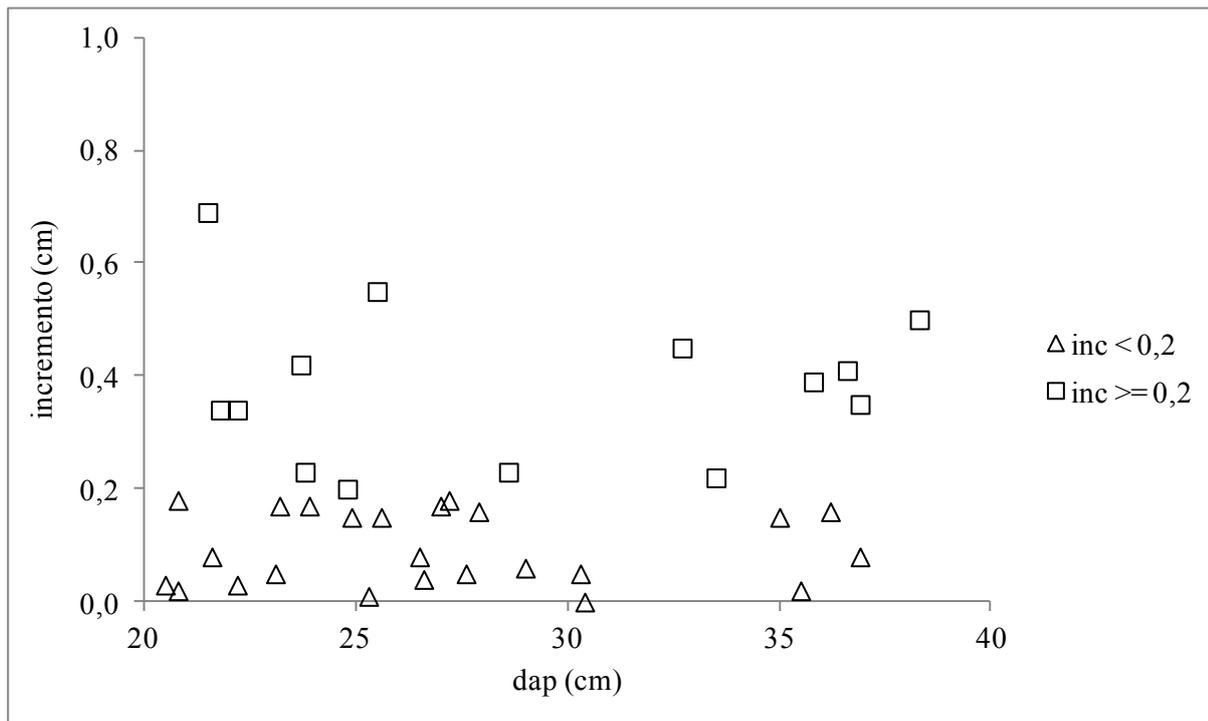


Figura 46 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap para os indivíduos de *Blepharocalix salicifolius* da classe de diâmetro 2.

Para esta classe já pôde ser observado um maior número de indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano, o que confirma a correlação positiva do diâmetro com o incremento em diâmetro.

A altura não se mostrou uma variável explicativa do incremento, apesar da correlação desta com o incremento em diâmetro (Figura 47).

Para este conjunto de dados, particularmente, observou-se uma tendência de os

indivíduos com maiores valores de altura apresentarem os maiores valores de incremento.

No entanto, a maioria dos indivíduos apresentou os mesmos valores de altura tanto para os com crescimento inferior quanto superior a 0,2 cm/ano.

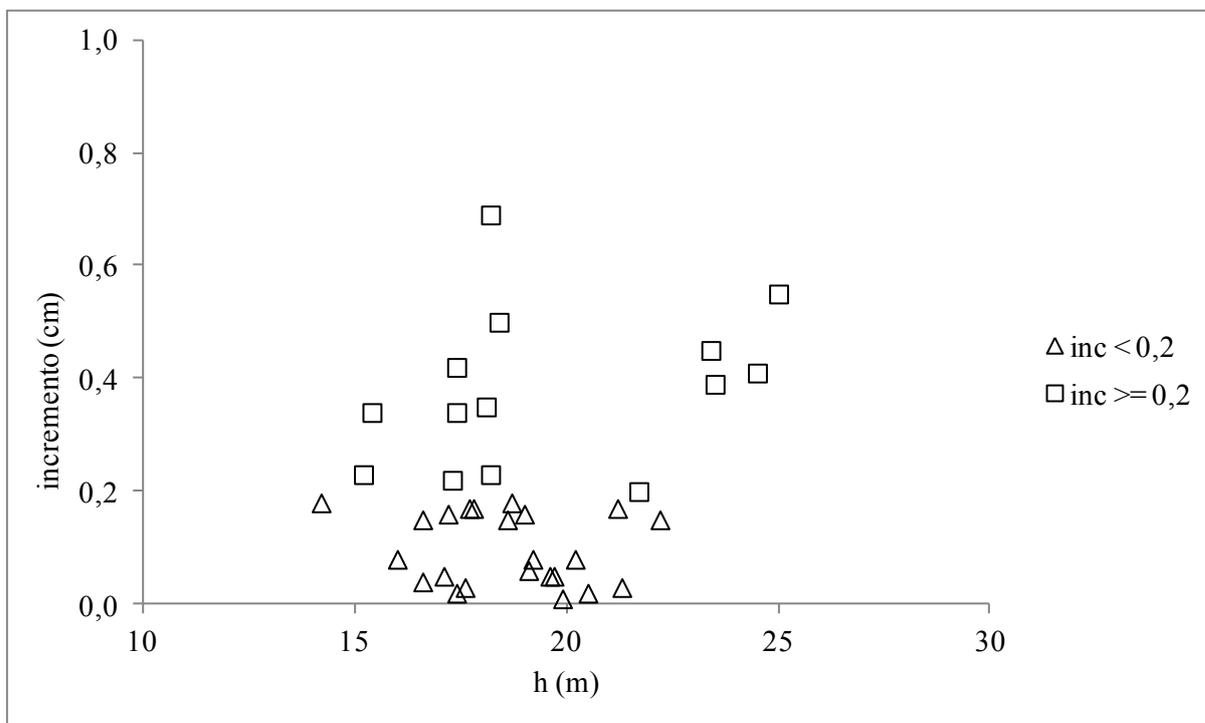


Figura 47 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a altura para os indivíduos de *Blepharocalix salicifolius* da classe de diâmetro 2.

Para esta classe de diâmetro não foram observados indivíduos na parcela 1545. Nas parcelas 1542 e 1543 somente foram observados indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano (Tabela 24).

Tabela 24 - Parcelas de localização dos indivíduos de *Blepharocalix salicifolius* da classe de dap 2.

Unidade Amostral	Crescimento	
	Acima 0,2 cm/ano	Abaixo 0,2 cm/ano
1537	x	x
1538	x	x
1540	x	x
1541	x	x
1542	x	
1543	x	
1544		x
1545		

Na parcela 1543 também só ocorreram indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano, assim como observado para a classe de diâmetro 1.

A parcela 1542 apresenta-se como uma parcela de baixo estoque, mas com o menor valor de altura dominante.

Para as demais parcelas não houve distinção entre os indivíduos com crescimento superior ou inferior a 0,2 cm/ano.

5.2.2.2.3 Classe dap 3

Os valores de incremento para os indivíduos de *Blepharocalix salicifolius* com diâmetro superior a 40 cm também não mostraram tendência (Figura 48).

