

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

David Fagner de Souza e Lira

**CRESCIMENTO DE *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong
EM FORMAÇÕES FLORESTAIS SECUNDÁRIAS EM SANTA MARIA,
RS**

Santa Maria, RS
2016

David Fagner de Souza e Lira

**CRESCIMENTO DE *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong
EM FORMAÇÕES FLORESTAIS SECUNDÁRIAS EM SANTA MARIA,
RS**

Tese apresentada ao Curso 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: Prof. Dr. Frederico Dimas Fleig

Santa Maria, RS
2016

David Fagner de Souza e Lira

**CRESCIMENTO DE *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong
EM FORMAÇÕES FLORESTAIS SECUNDÁRIAS EM SANTA MARIA,
RS**

Tese apresentada ao Curso 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**

Aprovado em 26 de fevereiro de 2016:

Frederico Dimas Fleig, Dr.
(Presidente/Orientador)

Luiz Carlos Marangon, Dr. (UFRPE)

Hélio Tonini, Dr. (EMBRAPA)

Magda Lea Bolzan Zanon, Dr^a. (UFSM)

Ivanor Müller, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2016

DEDICATÓRIA

Ao meu avô José Alvez de Souza que mesmo não estando entre nós, faz-se necessário agradecer o exemplo de conduta e integridade, tanto pessoal quanto profissional a mim repassado.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pois a ele toda honra e toda glória.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal.

Ao meu orientador, Prof. Frederico D. Fleig, pela paciência, atenção, dedicação e sugestões feitas durante a orientação.

À minha família, em especial aos meus pais e minhas tias Sandra (*in memoriam*) e Zuleick, pelo incentivo, amor, carinho e compreensão.

À Cibele Bessoni pela cumplicidade, paciência, incentivo e amor.

Ao Sr. Gilvan e Dona Julia pela confiança e incentivo.

Aos meus amigos Gabriel, Régis, Emanuel A., Thomas, Junior, Emanuel C., Anna e Rafael pela grande amizade, acolhimento e ajuda em todas as etapas necessárias para conclusão deste trabalho.

A todos que fazem parte do Laboratório de Manejo Florestal da Universidade Federal de Santa Maria e que contribuíram de maneira direta ou indiretamente para a conclusão desta pesquisa.

Muito obrigado!

RESUMO

CRESCIMENTO DE *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong EM FORMAÇÕES FLORESTAIS SECUNDÁRIAS EM SANTA MARIA, RS

AUTOR: David Fagner de Souza e Lira

ORIENTADOR: Frederico Dimas Fleig

Data e local de defesa: Santa Maria, 26 de fevereiro de 2016.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência das variáveis dendrométricas, morfométricas e qualitativas no incremento periódico anual em área basal de árvores livres e sob competição de *Enterolobium contortisiliquum*. (Vell.) Morong. com vistas à tomada de decisões sobre o manejo da espécie. O estudo foi realizado na região Central do estado do Rio Grande do Sul, na cidade de Santa Maria. Os indivíduos foram mensurados e coletadas as variáveis dendrométricas, morfométricas e qualitativas. Os dados de incremento dos últimos 5 anos foram obtidos pela análise de rolos de incremento, coletados com a utilização do trado de Pressler. Para a determinação da densidade entre as árvores na floresta, foi calculada a área basal no ponto de amostragem por hectare baseado na metodologia de Bitterlich. A timbaúva difere entre as condições em suas variáveis dendrométricas e morfométricas, porém indivíduos sob competição variam mais entre si que os indivíduos livres de competição. A altura do fuste nos indivíduos livres de competição e as variáveis Índice de abrangência e formal de copa nos indivíduos sob competição não sofrem variação com o aumento dos valores de DAP. A forma da copa dos indivíduos livres de competição varia de perfeita a tolerável, a copa perfeita é verificada em sua maioria nos indivíduos acima dos 40 cm de DAP. Nos indivíduos sob competição existe uma variação de formas de copa, sendo atribuído para a maioria dos indivíduos a classificação de forma da copa boa. A densidade de copa dos indivíduos livres e sob competição é menor nos indivíduos abaixo dos 40 cm de DAP. Os indivíduos sob competição possuem características de dossel, sendo classificados quanto a sua posição sociológica em dominantes e codominantes. Quanto melhor for a forma e a densidade da copa, maior for a inclinação do terreno e a classificação da posição sociológica nos indivíduos sob competição maior será a altura do fuste. O diâmetro de copa dos indivíduos é estimado em função do diâmetro a altura do peito pelo modelo linear simples $DC = -b_0 + b_1 \cdot \sqrt{dap}$ para ambas condições. A altura do fuste dos indivíduos livres de competição possui um comportamento de crescimento definido por média de 2,20 m aproximadamente, sendo característico da espécie bifurcar-se próximo à base na ausência de competição. Nos indivíduos sob competição a altura do fuste pode ser explicada em função do diâmetro a altura do peito pela equação $HF = b_1 \cdot \sqrt{dap}$. Sob competição, a altura total sofre influência da densidade do povoamento diferindo em nível para as condições existindo a necessidade do uso de modelos distintos, sendo estimada pela equação $HT = b_1 \cdot \sqrt{dap} + b_2 \cdot G_{(bit)}$ e para os indivíduos livres de competição pela equação $HT = b_1 \cdot \sqrt{dap}$. O crescimento em área basal da *E. contortisiliquum* pode ser estimado pela análise dos anéis de crescimento tronco e existem diferenças no crescimento entre as duas condições. O IPAg dos indivíduos livres de competição é explicado em função do DAP e nos indivíduos sob competição é explicado em função do DAP e acréscimo da variável qualitativa proximidade da água.

Palavras-chave: Morfometria. Incremento. Árvore individual.

ABSTRACT

GROWTH OF *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong IN SECONDARY FOREST FORMATIONS IN SANTA MARIA, RS

AUTHOR: DAVID FAGNER DE SOUZA E LIRA

ADVISOR: Dr. FREDERICO DIMAS FLEIG

Date and place of defense: Santa Maria, February 26, 2016.

This study aimed to evaluate the influence of dendrometric, morphometric and qualitative variables in the annual periodic increment in basal area free of trees and under competition *Enterolobium contortisiliquum*. (Vell.) Morong. with a view to making decisions about the management of the species. The study was conducted in the state's central region of Rio Grande do Sul, in the city of Santa Maria. Subjects were measured and collected the dendrometric, morphometric and qualitative variables. Step data of the last 5 years were obtained by analysis of growth roller collected using the auger Pressler. To determine the density of the trees in the forest, it was calculated basal area in hectare per sampling point based on Bitterlich methodology. The timbaúva differs between the conditions in their dendrometric and morphometric variables, but individuals under competition vary more among themselves than free individuals of competition. The height of the bole in individuals free competition and the variables scope Index and formal canopy in individuals under competition does not suffer variation with increasing DAP values. The shape of the crown of free competition individuals ranges from tolerable perfect, the perfect cup is seen mostly in people over 40 cm DAP. In people under competition exists a variation of forms of canopy are assigned to most individuals as classification of good cup. The crown density of free individuals and under competition is lower in individuals under 40 cm DAP. Individuals under competition have canopy characteristics, being classified as to their sociological position in dominant and codominant. The better the shape and density of the canopy greater the slope of the land and the classification of sociological position in individuals at greater competition will be the height of the shaft. The crown diameter of individuals is estimated as a function of diameter breast height by simple linear model $DC = -b_0 + b_1 * \sqrt{dap}$ for both conditions. The height of the bole of free individuals of competition has a growth behavior defined by average of 2.20 m approximately, being characteristic of the species forking near the base in the absence of competition. In individuals under competition the stem height can be explained in terms of diameter at breast height the equation $HF=b_1*\sqrt{dap}$. Under competition, the total height is influenced by the density of the population differing in level to the conditions existing the need for using separate models, estimated by the equation $HT=b_1*\sqrt{dap}+b_2*G(bit)$ and the free individuals competition for equation $HT=b_1*\sqrt{dap}$. The growth in basal area of *E. contortisiliquum* can be estimated by analysis of stem growth rings and there are differences in growth between the two conditions. The IPAG the competition of free individuals is explained due to the DAP and individuals under competition is explained in terms of DAP and increase the qualitative proximity of water variable.

Keywords: Morphometry. Increase. individual tree.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Coleta de dados, município de Santa Maria – RS.	29
Figura 2 – Representação gráfica bivariada de dispersão dos dados para as variáveis dendrométricas dos indivíduos livres de competição (A) e sob competição (B) de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.....	50
Figura 3 – Representação gráfica bivariada de dispersão dos dados para as variáveis morfométricas dos indivíduos livres de competição (A) e sob competição (B) de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.....	52
Figura 4 – Distribuição dos valores observados da relação entre o diâmetro a altura do peito (cm) e a forma da copa nos indivíduos livres de competição e sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.....	56
Figura 5 – Distribuição dos valores observados da relação entre o diâmetro a altura do peito (cm) e a densidade da copa nos indivíduos livres de competição e sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.....	58
Figura 6 – Distribuição dos valores observados da relação entre o diâmetro a altura do peito (cm) e a posição sociológica nos indivíduos sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.....	59
Figura 7 – Distribuição dos valores observados da relação entre a altura do fuste (m) e a forma da copa nos indivíduos sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.	60
Figura 8 – Distribuição dos valores observados da relação entre a altura do fuste (m) e a inclinação do terreno nos indivíduos sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.	61
Figura 9 – Distribuição dos valores observados da relação entre a altura do fuste (m) e a densidade de copa nos indivíduos sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.	62
Figura 10 – Distribuição dos valores observados da relação entre a altura do fuste (m) e a densidade de copa nos indivíduos sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.	63
Figura 11 – Distribuição dos valores observados da relação entre o diâmetro de copa e o diâmetro à altura do peito e estimados pela \sqrt{DAP} dos indivíduos de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.....	66
Figura 12 – Teste Tukey-Kramer para a altura do fuste dos indivíduos livres e sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria – RS.....	68
Figura 13 – Valores observados da relação entre a altura do fuste e o diâmetro à altura do peito e estimados pelo modelo $HF = b_1 \cdot \sqrt{DAP}$ dos indivíduos sob	

	competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria, RS.	70
Figura 14	– Valores observados da relação entre a altura total e o diâmetro à altura do peito e estimados em função da variável \sqrt{DAP} para os indivíduos livres e sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria, RS.	72
Figura 15	– Distribuição dos valores observados da relação entre a altura total e o diâmetro à altura do peito e estimados em função da variável \sqrt{DAP} para os indivíduos livres de competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria, RS.	74
Figura 16	– Distribuição dos valores observados da relação entre a altura total e o diâmetro à altura do peito e estimados em função do modelo $HT = b_1 \cdot \sqrt{DAP} + b_2 \cdot G_{(bit)}$ para os indivíduos livres competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados no Município de Santa Maria, RS.	76
Figura 17	– Checagem dos valores observados do crescimento periódico em área basal médio após dois anos de medição em função do diâmetro à altura do peito para 21 indivíduos de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria, RS.	78
Figura 18	– Teste de Tukey-Kramer para as médias observadas do crescimento periódico em área basal para os indivíduos isolados e sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.	79
Figura 19	– Distribuição dos valores observados da relação entre o crescimento periódico em área basal e o diâmetro à altura do peito estimados em função do modelo $LN(IPAg) = b_0 + b_1 \cdot 1/DAP + b_2 \cdot DAP^2$ para os indivíduos livres competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.	81
Figura 20	– Detecção dos pontos influentes nos dados observados de crescimento periódico em área basal dos indivíduos sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.	83
Figura 21	– Distribuição dos valores observados da relação entre o crescimento periódico em área basal e o diâmetro à altura do peito estimados em função do modelo $IPAg = b_0 + b_1 \cdot \sqrt{DAP} + b_2 \cdot P.água$ para os indivíduos sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.	85
Figura 22	– Distribuição dos valores observados da relação entre o crescimento periódico em área basal e o diâmetro à altura do peito estimados em função do modelo $IPAg = b_0 + b_1 \cdot \sqrt{DAP} + b_2 \cdot (P.água \cdot \sqrt{DAP})$ para os indivíduos sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria – RS.	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis dendrométricas e do diâmetro de copa dos indivíduos livres da espécie <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong no Município de Santa Maria - RS.....	44
Tabela 2 – Variáveis dendrométricas e do diâmetro de copa dos indivíduos sob competição da espécie <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong no Município de Santa Maria - RS.....	45
Tabela 3 – Variáveis morfométricas dos indivíduos livres de competição da espécie <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong no Município de Santa Maria - RS.	47
Tabela 4 – Variáveis morfométricas dos indivíduos sob competição da espécie <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong no Município de Santa Maria - RS.	48
Tabela 5 – Matriz de correlação de Pearson para as variáveis dendrométricas dos indivíduos analisados de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong, no Município de Santa Maria - RS.....	51
Tabela 6 – Matriz de correlação de Pearson para as variáveis morfométricas dos indivíduos livres de competição (A) e sob competição (B) analisados de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong, no Município de Santa Maria - RS.	53
Tabela 7 – Matriz de correlação de Spearman para as variáveis qualitativas dos indivíduos analisados de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong, (A) isolados e (B) sob competição, no Município de Santa Maria - RS.....	54
Tabela 8 – Coeficientes e Parâmetros estatísticos do modelo de diâmetro de copa dos indivíduos analisados de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.....	64
Tabela 9 – Análise de covariância do modelo $DC = b_0 + b_1 \cdot \sqrt{DAP}$ para verificar diferença de nível e inclinação entre os indivíduos de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.), em diferentes condições (sob competição e livres), no Município de Santa Maria - RS.....	65
Tabela 10 – Coeficientes e Parâmetros estatísticos do modelo de altura do fuste dos indivíduos analisados sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.	69
Tabela 11 – Coeficientes e Parâmetros estatísticos do modelo de altura total livres e sob competição dos indivíduos analisados de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.	71
Tabela 12 – Análise de covariância do modelo $HT = b_1 \cdot \sqrt{DAP}$ para verificar diferença de nível e inclinação entre os indivíduos de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.), em diferentes condições (sob competição e livres), no Município de Santa Maria - RS.....	71
Tabela 13 – Coeficientes e Parâmetros estatísticos do modelo de altura total dos indivíduos livres de competição analisados de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.	73
Tabela 14 – Coeficientes e Parâmetros estatísticos do modelo de altura total dos indivíduos sob competição analisados de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.	75
Tabela 15 – Coeficientes e Parâmetros estatísticos do modelo de crescimento periódico em área basal dos indivíduos livres de competição analisados	

de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.	80
Tabela 16 – Coeficientes e Parâmetros estatísticos do modelo de crescimento periódico em área basal dos indivíduos sob competição analisados de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.	84
Tabela 17 – Análise de covariância do IPAg em função do DAP para verificar diferença de nível e inclinação em relação a proximidade da água entre os indivíduos sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.....	87
Tabela 18 – Análise de variância e resumo estatístico para verificação de significância dos parâmetros do modelo de IPAg em função do DAP com variável qualitativa proximidade da água entre os indivíduos sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.), no Município de Santa Maria, RS.	88
Tabela 19 – Análise de variância e resumo estatístico dos parâmetros do modelo final de IPAg em função do DAP com variável qualitativa proximidade da água entre os indivíduos sob competição de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.), no Município de Santa Maria, RS.	89

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	18
1.1.1	Objetivo geral.....	18
1.1.2	Objetivos específicos.....	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	CRESCIMENTO	19
2.2	ANÉIS DE CRESCIMENTO	23
2.3	DENSIDADE.....	25
2.4	A ESPÉCIE.....	27
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1	ÁREA DE ESTUDO	29
3.2	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	30
3.3	VARIÁVEIS QUALITATIVAS	30
3.4	VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS.....	32
3.5	ÍNDICES DE MORFOMETRIA	33
3.5.1	Comprimento da copa.....	33
3.5.2	Diâmetro da copa.....	33
3.5.3	Proporção de copa	33
3.5.4	Formal de copa	34
3.5.5	Grau de esbeltez ou relação H/D	34
3.5.6	Índice de abrangência	34
3.5.7	Índice de saliência	35
3.6	DENSIDADE.....	35
3.7	ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON	36
3.8	CORRELAÇÃO RANQUEADA DE SPEARMAN	37
3.9	MODELAGEM DAS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E MORFOMÉTRICAS	38
3.10	ANÁLISE DE COVARIÂNCIA.....	38
3.11	CRESCIMENTO PERIÓDICO ANUAL EM ÁREA BASAL.....	38
3.12	CRITÉRIO DE SELEÇÃO DAS EQUAÇÕES	39
3.12.1	Coeficiente de determinação ajustado	40
3.12.2	Erro padrão da estimativa em porcentagem (%).....	40
3.12.3	Distribuição de resíduos	40
3.12.4	Condicionantes da regressão	41

3.13	CHECAGEM DA ESTIMATIVA DO CRESCIMENTO PERIÓDICO EM ÁREA BASAL	41
3.14	MODELAGEM E AVALIAÇÃO DO MODELO DE INCREMENTO PERIÓDICO EM ÁREA BASAL	41
4	RESULTADOS	43
4.1	VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E MORFOMÉTRICAS.....	43
4.1.1	Descrição das variáveis dendrométricas e do diâmetro de copa	43
4.1.2	Descrição das variáveis morfométricas	46
4.1.3	Correlação de Pearson para as variáveis dendrométricas e diâmetro de copa	49
4.1.4	Correlação de Pearson para as variáveis morfométricas	51
4.1.5	Correlação de Spearman para as variáveis qualitativas	53
4.1.6	Descrição das variáveis qualitativas correlacionadas com as variáveis dendrométricas (DAP e HF)	55
4.1.6.1	<i>Relação entre DAP e forma da copa para os indivíduos livres de competição e sob competição.....</i>	<i>55</i>
4.1.6.2	<i>Relação entre o DAP e densidade da copa para os indivíduos livres de competição e sob competição</i>	<i>57</i>
4.1.6.3	<i>Relação entre o diâmetro a altura do peito e a posição sociológica para os indivíduos sob competição</i>	<i>59</i>
4.1.6.4	<i>Relação entre altura do fuste e a forma da copa para os indivíduos sob competição</i>	<i>60</i>
4.1.6.5	<i>Relação entre altura do fuste e a inclinação do terreno para os indivíduos sob competição</i>	<i>61</i>
4.1.6.6	<i>Relação entre altura do fuste e a densidade de copa para os indivíduos sob competição</i>	<i>62</i>
4.1.6.7	<i>Relação entre altura do fuste e a posição sociológica para os indivíduos sob competição</i>	<i>63</i>
4.2	MODELAGEM DAS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E DO DIÂMETRO DE COPA	64
4.2.1	Modelagem do diâmetro de copa (DC)	64
4.2.2	Modelagem da altura do fuste (HF)	67
4.2.2.1	<i>Modelagem da altura do fuste dos indivíduos sob competição</i>	<i>68</i>
4.2.3	Modelagem da altura total (HT)	70
4.2.3.1	<i>Modelagem da altura total (HT) para indivíduos livres de competição</i>	<i>73</i>
4.2.3.2	<i>Modelagem altura total (HT) sob competição</i>	<i>75</i>
4.3	MODELAGEM DO CRESCIMENTO EM ÁREA BASAL	77
4.3.1	Checagem da estimativa do crescimento periódico em área basal.....	77
4.3.2	Teste de Tukey-Kramer para as médias dos incrementos periódicos anuais em área basal.....	78

4.3.3	Modelagem do crescimento periódico em área basal dos indivíduos livres de competição	80
4.3.4	Modelagem do crescimento periódico em área basal dos indivíduos Sob de competição.....	82
5.	CONCLUSÕES	91
	REFERÊNCIAS.....	93

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores mundiais de produtos de origem florestal, sobretudo as regiões sul e sudeste representadas pelos estados de Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul detém a maior parte do mercado (BRASIL, 2006).

Por outro lado, existem inúmeras preocupações relacionadas a implantação de florestas comerciais como: Qual(ais) espécie(s) deve(em) ser plantada(s), quais são os custos e o retorno esperado visando um melhor aproveitamento dos recursos florestais disponíveis, tornando a busca pelo conhecimento e forma de exploração de florestas nativas, inequívocas, crescente a cada dia.

O fato é que há uma globalização econômica e a competitividade entre empresas do mesmo setor ocasiona a redução dos custos de produção e devido ao crescimento populacional, o aumento da demanda de produtos e serviços gera impactos físicos e biológicos negativos, fazendo-se necessário o desenvolvimento técnicas sustentáveis para que desta forma haja resultados viáveis e uma melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações.

Uma saída para os problemas do setor florestal no Brasil frente a competitividade é o estudo de árvores nativas, pois ocorrem de forma natural e adaptadas ao clima, devendo-se identificar suas características dendrométricas e morfométricas individuais por espécie, em exemplares jovens e adultos para que se tenha uma maior amplitude de informações e abrangendo todas as possíveis dimensões, levando em conta o sítio, localização e gerando prospecção do crescimento pela criação de modelos para a espécie analisada, promovendo desta forma, uma estimativa da produção da população alvo com a hipótese de exequibilidade do manejo em povoamentos florestais não homogêneos.

O uso de espécies nativas para fins comerciais ainda pouco difundido, se dá pelo fato que os estudos relacionados ao crescimento de espécies de forma individual e que contribuem para o entendimento específico são escassos, temos por regra buscar o entendimento do crescimento das espécies nativas através de estudos que tem como base a floresta e todos os indivíduos constituintes, que competem entre si na busca pelo espaço, fatores bióticos e abióticos.

Porém, ao analisarmos individualmente cada espécie em meio a floresta e acrescentarmos a estes estudos indivíduos que não estão competindo entre si, livres, que dependem tão somente da capacidade do sítio e das influências climáticas para o seu crescimento, podemos ter uma estimativa do potencial produtivo, fazer comparações entre as condições com ausência de competição e em meio a floresta e assim ter informações para subsidiar a tomada de decisão quanto ao manejo de determinadas espécies.

Com o conhecimento prévio da problemática, foi escolhida a espécie *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong por sua plasticidade na forma de ocorrências geográficas registradas no Brasil, por não ter exigências edafoclimáticas extremas, pelo seu potencial valor econômico e por suas características morfométricas, possibilitando assim o conhecimento do seu desenvolvimento para que enfim, tal espécie, possua informações que norteiem sua utilização com o intuito de manejo e conseqüente produção.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a influência das variáveis dendrométricas, morfométricas e qualitativas no incremento periódico anual em área basal de árvores livres e sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. com vistas à tomada de decisões sobre o manejo da espécie.