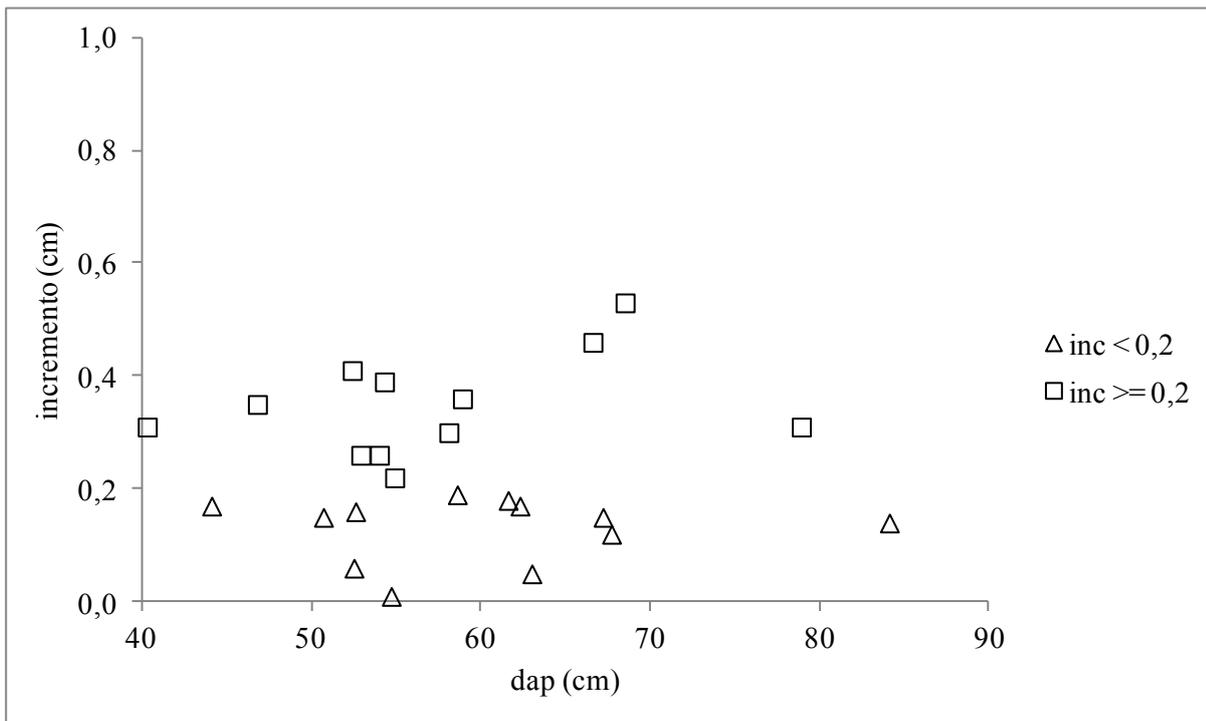


Figura 48 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação ao dap para os indivíduos de *Blepharocalix salicifolius* da classe de diâmetro 3.

Da mesma forma que para os indivíduos de menores dimensões diamétricas, incrementos reduzidos e acima de 0,2 cm/ano foram observados para todos os valores de diâmetro.

A altura, igualmente, não se mostrou uma variável de influência sobre o crescimento desses indivíduos (Figura 49).

Assim como observado para os indivíduos com diâmetro entre 20 e 40 cm, para os

indivíduos com diâmetro superior a 40 cm também observou-se uma tendência de os indivíduos com maiores valores de altura apresentarem os maiores valores de incremento.

No entanto, a maioria dos indivíduos apresentou os mesmos valores de altura tanto para os com crescimento inferior quanto superior a 0,2 cm/ano.

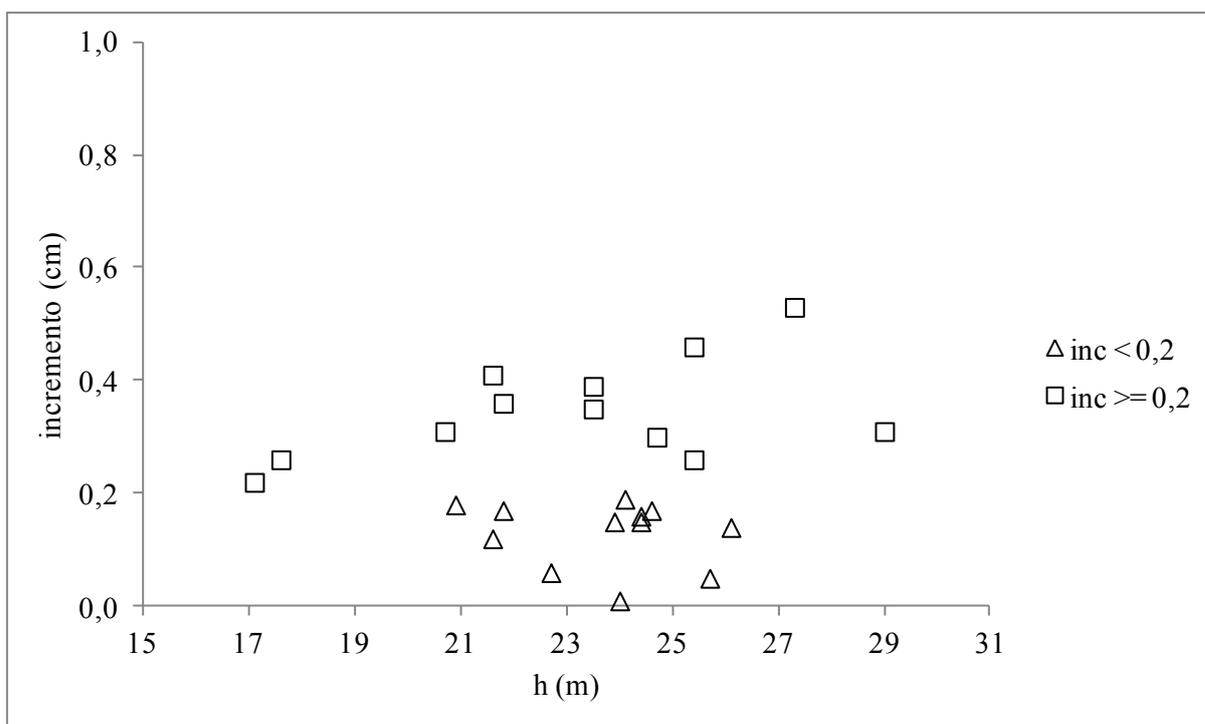


Figura 49 - Distribuição dos incrementos em diâmetro em relação a altura para os indivíduos de *Blepharocalix salicifolius* da classe de diâmetro 3.

Novamente, para esta classe de diâmetro não foram observados indivíduos na parcela 1545 (Tabela 25).

Tabela 25 - Parcelas de localização dos indivíduos de *Blepharocalix salicifolius* da classe de dap 3.

Unidade Amostral	Crescimento	
	Acima 0,2 cm/ano	Abaixo 0,2 cm/ano
1537	x	x
1538	x	
1540	x	x
1541	x	x
1542	x	
1543		
1544	x	x
1545		

Quanto à distinção dos indivíduos com crescimento superior e inferior a 0,2 cm/ano, observou-se que as parcelas 1538 e 1542 somente apresentaram indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano.

Na parcela 1542 também só ocorreram indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano para a classe de diâmetro 2 (20 e 40 cm).

5.2.3 Incremento diamétrico para árvores individuais de *Cryptocaria aschersoniana*

5.2.3.1 Variáveis de influência no incremento diamétrico de árvores individuais de *Cryptocaria aschersoniana*

Para a *Cryptocaria aschersoniana*, espécie do estrato médio da Floresta Ombrófila Mista, mostraram correlação significativa com o incremento, a altura e a tendência de valorização (Tabela 26).

Tabela 26 - Correlações de Pearson das variáveis com o incremento diamétrico de *Cryptocaria aschersoniana*.

Variáveis	inc	dap	h	hd	PS	TV	CC	GSpurr	SNLineZag	GBitter	BNLineZag
inc	1	0,028	0,225	-0,010	-0,120	-0,726	0,028	-0,107	-0,122	-0,022	-0,155
dap	0,768	1	0,616	-0,803	-0,650	0,121	0,021	-0,088	-0,478	0,013	-0,708
h	0,015	0,000	1	-0,235	-0,631	-0,083	-0,122	-0,236	-0,385	0,007	-0,482
hd	0,918	0,000	0,012	1	0,476	-0,203	-0,071	-0,061	0,476	-0,015	0,827
PS	0,200	0,000	0,000	0,000	1	-0,070	0,075	0,048	0,406	-0,017	0,578
TV	0,000	0,199	0,377	0,030	0,455	1	-0,092	-0,085	-0,090	-0,139	-0,133
CC	0,767	0,822	0,194	0,454	0,425	0,326	1	0,212	0,204	0,236	0,091
GSpurr	0,255	0,352	0,011	0,515	0,613	0,366	0,023	1	0,586	0,229	0,048
SNLineZag	0,195	0,000	0,000	0,000	0,000	0,338	0,029	0,000	1	0,260	0,690
GBitter	0,813	0,893	0,938	0,870	0,857	0,139	0,011	0,014	0,005	1	0,189
BNLineZag	0,098	0,000	0,000	0,000	0,000	0,156	0,336	0,611	0,000	0,043	1

Valores em negrito representam as significâncias.

Assim como observado para as duas espécies do dossel da floresta, a altura mostrou correlação positiva com o incremento em diâmetro. Quanto mais alta for a árvore, maior é a sua possibilidade de crescimento.

A tendência de valorização mostrou correlação negativa com o incremento em diâmetro, pois, assim como para a posição sociológica, no levantamento de dados, as árvores

com crescimento promissor (mudança ascendente na posição sociológica) foram codificadas como sendo igual a 1, árvores com crescimento médio (mudança lenta na posição sociológica) igual a 2 e as com crescimento insignificante (tendência a permanecer na mesma posição sociológica) igual a 3. Dessa forma, quanto maior o número, o qual representa a tendência de valorização, menor é o incremento em diâmetro.

5.2.3.2 Análise de covariância e regressão para árvores individuais de *Cryptocaria aschersoniana*

Como o diâmetro não mostrou correlação significativa com o incremento em diâmetro, para os indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana*, não se investigou o incremento considerando as classes de diâmetro.

Para esta espécie, procedeu-se a um estudo considerando a significativa influência da tendência de valorização sobre o incremento em diâmetro.

A maioria dos indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana* apresentou tendência de valorização 2 (crescimento médio, mudança lenta na posição sociológica) (Tabela 27).

Tabela 27 - Número de indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana* classificados por tendência de valorização.

TV	Número de indivíduos
1	17
2	67
3	31

Os indivíduos com tendência de valorização 1 apresentaram crescimento superior a 0,2 cm/ano. Estes indivíduos classificados com sendo de crescimento promissor, potencialmente, possuem as melhores condições de crescimento (Figura 50).

Para os indivíduos de tendência de valorização 2 foram observados incrementos tanto inferior quanto superior a 0,2 cm/ano.

Já os indivíduos de tendência de valorização 3 apresentaram incrementos inferiores a 0,2 cm. Esses indivíduos, classificados como sendo de crescimento insignificante, tendência a permanecer na mesma posição sociológica, devem apresentar as condições de crescimento mais limitadas.

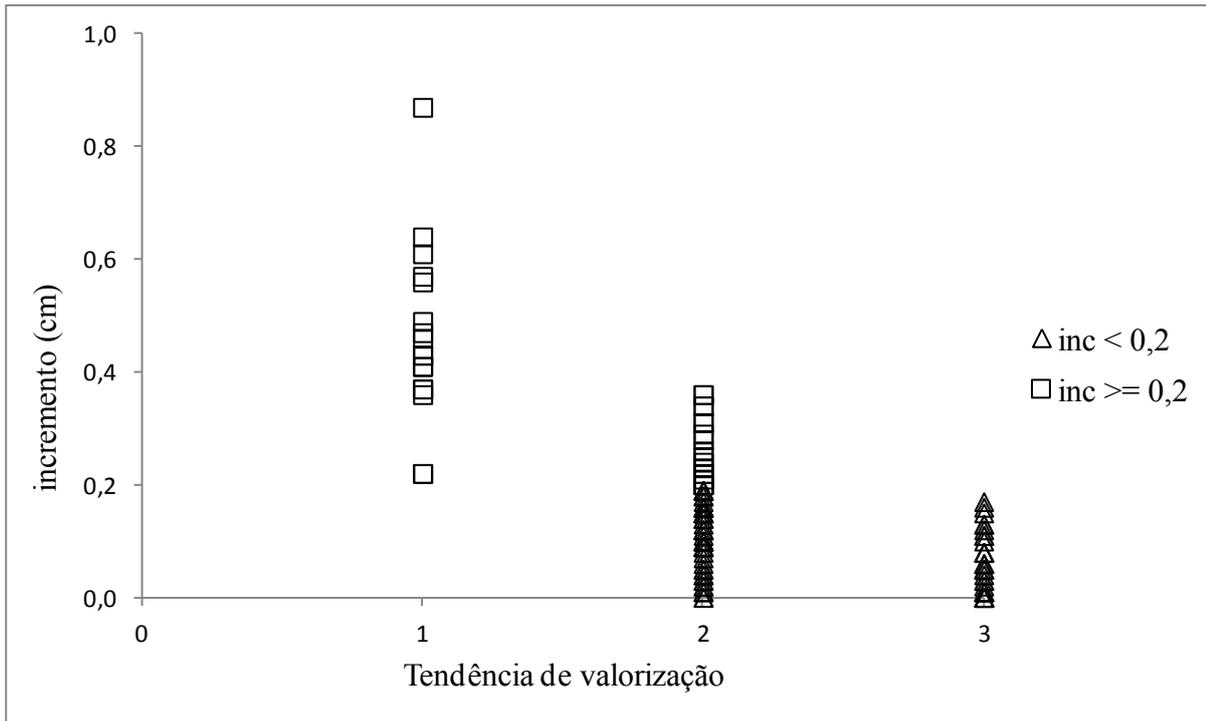


Figura 50 - Distribuição dos incrementos em diâmetro dos indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana* em função da tendência de valorização de cada indivíduo.

Por meio da análise de covariância foi possível verificar o efeito da interação TV*h para os indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana* (Tabela 28). Esses indivíduos apresentaram inclinações significativamente diferentes para cada uma das tendências de valorização.

O coeficiente angular dos indivíduos com tendência de valorização 2 mostrou-se significativamente diferente do coeficiente angular dos indivíduos com tendência de valorização 3. Por sua vez, os indivíduos com tendência de valorização 1 também mostraram coeficiente angular significativamente diferente dos indivíduos com tendência de valorização 3.

Para verificar as inclinações das curvas entre as tendências de valorização 1 e 2, procedeu-se à análise de covariância somente com essas duas classificações, onde pôde ser verificado que essas também diferiram quanto à inclinação. O coeficiente angular para a tendência de valorização 1 foi significativo, o que significa que este coeficiente diferiu significativamente do coeficiente da tendência de valorização 2.

Na análise de covariância a altura não mostrou efeito significativo. Dessa forma, para a *Cryptocaria aschersoniana*, somente a tendência de valorização pôde ser considerada uma variável explicativa do incremento.

Tabela 28 - Análise de covariância da função $inc = h + TV \cdot h$ para indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana*.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Sig
Modelo	1,783	3	0,594	59,400	0,000
Intercepto	0,078	1	0,078	7,780	0,006
h	0,050	1	0,050	5,035	0,027
TV*h	1,635	2	0,817	81,699	0,000
Erro	1,110	111	0,010		
Total	6,343	115			

R²ajustado = 0,606

Parâmetros	B	Erro Padrão	t	Sig.
Intercepto	0,119	0,043	2,789	0,006
h	-0,004	0,003	-1,165	0,246
[TV=1]*h	0,024	0,002	12,228	0,000
[TV=2]*h	0,006	0,002	3,881	0,000
[TV=3]*h	0	.	.	.

A não significância da altura deveu-se, em parte, a esta não apresentar grandes distinções entre as diferentes tendências de valorização (Figura 51).

Os valores de altura variaram de 10 a 25 m, com algumas distinções. Para os indivíduos de tendência de valorização 1, a altura máxima foi de, aproximadamente 22 m. Já para os indivíduos de tendência de valorização 3, os valores da amplitude de variação foram menores, de 5 a 20 m, aproximadamente.

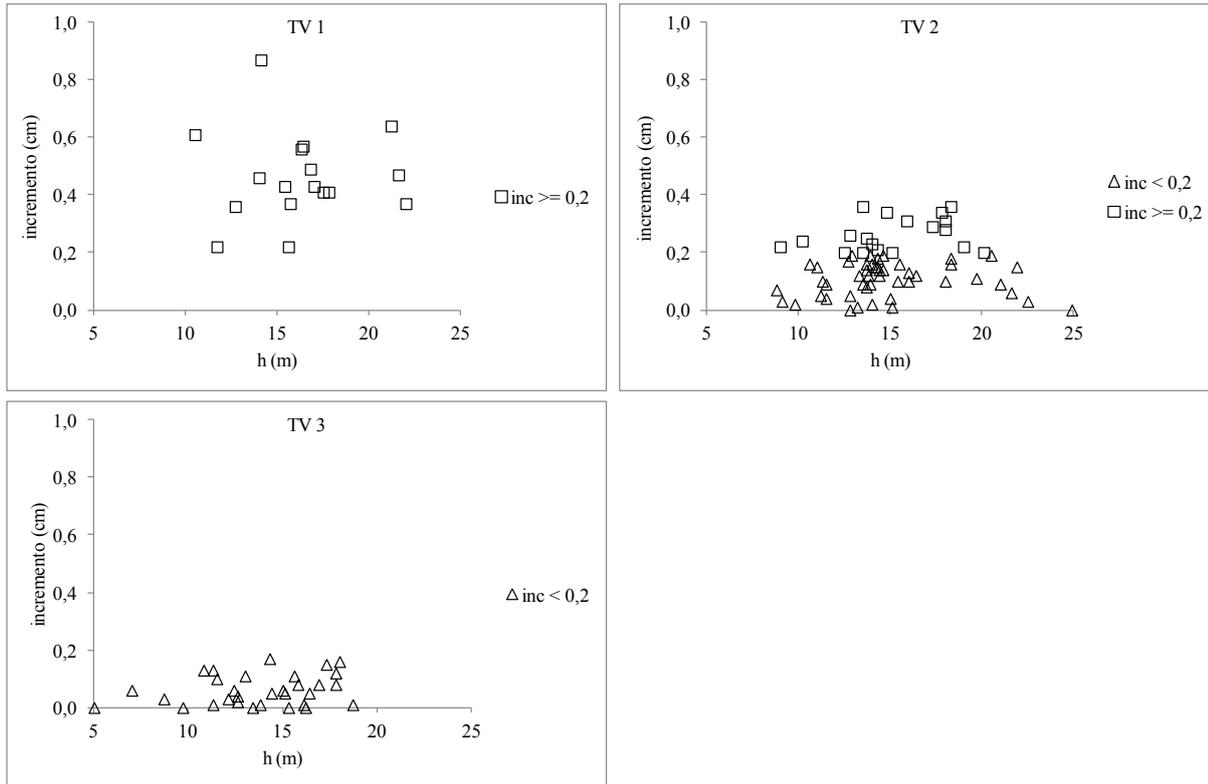


Figura 51 – Distribuição dos valores de incrementos em diâmetro em relação à altura dos indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana* classificados de acordo com a tendência de valorização.