1.1.2 Objetivos específicos

Avaliar e relacionar as características dendrométricas, morfométricas e qualitativas com o crescimento das árvores;

Ajustar um modelo matemático para estimar a altura total, altura do fuste e diâmetro de copa para indivíduos livres e sob competição da espécie, utilizando uma variável de fácil obtenção;

Quantificar e comparar o incremento das árvores livres e sob competição e relacionar com suas variáveis dimensionais;

Desenvolver modelos matemáticos para descrever o incremento periódico anual em área basal em função da seleção de variáveis morfométricas, dendrométricas e de qualidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CRESCIMENTO

O estudo do crescimento de indivíduos florestais inicia-se com a coleta de informações relacionadas com o diâmetro e a altura em um povoamento, contidas em um sistema de inventário ou a partir de um banco de dados (SOARES et al., 2011).

Por sua vez, determinar os fatores que influenciam o crescimento refletidos na variação do tamanho e forma da árvore permite definir estratégias adequadas para o planejamento sustentável dos recursos florestais (COSTA et al., 2015).

Finger (1992), define o crescimento como resultado da atividade meristemática e tem como resultado visível o crescimento em altura e o engrossamento em diâmetro do tronco, galhos e raízes, alterando assim, o peso, o volume e a forma das árvores.

De acordo com Vanclay (1994) e Prodan et al. (1997), o crescimento é o aumento de dimensões de um ou mais indivíduos em uma floresta, num determinado período de tempo, o qual está influenciado pelas características da espécie interagindo com o ambiente.

Dias Filho (1997) descreve que o crescimento de algumas espécies em ambientes com diferentes disponibilidades luminosas, está estreitamente relacionado à capacidade de ajustar, eficaz e rapidamente, seu comportamento fisiológico para maximizar a aquisição de recursos neste ambiente.

Segundo Spiecker (1981), o crescimento é resultado das interações entre a constituição genética das árvores e as características como clima, solo, manejo, etc. Para Pooter & Bongers (1993), a disponibilidade dos recursos ambientais, do espaço físico, das características edáficas, topográficas e de fatores de competição, como a influência de outras espécies, tamanho e constituição genética da árvore, bem como de sua história de desenvolvimento, afetam intrinsecamente no crescimento dos indivíduos arbóreos e independe da espécie.

A radiação solar, por ser fonte primária de energia relacionada à fotossíntese, exerce grande influência no desenvolvimento inicial das plantas, assim como para os mecanismos de regeneração e crescimento de florestas (ENGEL; POGGIANI, 1990).

Em geral, indivíduos cultivados sob elevados níveis de radiação solar possuem características morfofisiológicas em comum, quando comparadas com os indivíduos cultivados sob sombra: possuindo menor área foliar, aumento da espessura foliar e

menor área foliar específica, maior alocação de biomassa para as raízes, maiores teores de clorofila por área foliar, maiores razões entre clorofilas “a” e “b” e maior densidade estomática (GIVINISH, 1988).

São várias as características que constituem parâmetros para avaliar as respostas de crescimento dos indivíduos à intensidade luminosa. Dentre essas, a de uso mais frequente é a altura, visto que a capacidade em crescer rapidamente quando sombreado é um mecanismo de adaptação das plantas, compreendendo uma valiosa estratégia para escapar do sombreamento (MORAES NETO et al., 2000). Existindo assim, uma gama de respostas oriundas da vegetação em relação à quantidade de luz a qual estão expostas (SCALON; ALVARENGA, 1993), e desta forma contribuindo, para inferir sobre o grau de tolerância ou de intolerância das espécies à disponibilidade de luz (SCALON et al., 2002).

O crescimento em povoamentos onde ocorre mistura de espécies, pode ter diferentes ritmos, dependendo das espécies participantes da mistura. Este ritmo natural sofre variações com a idade, com o tipo de mistura e o método de ordenamento dos desbastes. Espécies com diferentes exigências de luz em povoamentos inequívocos mistos podem produzir acréscimos em incrementos, e serem mais eficientes na assimilação do que em povoamentos puros (ASSMANN, 1970).

Nas florestas, a queda de uma ou mais árvores senescentes corrobora para a possível abertura do dossel (CONNEL; SLAYTER, 1977; POGGIANI et al., 1992) ou possíveis distúrbios, como a formação de clareiras. Essas condições privilegiam as espécies que conseguem se desenvolver em locais com alta intensidade luminosa. Por outro lado, algumas espécies vegetais têm o seu desenvolvimento em condições de sombreamento, de acordo com sua classificação sucessional. Seu crescimento acontece nos sub-bosques das florestas, por possuírem mecanismos fotossintéticos mais adaptados a tais circunstâncias (CONNEL; SLAYTER, 1977; POGGIANI et al., 1992).

Com o crescimento das árvores, a competição aumenta e a disponibilidade por luz, nutrientes e água diminui para cada árvore individualmente, os galhos inferiores morrem e, apesar de haver diminuição do crescimento individual das árvores, o estoque em volume continua a aumentar e o crescimento radial do tronco é reduzido nas partes mais baixas (KRAMER; KOZLOWSKI, 1972). Em florestas naturais a interferência humana pode exercer melhorias nas condições de crescimento, porém o uso de determinadas práticas passa a inviabilizar financeiramente o manejo.

O resultado de tais inferências é uma forma mais cilíndrica e, desta forma, a prática da desrama torna-se uma atividade de manejo de crucial importância, pois elimina os galhos vivos e mortos das árvores, promovendo assim a modelagem do crescimento das árvores e o raio de competição entre elas proporcionando maior quantidade de madeira desprovida de nó e, conseqüentemente, de melhor qualidade e maior valor comercial (GIBSON et al., 2001).

O crescimento das árvores depende de vários fatores, dentre eles: o genótipo; também é influenciada pelo sítio, ou seja, quanto mais inclinada a curva de produção em altura, maiores serão os valores de incremento corrente anual – ICA e mais cedo estes ocorrerão; outro fator que influencia o crescimento é o espaçamento, o máximo ICA ocorrerá mais cedo em espaçamentos menores; a posição do povoamento também deve ser analisado, se a planta está sombreada a culminação do ICA será mais tardia (SCOLFORO, 1998).

Conhecer como os indivíduos arbóreos se desenvolvem e suas dimensões nos dá possibilidade de compreender o quanto de espaço é necessário, em que estrato do povoamento estes indivíduos irão estar nas fases do seu desenvolvimento e assim fazer inferências sobre o manejo da espécie.

Diversas são as performances do crescimento em diâmetro, altura, área basal e volume na vida dos indivíduos arbóreos. Nos trópicos, os estudos de crescimento ainda são limitados, muitas vezes porque as árvores nem sempre apresentam anéis de crescimento visíveis e contínuos. Neste caso, tanto para as florestas plantadas como para as florestas nativas, o crescimento das árvores e da floresta como um todo é obtido por meio de medições sucessivas em parcelas permanentes (IMAÑA-ENCINAS et al. 2005).

Milani et al. (2013), relata que para se recomendar o plantio de uma determinada espécie florestal torna-se necessário o conhecimento de suas características, o seu ritmo de crescimento na região de ocorrência, de forma abrangente e levando em consideração que tais informações, ainda hoje, são escassas no Brasil.

Schneider (1993), descreve que as estimativas de crescimento de uma muda até uma árvore são essenciais para o planejamento de um empreendimento florestal, uma vez que várias decisões dependem diretamente dessas estimativas, como a determinação da quantidade de terra necessária para suportar certo nível de produção

presente ou desejado, a quantidade de madeira que pode ser cortada anualmente, as espécies e tipos de produtos que estão ou se tornarão disponíveis no futuro.

Assim, crescimento pode ser definido com o resultado das inter-relações de inúmeros fatores ambientais e da capacidade produtiva do vegetal, definida pela carga genética, sendo o nível de produtividade variável e dependente da espécie, idade, e qualidade do habitat. A relação do crescimento em função do tempo descreve curvas com formas características, que podem ser determinadas por funções matemáticas, onde os fatores ambientais e genéticos são considerados constantes (FINGER, 1992).

A árvore é parte de interesse central na formação de uma floresta. O seu desenvolvimento é possível devido a um determinado potencial genético e é produto do ambiente de crescimento (ANDRAE, 1978).

Diversas são as maneiras de representar o crescimento de uma árvore. Dentre elas, o incremento corrente anual (ICA), o incremento médio anual (IMA), o incremento periódico anual (IPA) (FINGER, 1992).

Uma das maneiras de se obter conhecimento sobre o crescimento das espécies é utilizando modelos de crescimento, os quais possibilitam a previsão de produção em tempos futuros, partindo-se das condições atuais (CHASSOT et al., 2011).

Segundo Husch et al. (1993) o crescimento das plantas possui, em via de regra, uma forma comum, começando no ponto zero com um crescimento lento a um ponto de inflexão, depois a curva diminui a ascendência e, aproxima-se assintoticamente do valor final. No setor florestal, isto significa que o crescimento do conjunto, altura, diâmetro, volume das árvores e do povoamento, podem ser descritos com o mesmo tipo de curva (SCHNEIDER, 1993).

A modelagem de crescimento de florestas puras e equiâneas pode ser encontrada em diversas literaturas, especialmente para florestas plantadas. Esses modelos, entretanto, não são perfeitamente apropriados para florestas mistas e inequiâneas, como as florestas nativas do Rio Grande do Sul.

O intuito de manejar árvores de forma individual é fornecer condições ideais de crescimento, procurando maximizar o seu incremento. Essas condições podem ser avaliadas pela morfometria das árvores, com reflexo nas condições de espaço vital e de competição, variáveis que possibilitam fazer interferência na dinâmica da floresta (COSTA et al., 2015).

2.2 ANÉIS DE CRESCIMENTO

A existência dos anéis de crescimento foi observada há muito tempo, sendo que os primeiros relatos foram feitos na Grécia antiga. Já no século XVI, Leonardo da Vinci reconheceu a relação entre os anéis de crescimento e o clima em árvores de *Pinus* da região de Toscana (Itália). Ele relatou que “os anéis de crescimento permitem estimar o número de anos e, em função de sua espessura, indicar os anos mais e os menos secos” (CORONA, 1986).

Em outras palavras, os anéis de crescimento representam, comumente, o incremento anual de uma árvore, onde a cada ano um novo anel é acrescentado ao fuste, sendo denominados de anéis anuais, os quais são destacados pelo conjunto do lenho inicial (lenho primaveril), com células de paredes finas e lumens grandes, e lenho tardio (lenho outonal ou estival) com células de paredes mais espessas e, conseqüentemente, lumens menores (BURGER e RICHTER, 1991).

Costa (2001) relata que em um anel de crescimento típico distinguem-se normalmente em duas partes: o lenho inicial ou lenho primaveril e o lenho tardio ou lenho outonal. O lenho inicial caracteriza-se por ser produzido quando a atividade fisiológica da planta está em pleno vigor, e, conseqüentemente, a atividade cambial, gerando madeira de coloração mais clara. O lenho tardio, caracterizado por ser produzido em períodos de baixa atividade fisiológica ou dormência, possui coloração de tonalidade mais escura.

No entanto, embora a idade tenha expressão, não é conhecida ou muitas vezes é de difícil determinação devido à ausência de anéis anuais de crescimento em algumas espécies ou anéis falsos, sendo, assim, substituída pela dimensão das árvores. A estrutura e a densidade do povoamento influenciam na quantidade de luz que entra na floresta e, assim, conseqüentemente, no crescimento árvores (STERBA, 1992).

A ocorrência de falsos anéis pode acontecer, na maioria das vezes, devido a períodos sucessivos de secas e chuvas, ataque de insetos, doenças, geadas e outros fatores, ou seja, ocorrem quando existe a interferência dos fatores bióticos ou abióticos de forma corriqueira resultando em mais de um crescimento no mesmo ano (IMAÑA-ENCINAS, et al., 2005).

Anéis de crescimento podem ser aparentemente distintos quando observados macroscopicamente, mas têm limites indistintos quando observados à luz da

microscopia. Limites indistintos dos anéis de crescimento são muito comuns nas árvores tropicais (IAWA,1989).

A alteração das variáveis ambientais se reflete no crescimento das árvores e na largura dos anéis de crescimento, que podem ser mais largos ou estreitos dependendo das influências destas no crescimento (ZANON, 2007).

De acordo com Tomazello Filho et al. (2002) as árvores mostram uma reação às variáveis ambientais que afetam seus inúmeros processos fisiológicos, tais como respiração, fluxo de seiva, transpiração, taxa de divisões celulares etc., refletindo na atividade cambial e, conseqüentemente, na anatomia do lenho. Desta forma, as variáveis ambientais registram nos anéis de crescimento os eventos ocorridos no passado e no ano corrente.

Na análise de tronco parcial a árvore não precisa ser abatida, no entanto, deve ser realizada em um maior número de árvores. Os anéis de crescimento são obtidos retirando-se um pequeno cilindro de madeira na altura do DAP (a 1,30 metros de altura), por meio do instrumento conhecido no Brasil como Trado de Pressler. São realizadas as observações e a contagem dos anéis de crescimento. As amostras devem ser acondicionadas em recipientes apropriados para evitar que ressequem e quebrem (IMAÑA-ENCINAS et al., 2005).

Burger e Richter (1991) afirmam, que a análise dos anéis de crescimento fornece bases para prognose de produção, permitindo a investigação sobre a reação do crescimento em relação a fatores ambientais (bióticos, abióticos) e ao manejo do povoamento (adubação, poda, desbaste), bem como a avaliação das alterações de forma das árvores.

A análise dos anéis de crescimento em estudos de manejo florestal apresenta elevada acurácia e diversas vantagens como (1) fornecer a idade exata das árvores e da taxa de crescimento, (2) estimar o crescimento de árvores de pequeno, médio e grande porte, (3) quantificar a variação do crescimento entre árvores por longo período de tempo e (4) verificar as diferenças de crescimento entre as árvores da mesma e de diferentes espécies (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006).

De forma padronizada, a contagem dos anéis de crescimento deve ser feita na altura do DAP, somando-se ao final da contagem o número de anos que a espécie leva para alcançar esta altura. Conseqüentemente, a idade final da árvore será o número de anéis de crescimento contados na altura do DAP mais a idade necessária para a árvore atingir 1,30 metros de altura (IMAÑA-ENCINAS et al., 2005).

A determinação exata das taxas de crescimento em árvores tropicais é essencial para discussões sobre longos períodos de exploração. A análise de crescimento proporciona o conhecimento sobre informações utilizadas em modelos matemáticos voltados ao manejo florestal e usados para desenvolver conceitos de exploração e períodos de rotação, sendo na maioria das vezes relativamente simples e rapidamente criados (WORBES, 1995).

2.3 DENSIDADE

Existe uma relação estreita entre o tamanho dos indivíduos e o número destes indivíduos por unidade de área, em diferentes situações de competição, a qual se referiram Yoda et al. (1963), que por sua vez, foi denominada de princípio do autodesbaste e agora mais recentemente chamada de relações interespecíficas de tamanho e densidade. Estas relações independem da idade, da qualidade do sítio e oferecem uma base de conhecimento das inter-relações competitivas entre os indivíduos de um povoamento (REINEKE, 1933).

Indivíduos arbóreos de um determinado tamanho podem representar uma grande diferença entre suas idades. Concomitantemente, árvores de uma mesma idade podem alcançar diferentes tamanhos, portanto, indivíduos de um dado tamanho ou idade podem estar crescendo em diferentes taxas refletindo negativamente na estimativa da trajetória de crescimento e do tempo de vida (TERBORGH et al., 1997).

Segundo Fritz (1976), um dos fatores ambientais regulador do crescimento secundário das plantas é a competição entre organismos, portanto, a morte de uma árvore resulta, frequentemente, em mais luz e umidade disponível para as árvores vizinhas, enquanto que o crescimento de um vizinho pode aumentar a concorrência pela água e luz.

A competição entre plantas inicia-se quando os recursos necessários para seu crescimento decrescem abaixo de sua demanda, afetando o crescimento das plantas (Weber et al., 2008).

A competição talvez seja o fator biológico mais importante no manejo florestal, já que quase todas as intervenções estão relacionadas com a manipulação desse fator ou de condições que o afetam (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008).

Enquanto as árvores crescem, a competição aumenta e a disponibilidade por luz, nutrientes e água diminuem para cada árvore individualmente, os galhos inferiores

morrem e, apesar de haver diminuição do crescimento individual das árvores, o estoque em volume continua a aumentar e o crescimento radial do tronco é reduzido nas partes mais baixas (KRAMER; KOZLOWSKI, 1972).

O status competitivo de uma árvore é descrito por medidas de competição independentes ou dependentes da distância, onde os índices independentes da distância diferenciam-se dos dependentes por utilizarem medidas não espaciais, com base na distribuição dos tamanhos das árvores em uma determinada área. Nos índices dependentes da distância (espaciais), os competidores são identificados pelo seu tamanho e distância em relação à árvore-objetivo (WIMBERLY e BARE, 1996)

O estabelecimento de um povoamento florestal, ao longo do tempo e à medida que a biomassa, a competição e a proximidade das copas aumentam, a mortalidade também aumenta e, enquanto ocorre a diminuição do crescimento em diâmetro do tronco e dos galhos, também são reduzidos o vigor das árvores e o desenvolvimento do sub-bosque (OLIVER et al., 2001).

A competição é uma variável quantitativa importante em modelos de crescimento e produção florestal. No entanto, é difícil de ser mensurada, pois não se conhecem suas causas diretas, bem como a ligação entre a competição, a redução dos recursos disponíveis e a redução da taxa de crescimento (MARTINS et al., 2011).

No meio acadêmico florestal, o DAP, a área basal, a altura (total, comercial, dominante), a área de projeção de copa e o volume de copa são conceitos conhecidos. Menos conhecidos, entretanto, são o manto de copa, o índice de abrangência, o formal de copa, o grau de esbeltez, o índice de saliência e o índice de espaço vital (STERBA, 1992).

Logo após o início da competição entre as árvores, em consequência do fechamento do espaço aéreo destinado as copas, começa a diferenciação de classes sociológicas, com alguns indivíduos se sobressaindo do dossel da floresta, enquanto outros são dominados por seus vizinhos. Por outro lado, também é verificada a influência da proporção e vitalidade da copa sobre o crescimento em diâmetro das árvores. Como consequência, as características morfométricas, que dependem de uma ou mais destas variáveis da copa, também serão determinadas pela posição sociológica dos indivíduos, tornando necessária a análise dessas relações, segregadas por estrato social, segundo Selle e Vuadem (2010).

As variáveis de forma, de dimensões das árvores, as relações morfométricas e suas respectivas modificações, com o tempo, adquirem enorme importância, dada a

possibilidade de criação de modelos de concorrência e de crescimento, valendo-se de árvores solitárias (PRETZSCH, 1995).

A eliminação de alguns indivíduos é consequência da diminuição do seu crescimento e vigor, devido à competição. A medição das variáveis morfométricas, principalmente a área de copa, consome muito tempo, e é necessário utilizar diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura (h), como variáveis independentes em equações de regressão, por serem de fácil obtenção (TONINI; ARCO-VERDE, 2005).

Segundo, Durlo et al. (2004), o manejo de florestas e povoamentos florestais, com vistas à sustentabilidade da produção, interessa, além do crescimento volumétrico do tronco, o crescimento e as modificações da forma das copas, sendo esta, imprescindível para conhecer as exigências de espaço vital das diferentes espécies, para a modelagem da concorrência e do crescimento de florestas ou povoamentos florestais a partir de árvores singulares.

O aumento da densidade pode causar a morte da árvore, uma vez que o crescimento e o desenvolvimento futuro das árvores estão diretamente relacionados com a densidade. Dentro da modelagem de crescimento, é notório que condições ótimas de crescimento são experimentadas por todas as árvores que não sofrem influência pela competição dos vizinhos. Dessa maneira, árvores livres de competição (isoladas) apresentam o incremento máximo e têm sido usadas na modelagem do crescimento e competição (HASENAUER, 1997).

2.4 A ESPÉCIE

A espécie *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, pertencente à família Fabaceae, nativa da América do Sul, possui uma plasticidade quanto ao local de sua ocorrência, podendo ser encontrada na Argentina, Bolívia, Paraguai, Uruguai (MUÑIZ, 1993) e no Brasil, seu provável centro de dispersão (LEWIS et al., 2005), em formações florestais das regiões Sul, Sudeste e Nordeste.

Com uma vasta lista de nomes populares associados a espécie *E. contortisiliquum*, entre os mais comuns estão timbaúva, orelha-de-macaco, tamboril e favão. Possui copa caliciforme quando jovem e umbeliforme quando adulta, proporcionando proteção contra o sol para pessoas e animais. Possui tronco de reto a levemente tortuoso, cilíndrico, com casca de marrom a cinza com lenticelas, em

praças, campos e pastos seu fuste tende a bifurcar-se nos primeiros metros próximos a base, já dentro da floresta são árvores grandes, de rápido crescimento, com troncos longos e sua altura total pode ultrapassar 25 metros.

Árvore heliófila com folhas caducas, alternas, compostas-bipinadas, com 20 até 30 cm de comprimento, geralmente com três a sete pares de pinas de 5 a 10cm de comprimento, possuindo pequenas glândulas no pecíolo. Os folíolos são oblongos e assimétricos, com cerca de 1,5cm de comprimento por 0,4cm de largura. As flores, de 6-8 mm de comprimento, apresentam-se em curtas espigas ou glomérulos, de cor creme. O fruto é uma vagem semicircular indeiscente, de cor verde quando jovem e negra quando madura, semilenhosa, com 6–9cm de diâmetro, retorcida, no formato de uma orelha, contendo duas a doze sementes (BRACK; GRINGS, 2011).

As sementes são elipsoides, lisas, duras e de cor castanho-escuro, de 1,0 a 1,5cm de comprimento e 0,6 a 0,9cm de largura, contêm enterolobina, proteína utilizada no controle biológico de coleópteros, quando maduras, apresentam dormência por impermeabilidade do tegumento à água e, às vezes, combinada com dormência embrionária, necessitando de escarificação mecânica, química com ácido sulfúrico, imersão em água quente ou pré-embebição em água à temperatura ambiente. No armazenamento, as sementes apresentam comportamento ortodoxo com 90% de germinação quando armazenadas de 3°C à 5°C, 92% de umidade relativa (UR) e 50% de germinação após 9 anos de armazenamento (CAPELANES, 1991; REGO; SIQUEIRA, 1997).