Dessa forma, pôde-se estimar uma média do incremento para esses indivíduos tomando como referência apenas a tendência de valorização (Tabela 29).

Os indivíduos de tendência de valorização 1 crescem, em média, 3 vezes mais que os indivíduos de tendência de valorização 2 e, aproximadamente, 8 vezes mais que os indivíduos de tendência de valorização 3.

Tabela 29 - Incremento médio dos indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana* classificados por tendência de valorização.

Tendência de valorização	Incremento médio (cm)
1	0,46
2	0,15
3	0,06

Já os indivíduos de tendência de valorização 2 crescem, em média, mais que o dobro do crescimento dos indivíduos de tendência de valorização 3.

Quanto à localização dos indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana*, somente a parcela 1543 não apresentou indivíduos de tendência de valorização 1 (Tabela 30). Todos os

indivíduos dessa tendência de valorização incrementaram menos que 0,2 cm/ano.

Já para os indivíduos de tendência de valorização 2, as parcelas 1543 e 1544 somente exibiram indivíduos com crescimento inferior a 0,2 cm/ano. Já as parcelas 1537, 1540 e 1545 somente exibiram indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano.

As parcelas 1537, 1540 e 1545 apresentaram valores de altura estatisticamente iguais, variando de 20,3 a 21,1 m, os quais podem ser considerados, nessa floresta, como altos valores. Altos valores da altura dominante indicaram a boa qualidade do sítio, favorecendo o crescimento dos indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana*.

Os indivíduos de tendência de valorização 3 somente incrementaram menos que 0,2 cm/ano. Esses indivíduos somente ocorreram nas parcelas 1538, 1541, 1542, 1543 e 1544. Essas parcelas apresentaram características bastante distintas em termos de área basal e altura dominante.

Tabela 30 – Parcelas de localização dos indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana*.

Unidade Amostral	TV 1		TV 2		TV 3	
	Crescimento (cm/ano)		Crescimento (cm/ano)		Crescimento (cm/ano)	
	Menor 0,2	Maior 0,2	Menor 0,2	Maior 0,2	Menor 0,2	Maior 0,2
1537	x			x		
1538	x		x	x	x	
1540	x			x		
1541	x		x	x	x	
1542	x		x	x	x	
1543			x		x	
1544	x		x		x	
1545	x			x		

5.2.4. Incremento diamétrico para árvores individuais de *Casearia decandra*

5.2.4.1 Variáveis de influência no incremento diamétrico de árvores individuais de *Casearia decandra*

Para a espécie do estrato inferior da Floresta Ombrófila Mista, o diâmetro, a relação hd , a tendência de valorização e a densidade de Bitterlich mostraram correlação significativa com o incremento em diâmetro (Tabela 31).

Diferentemente das demais espécies, para a *Casearia decandra*, o diâmetro mostrou correlação negativa com o incremento, indicando que as árvores com maior potencial de

crescimento são as mais finas.

A tendência de valorização mostrou correlação negativa com o incremento em diâmetro, assim como observado para a *Cryptocaria aschersoniana*. Os indivíduos com mudança ascendente na posição sociológica apresentaram maior potencial de incremento em diâmetro.

A densidade de Bitterlich mostrou correlação negativa com o incremento em diâmetro. Quanto maior a densidade sob a qual o indivíduo de *Casearia decandra* está submetido, menor é a sua potencialidade de incremento.

Tabela 31 - Correlações de Pearson das variáveis com o incremento diamétrico de *Casearia decandra*.

Variáveis	inc	dap	h	hd	PS	TV	CC	GSpurr	SNLineZag	GBitter	BNLineZag
inc	1	-0,183	0,043	0,210	0,016	-0,367	-0,028	0,027	0,048	-0,221	0,026
dap	0,023	1	0,346	-0,684	-0,309	0,090	-0,173	-0,012	-0,368	0,177	-0,788
h	0,594	0,000	1	0,425	-0,310	-0,224	0,008	-0,006	-0,153	0,091	-0,272
hd	0,009	0,000	0,000	1	0,073	-0,255	0,161	0,012	0,248	-0,091	0,576
PS	0,842	0,000	0,000	0,370	1	-0,209	-0,152	0,079	0,200	-0,021	0,286
TV	0,000	0,268	0,005	0,001	0,009	1	0,117	-0,001	-0,022	-0,080	-0,110
CC	0,727	0,032	0,920	0,046	0,059	0,149	1	0,012	0,052	-0,153	0,050
GSpurr	0,738	0,879	0,942	0,881	0,330	0,992	0,880	1	0,892	0,217	0,161
SNLineZag	0,556	0,000	0,058	0,002	0,013	0,784	0,525	0,000	1	0,119	0,447
GBitter	0,006	0,028	0,261	0,260	0,794	0,327	0,058	0,007	0,142	1	0,370
BNLineZag	0,753	0,000	0,001	0,000	0,000	0,173	0,541	0,046	0,000	0,000	1

Valores em negrito representam as significâncias.

5.2.4.2 Análise de covariância e regressão para árvores individuais de *Casearia decandra*

Para os indivíduos de *Casearia decandra* foram realizados estudos considerando a significativa influência da tendência de valorização sobre o incremento em diâmetro, assim como realizado para os indivíduos de *Cryptocaria aschersoniana*.

A maioria dos indivíduos apresentou tendência de valorização 2 (crescimento médio, mudança lenta na posição sociológica) (Tabela 32).

A maioria dos indivíduos com tendência de valorização 1 apresentaram crescimento superior a 0,2 cm/ano. Estes indivíduos, classificados como sendo de crescimento promissor, potencialmente, devem possuir melhores condições de crescimento (Figura 52).

Tabela 32 – Número de indivíduos de *Casearia decandra* classificados por tendência de valorização.

TV	Número de indivíduos
1	10
2	111
3	33

Para os indivíduos de tendência de valorização 2 foram observados incrementos tanto inferior quanto superior a 0,2 cm/ano.

Já os indivíduos de tendência de valorização 3, na sua maioria, apresentaram incrementos inferiores a 0,2 cm. Esses indivíduos, classificados com sendo de crescimento insignificante, tendência a permanecer na mesma posição sociológica, possuem as piores condições de crescimento.

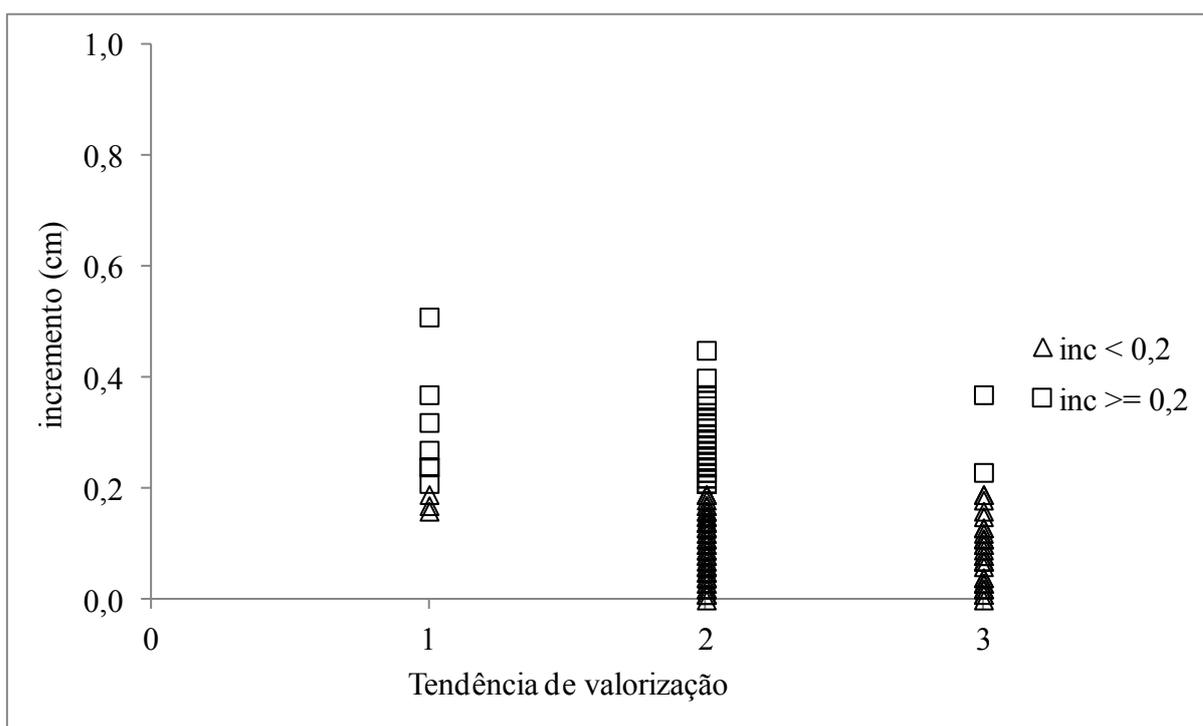


Figura 52 - Distribuição dos incrementos em diâmetro dos indivíduos de *Casearia decandra* em função da tendência de valorização de cada indivíduo.