Trata-se de uma espécie pouco exigente quanto às características do solo, sendo empregada, por isso, atendendo a inúmeros objetivos que envolvem do paisagismo à recuperação de áreas degradadas (PEREIRA, 2011), porém não ocorre solos rasos e excessivamente úmidos. A madeira de *E. contortisiliquum* é leve (peso específico entre 0,37 e 0,60g cm⁻³), apresenta uma resistência à umidade e a fungos acima da média das demais espécies da família, podendo ser usada sem tratamento preservativo, por isso, pode ser aproveitada na construção civil em casas e telhados, na construção de embarcações, embalagens, caixotes (MAINIERI; CHIMELO, 1989), móveis e laminação.

Em plantios, *E. contortisiliquum* tem demonstrado melhor crescimento em solos com nível de fertilidade química elevada, com boa disponibilidade hídrica durante o período de crescimento e com textura franco a argilosa (CARVALHO, 1994).

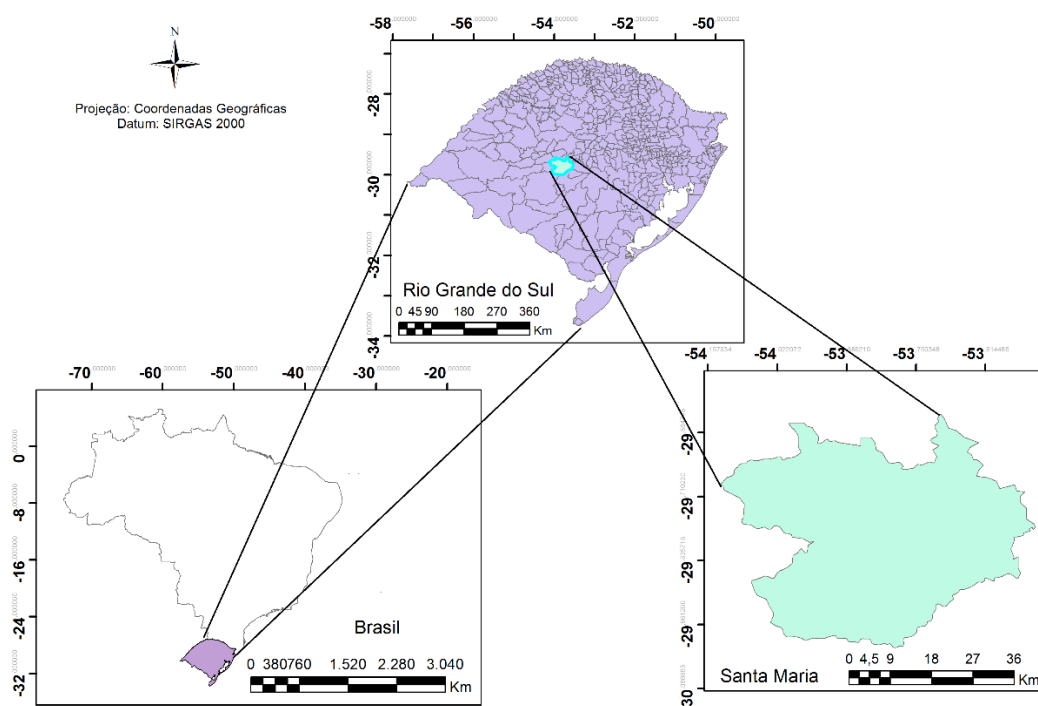
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Santa Maria está localizado na Região Central do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), possuindo uma formação vegetal típica da paisagem de mata atlântica, estando parte de sua área inserida dentro da Reserva Natural da Biosfera da Mata Atlântica. Esta diversidade denota a existência de diferentes tipos de solo e padrões de drenagem (SOUZA, 2001).

A cidade possui uma área de 1.791,65 Km², e fica localizada no centro geográfico do Rio Grande do Sul, com altitude média na Sede de 113 m, possui uma altitude máxima de 485 m e mínima de 41 m e seu clima é determinado como mesotérmico e úmido (FABRES, 2009).

Figura 1 – Coleta de dados, município de Santa Maria – RS.



Fonte: O autor, 2016.

A evapotranspiração real é pelo menos 90% da evapotranspiração potencial de referência (classe A de disponibilidade hídrica), a localização geográfica é de 29°42' (latitude sul), 53°42' (longitude oeste) e altitude de 95 m, sendo as temperaturas

mínima e máxima mensal de 11°C (julho) e 27°C (fevereiro), a temperatura média anual de 20°C, como coeficiente de variação de 3%, com média anual de precipitação de 1802 mm, a qual adota uma capacidade de água disponível de 50 mm decorrente da evapotranspiração. A classificação climática segundo Köppen é Cfa: Clima temperado húmido com verão quente (FABRES, 2009).

3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

A coleta dos dados foi realizada a partir do mapeamento de indivíduos adultos de *Enterolobium contortisiliquum* sob competição e livres de competição com vistas à compreensão do crescimento potencial em cada condição.

No levantamento dos dados, árvores adultas denominadas objetivo foram medidas por um processo de amostragem intencional em indivíduos com alta vitalidade e altura do fuste acima de 1,30 metros, afim de evitar resultados não representativos para a espécie e árvores resultantes de brotação pós corte.

Os indivíduos mensurados foram analisados conforme sua condição (livres e sob competição) e divididos em classes de diâmetro, sendo a menor classe de 10 – 19,9 cm de diâmetro à altura do peito e maior classe de 80 – 89,9 cm, em intervalos entre classes diamétricas de 10 cm.

Quando em condição de competição foram identificadas as árvores circunvizinhas competidoras em relação a cada árvore objetivo e coletadas as informações de altura, distância e circunferência à altura do peito de acordo com o método de densidade proposto por Bitterlich (1984).

3.3 VARIÁVEIS QUALITATIVAS

Para uma melhor compreensão do comportamento de crescimento da espécie, afim de aumentar a precisão dos modelos foram coletadas variáveis qualitativas. Com o uso das variáveis qualitativas, as informações relacionadas a estrutura de cada indivíduo e do sítio foram utilizadas como características adicionais ao levantamento dos dados e empregadas na modelagem.

As seguintes variáveis qualitativas foram registradas por árvore:

- Posição sociológica: Os indivíduos livres de competição não foram classificados quanto a sua posição sociológica, quando em competição a classificação ocorreu de acordo com a posição da árvore ocupada no estrato vertical da floresta e o respectivo grau de exposição da copa por luz:

PS1 - árvores dominantes: ocupam o estrato superior com alta exposição da copa por luz;

PS2 - árvores codominantes: situavam-se no estrato intermediário com média exposição da copa por luz;

PS3 - árvores dominadas: ocupam o estrato inferior com baixa exposição da copa por luz.

- Inclinação do terreno (IT): Foram mapeados indivíduos em diferentes declividades do sítio, desta forma fez-se a classificação da inclinação do terreno subdividindo-o em quatro classes:

(1) platô;

(2) encosta média;

(3) encosta superior;

- Forma da copa (F.copa): A estrutura de forma da copa também foi observada nos levantamentos de dados em relação a disposição dos galhos para a formação da copa propriamente dita e foi dividida de acordo com as características em (DAWKINS, 1963):

(1) copa perfeita;

(2) copa boa;

(3) copa tolerável;

(4) copa pobre.

- Densidade da copa (Dens.copa): Foram verificadas diferentes densidades de copa nos indivíduos analisados, sabendo-se que a espécie em estudo

é caducifolia, a verificação quanto a densidade de copa foi feita nos mesmos meses do ano para evitar diferentes análises e de forma visual em relação a passagem de luz. Sendo classificadas da seguinte forma:

- (1) Árvores com alta densidade (copa densifoliar);
- (2) Árvores com média densidade;
- (3) Árvores com baixa densidade (copa paucifoliar).

- Proximidade da água (P.água): Foi observada a presença de rios e córregos próximos aos indivíduos e determinada a distância máxima de 30 m para classificação:

- (1) Próximo à água: Indivíduos com distância \leq que 30m da água;
- (2) Distante da água: indivíduos com distância $>$ que 30m da água.

3.4 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS

Todas as árvores pertencentes à amostra foram registradas nas coordenadas UTM com o auxílio do aparelho de GPS modelo Garmin Map 76 CSX e numeradas com sequência ordinal crescente e coletadas as seguintes medidas dendrométricas:

- Diâmetro à altura do peito (DAP): primeiramente, medido o CAP com fita métrica com graduação em centímetros, a 1,30 m acima da superfície do solo, após, transformado em diâmetro à altura do peito;
- Altura total (HT): Com auxílio do equipamento hipsômetro Vertex IV, com precisão em décimos de metros, foi verificada a altura total dos indivíduos;
- Altura do fuste (HF): Medida verificada com hipsômetro Vertex IV, com precisão em décimos de metros, considerando a distância do solo até o ponto de inversão morfológica.
- Os raios de copa foram medidos tomando como base o galho vivo de maior comprimento e os demais medidos a um ângulo de 90° graus do primeiro galho,

em um total de 4 medições. Com as quatro medições, fez-se uma média, sendo definido o raio de copa médio desta árvore:

$$\bar{rc} = \sum_{i=1}^{n=4} \frac{rc}{4} \quad (1)$$

Onde: \bar{rc} = raio de copa médio

3.5 ÍNDICES DE MORFOMETRIA

Para cada árvore e de forma individual foram calculados índices de morfometria visando descrever relações interdimensionais e avaliar seu possível efeito no modelo de crescimento. Os índices foram derivados das variáveis dendrométricas.

3.5.1 Comprimento da copa

O comprimento da copa foi obtido pela diferença entre a altura total e a altura de fuste (ponto de inversão morfológica):

$$CC = HT - HF \quad (2)$$

Onde: HT= altura total, em metros; HF= altura inserção primeiro galho vivo ou altura do fuste, em metros.

3.5.2 Diâmetro da copa

O diâmetro da copa, por sua vez, foi calculado pela duplicação do valor do raio médio da copa sobre o solo:

$$DC = 2 \cdot \bar{rc} \quad (3)$$

Onde: \bar{rc} = raio da copa médio, em metros.

3.5.3 Proporção de copa

A proporção da copa calculada pela razão entre o comprimento da copa e a altura da árvore, que se fez em percentagem:

$$PC = \frac{CC}{HT} * 100 \quad (4)$$

Onde: CC= comprimento da copa, em metros; HT= altura total da árvore, em metros.

3.5.4 Formal de copa

O formal da copa foi obtido pelo cálculo da razão entre o diâmetro da copa e o comprimento da copa:

$$FC = \frac{DC}{CC} \quad (5)$$

Onde: DC= diâmetro da copa, em metros; CC= comprimento da copa, em metros.

3.5.5 Grau de esbeltez ou relação H/D

O grau de esbeltez foi calculado pela razão entre a altura total da árvore e o diâmetro à altura do peito:

$$GE = \frac{HT}{DAP} \quad (6)$$

Onde: HT= altura total da árvore, em metros; DAP= diâmetro a altura do peito, em metros.

3.5.6 Índice de abrangência

O índice de abrangência, por sua vez, é calculado pela razão entre diâmetro de copa e a altura total da árvore:

$$IA = \frac{DC}{HT} \quad (7)$$

Onde: DC= diâmetro da copa, em metros; HT= altura total da árvore, em metros.

3.5.7 Índice de saliência

O índice de saliência é a razão entre o diâmetro de copa e o diâmetro a altura do peito, conforme se evidencia:

$$IS = \frac{DC}{DAP} \quad (8)$$

Onde: DC= diâmetro da copa, em metros; DAP= diâmetro a altura do peito, em metros.

3.6 DENSIDADE

O status de competição foi medido utilizando o método de densidade pontual proposto por Bitterlich (1984). Trata-se de um método simples e de fácil aplicação, diferenciando – se dos demais pela estabilidade de inclusão ou exclusão de possíveis competidoras no tempo.

Além de determinar diretamente a área basal através da contagem do número de árvores cuja relação entre o DAP e a distância do ponto de observação é superior a um determinado ângulo, o método de Bitterlich permite, através da medição do DAP das árvores selecionadas, o cálculo da densidade (COUTO et al., 1990).

Por esse método, todas as árvores cujo DAP for maior ou igual a um ângulo pré-definido (Fator de área basal – FAB), foram incluídas como componentes da densidade pontual a que a árvore amostra (central) estava submetida. No caso do presente estudo, foi utilizado FAB=2. A área basal estimada no ponto de amostragem, expressa em m²/ha foi determinada multiplicando-se o fator de área basal pelo respectivo número de árvores contadas na parcela.

$$G_{(bit)} = FAB * n \quad (9)$$

Onde: G_(Bit)= Índice de densidade de Bitterlich; FAB= fator de área basal; n= número de árvores contadas na parcela.

Os índices de competição constituem uma forma simples e de baixo custo para investigar efeitos de interações competitivas no crescimento e mortalidade das árvores, porém, em bases limitadas (TONINI, 2007).

3.7 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON

O método usualmente conhecido para medir a correlação entre duas variáveis é o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson, também conhecido como Coeficiente de Correlação do Momento Produto. Este foi o primeiro método de correlação, estudado por Francis Galton e seu aluno Karl Pearson, em 1897 (SCHULTZ; SCHULTZ, 1992).

Este coeficiente de correlação é utilizado na Análise de Componentes Principais, Análise Fatorial, Análise de Confiabilidade, entre outras. O coeficiente de correlação populacional (parâmetro) ρ e sua estimativa amostral $\hat{\rho}$ estão intimamente relacionados com a distribuição normal bivariada.

As variáveis dendrométricas e morfométricas foram relacionadas em função do diâmetro à altura do peito viabilizando identificar e selecionar as variáveis que influenciaram em maior ou menor grau sobre o crescimento, adotando-se o uso do coeficiente de correlação de Pearson que é obtido pela seguinte fórmula:

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\text{COV}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) * \text{var}(Y)}} \quad (10)$$

Onde: x_i e y_i são as variáveis analisadas; \bar{x} e \bar{y} são a média das variáveis analisadas.

A interpretação da correlação quando igual a um é de que existe correlação linear perfeita entre as variáveis. Entretanto, na prática ocorrem diferentes valores, cuja interpretação do resultado depende muito dos objetivos de sua utilização e a razão pela qual este é calculado. Segundo Callegari-Jacques (2003), o coeficiente de correlação pode ser avaliado qualitativamente da seguinte forma:

se $0,00 < \hat{\rho} < 0,30$, existe fraca correlação linear;

se $0,30 \leq \hat{\rho} < 0,60$, existe moderada correlação linear;

se $0,60 \leq \hat{\rho} < 0,90$, existe forte correlação linear;

se $0,90 \leq \hat{\rho} < 1,00$, existe correlação linear muito forte.

- O coeficiente, ρ , varia entre -1 e $+1$, assim como o coeficiente de correlação de Pearson. As hipóteses testáveis são: H_0 : Não há associação entre as variáveis testadas;

- H_a : Há associação entre as variáveis testadas (bicaudal) / Há associação positiva (negativa) entre as variáveis testadas (monocaudal).

3.8 CORRELAÇÃO RANQUEADA DE SPEARMAN

Este teste é aplicável em situações nas quais exista indício de heterocedasticidade e/ou quando a distribuição das variáveis em análise não segue uma distribuição Gaussiana (NETER et al., 1996; DRAPER; SMITH, 1966). A relação não linear entre duas variáveis pode servir de causa da não refutação da hipótese nula, sendo que ela deveria ser refutada; isso reduz o poder do teste, uma vez que se pode estar na presença de um erro do tipo II (não rejeitar uma hipótese nula quando ela é falsa).

Foram relacionadas as variáveis quantitativas inclinação do terreno, forma da copa, densidade básica da copa e proximidade da água em função do diâmetro à altura do peito e por ocasião em função da altura do fuste dos indivíduos livres de competição, com o intuito de compreender melhor a distribuição dos dados em correlacionados com estas variáveis.

Nos casos em que os dados não formam uma nuvem “bem comportada”, com alguns pontos muito afastados dos restantes, ou em que parece existir uma relação crescente ou decrescente em formato de curva, o coeficiente λ de Spearman é mais apropriado.

Uma fórmula fácil para calcular o coeficiente λ de Spearman é dada por:

$$\text{Spearman} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n} \quad (11)$$

Onde: n = o número de pares (x_1, y_1) e d_i = (o ranque de x_1 dentre os valores de x) – (o ranque de y_1 dentre os valores de y).

3.9 MODELAGEM DAS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E MORFOMÉTRICAS

A variável morfométrica diâmetro de copa (DC) e as variáveis dendrométricas altura total (HT) e altura do fuste (HF), foram modeladas pelo procedimento *Stepwise* do sistema estatístico SAS V. 9.3 (SAS Institute Inc., 2004) para as condições livre e sob competição, em que a variável independente utilizada será o diâmetro à altura do peito, quadrática, inversa, raiz e logarítmica (x , x^2 , $1/x$, \sqrt{x} , $\ln(x)$). O diâmetro à altura do peito será empregado por ser uma variável de fácil obtenção e, frequentemente, medida em inventários florestais (SCHNEIDER; FINGER, 2000).

No caso das variáveis morfométrica e dendrométricas que apresentaram diferenças significativas entre as médias pelo teste de *Tukey-Kramer* para os indivíduos livres e sob competição, estas foram modeladas de acordo com a condição.

Quando não apresentarem diferenças de médias realizar-se-á uma análise de covariância com o modelo único com o objetivo de verificar diferenças em níveis e inclinações entre as condições. O resultado desta modelagem servirá como pressuposto da estimativa das demais variáveis morfométricas.

3.10 ANÁLISE DE COVARIÂNCIA

A análise de covariância foi usada para verificar a existência ou não de diferenças de inclinação ou em níveis nas linhas ajustadas entre as condições livres de competição e sob competição. Os pontos extremos foram analisados e avaliados e eliminados quando necessário. A análise foi processada no pacote estatístico SAS V 9.3 (SAS INSTITUTE INC., 2004), utilizando-se o procedimento GLM e a soma de quadrados do tipo III que forneceram a informação mais adequada para o conjunto de dados não balanceados (FREUND; LITTEL, 1981; COIMBRA et al., 2006).

3.11 CRESCIMENTO PERIÓDICO ANUAL EM ÁREA BASAL

Foi estimado o crescimento periódico anual em área basal para um período de cinco anos (2007 à 2012) pela delimitação dos anéis de crescimento que foram amostrados de forma radial no fuste (DAP), nos indivíduos verificados pela

amostragem utilizando trado de Pressler, em que foi determinada pela contagem dos anéis de crescimento em rolos de incremento de 5 mm de diâmetro.

Na altura do diâmetro à altura do peito, foram coletados dois rolos de incremento em cada árvore, acondicionados em canudos de plástico, perfurados e identificados com o número da árvore e a condição a qual pertence.

Em laboratório, a amostra de rolo de incremento foi fixada com cola branca em suportes de madeira. Após a secagem, as amostras foram lixadas, seguindo-se o acabamento da superfície, com um conjunto de lixas abrasivas de granulometria crescente, para tornar mais fácil a visualização dos anéis de crescimento.

As amostras do lenho dos indivíduos foram examinadas sob microscópio estereoscópico, com sistema de iluminação de fibra ótica, sendo delimitados os anéis de crescimento. Em seguida, as seções transversais do lenho foram digitalizadas em scanner, com uma escala e resolução de 3200 pontos por polegada (PPP). A largura dos anéis de crescimento, previamente demarcados, foi determinada através do software de análise de imagem *ImageTool* Alpha 3.

A partir da calibração do software com o uso da escala digitalizada e, mediante a indicação manual de 2 pontos, determina-se a distância entre os mesmos (precisão de 0,01) obtendo-se os valores de largura dos anéis de crescimento, tendo como referência os seus limites nas amostras diametrais do lenho das árvores. Os dados de largura dos anéis de crescimento, gerados no software *ImageTool*, e exportados para o Microsoft Office Excel com posterior análise.

3.12 CRITÉRIO DE SELEÇÃO DAS EQUAÇÕES

A seleção das equações de regressão ajustada para a relação hipsométrica e o diâmetro à altura do peito foi baseada nos seguintes critérios estatísticos: coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) e o erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{yx}\%$). Após, será avaliada a performance da equação escolhida pelas condicionantes de regressão.

3.12.1 Coeficiente de determinação ajustado

O coeficiente de determinação expressa a quantidade de variação total explicada pela regressão. Este coeficiente é crescente na medida em que se inclui uma nova variável ao modelo de regressão, razão pela qual foi utilizado o coeficiente de determinação ajustado, que se obteve pela expressão:

$$R_{aj}^2 = R^2 - \left[\frac{K-1}{N-K} \right] \times (1-R^2) \quad (12)$$

Onde: R^2 = coeficiente de determinação; K = número de parâmetros do modelo; N = número de observações.

Quanto mais próximo de 1 (um), o valor do coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), melhor será o ajuste da linha de regressão.

3.13.2 Erro padrão da estimativa em porcentagem (%)

O erro padrão da estimativa é uma medida de dispersão entre os valores observados e estimados pela regressão, sendo desejável aquele que tenha o menor valor (SCHNEIDER et al., 2009).

$$S_{yx} = \sqrt{QM_{resíduo}} \quad e \quad S_{yx}\% = \frac{S_{yx}}{\bar{Y}} * 100 \quad (13)$$

Sendo: S_{yx} = erro padrão da estimativa; $S_{yx}\%$ = erro padrão da estimativa em porcentagem; \bar{Y} = média aritmética da variável dependente; $QM_{resíduo}$ = quadrado médio do resíduo, obtido na análise de variância.

3.12.3 Distribuição de resíduos

A análise gráfica da distribuição dos resíduos entre a variável dependente estimada será de grande importância na seleção do modelo, visto que possibilita a verificação do ajuste da equação ao longo de toda a amplitude dos dados observados.

Dessa forma, será selecionado o modelo que apresentar menor variação de resíduos, com menor tendência de superestimar ou subestimar os valores.

3.12.4 Condicionantes da regressão

Na performance do modelo de regressão, uma série de suposições acerca dos erros será avaliada pelo sistema estatístico SAS V 9.3 (SAS INSTITUTE INC., 2004), conforme recomendaram Scolforo (2005) e Schneider et al. (2009), ou seja:

- Homogeneidade dos resíduos: pelo teste de White;
- Normalidade: pelo teste Kolmogorov-Smirnov;

3.13 CHECAGEM DA ESTIMATIVA DO CRESCIMENTO PERIÓDICO EM ÁREA BASAL

Foram remeidos os DAPs de 21 indivíduos de timbaúva entre livres e sob competição de forma aleatória entre os indivíduos já amostrados e após dois anos de sua primeira medição, afim de verificar a acurácia das estimativas de crescimento pela análise e medição dos anéis de crescimento nos rolos de incremento.