Por meio da análise de covariância, foi possível verificar a distinta influência da tendência de valorização sobre o incremento em diâmetro. Houve interação significativa entre a tendência de valorização e a densidade de Bitterlich (TV*GBitterlich) (Tabela 33), o que indicou a diferença de inclinação entre as curvas de acordo com a tendência de valorização de cada indivíduo.

O coeficiente angular dos indivíduos com tendência de valorização 2 mostrou-se significativamente diferente do coeficiente angular dos indivíduos com tendência de valorização 3. Por sua vez, os indivíduos com tendência de valorização 1 também mostraram coeficiente angular significativamente diferente dos indivíduos com tendência de valorização 3.

Para verificar as inclinações das curvas entre as tendências de valorização 1 e 2, procedeu-se à análise de covariância somente com essas duas classificações, onde pôde ser verificado que essas também diferiram quanto à inclinação. O coeficiente angular para a tendência de valorização 1 foi significativo, o que significa que este coeficiente diferiu significativamente do coeficiente da tendência de valorização 2.

Tabela 33 - Análise de covariância da função $inc = GBitterlich + TV * GBitterlich$ para os indivíduos de *Casearia decandra*.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Sig
Modelo	0,337	3	0,112	12,434	0,000
Intercepto	0,531	1	0,531	58,729	0,000
GBitterlich	0,060	1	0,060	6,656	0,011
TV* GBitterlich	0,254	2	0,127	14,029	0,000
Erro	1,357	150	0,009		
Total	5,213	154			

R²ajustado = 0,183

Parâmetros	B	Erro Padrão	t	Sig.
Intercepto	0,263	0,034	7,664	0,000
GBitterlich	-0,004	0,001	-4,416	0,000
[TV=1]* GBitterlich	0,004	0,001	5,270	0,000
[TV=2]* GBitterlich	0,001	0,000	2,832	0,005
[TV=3]* GBitterlich	0	.	.	.

As variáveis dap e relação hd não foram significativas na análise de covariância. Em relação à densidade de Bitterlich, pôde-se observar o seu efeito significativo sobre o incremento em diâmetro.

Para cada tendência de valorização foram gerados modelos de incremento diamétrico de árvores individuais de *Casearia decandra*, os quais resultaram em bom ajuste, em termos

de coeficiente de determinação ajustado e erro padrão da estimativa (Anexo E).

No entanto, os resíduos desses modelos mostraram-se fortemente tendenciosos (Anexo F).

Em função disso, procedeu-se ao estudo das características de cada grupo de tendência de valorização.

A não eficiência dos modelos pôde ser atribuída à frágil distinção das variáveis significativamente influentes sobre o incremento em diâmetro, em relação às tendências de valorização.

A densidade de Bitterlich variou de 20 a 60 m²/ha, independente da tendência de valorização (Figura 53).

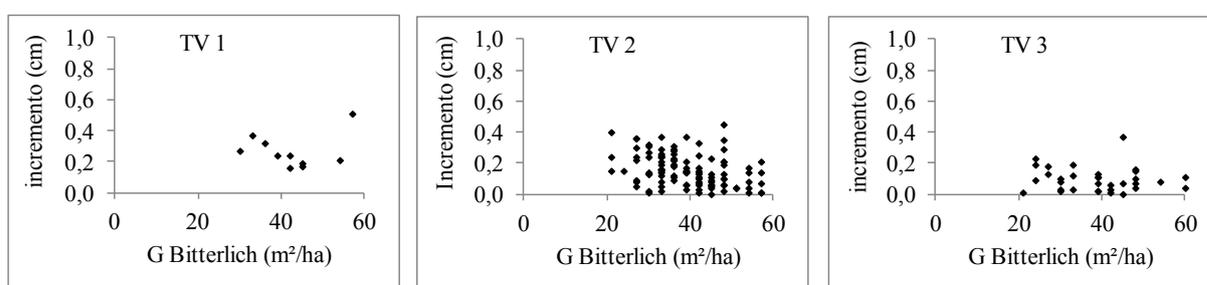


Figura 53 – Distribuição dos valores de incremento em diâmetro em relação à densidade de Bitterlich dos indivíduos de *Casearia decandra* classificados de acordo com a tendência de valorização.

Os valores de diâmetro também apresentaram pouca variação em relação às tendências de valorização (Figura 54). Os indivíduos de tendência de valorização 1, os de maiores incrementos, apresentaram os menores valores de diâmetro, de 10 a 20 cm. Essa informação corrobora com a correlação negativa do diâmetro com o incremento em diâmetro.

Para os demais indivíduos, a variação do diâmetro foi de 10 a, aproximadamente, 25 cm.

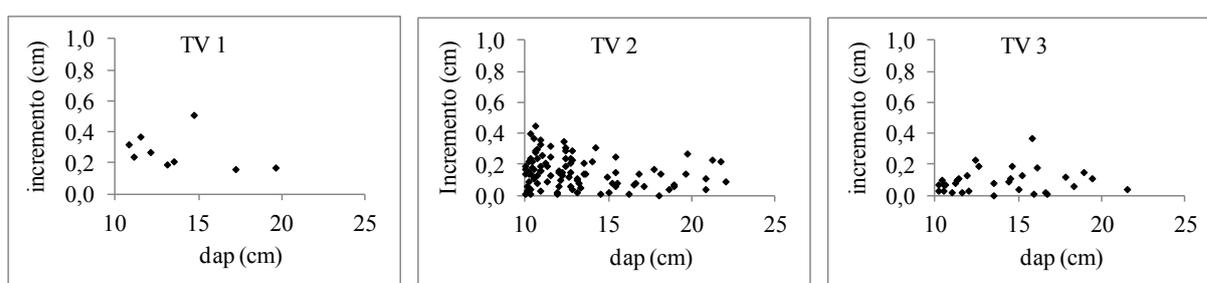


Figura 54 - Distribuição dos valores de incremento em diâmetro em relação ao diâmetro dos indivíduos de *Casearia decandra* classificados de acordo com a tendência de valorização.

Para os valores da relação hd também não se observou expressivas diferenças entre as diferentes tendências de valorização (Figura 55).

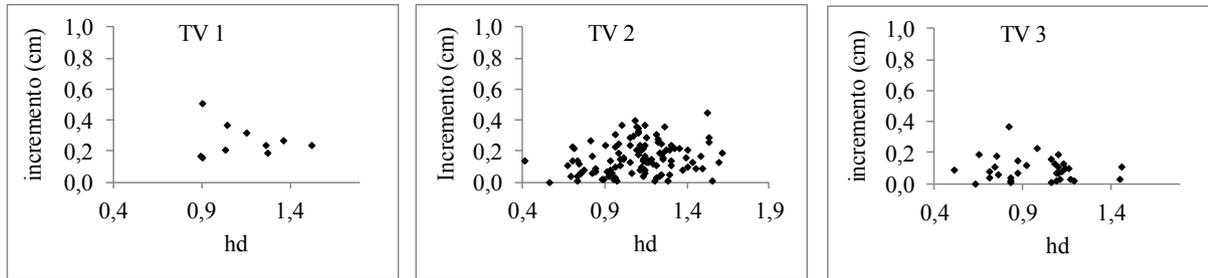


Figura 55 - Distribuição dos valores de incremento em diâmetro em relação à relação hd dos indivíduos de *Casearia decandra* classificados de acordo com a tendência de valorização.

Os indivíduos de tendência de valorização 1 apresentaram a menor amplitude de variação da relação hd, confirmando a correlação positiva da relação hd com o incremento em diâmetro.

Entendeu-se que existiu um efeito de densidade, de dap, de relação hd sobre o crescimento desses indivíduos, no entanto, este efeito foi fraco, incapaz de discriminá-los.

Em relação às parcelas de localização dos indivíduos de *Casearia decandra*, observou-se que os indivíduos de tendência de valorização 1 somente ocorreram na parcela 1545 (Tabela 34). Essa parcela se encontra altamente estocada, com área basal de 49,3 m²/ha. No entanto, por apresentar alto valor de altura dominante (20,9 m), tem potencial de oferecer boas condições de crescimento a seus indivíduos.

Tabela 34 – Parcelas de localização dos indivíduos de *Casearia decandra*.

Unidade Amostral	TV 1		TV 2		TV 3	
	Crescimento (cm/ano)		Crescimento (cm/ano)		Crescimento (cm/ano)	
	Menor 0,2	Maior 0,2	Menor 0,2	Maior 0,2	Menor 0,2	Maior 0,2
1537			x	x		x
1538				x		x
1540			x	x		
1541			x	x		x
1542			x	x		
1543			x	x		
1544				x	x	x
1545	x	x	x	x		x

Indivíduos de tendência de valorização 2, com crescimento superior a 0,2 cm/ano ocorreram em todas as parcelas. Já indivíduos com crescimento inferior a 0,2 cm/ano não

foram observados nas parcelas 1538 e 1544.

Indivíduos de tendência de valorização 3, com crescimento inferior a 0,2 cm/ano somente foram observados na parcela 1544, diferindo da tendência de valorização 2 onde, para esta parcela, somente foram observados indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano. Já os indivíduos com crescimento superior a 0,2 cm/ano foram observados nas parcelas 1537, 1538, 1541, 1544 e 1545.

Na parcela 1545 pôde ser observado o maior número de indivíduos de *Casearia decandra*.

5.2.5 Comparações entre as 4 espécies estudadas

O estudo do crescimento dos indivíduos estratificado por classes de diâmetro somente foi possível para as espécies do dossel superior da floresta, *Araucaria angustifolia* e *Blepharocalix salicifolius*.

Para as espécies *Cryptocaria aschersoniana* e *Casearia decandra*, espécies do dossel médio e inferior, respectivamente, estudou-se o crescimento, estratificando-as por tendência de valorização.

O diâmetro mostrou influência sobre o crescimento dos indivíduos de *Araucaria angustifolia*, *Blepharocalix salicifolius* e *Casearia decandra*. Para os indivíduos do dossel da floresta, quanto maior o diâmetro, maior é a possibilidade de crescimento. Já para os indivíduos de *Casearia decandra*, quanto menor o diâmetro, maior é a possibilidade de incremento.

De maneira geral, a altura influenciou o crescimento de todas as espécies estudadas.

A altura, densidade de Spurr e porcentagem de araucárias concorrentes mostraram influência sobre o crescimento de indivíduos de *Araucaria angustifolia* com diâmetro menor que 30 cm. Para indivíduos de maiores dimensões, estas não exerceram influência.

A densidade de Bitterlich mostrou influência sobre o crescimento dos indivíduos de *Casearia decandra*.

Em relação às parcelas de localização das espécies estudadas, somente foram observadas particularidades, não havendo uma característica unânime para todas as espécies e quantidade de incremento.

Os modelos de incremento em diâmetro ajustados para as espécies em estudo resultaram em bom ajuste em termos de coeficiente de determinação e erro padrão da estimativa. No entanto, os resíduos foram relativamente altos e fortemente tendenciosos.

Para a espécie *Cryptocaria aschersoniana* não foi possível formular modelos de incremento em diâmetro.

A ineficiência dos modelos pode ser atribuída a pouca distinção entre as variáveis em cada uma das estratificações. Não foram observadas expressivas variações entre os incrementos dentro de cada estratificação, bem como entre as espécies estudadas.

Além disso, outros fatores podem estar interferindo na dinâmica de cada indivíduo.

6 CONCLUSÕES

Pôde-se concluir que:

- as variáveis de influência no incremento em diâmetro de árvores individuais de *Araucaria angustifolia* e *Blepharocalix salicifolius* foram o diâmetro, a altura, a relação hd, a posição sociológica e o número de árvores, tanto com base na densidade de Spurr, quanto na densidade de Bitterlich; para árvores individuais de *Cryptocaria aschersoniana* exerceram influência as variáveis altura e tendência de valorização; já para *Casearia decandra*, o diâmetro, a relação hd, a tendência de valorização e a densidade de Bitterlich influenciaram o crescimento das árvores individuais;

- as densidades pontuais obtidas pelo método de Spurr e de Bitterlich foram semelhantes;

- as metodologias de determinação do número de árvores resultaram em valores distintos, sendo a maior amplitude observada para a metodologia de Linares e Zagoya;

- a relação entre a densidade máxima e a densidade atual mostrou influência significativa sobre o incremento em diâmetro dos indivíduos de *Araucaria angustifolia*;

- o cálculo do número de árvores segundo a metodologia de Linares e Zagoya mostrou-se adequado para a determinação da curva de máxima densidade, independente da densidade pontual utilizada;

- a densidade de Bitterlich e cálculo do número de árvores de acordo com Spurr, também se mostraram apropriados para a determinação da curva de máxima densidade;

- foi possível formular modelos de incremento em diâmetro para árvores individuais de *Araucaria angustifolia*, *Blepharocalix salicifolius* e *Casearia decandra*. No entanto, esses resultaram em resíduos fortemente tendenciosos, sendo a sua utilização para a predição do incremento não adequada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAME, P. Individual-tree diameter growth model for rebollo oak (*Quercus pyrenaica* Willd.) coppices. **Forest Ecology and Management**, v. 225, p. 1011-1022, 2008.

ANDRAE, F. Carta aberta aos interessados nas questões florestais do Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 20, p. 115-125, jan./jun. 2000.

ANDRAE, F. Manejo de florestas de pequenas propriedades como contribuição para amenizar desafios sócio-econômicos do meio rural. In: SIMPÓSIO LATINO – AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 5, 2011, Santa Maria. **Anais...**, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2011. CD – ROM.

ANDREASSEN, K.; TOMTER, S. M. Basal area growth models for individual trees of Norway spruce, Scots pine, birch and other broadleaves in Norway. **Forest Ecology and Management**, v. 180, p. 11-24, 2002.

AQUINO, F. M. De. **Cultivo de *Araucaria angustifolia***: análise de viabilidade econômico-financeiro. Florianópolis: BRDE, 2005. 53p.

BITTERLICH, W. **Die Winkelzählmessung**. Allgemeine Forst- und Holzwirtschaftliche Zeitung 58: 94 – 96, 1947.

BRASIL. Decreto n. 6.660 de 21 de novembro de 2008. Regulamenta dispositivos da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 nov. 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6660.htm , acesso em: 22 set. 2011.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal**: Perguntas e respostas. Viçosa: UFV, 2 ed., 2006, 470p.

COLE, W. G.; LORIMER, C. G. Predicting tree growth from crown variables in managed northern hardwoods stands. **Forest Ecology and Management**, v. 67, p. 159–175, 1994.

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

DELLA-FLORE, J. B. **Modelos de Crescimento para Árvores Singulares *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. e *Ocotea puberula* Ness.** 2001. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

EBLING, A. A. et al. Projeção diamétrica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em remanescente de Floresta Ombrófila Mista. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4, 2012. **Anais...**, Paraná: Congresso Florestal Paranaense, 2012.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de Biometria Florestal**. Santa Maria:

CEPEF/FATEC/UFSM, 1992. 269 p.

FLEIG, F. D. et al. Sustentabilidade econômica da Floresta Estacional Decidual na região da Quarta Colônia, RS, Brasil. In: SIMPÓSIO LATINO – AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 5, 2011, Santa Maria. **Anais...**, Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2011, p. 671–677.

FOX, J. C.; BI, H.; ADES, P. K. Spatial dependence and individual-tree growth models I. Characterising spatial dependence. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 245, n. 1, p. 10-19, 2007.

GONZÁLEZ, M. S. et al. Distance independent tree diameter growth model for cork oak stands. **Forest Ecology and Management**, v. 225, p. 262-270, 2006.

HASENAUER, H. Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten-Kiefern und Buchen-Fichtenmischbestände. **Fostliche Schriftenreihe, Universität für Bodenkultur**, Wien. Band 8, 152, p. 1994.

HUANG, S.; TITUS, S. T. An individual tree height increment model for mixed white spruce-aspen stands in Alberta, Canada. **Forest Ecology and Management**, v. 123, n. 1, p. 41-53, 1999.

HUGHELL, D. **Modelos para la predicción del crecimiento y rendimiento de: *Eucalyptus camaldulensis*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Leucaena leucocephala* en América Central.** Serie Técnica: Boletim Técnico, Turrialba, Costa Rica, n. 22, 1990, 64 p.

IBDF/FATEC. **Plano de manejo para a Floresta Nacional de São Francisco de Paula – RS.** Santa Maria: Ministério do Interior, 1989, 217p.