A checagem foi feita com a remedição das circunferências à altura do peito para a obtenção dos diâmetros, estimativa das áreas basais e com a diferença entre os dados da primeira e da segunda medição foi estimado o crescimento em área basal para o período de dois anos, dividindo-se o valor obtido por dois para obtenção da média anual deste período. Foi avaliada com base na correlação Pearson e verificado seu desvio médio em porcentagem.

3.14 MODELAGEM E AVALIAÇÃO DO MODELO DE INCREMENTO PERIÓDICO EM ÁREA BASAL

A modelagem do incremento periódico em área basal foi realizada pelo procedimento *stepwise* do pacote estatístico SAS V 9.3 (SAS Institute Inc., 2004), com as variáveis mais correlacionadas entre: dendrométricas, qualitativas e morfométricas.

Na condição sob competição acrescentou-se ao procedimento a interação de variável qualitativa proximidade da água.

Para contornar o efeito da heterocedasticidade e não normalidade, encontrado nos indivíduos da condição livres de competição, a variável dependente foi transformada e, para tal, utilizou-se a família de transformações Box e Cox (BOX; COX, 1964).

Na determinação de observações influentes, denominadas “valores estranhos” ou outliers, foi usada a análise residual e a distância de Cook’s (D_i) descrita por Souza (1998).

As observações que se encontravam afastadas da massa de pontos foram identificadas e examinadas na base de dados. Neter et al. (1996) sugeriram investigar qualquer ponto com valor de DAP maior que 1 (um). Nos casos em que o modelo foi reajustado, sem esses pontos, e houve melhora no ajuste do modelo, os pontos foram considerados influentes e eliminados da base de dados.

4 RESULTADOS

4.1 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E MORFOMÉTRICAS

4.1.1 Descrição das variáveis dendrométricas e do diâmetro de copa

Foram coletadas informações e rolos de incremento de 102 indivíduos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong entre árvores sob competição (60) e isoladas (42), ou seja, livres de competição, os quais estão relacionados nas Tabelas 1 e 2.

Nas classes de DAP de 20 – 29,9 e 70 – 79,9 cm, foi verificado a maior variação nos dados referentes à altura do fuste (HF) para os indivíduos isolados (CV%: 39,6 e 48,51, respectivamente), no entanto, como característica desta espécie, indivíduos que não sofrem competição tendem à bifurcar-se mais próximo a base da árvore quando comparados com indivíduos sob competição, porém a variação ocorreu para a menor classe e para a maior classe de DAP, nos maiores diâmetros por se tratar de indivíduos maduros desconhece-se as interferências sofridas no passar dos anos.

Observou-se que a causa da variação na menor classe de diâmetro é referente apenas a um indivíduo que influenciou neste resultado, foi verificado que este indivíduo está localizado no campus da universidade, em uma área próxima à construções e transeuntes e provavelmente tal indivíduo deve ter passado por algum tipo de tratamento silvicultural do tipo poda de condução

Já para os indivíduos sob competição, também foi observado alta variação para as duas primeiras (CV%: 50,21 e 49,31) e para a quarta (CV%: 39,15) classe de DAP, como também, variou o diâmetro de copa (DC) na primeira classe de DAP (CV%: 41,33), o local também teve influência na variação, porém com outra justificativa, observou-se que tais indivíduos estão localizados no estrato emergente da floresta, sob influência da competição.

Por se tratar de uma espécie heliófila, dependendo da densidade do povoamento, as condições nas quais a timbaúva está inserida na floresta tem influência significativa em suas medidas dendrométricas. Quanto maior a densidade e a altura do estrato arbóreo, mais o indivíduo investirá em crescimento vertical com o intuito de buscar a luz.

Tabela 1 – Variáveis dendrométricas e do diâmetro de copa dos indivíduos livres da espécie *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong no Município de Santa Maria - RS.

Classe de DAP (cm)	Nº	Variável	Média	Mínimo	Máximo	CV(%)
10,0-19,9	6	DAP(cm)	14,85	11,78	17,83	15,67
		DC(m)	6,32	4,70	7,90	21,69
		HF(m)	1,80	1,38	2,30	21,65
		HT(m)	6,86	5,60	8,25	15,34
20,0-29,9	6	DAP(cm)	26,58	23,87	28,33	7,53
		DC(m)	8,81	6,92	9,81	11,50
		HF(m)	2,32	1,70	4,10	39,60
		HT(m)	9,31	6,00	13,30	28,96
30,0-39,9	6	DAP(cm)	34,99	32,15	37,56	5,35
		DC(m)	10,13	8,39	10,85	8,88
		HF(m)	2,14	1,73	2,40	11,23
		HT(m)	10,48	9,00	14,80	20,93
		DNS(cm)	39,15	33,42	42,34	7,80
40,0-49,9	6	DAP(cm)	44,40	40,11	48,38	6,87
		DC(m)	12,15	8,64	13,90	15,10
		HF(m)	2,09	1,60	2,30	11,94
		HT(m)	10,83	9,50	15,10	19,53
50,0-59,9	5	DAP(cm)	57,10	52,84	59,52	4,69
		DC(m)	13,84	12,90	15,27	6,51
		HF(m)	2,66	2,30	3,00	10,83
		HT(m)	13,10	12,10	14,00	5,26
60,0-69,9	6	DAP(cm)	64,14	61,43	66,85	2,92
		DC(m)	16,32	12,06	17,82	13,17
		HF(m)	1,93	1,35	2,20	15,56
		HT(m)	13,15	11,90	14,10	5,60
70,0-79,9	4	DAP(cm)	74,17	71,94	79,26	3,96
		DC(m)	18,58	16,36	20,60	10,04
		HF(m)	3,68	1,80	6,40	48,51
		HT(m)	18,45	12,50	25,20	33,61
		DNS(cm)	80,35	75,44	84,03	4,36
80,0-89,9	3	DAP(cm)	84,46	82,76	86,26	2,08
		DC(m)	17,17	14,11	19,20	15,72
		HF(m)	2,00	1,50	2,40	22,91
		HT(m)	12,07	11,90	12,30	1,73
Total	42	DAP(cm)	46,33	11,78	86,26	46,76
		DC(m)	12,31	4,80	20,10	34,43
		HF(m)	2,21	1,35	4,40	27,89
		HT(m)	11,11	5,60	18,90	26,92

Onde: DAP = Diâmetro a altura do peito; DC = diâmetro de copa; HF = altura do fuste e HT = altura total.

Fonte: O autor (2016).

De acordo com Petchey et al. (2007), os padrões e processos de organização dos indivíduos dentro dos povoamentos florestais também podem ser compreendidos por meio da valor e a variação das espécies e de suas características que influenciam o funcionamento das comunidades, pois diferentes distribuições nas características funcionais podem implicar diferentes mecanismos de coexistência.

Tabela 2 – Variáveis dendrométricas e do diâmetro de copa dos indivíduos sob competição da espécie *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong no Município de Santa Maria - RS.

Classe de DAP (cm)	Nº	Variável	Média	Mínimo	Máximo	CV(%)
10,0-19,9	6	DAP(cm)	15,01	10,19	19,74	25,49
		DC(m)	5,69	3,33	9,85	41,33
		HF(m)	3,07	1,60	5,20	50,21
		HT(m)	7,72	5,10	11,60	32,78
20,0-29,9	14	DAP(cm)	24,74	21,96	27,69	8,23
		DC(m)	7,45	5,00	10,44	22,59
		HF(m)	4,91	1,30	7,30	49,31
		HT(m)	10,99	6,00	16,70	34,10
30,0-39,9	8	DAP(cm)	34,06	30,08	38,83	10,06
		DC(m)	8,38	5,57	13,11	33,52
		HF(m)	5,43	3,70	7,10	21,85
		HT(m)	12,69	10,20	16,30	17,82
40,0-49,9	6	DAP(cm)	43,93	40,11	49,34	7,59
		DC(m)	12,51	8,53	15,60	19,39
		HF(m)	7,61	3,10	12,15	39,15
		HT(m)	15,95	8,90	21,30	25,18
50,0-59,9	9	DAP(cm)	55,49	51,57	59,21	5,54
		DC(m)	14,47	13,13	16,70	8,56
		HF(m)	8,59	6,00	12,30	24,49
		HT(m)	20,49	13,90	28,10	20,35
60,0-69,9	6	DAP(cm)	65,25	61,43	68,44	4,17
		DC(m)	15,43	11,70	17,30	13,06
		HF(m)	6,90	4,20	8,10	20,10
		HT(m)	14,85	11,50	17,10	12,75
70,0-79,9	6	DAP(cm)	74,17	70,66	77,03	3,20
		DC(m)	18,33	16,75	19,89	7,04
		HF(m)	10,40	9,00	11,25	8,39
		HT(m)	17,98	17,00	19,10	4,98
80,0-89,9	5	DAP(cm)	83,46	80,21	89,45	4,36
		DC(m)	17,59	14,23	22,14	18,21
		HF(m)	9,46	7,20	12,60	24,08
		HT(m)	22,07	19,00	28,70	18,77
Total	60	DAP(cm)	45,42	10,19	89,45	48,37
		DC(m)	11,62	3,33	19,74	38,57
		HF(m)	6,67	1,30	12,60	40,40
		HT(m)	14,60	5,10	25,20	34,25

Onde: DAP = Diâmetro a altura do peito; DC = diâmetro de copa; HF = altura do fuste e HT = altura total.

Fonte: O autor (2016).

Outras variações foram observadas nos dados de diâmetro de copa (DC) nas menores classes de DAP para os indivíduos isolados e sob competição, podemos associar esta variação ao fato de que estes indivíduos estão em pleno desenvolvimento e formação, buscando atingir a estabilidade no sítio e povoamento ao qual pertencem.

As demais variações ocorrem por se tratar de dados obtidos de florestas heterogêneas, existindo assim uma grande fonte de variação de sítio, idade e condição.

4.1.2 Descrição das variáveis morfométricas

De acordo com a coleta dos dados dendrométricos foram feitas as relações e índices morfométricos para cada indivíduo (Tabelas 3 e 4), separados por condição de isolados e sob competição e agrupados por classe de diâmetro.

As maiores variações relacionadas com o comprimento de copa (CC) para os indivíduos isolados foram em ordem decrescente da menor classe à maior classe de DAP, com exceção da classe de DAP de 70 – 79,9 cm (CV%: 17,60) que teve variação maior que a classe anterior e posterior, isto é um fato característico da espécie, quando em condições de ausência de competição. O formal de copa (FC), variável relacionada com o comprimento de copa, também teve uma variação semelhante.

Os indivíduos sob competição tiveram uma maior variação de seus dados nas três menores classe de DAP, no que se refere ao índice de abrangência (IA) e este fato está relacionado a variação existente nas mesmas classes de DAP para altura total e diâmetro de copa, ou seja, para uma mesma altura total existe variação no diâmetro de copa e vice versa.

Uma alta variação, também foi observada no comprimento de copa (CC) na classe de DAP de 70 – 79,9 cm para os indivíduos sob competição, que corresponde a um único indivíduo que teve seu ponto de inversão morfológica mais abaixo que a média de sua classe.

Pode-se observar que nas menores classes de DAP para as duas condições, são encontradas as maiores variações e este fato está ligado ao processo de desenvolvimento no sítio, por se tratar de indivíduos mais jovens e em formação.

De acordo Vaz (2011), a forma como os organismos lidam com a disponibilidade de recursos (luz, disponibilidade de água, etc.) são compreendidos como táticas para o desenvolvimento e o conjunto dessas táticas são denominadas de estratégias ecológicas. Observando ainda que benefício de uma tática ou estratégia depende das condições ambientais, da disponibilidade de recursos, das interações com predadores, dos patógenos e os efeitos da competição.

Tabela 3 – Variáveis morfométricas dos indivíduos livres de competição da espécie *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong no Município de Santa Maria - RS.

Classe de DAP(cm)	N	Variável	Média	Mínimo	Máximo	CV(%)
10,0-19,9	6	CC(m)	5,06	3,50	6,25	23,64
		GE	0,46	0,37	0,52	11,27
		IA	0,90	0,79	1,03	10,77
		IS	41,91	31,87	50,64	15,44
		PC(%)	73,10	62,50	80,56	11,25
		FC	1,24	1,02	1,39	11,81
20,0-29,9	6	CC(m)	6,99	4,20	9,20	29,89
		GE	0,35	0,24	0,56	32,62
		IA	0,99	0,74	1,35	22,14
		IS	33,17	28,58	41,07	12,81
		PC(%)	74,83	69,17	83,33	7,99
		FC	1,34	1,03	1,90	26,30
30,0-39,9	6	CC(m)	8,35	7,00	13,07	28,60
		GE	0,30	0,26	0,42	21,52
		IA	1,00	0,68	1,21	21,31
		IS	28,94	26,08	31,42	6,67
		PC(%)	78,76	74,47	88,31	6,36
		FC	1,28	0,77	1,55	25,19
40,0-49,9	6	CC(m)	8,73	7,60	12,90	23,51
		GE	0,24	0,22	0,31	14,65
		IA	1,15	0,88	1,33	14,59
		IS	27,47	24,04	29,51	7,08
		PC(%)	80,30	76,77	85,43	4,13
		FC	1,44	1,03	1,69	17,97
50,0-59,9	5	CC(m)	10,44	9,10	11,40	8,37
		GE	0,23	0,20	0,24	6,55
		IA	1,06	1,00	1,11	4,44
		IS	24,23	22,72	25,65	4,76
		PC(%)	79,60	75,21	82,71	3,76
		FC	1,33	1,24	1,48	6,83
60,0-69,9	6	CC(m)	11,23	9,70	12,10	7,58
		GE	0,20	0,19	0,22	4,44
		IA	1,24	0,92	1,50	15,11
		IS	25,41	18,66	29,00	13,88
		PC(%)	85,30	81,51	89,69	3,14
		FC	1,46	1,03	1,84	17,89
70,0-79,9	4	CC(m)	12,26	10,15	14,50	17,60
		GE	0,20	0,17	0,24	15,34
		IA	1,25	1,06	1,48	14,87
		IS	25,10	22,74	26,94	6,93
		PC(%)	80,61	76,60	85,60	5,76
		FC	1,55	1,36	1,93	16,94
80,0-89,9	3	CC(m)	10,07	9,90	10,40	2,87
		GE	0,14	0,14	0,15	3,03
		IA	1,42	1,19	1,55	14,32
		IS	20,34	16,35	22,50	17,01
		PC(%)	83,46	80,49	87,39	4,26
		FC	1,71	1,36	1,89	17,87

Onde: CC = Comprimento de copa (m); GE = Grau de Esbeltez; IA= Índice de Abrangência; IS = Índice de Saliência; PC = Porcentagem de Copa; FC = Formal de Copa.

Tabela 4 – Variáveis morfométricas dos indivíduos sob competição da espécie *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong no Município de Santa Maria - RS.

Classe de DAP(cm)	N	Variável	Média	Mínimo	Máximo	CV(%)
10,0-19,9	6	CC(m)	4,23	3,00	6,40	33,89
		GE	0,52	0,36	0,81	29,58
		IA	0,83	0,29	1,09	35,67
		IS	40,05	23,21	52,48	29,56
		PC(%)	54,81	51,67	58,89	6,17
		FC	1,51	0,52	2,10	35,82
20,0-29,9	14	CC(m)	6,01	3,20	9,50	34,68
		GE	0,45	0,23	0,72	37,76
		IA	0,81	0,32	1,60	48,24
		IS	31,04	22,41	42,57	16,93
		PC(%)	56,07	39,67	80,00	22,77
		FC	1,48	0,57	3,15	47,11
30,0-39,9	8	CC(m)	7,26	5,50	9,20	17,42
		GE	0,38	0,27	0,53	23,11
		IA	0,70	0,41	1,29	48,13
		IS	23,34	16,51	35,05	26,10
		PC(%)	57,41	48,25	63,73	7,68
		FC	1,20	0,71	2,02	42,33
40,0-49,9	6	CC(m)	9,01	5,80	12,20	23,23
		GE	0,37	0,20	0,53	29,18
		IA	0,83	0,54	1,33	34,34
		IS	28,65	20,00	34,41	20,53
		PC(%)	57,10	52,20	65,17	8,44
		FC	1,46	0,98	2,03	30,21
50,0-59,9	9	CC(m)	10,79	6,60	15,50	27,16
		GE	0,35	0,24	0,46	18,93
		IA	0,78	0,61	1,13	19,37
		IS	26,56	22,33	31,80	11,22
		PC(%)	55,27	36,46	72,09	17,94
		FC	1,46	0,85	2,18	30,17
60,0-69,9	6	CC(m)	7,95	7,30	9,40	9,50
		GE	0,23	0,17	0,28	15,70
		IA	1,04	0,68	1,50	25,42
		IS	23,00	19,04	25,28	9,75
		PC(%)	53,92	49,38	63,48	9,33
		FC	1,92	1,24	2,37	19,33
70,0-79,9	6	CC(m)	9,45	6,85	18,80	48,71
		GE	0,26	0,23	0,34	16,15
		IA	0,94	0,67	1,06	14,64
		IS	24,03	22,14	26,62	7,01
		PC(%)	47,61	39,52	74,60	28,36
		FC	2,13	0,90	2,44	28,39
80,0-89,9	5	CC(m)	10,61	8,80	12,15	13,00
		GE	0,24	0,21	0,28	10,35
		IA	0,82	0,73	0,91	8,65
		IS	19,78	17,53	21,95	10,54
		PC(%)	53,18	45,13	62,15	15,29
		FC	1,58	1,17	2,02	19,96

Onde: CC = Comprimento de copa (m); GE = Grau de Esbeltez; IA= Índice de Abrangência; IS = Índice de Saliência; PC = Porcentagem de Copa; FC = Formal de Copa.

Ao compararmos as diferenças existentes entre indivíduos livre de competição com indivíduos sob competição observamos que as árvores isoladas possuem uma porcentagem de copa 25% maior que os indivíduos sob competição, possuem um maior espaço vital de acordo com o índice de abrangência e uma maior estabilidade segundo os resultados obtidos para o grau de esbeltez.

4.1.3 Correlação de Pearson para as variáveis dendrométricas e diâmetro de copa

Tratando-se de variáveis contínuas, os resultados foram baseados na correlação de Pearson e feito a representação gráfica bivariada de dispersão dos dados, havendo relação positiva em todas as variáveis (Figura 2A).

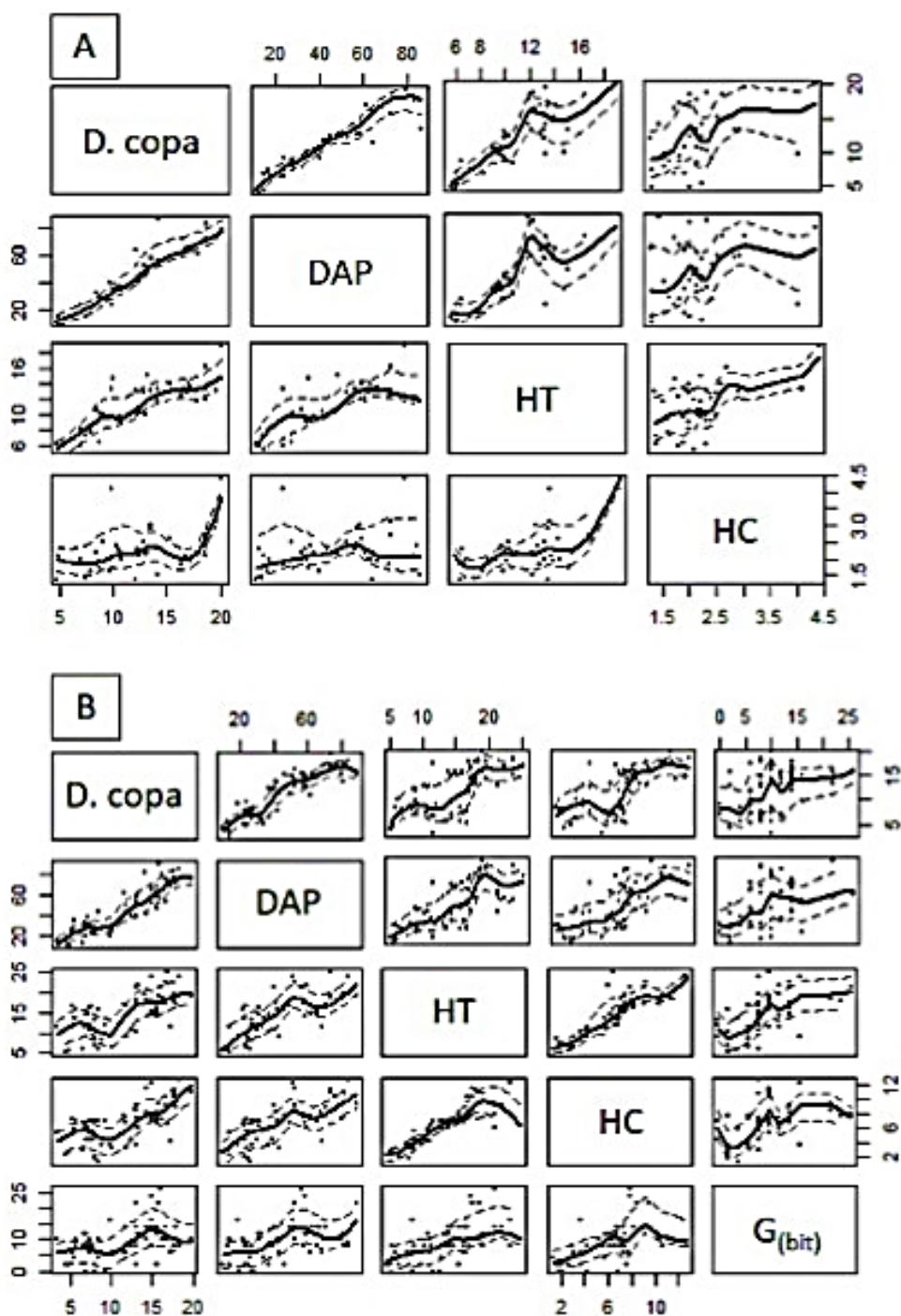
Tomando o diâmetro a altura do peito como parâmetro base, podemos dizer que com o aumento do diâmetro de copa existe um aumento do DAP, com uma correlação quase que linear para os indivíduos livres de competição e pouca variação para os indivíduos sob competição, em ambas situações foi altamente correlacionado de forma positiva.

O resultado da correlação da altura total em relação ao diâmetro à altura do peito indicou forte associação entre as variáveis para as duas condições e pouco diferem entre elas.

A altura do fuste não apresentou correlação significativa em relação ao diâmetro à altura do peito quando analisada para os indivíduos livres de competição, já para os indivíduos sob competição houve forte correlação positiva entre as variáveis. Os valores obtidos pela correlação estão dispostos na Tabela 5.

Nos indivíduos sob competição (Figura 2B) a densidade pontual de Bitterlich também correlacionou de forma moderada positiva com o diâmetro à altura do peito, a altura do fuste e altura total. Pode-se dizer que existe influência da competição no crescimento vertical dos indivíduos analisados.

Figura 2 – Representação gráfica bivariada de dispersão dos dados para as variáveis dendrométricas dos indivíduos livres de competição (A) e sob competição (B) de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.



Onde: D.copa = Diâmetro de copa (m); DAP = Diâmetro a altura do peito (cm); HT = Altura total (m); HF = Altura do fuste (m) e $G_{(bit)}$ = índice de densidade pontual de Bitterlich.

Fonte: O autor (2016).

Tabela 5 – Matriz de correlação de Pearson para as variáveis dendrométricas dos indivíduos analisados de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, no Município de Santa Maria - RS.

LIVRES DECOMPETIÇÃO	DC	DAP	HT	HF	G _(bit)
DC		0,94	0,80	0,31	-
DAP	<0,0001*		0,76	0,25	-
DNS	<0,0001	<0,0001	0,75	0,24	-
HT	<0,0001	<0,0001		0,51	-
HF	0,0135	0,1103	0,0006		-
G _(bit)	-	-	-	-	-
SOB COMPETIÇÃO					
DC		0,90	0,65	0,64	0,44
DAP	<0,0001		0,72	0,68	0,45
DNS	<0,0001	<0,0001	0,72	0,69	0,44
HT	<0,0001	<0,0001		0,85	0,56
HF	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,47
G _(bit)	0,0004	0,0003	<0,0001	0,0002	

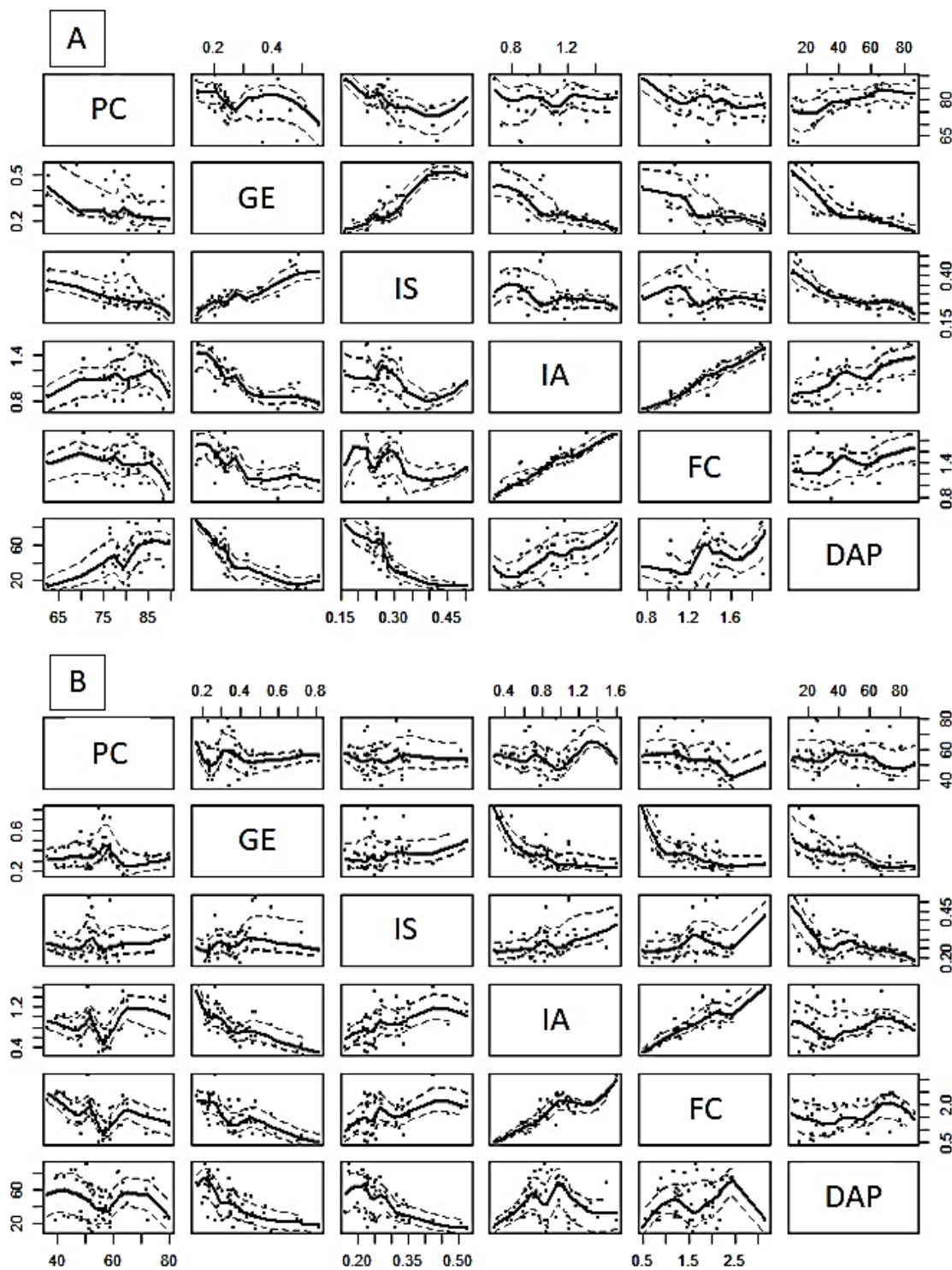
Onde: * = Valores em itálico-negrito representam as probabilidades; D.copa = Diâmetro de copa (m); DAP = Diâmetro a altura do peito (cm); DNS = Diâmetro ao nível do solo (cm); HT = Altura total (m); HF = Altura do fuste (m) e G_(bit) = índice de densidade pontual de Bitterlich.

Fonte: O autor (2016).

4.1.4 Correlação de Pearson para as variáveis morfométricas

Para avaliar a correlação das variáveis morfométricas foi feita a correlação de Pearson (Figura 3) e com os resultados foi observado que existe forte correlação negativa entre o DAP e o grau de esbeltez (GE) e com o índice de saliência (IS) para os indivíduos livres de competição (tabela 6), por se tratar de variáveis dependentes do DAP no denominador da razão para obtenção de seus valores, então quanto maior o DAP menor o valor destas variáveis. Observou-se também moderada correlação entre o DAP e a porcentagem de copa (PC), o formal de copa (FC) e forte correlação com o índice de abrangência (IA) para os indivíduos na condição de ausência de competição, existindo influência destas variáveis no aumento do DAP.

Figura 3 – Representação gráfica bivariada de dispersão dos dados para as variáveis morfométricas dos indivíduos livres de competição (A) e sob competição (B) de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.



Onde: PC = porcentagem de copa; GE = grau de esbeltez; IS= índice de saliência; IA = índice de abrangência; FC = formal de copa e DAP = diâmetro a altura do peito.

Fonte: O autor (2016).

Para os indivíduos sob competição os resultados da correlação de Pearson para o DAP demonstraram a mesma tendência negativa das árvores livres de competição com forte correlação negativa para o grau de esbeltez (GE) e índice de saliência (IS). A porcentagem de copa (PC) e o índice de abrangência (IA) tiveram fraca correlação com o DAP, sendo o primeiro com tendência negativa e o segundo positiva, o que resulta em diminuição do valor da variável PC e aumento no valor da variável IA com o aumento dos valores de DAP (Tabela 6). Apenas a variável formal de copa (FC) teve uma moderada correlação positiva com o DAP, indicando que mesmo sob competição em diâmetros a altura do peito maiores, existe maior formal de copa.

Tabela 6 – Matriz de correlação de Pearson para as variáveis morfométricas dos indivíduos livres de competição (A) e sob competição (B) analisados de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, no Município de Santa Maria - RS.

ISOLADAS	PC	GE	IS	IA	FC	DAP
PC		-0,40	-0,47	0,17	-0,21	0,57
GE	<i>0,0080*</i>		0,87	-0,76	-0,62	-0,83
IS	<i>0,0019</i>	<i><0,0001</i>		-0,39	-0,23	-0,80
IA	<i>0,2857</i>	<i><0,0001</i>	<i>0,0099</i>		0,93	0,63
FC	<i>0,1901</i>	<i><0,0001</i>	<i>0,1481</i>	<i><0,0001</i>		0,40
DAP	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i>0,0086</i>	
SOB COMPETIÇÃO						
PC		0,00	0,06	0,10	-0,40	-0,18
GE	<i>0,9811</i>		0,24	-0,70	-0,66	-0,66
IS	<i>0,6546</i>	<i>0,0671</i>		0,41	0,33	-0,59
IA	<i>0,4336</i>	<i><0,0001</i>	<i>0,0013</i>		0,86	0,18
FC	<i>0,0016</i>	<i><0,0001</i>	<i>0,0111</i>	<i><0,0001</i>		0,30
DAP	<i>0,1708</i>	<i><0,0001</i>	<i><0,0001</i>	<i>0,1613</i>	<i>0,0199</i>	

Onde: * = Valores em itálico-negrito representam as probabilidades; PC = porcentagem de copa; GE = grau de esbeltez; IS= índice de saliência; IA = índice de abrangência; FC = formal de copa e DAP = diâmetro a altura do peito.

Fonte: O autor (2016).

4.1.5 Correlação de Spearman para as variáveis qualitativas

Nas variáveis qualitativas, afim de identificar a correlação com o DAP e com a altura do fuste uma vez que ambas não correlacionaram de forma significativa entre si, foi utilizado a correlação de Spearman e os resultados obtidos (Tabela 7)

demonstraram que também não houve correlação significativa destas variáveis com a altura do fuste quando analisados os indivíduos isolados.

Para o DAP não houve correlação significativa com a inclinação do terreno e correlacionou de forma significativa negativa com as demais variáveis, ou seja nos maiores DAP's foram verificados indivíduos com melhores qualidade de forma de copa, como também, nos indivíduos com a condição de ausência de competição verifica-se uma maior densidade de copa nos maiores DAP's.

Não foram classificados indivíduos livres de competição quanto a posição sociológica por não se ter uma estrutura de povoamento ou de dossel no sítio em que os indivíduos estavam localizados, como também não foi coletado nenhum indivíduo isolado dos outros indivíduos com proximidade da água.

Tabela 7 – Matriz de correlação de Spearman para as variáveis qualitativas dos indivíduos analisados de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, (A) isolados e (B) sob competição, no Município de Santa Maria - RS.

A	DAP	HF	Fc	It	Dcop	Ps.	Água
DAP		0,25	-0,49	-0,07	-0,35	-	-
HF	<i>0,1100*</i>		-0,28	-0,17	0,01	-	-
Fc	<i>0,0010</i>	<i>0,0775</i>		0,20	0,63	-	-
It	<i>0,6556</i>	<i>0,2695</i>	<i>0,1972</i>		-0,07	-	-
Dcop	<i>0,0235</i>	<i>0,9330</i>	<i><0,0001</i>	<i>0,6609</i>		-	-
Ps	-	-	-	-	-	-	-
Água	-	-	-	-	-	-	-
B							
DAP		0,70	-0,60	0,39	-0,46	-0,49	0,10
HF	<i><0,0001</i>		-0,29	0,36	-0,42	-0,44	0,11
Fc	<i><0,0001</i>	<i>0,0268</i>		-0,35	0,22	0,39	0,06
It	<i>0,0244</i>	<i>0,0049</i>	<i>0,0069</i>		0,09	-0,16	-0,19
Dcop.	<i>0,0002</i>	<i>0,0007</i>	<i>0,0902</i>	<i>0,5123</i>		0,37	-0,16
Ps	<i><0,0001</i>	<i>0,0004</i>	<i>0,0020</i>	<i>0,2244</i>	<i>0,0032</i>		0,08
Água	<i>0,4270</i>	<i>0,3851</i>	<i>0,6745</i>	<i>0,1485</i>	<i>0,2229</i>	<i>0,5423</i>	

Onde: * = Valores em itálico-negrito representam as probabilidades; DAP = diâmetro a altura do peito; HF = altura do fuste; Fc= forma da copa; It = inclinação do terreno; Dcop =densidade de copa; Ps = posição sociológica; Água = proximidade da água.

Fonte: O autor (2016).

Nos indivíduos sob competição analisados, houve correlação significativa entre a altura do fuste e as variáveis analisadas com exceção da variável proximidade da água, nas demais, de acordo com a classificação definida para esse conjunto de dados em relação as variáveis, com o aumento da altura do fuste existe um fraca

correlação com a melhoria da forma da copa, como também uma moderada correlação com o aumento de densidade de copa e influência na posição sociológica. A inclinação do terreno também correlacionou e de forma positiva com a altura do fuste, a saber que, com o aumento da altura do fuste para os indivíduos analisados existe um moderado aumento na inclinação do terreno. Por se tratar de uma espécie heliófila, a timbaúva, quando estiver em um sítio com maior declividade e sob competição ela fará um maior investimento em crescimento vertical afim de livrar-se do sombreamento dos demais indivíduos nas posições superiores a ela no local.

A correlação entre o DAP e a proximidade da água não foi significativa, mas houve correlação entre o DAP e as demais variáveis, demonstrando que existe influência das variáveis forma da copa, densidade de copa e posição sociológica no aumento do DAP. Para a variável inclinação do terreno a correlação indica que quanto menor a inclinação do terreno, maior for o DAP, vale salientar que indivíduos de maiores diâmetros foram encontrados em maiores inclinações de terreno por se tratar de locais de difícil acesso em que não houve exploração passada.

4.1.6 Descrição das variáveis qualitativas correlacionadas com as variáveis dendrométricas (DAP e HF)

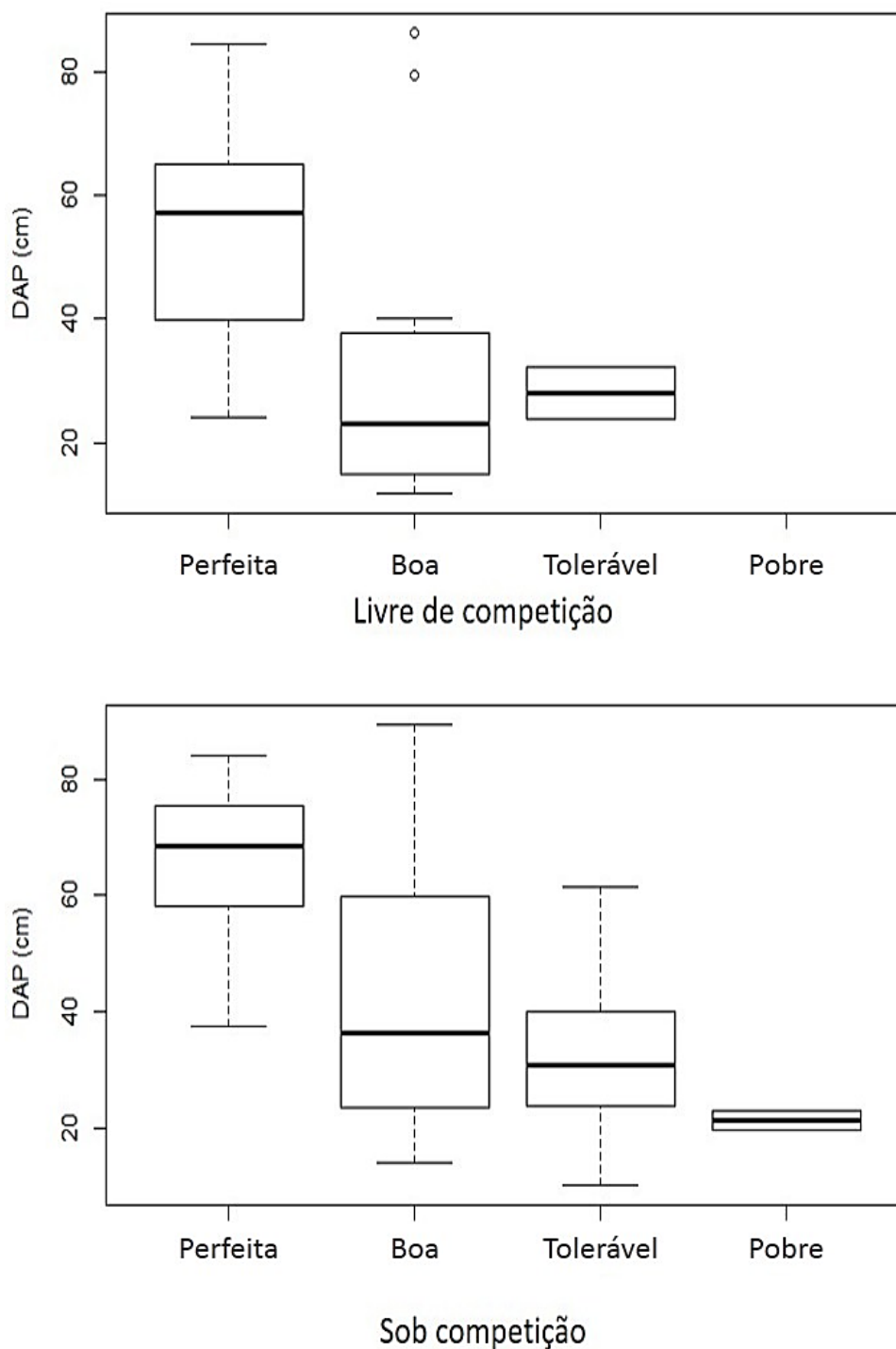
Para melhor compreensão dos resultados obtidos na correlação entre as variáveis qualitativas com o diâmetro a altura do peito e com a altura do fuste, foi feita a representação gráfica da dispersão dos dados de cada variável correlacionada nas condições de indivíduos livres de competição e indivíduos sob competição.

4.1.6.1 Relação entre DAP e forma da copa para os indivíduos livres de competição e sob competição

Existe uma tendência que pode ser observada na relação entre o DAP e a forma da copa nos indivíduos sem competição analisados, demonstrando que a maioria dos indivíduos com diâmetro a altura do peito maior que 40 cm possuem copa perfeita (Figura 4) e a maioria dos indivíduos de diâmetro a altura do peito menor que 40 cm possuem copas com variação estrutural ou irregulares, não sendo nenhum dos

indivíduos classificados com copa suprimida para este tipo de condição, por se tratar de ausência de competição.

Figura 4 – Distribuição dos valores observados da relação entre o diâmetro a altura do peito (cm) e a forma da copa nos indivíduos livres de competição e sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.



Fonte: O autor (2016).

Na classe 2 de forma da copa foram observados 2 indivíduos outliers, sendo constatado para ambos os indivíduos uma variação em um dos lados da copa. A variação de um dos lados da copa pode influenciar de forma direta nos valores da variável dendrométrica diâmetro de copa e indireta nas variáveis morfométricas índice de abrangência, índice de saliência e formal de copa.

Nos indivíduos sob competição foi observado um maior número de indivíduos nas classes 2 e 3 de forma da copa, sendo que em sua maioria os indivíduos com os maiores DAPs possuem uma forma de copa excelente e dois indivíduos pertencentes as duas primeiras classes de DAP foram classificados com copas ruins ou suprimidas.

A tendência da timbaúva sobre competição é sobrepor-se ao dossel do povoamento, comportamento obtido pelos indivíduos da primeira classe de forma de copa, porém a grande maioria dos indivíduos sob competição analisados encontra-se sofrendo influência negativa das competidoras por espaço e sobreposição de copas.

4.1.6.2 Relação entre o DAP e densidade da copa para os indivíduos livres de competição e sob competição

A maioria dos indivíduos livres de competição tiveram uma boa distribuição dos seus galhos em todos os quatro quadrantes de forma homogênea proporcionando uma melhor densidade de copa com média próxima aos 50 cm de DAP (figura 5), 8 indivíduos foram classificados com densidade de copa regular com a média dos indivíduos na primeira classe de DAP (10 – 19,9 cm) e apenas um indivíduo pertence a última classe, com baixa densidade de copa. Observa-se essa irregularidade nas classes de menor DAP estando este fato ligado ao processo de crescimento e estabelecimento do indivíduo no sítio.

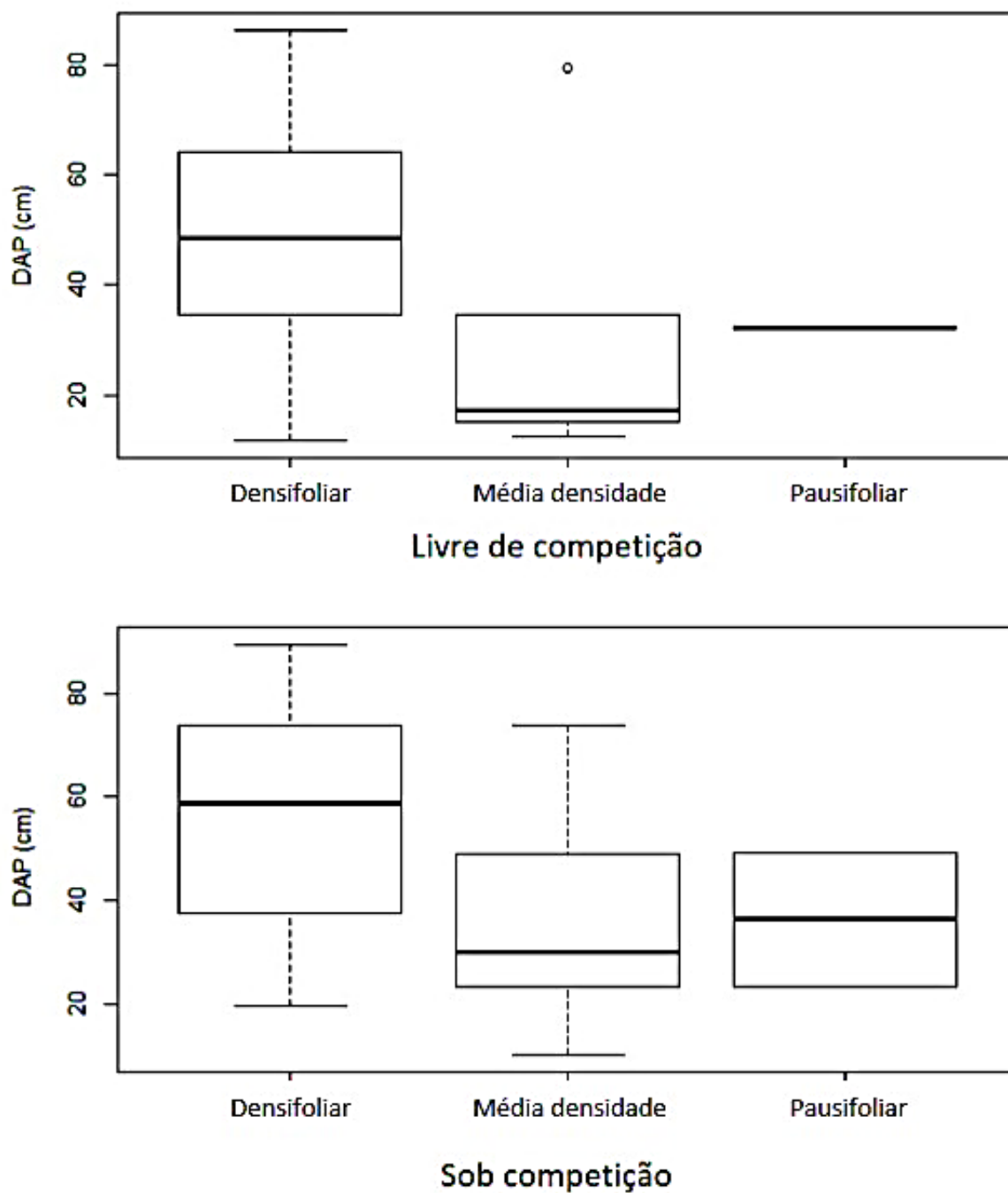
O mesmo comportamento foi observado para os indivíduos sob competição e a média da primeira classe de densidade de copa ficou próxima aos 60 cm de DAP, não sendo observados indivíduos com boa densidade de copa abaixo dos 20 cm de DAP.