ICMBio, **Floresta Nacional São Francisco de Paula/RS:** Educação ambiental na Floresta Nacional de São Francisco de Paula/RS, Revisão do Plano de manejo, equipe FLONA SFP/RS, documento não publicado, 2007.

KIERMAN, D. H.; BEVILACQUA, E.; NYLAND, R. D. Individual-tree diameter growth model for sugar maple trees in uneven-aged northern hardwood stands under selection system. **Forest Ecology and Management**, v. 256, p. 1579-1586, 2008.

LINARES, M. A. M.; ZAGOYA, R. A. Construcción de una guía de densidad para *Pinus cooperi* var. *ornelasi* com base en la clase de copa em Durango, México. **Madera y Bosques**, México, v. 1, n. 2, p. 23-36, 1995.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze no sul do Brasil.** 1980. 198 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5ed. Vol 1. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 2008, 384 p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3ed. Vol 2. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 2009, 384 p.

MALCHOW, E.; KOEHLER, A. B.; NETTO, S. P. Efeito de borda em um trecho da Floresta Ombrófila Mista, em Fazenda Rio Grande, PR. **Rev. Acad.**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 85 – 94, abr./jun., 2006.

MATTOS, R. B. **Produtividade e incremento de *cabralea canjerana* (vell.) Mart., *cedrela fissilis* vell. e *cordia trichotoma* (vell.) Arrab. Ex steud., em floresta nativa no Rio Grande do Sul, RS**. 2007. 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MEYER, E. A. **Densidade de árvores por diâmetro na floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul**. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Instrução Normativa N° 6**, de 23 de setembro de 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/espécies-ameaçadas-de-extinção/flora-ameaçada>, acesso em: 09 ago. 2013.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961, 41p.

NIMER, E. **Clima**. In: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: 1990, p. 151-187.

NYSTRÖM, K.; KEXI, M. Individual tree basal area growth models for young stands of Norway spruce in Sweden. **Forest Ecology and Management**, v. 97, p. 173-185, 1997.

PORTÉ, A.; BARTELINK, H. H. Modeling mixed forest growth: a review of models for forest management. **Ecological Modelling**. v. 150, p. 141–188, 2002.

PRODAN, M. **Holzmesslehre**. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Mai. Satz und Druck: H. G. Gachet & Co., Langen, 1965.

PRODAN, M. et al. **Mensura Forestal 1**. San José, C. R.: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1997, 586 p.

REINEKE, L. H. Perfecting a stand-density-index for even aged forest. **Journal of Agricultural Research**, Beltsville, v. 7, n. 46, p. 627-638, Jan./Dec. 1993.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Itajaí – SC: Sellowia, 1983, 525 p.

RIBEIRO, S. B. **Classificação e ordenação da comunidade arbórea da Floresta Ombrófila Mista da FLONA de São Francisco de Paula, RS**. 2004. 181 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SANQUETTA, C. R. **Perspectivas da recuperação e do manejo sustentável**

das florestas de araucária. Disponível em <http://www.comciencia.br/reportagens/2005/08/09.shtml>. Acesso em: 08 maio 2009.

SANTOS, A. T. dos. **Análise do crescimento e simulação de manejo de um plantio de *Ocotea porosa***. 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SCOLFORO, J. R. S. et al. Modelo de produção para floresta nativa com base para manejo sustentado. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, 1996.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008, 566 p.

SCHNEIDER, P. R. et al. Quociente do diâmetro pela área basal e zonas de competição em povoamento monoclonal de *Eucalyptus saligna*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 755–764, out./dez., 2011.

SCHNEIDER, P. S. P. et al. Avaliação da relação densidade e diâmetro em povoamento de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 481-491, out./dez., 2008.

SELLE, G. L. et al. Dendrogramas de densidade para *Hovenia dulcis* Thunberg na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 477–492, jul./set., 2010.

SHAW, J. D. Reineke's Stand Density Index: Where Are We and Where Do We Go From Here? **Proceeding: Society of American Foresters 2005 National Convention**. October 19 – 23, 2005, Ft. Worth, TX. [published on CD-ROM]: Society of American Foresters, Bethesda, MD.

SPURR, S. H. A measure of point density. **Forest Science**. v. 8, n. 1, p. 85-96, 1962.

STEPKA, T. F. et al. Modelagem do incremento em diâmetro em diâmetro da *Araucaria angustifolia* em uma Floresta Ombrófila Mista no centro-sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 607 – 620, jul./set., 2012.

STERBA, H. **Waldwachstumskunde** – Skriptum zur Lehrveranstaltung 420.020. Institut für Waldwachstumsforschung – BOKU, Wien, 1992, 129 p.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 126p.

TÉO, S. J. et al. Índice de densidade do povoamento para bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba, PR. **Cerne**, v. 14, n. 1, p. 54–61, jan./mar., 2008.

THOMAS, C. **Dendrograma de manejo da densidade para povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm na região central do Rio Grande do Sul**. 2009. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

TONINI, H. Índices de competição e o seu uso na modelagem do crescimento das árvores. **Documentos: Embrapa Roraima**. Boa Vista, RR, n. 8, nov. 2007, 30 p.

TRASOBARES, A.; TOMÉ, M.; MIINA, J. Growth and yield model for *Pinus halepensis* Mill. in Catalonia, north-east Spain. **Forest Ecology and Management**, v. 203, p. 49-62, 2004.

UFSM/SEMA-RS. **Inventário florestal contínuo do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: UFSM/SEMA-RS, 2001. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/ifcrs/>>. Acesso em: 20 out. 2009.

VANCLAY, J. K. Aggregating tree species to develop diameter increment equations for tropical rainforest. **Forest Ecology and Management**. v. 42, p. 143–168, 1991.

VANCLAY, J. K. **Modelling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forest**. Wallingford: CAB INTERNATIONAL, 1994, 312p.

WEST, P.W. Use of diameter increment and basal area increment in tree growth studies. **Can. J. For. Res.** v. 10, p. 71–77, 1980.

WICHMANN, L. Competition models for forest stands: Analysis of data from an unthinned sitka spruce stand. **In: workshop on image analysis and spatial statistics in forestry** on November 2, 1999 at KVL, Frederiksberg, Denmark.

WOODALL, C. W.; MILES, P. D.; VISSAGE, J. S. Determining maximum stand density index in mixed species stands for strategic-scale stocking assessments. **Forest Ecology and Management**. v. 216, p. 367–377, 2005.

ZEIDE, B. Accuracy of equations describing diameter growth. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 19, n. 10, p. 1283 – 1286, 1989.

ZHANG, S.; BURKHART, H. E.; AMATEIS, R. L. Modeling individual tree growth for juvenile loblolly pine plantations. **Ecology and Management**, v. 89, p. 157-172, 1996.

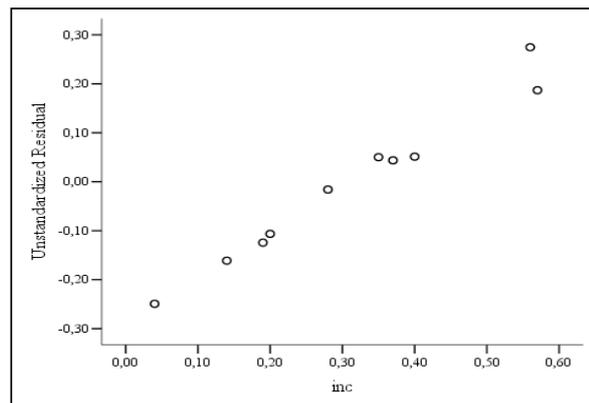
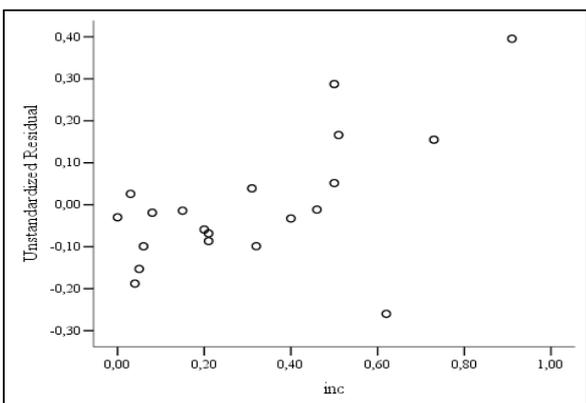
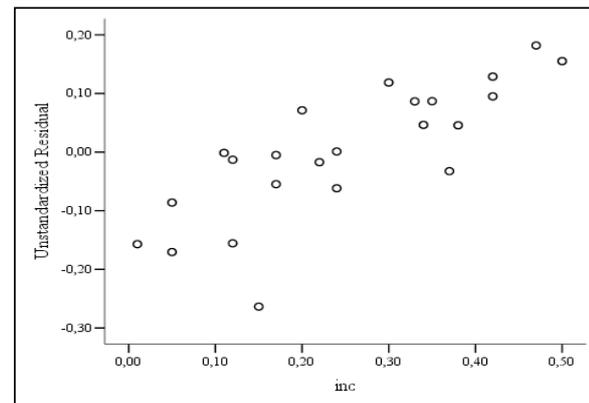
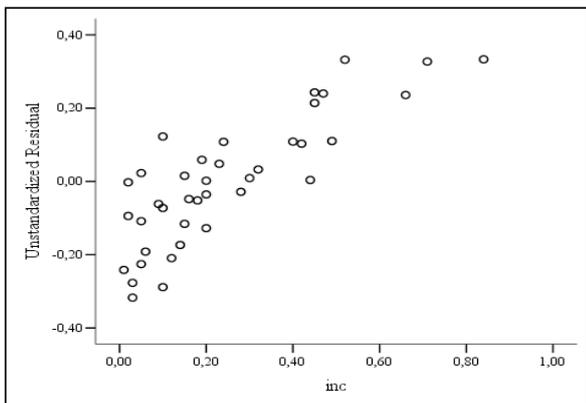
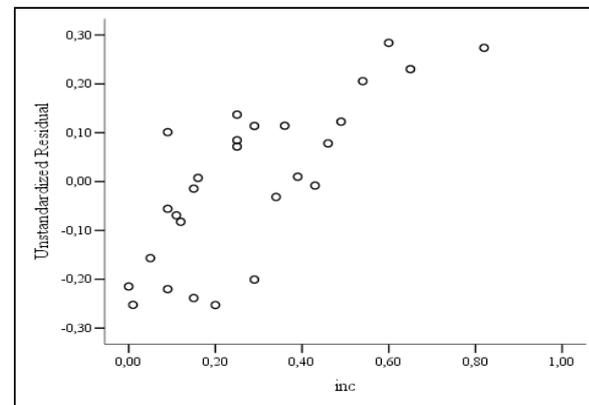
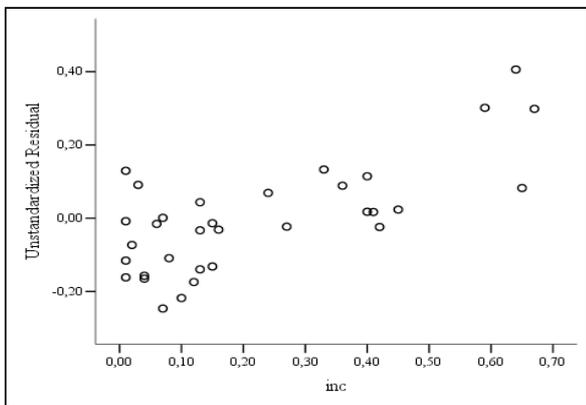
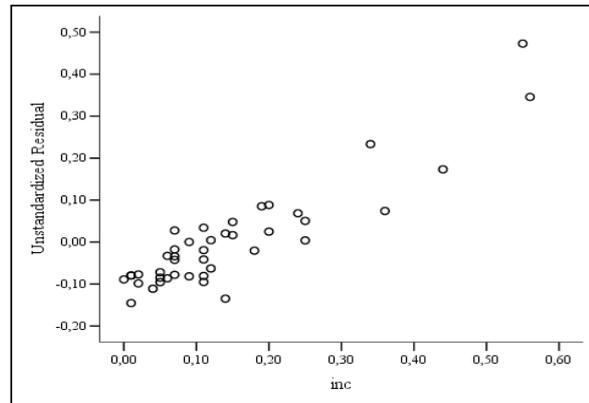
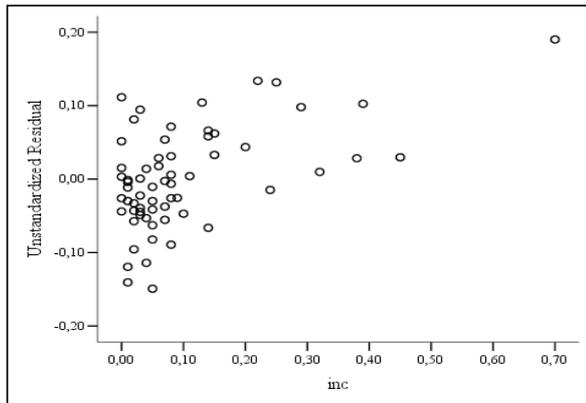
ZHANG, L. et al. A comparison of alternative methods for estimating the self thinning boundary line. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 35, p. 1507-1514, 2005.

ZHAO, D. et al. Modeling neighborhood effects on the growth and survival of individual trees in a natural temperate species-rich forest. **Ecological Modelling**, v. 196, p. 90-102, 2006.

ANEXO A – Modelos de incremento para árvores individuais de *Araucaria angustifolia*.

Classes	Modelo	R ² ajust	Syx%
1	$1,263 + 0,104*h - 1,383*hd - 0,091*dap$	0,697	70,79
2	$0,015*h - 0,002*porcentagem\ de\ araucárias\ concorrentes$	0,599	86,23
3	$0,095*h - 2,257*hd - 0,008*GSpurr$	0,742	69,14
4	$0,057*h - 0,003*porcentagem\ de\ araucárias - 1,750*hd$	0,762	60,51
5	$0,701 - 0,003*porcentagem\ de\ araucárias - 0,007*GSpurr$	0,263	72,97
6	$- 1,624 + 1,883*hd + 0,019*dap$	0,296	47,77
7	$- 0,797 - 0,004*porcentagem\ de\ araucárias + 0,061*h$	0,593	52,15
8	$0,013*h$	0,790	51,94

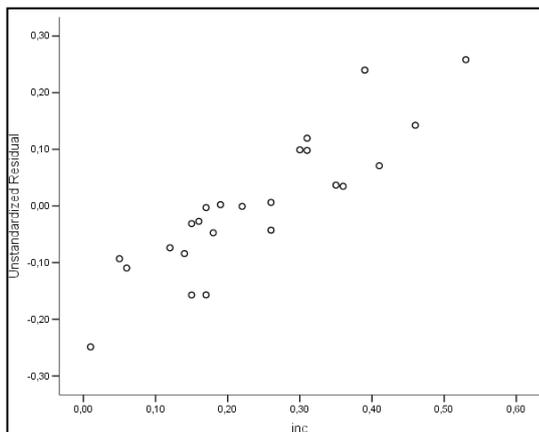
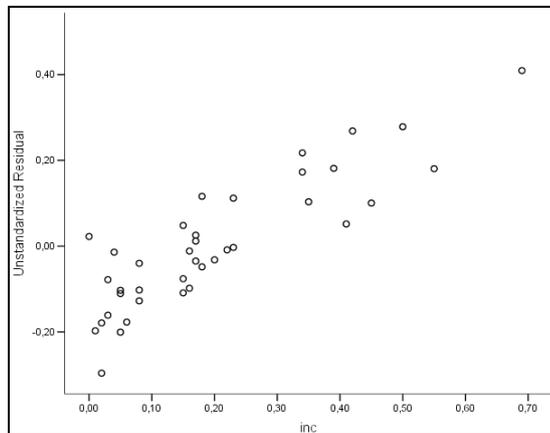
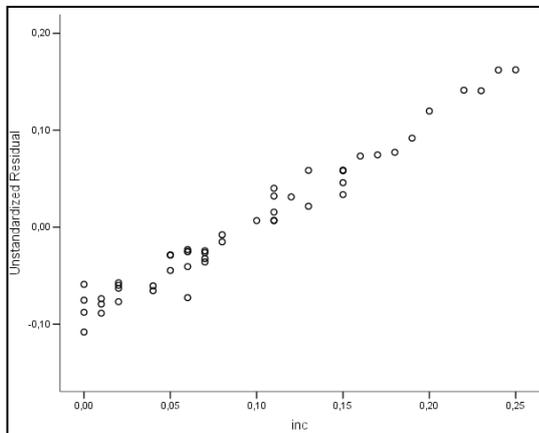
ANEXO B – Resíduos dos modelos de regressão para árvores individuais de *Araucaria angustifolia*.



ANEXO C – Modelos de incremento para árvores individuais de *Blepharocalix salicifolius*.

Classes	Modelo	R ² ajust	Syx%
1	0,083*hd	0,628	76,46
2	0,022*h – 0,005*GSpurr	0,649	77,41
3	0,006*GSpurr	0,802	50,86

ANEXO D – Resíduos dos modelos de regressão para árvores individuais de *Blepharocalix salicifolius*.



ANEXO E – Modelos de incremento para árvores individuais de *Casearia decandra*.

TV	Modelo	R ² ajust	Syx%
1	0,006*GBitterlich	0,846	42,16
2	0,222 – 0,004*GBitterlich + 0,082*hd	0,151	59,79
3	0,007*dap	0,585	82,76

ANEXO F – Resíduos dos modelos de regressão para árvores individuais de *Casearia decandra*.