Indivíduos na classes 2 e 3 de densidade de copa representam quase metade do conjunto de dados, isto muito provavelmente ocorre por influência da competição no crescimento e disposição dos galhos.

Quando se tem uma boa distribuição dos galhos na copa, uma melhor densidade de copa é verificada e a partir do momento que existe influência da

competição no espaço de ocupação da copa no dossel do povoamento a disposição dos galhos pode estar sendo alterada.

Figura 5 – Distribuição dos valores observados da relação entre o diâmetro a altura do peito (cm) e a densidade da copa nos indivíduos livres de competição e sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.



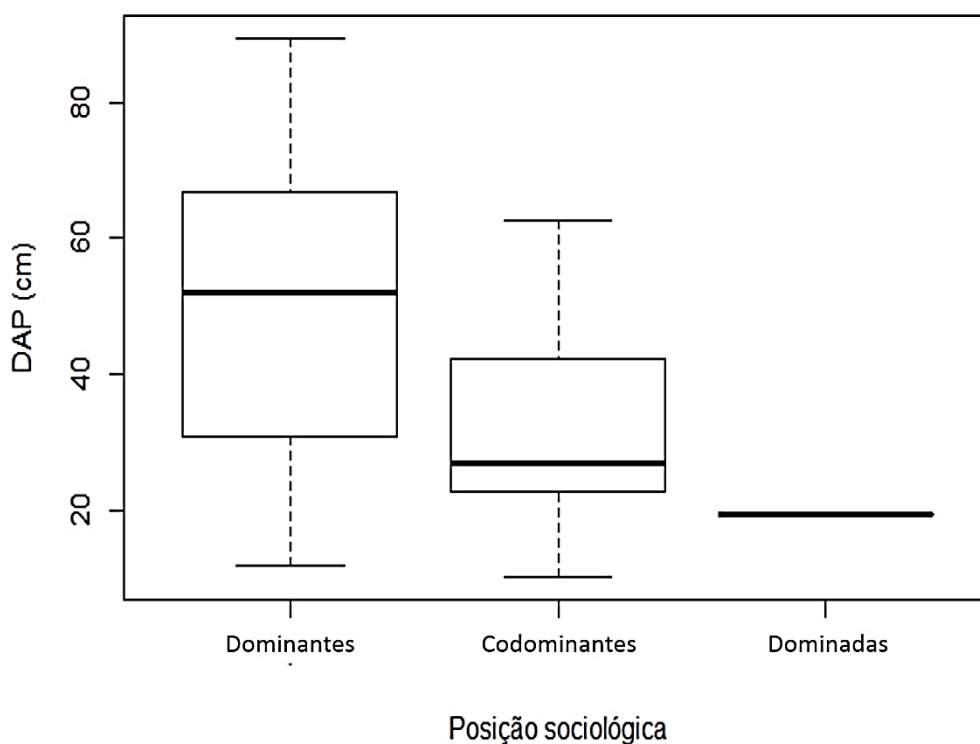
Fonte: O autor (2016).

4.1.6.3 Relação entre o diâmetro a altura do peito e a posição sociológica para os indivíduos sob competição

Foi observado com a amplitude de amostragem, indivíduos sob competição em todas as classes de DAP para a posição sociológica número 1 (Figura 6), demonstrando o comportamento pioneiro e heliófilo da espécie em estudo, na segunda classificação foram observados indivíduos desde a primeira classe até a classe de 60 a 69,9 de DAP, contudo a média deste grupo de indivíduos possui DAP inferior a 35 cm.

Não é comum identificarmos em campo indivíduos suprimidos de timbaúva, a não ser que este indivíduo esteja em estado de desenvolvimento e busca por luz como foi o caso do único indivíduo na classe 3 de posição sociológica registrado.

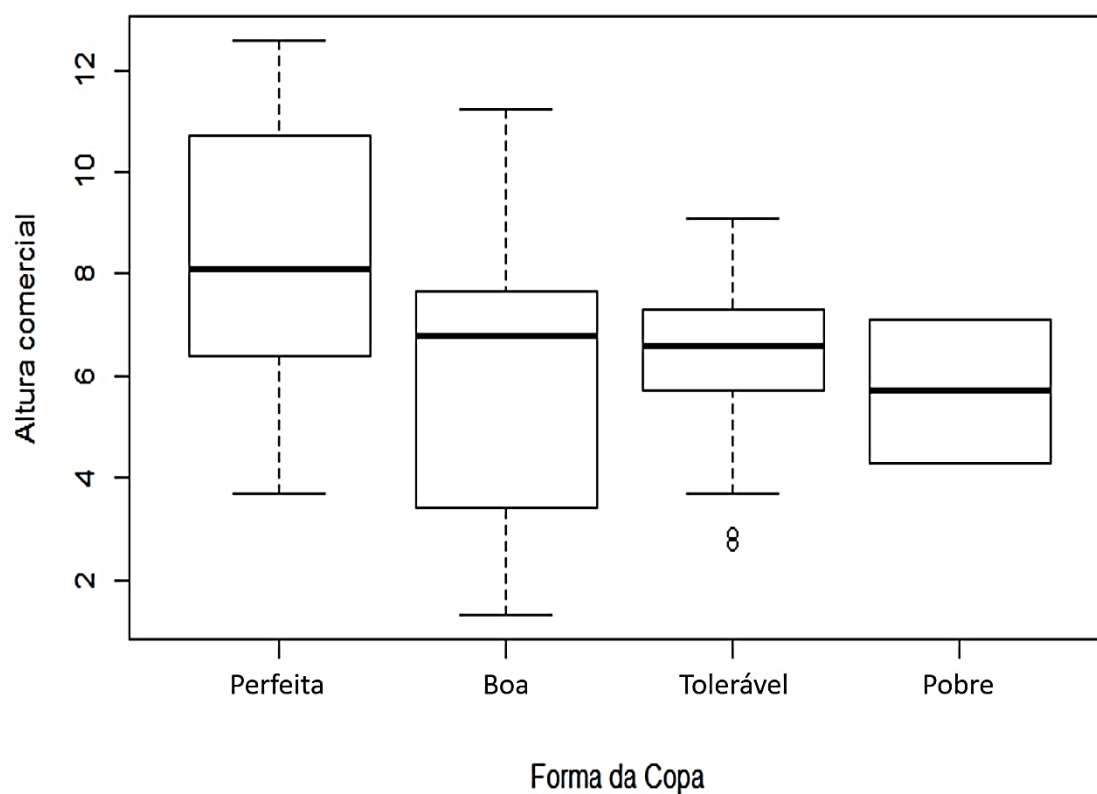
Figura 6 – Distribuição dos valores observados da relação entre o diâmetro a altura do peito (cm) e a posição sociológica nos indivíduos sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.



4.1.6.4 Relação entre altura do fuste e a forma da copa para os indivíduos sob competição

Não houve diferença de média entre as classes de forma de copa 2 e 3 em relação à altura do fuste dos indivíduos sob competição (Figura 7), porém existe uma pequena diferença de tendência da classe 1 e 4 para as demais classes levando-nos a compreensão de acordo com as observações que indivíduos de maior altura do fuste possuem melhor forma de copa em sua maioria.

Figura 7 – Distribuição dos valores observados da relação entre a altura do fuste (m) e a forma da copa nos indivíduos sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.

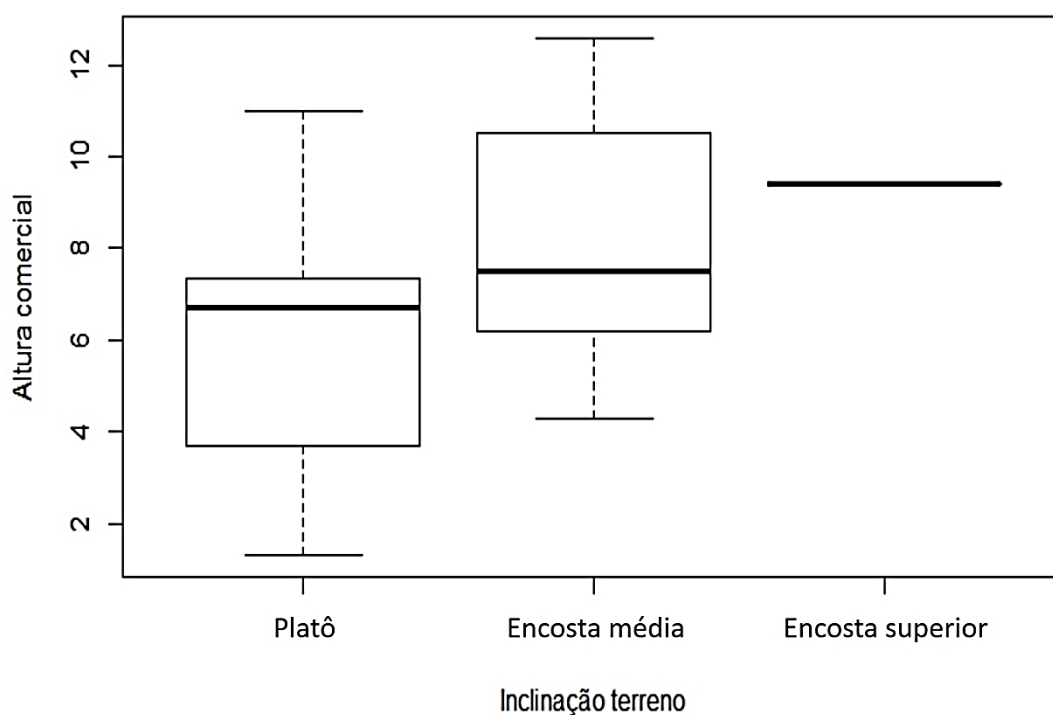


Fonte: O autor (2016).

4.1.6.5 Relação entre altura do fuste e a inclinação do terreno para os indivíduos sob competição

Não foi observado indivíduos com altura do fuste menor que 4 metros nas duas últimas classes de forma da copa (figura 8) e mesmo sendo verificadas diferentes alturas comerciais para a classe que não tem inclinação no terreno, existe uma tendência de que indivíduos sob competição com maiores alturas comerciais encontram-se em terrenos de maior inclinação, fato atribuído a estrutura funcional da floresta.

Figura 8 – Distribuição dos valores observados da relação entre a altura do fuste (m) e a inclinação do terreno nos indivíduos sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.

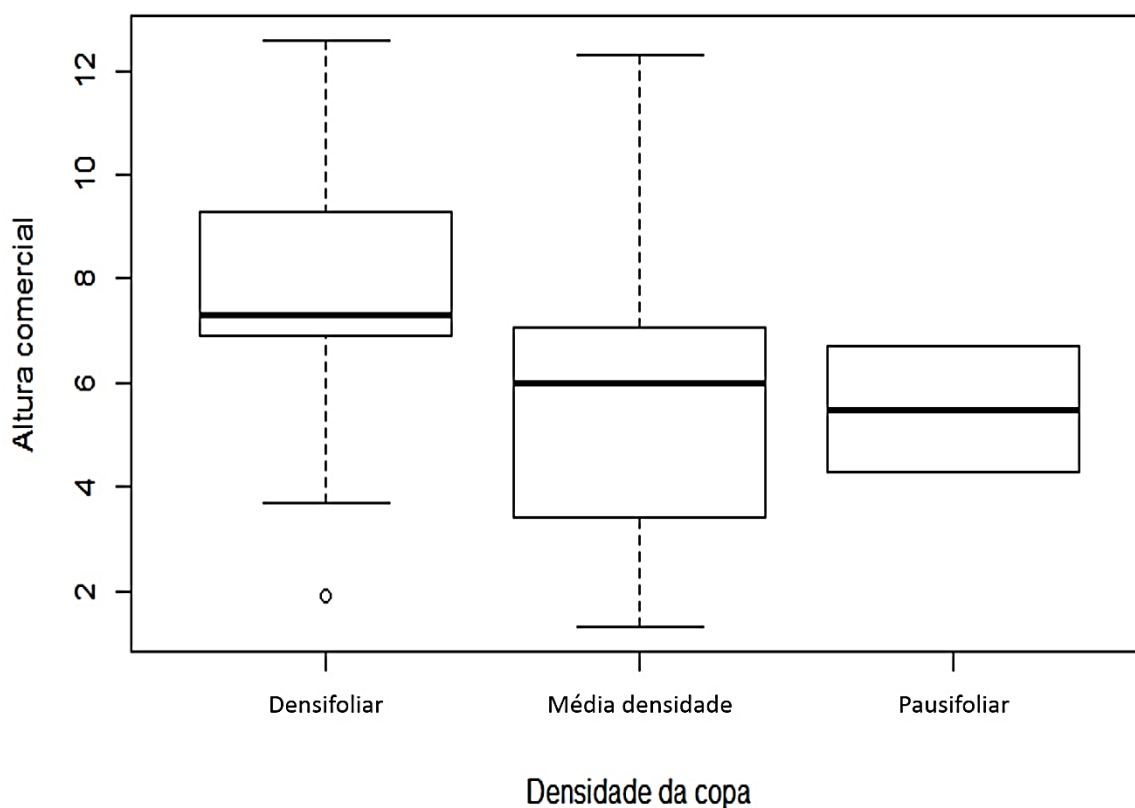


Fonte: O autor (2016).

4.1.6.6. Relação entre altura do fuste e a densidade de copa para os indivíduos sob competição

A distribuição dos dados de altura do fuste por densidade de copa teve ampla variação nas classes 1 e 2 (Figura 9), mas quando observa-se as médias de cada uma das classes verifica-se a tendência de que quanto maior for a densidade de copa maior será a altura do fuste desta espécie sob competição.

Figura 9 – Distribuição dos valores observados da relação entre a altura do fuste (m) e a densidade de copa nos indivíduos sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.

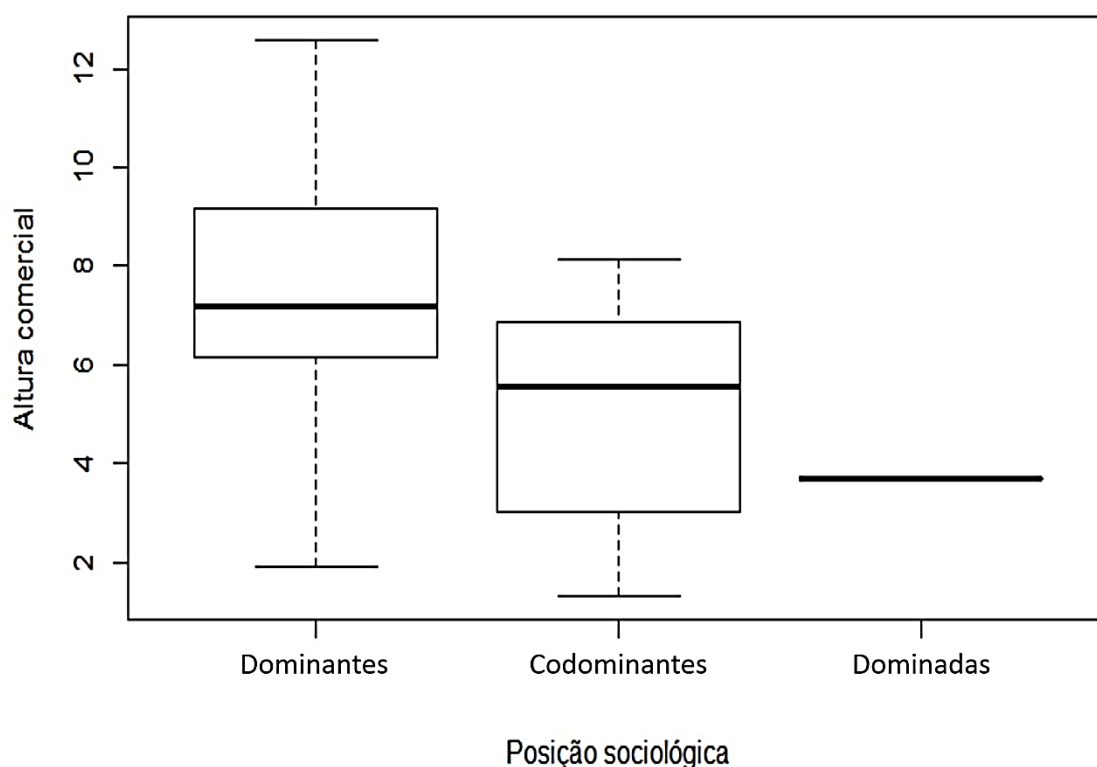


Fonte: O autor (2016).

4.1.6.7 Relação entre altura do fuste e a posição sociológica para os indivíduos sob competição

Foi observado o comportamento da altura do fuste nas classes de posição sociológica, verificando-se que por mais que exista variação nas alturas comerciais da classe 1 (Figura 10), a média desta apresenta-se superior as demais e o conjunto de dados apresenta característica decrescente entre suas médias da primeira à terceira classe de posição sociológica, o que demonstra que indivíduos de melhor posição sociológica possuem maior altura do fuste.

Figura 10 – Distribuição dos valores observados da relação entre a altura do fuste (m) e a densidade de copa nos indivíduos sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.



Fonte: O autor (2016).

4. 2 MODELAGEM DAS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E DO DIÂMETRO DE COPA

4.2.1 Modelagem do diâmetro de copa (DC)

A correlação de Pearson demonstrou forte associação positiva do diâmetro de copa com todas as variáveis dendrométricas em ambas as condições, desta forma foram utilizados para criação de um modelo geral, na modelagem pelo procedimento *stepwise*, as variáveis DAP, HT, HF com suas variações (x , x^2 , $1/x$ e \sqrt{x}) que resultaram em 12 variáveis, sendo selecionada apenas a variável \sqrt{DAP} (Tabela 8).

No primeiro passo do procedimento *stepwise* a variável \sqrt{DAP} foi a que demonstrou possuir maior correlação com a variável dependente, com valor de F de 527,78; No segundo passo foi observado que a entrada da segunda variável ($1/HT$) pouco acrescentou ao modelo, não sendo ela significativa e resultando na diminuição do valor de F, com isso a resolução do modelagem foi definida no primeiro passo.

Tabela 8 – Coeficientes e Parâmetros estatísticos do modelo de diâmetro de copa dos indivíduos analisados de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.

Passos	Variável	Coeficientes	R ² parc.	R ² mod.	F	Prob. > F
1	Intercepto	-3,86182**	0,8434	0,8434	527,78	<0,0001
	\sqrt{DAP}	2,40676**				
2	intercepto	-5,66594**	0,0031	0,8464	267,35	<0,0001
	\sqrt{DAP}	2,55296**				
	1/HT	9,69918 ^{ns}				

Sendo: \sqrt{DAP} = raiz do diâmetro à altura do peito (cm); $1/HT$ = inverso da altura total (m); R² parc. = coeficiente de determinação parcial; R² mod. = coeficiente de determinação do modelo; F = valor de F calculado do modelo; Prob.>F = nível de probabilidade de erro do modelo.

Fonte: O autor (2016).

Com a finalidade de comprovar estatisticamente que não há realmente diferença entre as condições e o nível desta relação (DC e \sqrt{DAP}) entre os indivíduos de timbaúva livres de competição e sob competição, realizou-se uma análise de

covariância (Tabela 9). Verificou-se que não houve diferença tanto em inclinação (Prob. > F = 0,7511), como em nível (Prob. > F = 0,4890) entre as condições.

Para esta variável foi observado que estando a maioria dos indivíduos sob competição no estrato superior, não estando as copas sob influência da competição, as condições não influenciaram.

Os resultados da análise de covariância evidenciam a possibilidade de utilização de um modelo único para descrever o diâmetro de copa em função da $\sqrt{\text{DAP}}$ nos indivíduos livres de competição e sob competição de timbaúva (Figura 11), já que a curva que descreve esta relação possui mesmo nível e inclinação para essas duas condições.

Essa relação permite prever o espaço exigido pelas árvores para o seu desenvolvimento, fazer inferências sobre a produtividade de cada indivíduo, como também, avaliar as relações de concorrência (DURLO et al., 2004).

Tabela 9 – Análise de covariância do modelo $\text{DC} = b_0 + b_1 \cdot \sqrt{\text{DAP}}$ para verificar diferença de nível e inclinação entre os indivíduos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.), em diferentes condições (sob competição e livres), no Município de Santa Maria - RS.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
Modelo	3	1620.0647	540.0216	177.80	<.0001
$\sqrt{\text{DAP}}$	1	1551.6183	1551.6183	510.86	<.0001
Condição	1	1.4655	1.4655	0.48	0.4890 ^{ns}
$\sqrt{\text{DAP}} \cdot \text{Condição}$	1	0.3075	0.3075	0.10	0.7511 ^{ns}
Erro	96	291.5781	3.0373		
Total	99	1911.6428			

Sendo: $\sqrt{\text{DAP}}$ = raiz do diâmetro à altura do peito (cm); FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2016).

Desta forma o modelo do diâmetro de copa para a espécie foi definido como $\text{DC} = -3.86182 + 2.40676 \cdot \sqrt{\text{DAP}}$, apresentando um bom ajuste e precisão com um coeficiente de determinação ajustado de 0,8418, ou seja mais de 84% da variação do diâmetro de copa foi explicado pela regressão com a utilização da variável $\sqrt{\text{DAP}}$. O

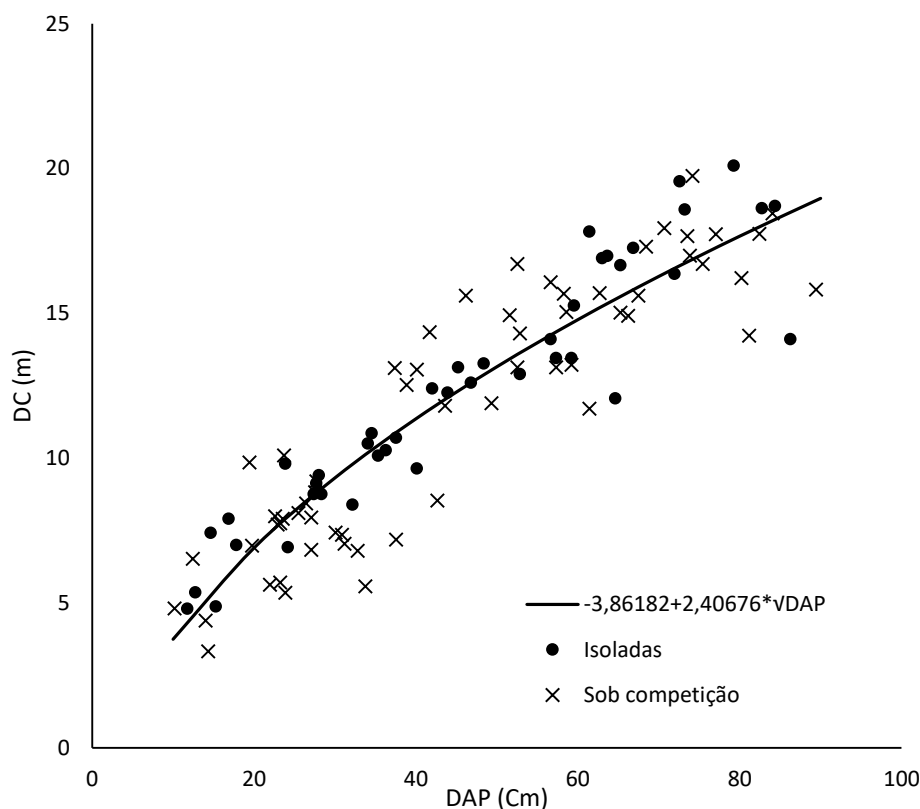
erro padrão da estimativa em porcentagem foi baixo ($S_{yx}\% = 14,67\%$), abrangendo grande parte da amplitude dos dados observados.

Os testes de condicionantes de regressão indicaram resíduos homocedásticos pelo teste de White ($\text{Prob.} > \chi^2 = 0,3733$) e distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ($\text{Prob.} = 0,0592$) comprovando assim um bom ajuste e precisão do modelo.

Obtendo resultados semelhantes, Pereira (2011), estudando *Cedrela fissilis* na região central do estado do Rio Grande do Sul, também utilizou modelos sem intercepto para expressar esta relação, sendo o modelo $DC = 0,176 \cdot DAP$ para Santa Maria e $DC = 0,200 \cdot DAP$ para Silveira Martins.

Vuaden (2013), trabalhando com *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. na mesma região modelou o diâmetro de copa pela equação $DC = 0,6159 + 0,1990 \cdot dap$ e obteve um $R^2_{Aj} = 0,86$ e $S_{yx} \% = 17,01$.

Figura 11 – Distribuição dos valores observados da relação entre o diâmetro de copa e o diâmetro à altura do peito e estimados pela \sqrt{DAP} dos indivíduos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.



Fonte: O autor (2016).

Daniel et al. (2013) trabalhando com *Pterodon emarginatus* Vogel em um sistema silvipastoril no Mato Grosso do Sul utilizou modelo com intercepto significativo para esta relação com a espécie, com $R^2_{Aj} = > 0,70$ e $S_{yx} \% = 19,7\%$.

Sendo a relação DC/DAP, também conhecida como índice de saliência, não diferindo entre as condições pode-se dizer que árvores sob competição possuem o mesmo diâmetro de copa que árvores livres de competição quando comparadas em relação ao DAP, ocupando o mesmo espaço no povoamento. Porém, quando comparada a relação do diâmetro de copa com a altura total dos indivíduos pode-se observar que indivíduos sob competição possuem maior altura que os indivíduos livres de competição, ou seja, menor índice de abrangência

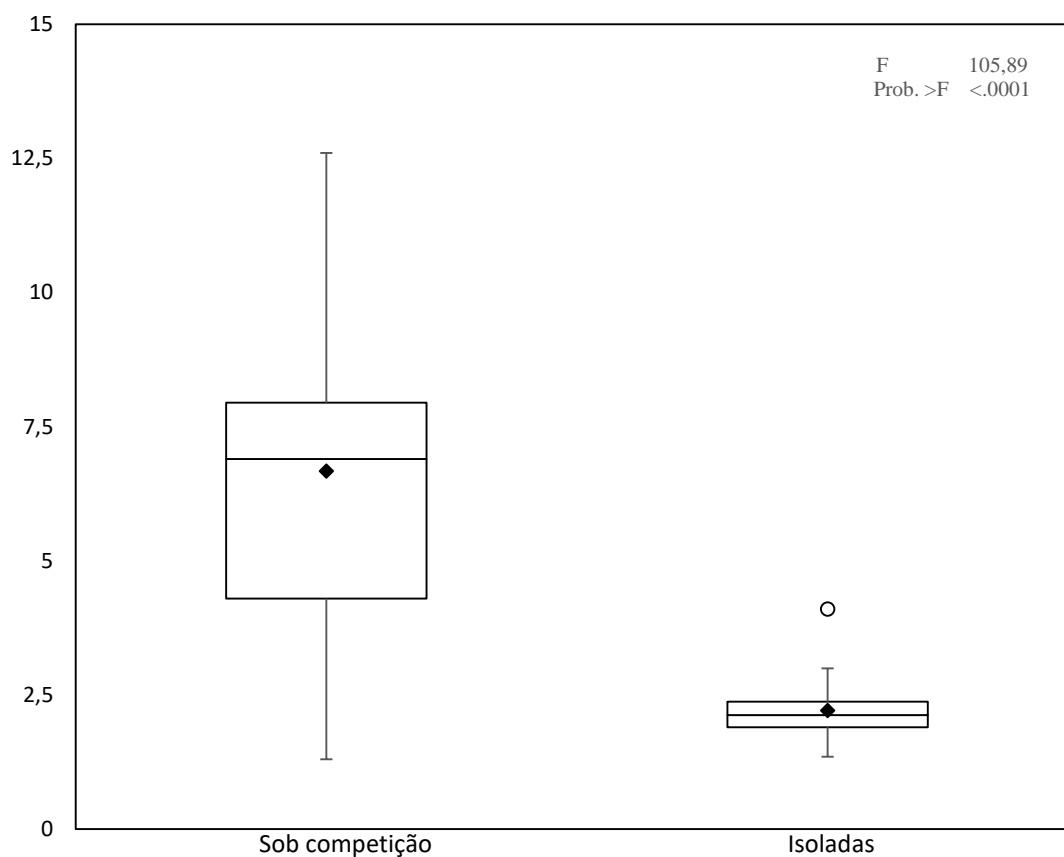
4.2.2 Modelagem da altura do fuste (HF)

Com os resultados obtidos pelas correlações de Pearson e ranqueada de Sperman para a variável dendrométrica altura do fuste, foi observado que não houve correlação entre as demais variáveis a não ser com a altura total para os indivíduos livres de competição de timbaúva, diante disto foi realizado um teste de médias entre as duas condições (Figura 12), afim de identificar-se possíveis diferenças no comportamento das timbaúvas sob competição e livres de competição.

Os resultados do teste Tukey-Kramer comprova que existem diferenças significativas entre as duas condições ($\text{Prob.} > F = < 0,0001$), também podemos observar que a altura do fuste pouco variou de tamanho nos indivíduos livres de competição e que a média (2,21 m) desta condição, por si só, já explica o seu comportamento, não sendo necessário a modelagem da altura do fuste para indivíduos livres de competição.

Vale salientar que o aproveitamento da madeira após o ponto de inversão morfológica ocorre com menor potencial, uma vez que a presença de bifurcações implica na produção de toras de menor dimensão, presença de nós e tortuosidade. A timbaúva possui comportamento distinto entre as condições e desta forma a condução dos indivíduos irá refletir em maior produção.

Figura 12 – Teste *Tukey-Kramer* para a altura do fuste dos indivíduos livres e sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria – RS



Fonte: O autor (2016).

4.2.2.1 Modelagem da altura do fuste dos indivíduos sob competição

Segundo os resultados obtidos pela correlação de Pearson a altura do fuste dos indivíduos sob competição teve associação com as demais variáveis dendrométricas, desta forma na modelagem pelo procedimento *stepwise*, foram utilizadas para criação do modelo geral as variáveis DAP com suas variações (x , x^2 , $1/x$ e \sqrt{x}) e mais o indicador de densidade $G_{(bit)}$ que resultaram em 5 variáveis, sendo selecionada a variável \sqrt{DAP} e não havendo significância para o intercepto (Tabela 10). Como o intercepto não foi significativo, foi feito um novo procedimento *stepwise* sem a presença do intercepto.

Tabela 10 – Coeficientes e Parâmetros estatísticos do modelo de altura do fuste dos indivíduos analisados sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.

Passos	Variável	coeficientes	R ² parc.	R ² mod.	F	Prob. > F
1	√DAP	1,03082**	0,9270	0,9270	736,58	<0,0001
2	√DAP	0,89429**	0,0043	0,9313	386,24	<0,0001
	G _(bit)	0,09457 ^{ns}				

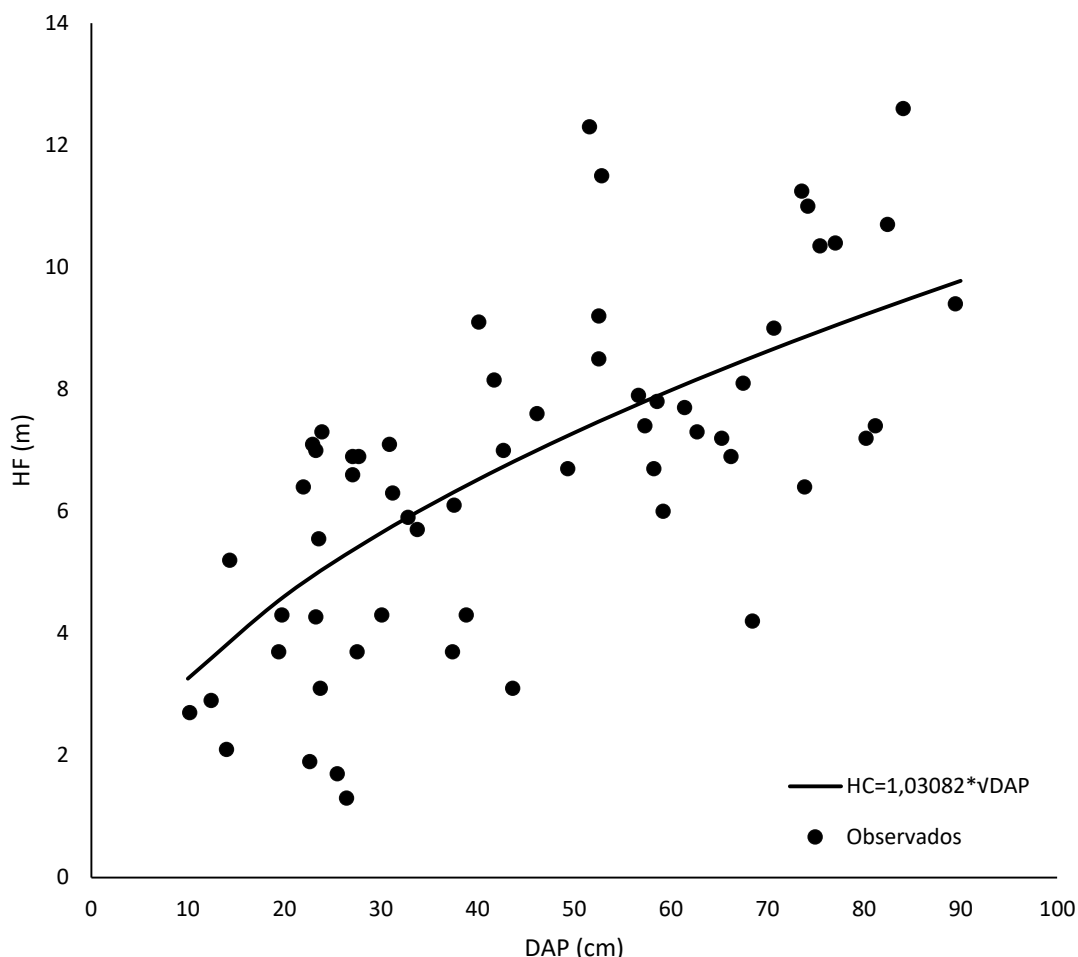
Sendo: √DAP = raiz do diâmetro à altura do peito (cm); G_(bit) = índice de densidade pontual de Bitterlich; R² parc. = coeficiente de determinação parcial; R² mod. = coeficiente de determinação do modelo; F = valor de F calculado do modelo; Prob.>F = nível de probabilidade de erro do modelo.

No primeiro passo do procedimento *stepwise* a variável √DAP foi selecionada por possuir maior correlação com a variável dependente, com valor de F = 736,58; No segundo passo foi observado que a entrada da segunda variável (G_(bit)) pouco acrescentou ao modelo, não sendo significativa e com probabilidade de F = 386,24, então a resolução do modelo foi definida no primeiro passo e a distribuição dos dados pode ser observado na Figura 13.

Com isso o modelo para altura do fuste sob competição de timbaúva ficou definido como $HF = 1,03082 \cdot \sqrt{DAP}$, apresentando um bom ajuste e precisão com um coeficiente de determinação ajustado de 0,9257, ou seja, aproximadamente 93% da variação da altura do fuste foi explicada pela regressão com a utilização das variável √DAP. O erro padrão da estimativa em porcentagem foi baixo ($S_{yx}\% = 29,39\%$), abrangendo grande parte da amplitude dos dados observados.

Os testes de condicionantes da regressão indicaram resíduos homocedásticos pelo teste de White (Prob. > $\chi^2 = 0,2851$) e distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (Prob.= > 0,150) comprovando assim um bom ajuste e precisão do modelo, apesar da grande variação existente no conjunto de dados.

Figura 13 – Valores observados da relação entre a altura do fuste e o diâmetro à altura do peito e estimados pelo modelo $HF = b_1 \cdot \sqrt{DAP}$ dos indivíduos sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria, RS.



Fonte: O autor (2016).

4.2.3. Modelagem da altura total (HT)

A altura total associou-se com todas variáveis dendrométricas segundo os resultados obtidos na correlação de Pearson, com isso na modelagem pelo procedimento *stepwise*, foi utilizada para criação do modelo geral a mesma variável dendrométrica utilizada para a modelagem da altura do fuste, com exceção do indicador de densidade $G_{(bit)}$ por se tratar de indivíduos livres de competição e sob competição, com suas variações (x , x^2 , $1/x$ e \sqrt{x}) que resultaram em 4 variáveis, sendo selecionadas apenas a variável \sqrt{DAP} e não havendo significância para o intercepto

(Tabela 11). Como o intercepto não foi significativo, foi feito um novo procedimento *stepwise* sem a presença do intercepto.

Tabela 11 – Coeficientes e Parâmetros estatísticos do modelo de altura total livres e sob competição dos indivíduos analisados de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.

Passos	Variável	coeficientes	R ² parc.	R ² mod.	F	Prob. > F
1	√DAP	2,00129**	0,9392	0,9392	1530,47	<0,0001
2	√DAP	2,20091**	0,0020	0,9413	785,50	<0,0001
	DAP ²	-0,00037 ^{ns}				

Sendo: √DAP = raiz do diâmetro à altura do peito (cm); DAP² = quadrado do diâmetro à altura do peito; R² parc. = coeficiente de determinação parcial; R² mod. = coeficiente de determinação do modelo; F = valor de F calculado do modelo; Prob.>F = nível de probabilidade de erro do modelo.

Fonte: O autor (2016).

Pelo procedimento *Stepwise* a variável √DAP foi a que mais explicava a altura total. Logo, foi feita análise de covariância entre as árvores livres e sob competição para comprovar estatisticamente que não há realmente diferença entre as condições e o nível desta relação (Tabela 12) com uso do modelo: $HT = b_1 \cdot \sqrt{DAP}$.

Verificou-se que houve diferença de inclinação (Prob. > F = 0,0188) mas não houve em nível (Prob. > F = 0,4520) entre as condições.

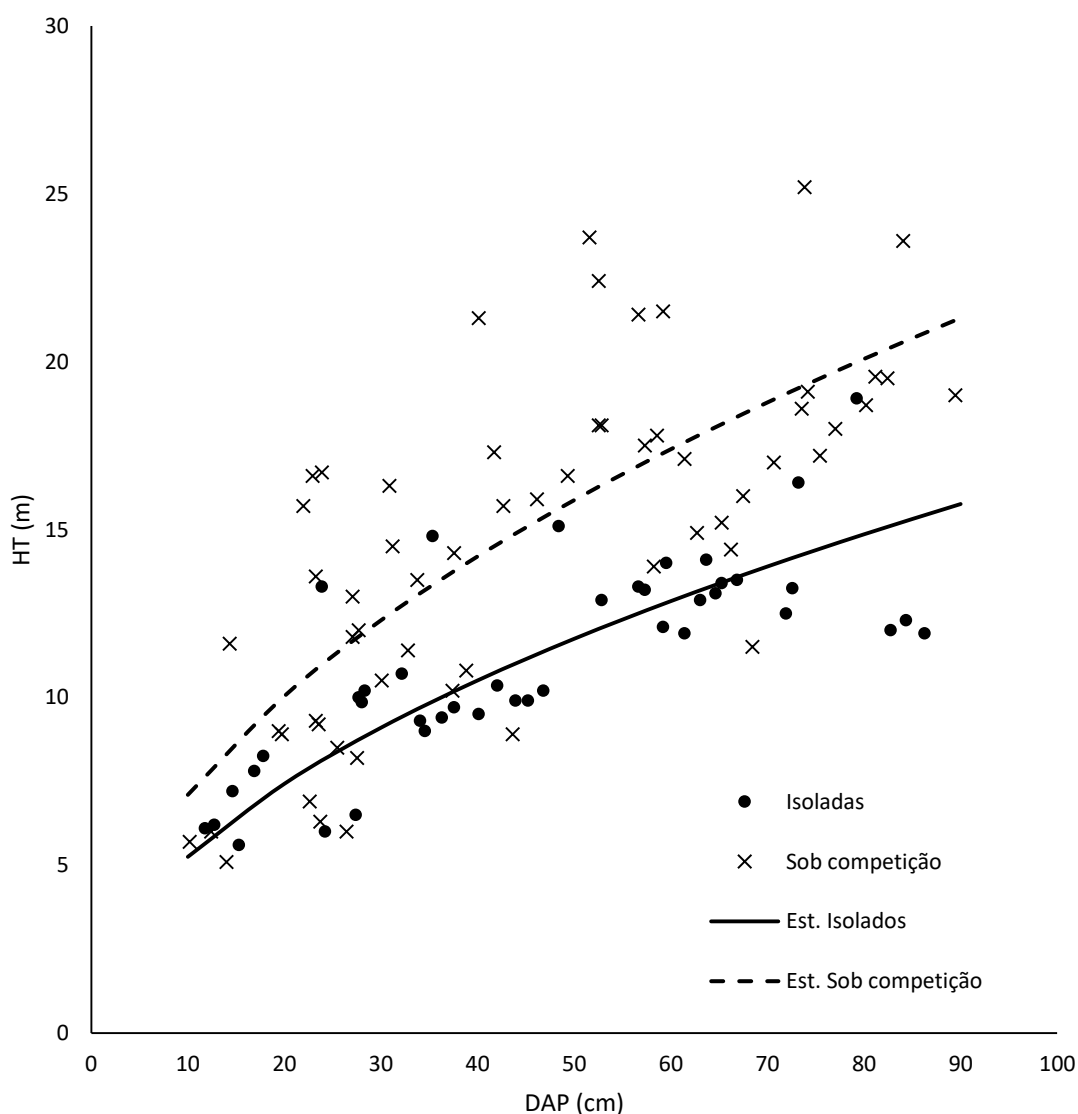
Tabela 12 – Análise de covariância do modelo $HT = b_1 \cdot \sqrt{DAP}$ para verificar diferença de nível e inclinação entre os indivíduos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.), em diferentes condições (sob competição e livres), no Município de Santa Maria - RS.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
Modelo	3	18702,32007	4675,58002	563,37	<,0001
√DAP	1	892,0688313	892,0688313	107,49	<,0001
Condição	1	8,28131	4,14066	0,50	0,6088 ^{ns}
√DAP*Condição	1	47,4129440	47,4129440	5,71	0,0188 *
Erro	96	796,732431	8,299296		
Total	99	2137,037275			

Sendo: √DAP = raiz do diâmetro à altura do peito (cm); FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro.

Quando observamos a dispersão dos dados de altura total para as duas condições podemos comprovar os resultados obtidos na análise de covariância em que indivíduos sob competição possuem maiores alturas totais quando comparados aos indivíduos livres de competição, ou seja, diferença em inclinação (Figura 14), apresentando uma taxa de crescimento em altura maior com o aumento do diâmetro.

Figura 14 – Valores observados da relação entre a altura total e o diâmetro à altura do peito e estimados em função da variável \sqrt{DAP} para os indivíduos livres e sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria, RS.



Fonte: O autor (2016).

Segundo Zanon et al. (1996), torna-se necessário estudar a relação hipsométrica pois possibilita conhecer com precisão a altura das árvores, indiretamente, reduzindo o tempo e o custo do levantamento de dados do inventário.

O crescimento dos indivíduos sob competição em altura demonstrou ser maior que nos indivíduos livres de competição diante disto, com o intuito de melhor compreender o comportamento desta relação e devido a existência de diferença entre as alturas total nas condições, foram feitas modelagens para os indivíduos de timbaúva livres de competição e sob competição em separado, estimando desta forma modelos mais ajustados e condizentes com cada uma situação.

4.2.3.1 Modelagem da altura total (HT) para indivíduos livres de competição

Com a utilização de um novo procedimento *Stepwise* foi feito a seleção da variável $\sqrt{\text{DAP}}$, sendo coincidente com o modelo geral, que melhor teve relação com a variável de interesse com o valor de $F = 1405,70$, sendo mais uma vez o intercepto não significativo para o modelo (Tabela 13).

Tabela 13 – Coeficientes e Parâmetros estatísticos do modelo de altura total dos indivíduos livres de competição analisados de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.

Passos	Variável	Coeficientes	R ² parc.	R ² mod.	F	Prob. > F
1	$\sqrt{\text{DAP}}$	1,66161**	0,9723	0,9723	1405,70	<0,0001
2	$\sqrt{\text{DAP}}$	1,83542**	0,0024	0,9747	752,36	<0,0001
	DAP ²	-0,00039 ^{ns}				

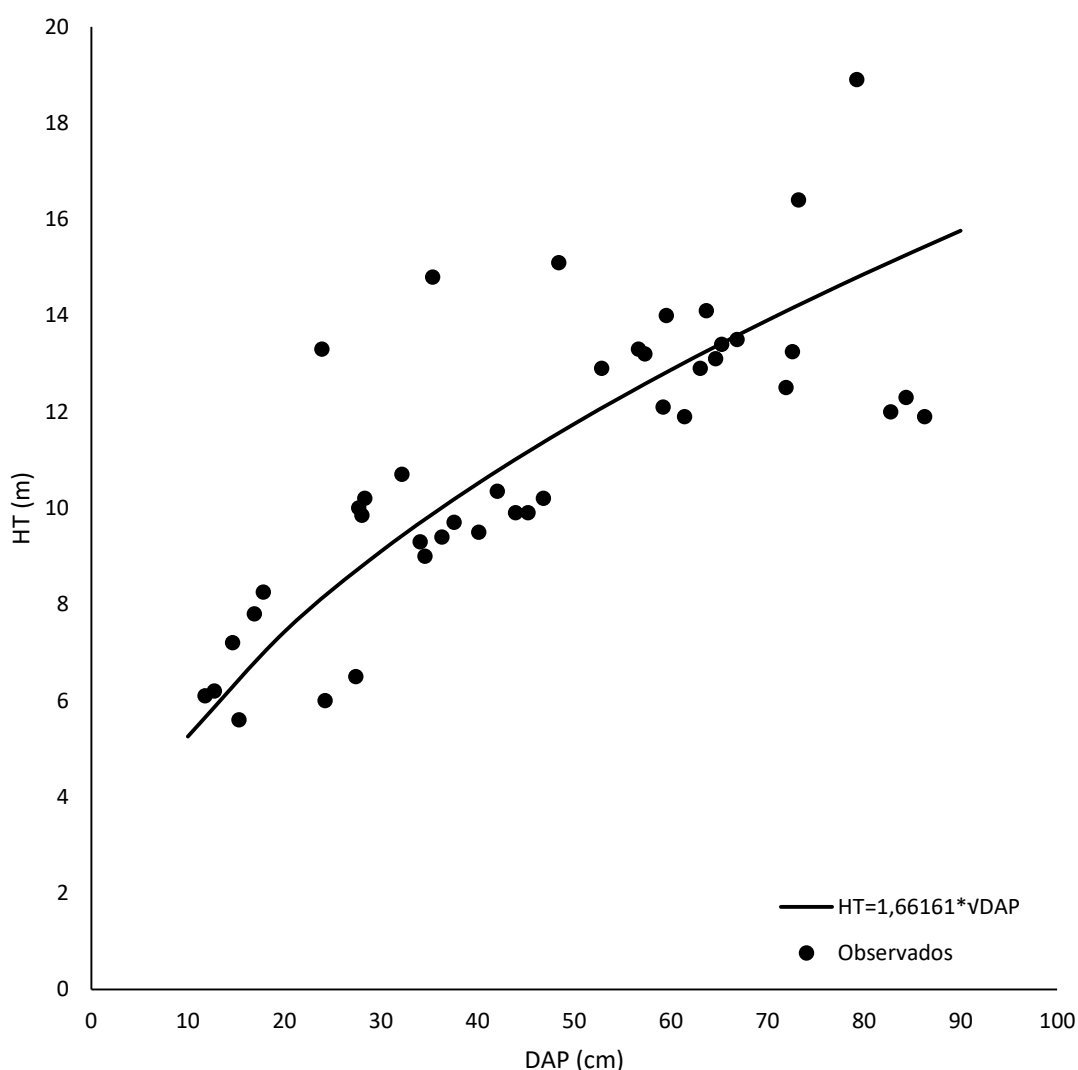
Sendo: $\sqrt{\text{DAP}}$ = raiz do diâmetro à altura do peito (m); DAP² = inverso do diâmetro à altura do peito; R² parc. = coeficiente de determinação parcial; R² mod. = coeficiente de determinação do modelo; F = valor de F calculado do modelo; Prob.>F = nível de probabilidade de erro do modelo.

Fonte: O autor (2016).

A variável quadrado do diâmetro à altura do peito não foi significativa, não sendo selecionada e o procedimento *Stepwise* parou no primeiro passo. O modelo de altura total para os indivíduos de timbaúva livres de competição ficou então definido como: $HT_{(\text{Livres de competição})} = 1,66161 * \sqrt{\text{DAP}}$, com melhor estimativa dos valores observados (Figura 15), apresentando um bom ajuste e precisão com um coeficiente de determinação ajustado de 0,9723, ou seja, aproximadamente 97% da variação da

altura total para os indivíduos livres de competição foi explicada pela regressão com a utilização da variável $\sqrt{\text{DAP}}$. O erro padrão da estimativa em porcentagem foi baixo ($S_{yx}\% = 17,43\%$), abrangendo grande parte da amplitude dos dados observados.

Figura 15 – Distribuição dos valores observados da relação entre a altura total e o diâmetro à altura do peito e estimados em função da variável $\sqrt{\text{DAP}}$ para os indivíduos livres de competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria, RS



Fonte: O autor (2016).

Os testes de condicionantes da regressão indicaram resíduos homocedásticos pelo teste de White (Prob. > $\chi^2 = 0,5654$) e distribuição normal pelo teste de

Kolmogorov-Smirnov (Prob.= > 0,048) comprovando assim um bom ajuste e precisão do modelo.

No trabalho de Vuadem (2013) com *Cordia trichotoma*, com ajuste da equação de Stofels descreveu essa relação para árvores livres e sob competição e relata que os indivíduos sob competição investem mais em altura que os indivíduos livres de competição.

4.2.3.2 Modelagem altura total (HT) sob competição

Com as variáveis do modelo geral e o acréscimo da variável de densidade pontual, por se tratar de indivíduos sob competição, foi feito um novo procedimento *stepwise* em que as variáveis selecionadas foram $\sqrt{\text{DAP}}$ e $G_{(\text{bit})}$, não sendo o intercepto significativo (Tabela 14).

Tabela 14 – Coeficientes e Parâmetros estatísticos do modelo de altura total dos indivíduos sob competição analisados de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.

Passos	Variável	Coeficientes	R ² parc.	R ² mod.	F	Prob. > F
1	$\sqrt{\text{DAP}}$	2,23416**	0,9531	0,9531	1199,15	<0,0001
2	$\sqrt{\text{DAP}}$	1,87800**	0,0062	0,9593	683,24	<0,0001
	$G_{(\text{bit})}$	0,24555**				

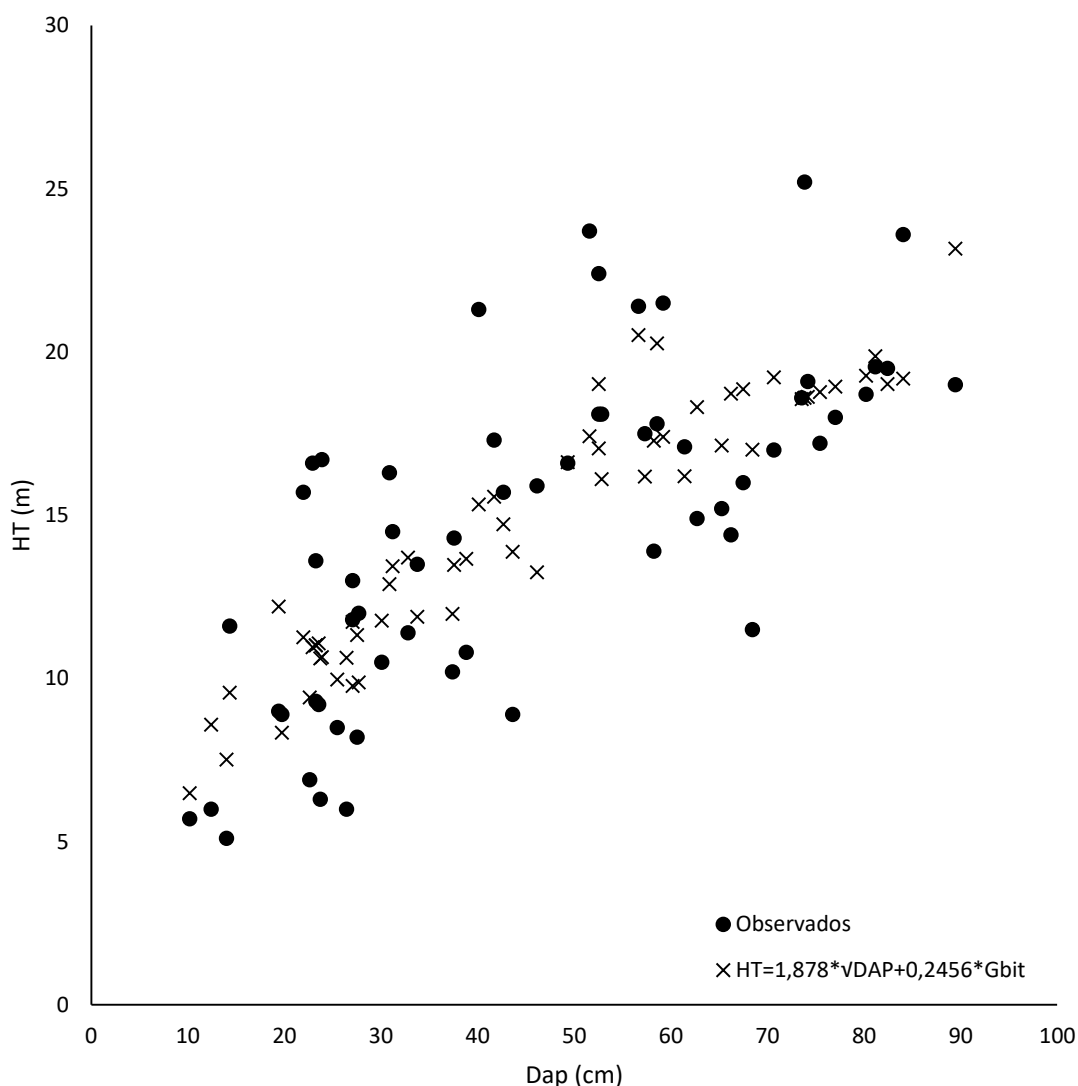
Sendo: $\sqrt{\text{DAP}}$ = raiz do diâmetro à altura do peito (m); $G_{(\text{bit})}$ = índice de densidade pontual de Bitterlich; R² parc. = coeficiente de determinação parcial; R² mod. = coeficiente de determinação do modelo; F = valor de F calculado do modelo; Prob.>F = nível de probabilidade de erro do modelo.

No primeiro passo do procedimento *stepwise* a variável $\sqrt{\text{DAP}}$ foi selecionada por possuir maior correlação com a variável dependente, com valor de F = 1199,15; No segundo passo foi observado que a entrada da segunda variável ($G_{(\text{bit})}$) sendo também significativa a 1% de probabilidade com valor de F = 683,24 ocasionando a diminuição do valor de F para o modelo geral com uma melhor estimativa dos valores observados (Figura 16), então a resolução do modelo foi definida no segundo passo.

Com a entrada da variável de densidade ao modelo, pode-se inferir que a presença de competição influencia de forma direta no crescimento em altura dos indivíduos. Foi observado em campo que os indivíduos de timbaúva sob competição

em sua maioria estavam fazendo parte do dossel na condição de dominante ou predominante corroborando com a característica heliófila da espécie.

Figura 16 – Distribuição dos valores observados da relação entre a altura total e o diâmetro à altura do peito e estimados em função do modelo $HT = b_1 \cdot \sqrt{DAP} + b_2 \cdot G_{(bit)}$ para os indivíduos livres competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados no Município de Santa Maria, RS.



Fonte: O autor (2016).

Desta forma o modelo de altura total para os indivíduos de timbaúva sob competição ficou então definido como: $HT_{(sob\ competição)} = 1,87800 \cdot \sqrt{DAP} + 0,2456 \cdot G_{(bit)}$, apresentando um bom ajuste e precisão com um coeficiente de determinação ajustado de 0,9579, ou seja, aproximadamente 96% da variação da altura total para os indivíduos sob competição foi explicada pela regressão com a utilização das variáveis

\sqrt{DAP} e $G_{(bit)}$. O erro padrão da estimativa em porcentagem foi baixo ($S_{yx}\% = 21,67\%$), abrangendo grande parte da amplitude dos dados observados.

Os testes de condicionantes de regressão indicaram resíduos homocedásticos pelo teste de White (Prob. $> \chi^2 = 0,7864$) e distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (Prob.= 0,150) comprovando com isso um bom ajuste e precisão do modelo.

Variações nas características dos dados acarretam necessidade de ajuste de modelos para cada situação em particular, o que leva a um dispêndio maior de tempo (MENDONÇA, et al. 2015), mas para um maior ajuste as divisões nos dados são necessárias.

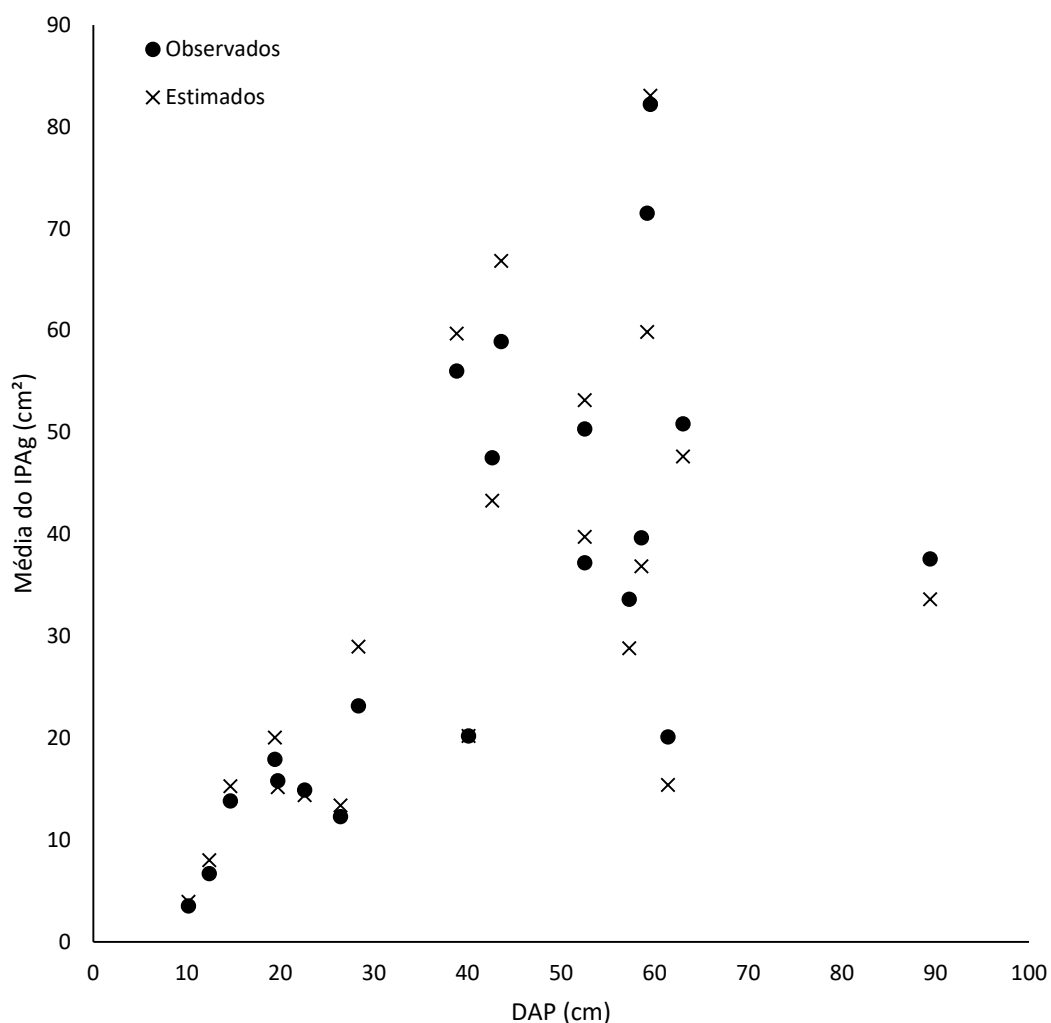
4.3 MODELAGEM DO CRESCIMENTO EM ÁREA BASAL

4.3.1. Checagem da estimativa do crescimento periódico em área basal

Pela correlação de Pearson verificou-se que os dados obtidos na coleta de dados geral possui alta associação com os dados da checagem com os 21 indivíduos (0,98) e apresentam um desvio médio percentual de -1,26%, existindo um insignificante aumento na taxa de crescimento do incremento periódico anual em área basal dos indivíduos checados, demonstrando uma excelente acurácia no levantamento dos dados.

A comparação entre as estimativas do crescimento feito pela análise dos anéis e a checagem pouco variou, desta forma pode-se dizer que os resultados obtidos na estimativa do crescimento em área basal nos rolos de incremento são confiáveis e podem ser utilizados para a modelagem as médias anuais de incremento em área basal entre as medições (Figura 17).

Figura 17 – Checagem dos valores observados do crescimento periódico em área basal médio após dois anos de medição em função do diâmetro à altura do peito para 21 indivíduos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria, RS.

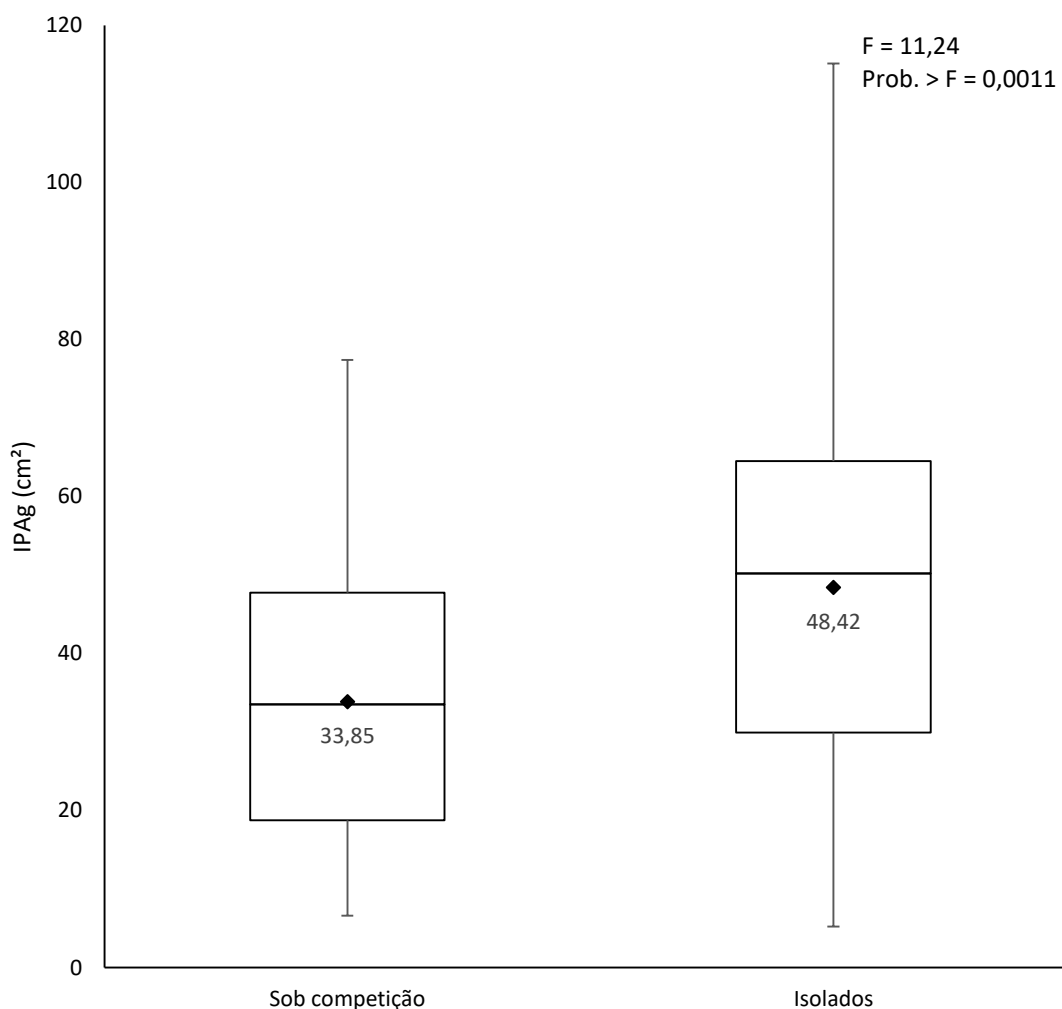


Fonte: O autor (2016).

4.3.2 Teste de *Tukey-Kramer* para as médias dos incrementos periódicos anuais em área basal

Diante das diferenças existentes entre as variáveis dendrométricas analisadas para as duas condições em que estavam inseridos os indivíduos de timbaúva, foi realizado um teste de média para os incrementos periódicos em área basal afim de identificar possíveis diferenças entre eles (Figura 18).

Figura 18 – Teste de Tukey-Kramer para as médias observadas do crescimento periódico em área basal para os indivíduos isolados e sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.



Fonte: O autor (2016).

Foi observado pelo resultado do teste de *Tukey-Kramer* que existe grande variação dos dados em cada condição, porém o indivíduo de maior crescimento do incremento nos indivíduos sob competição não ultrapassou a marca de 80 cm² e a média entre as condições diferiu de forma significativa. Os indivíduos isolados crescem em área basal em média 48,42 cm² por ano, enquanto os indivíduos sob competição crescem em média 33,85 cm² também por ano.

Torna-se necessário fazer a modelagem do incremento periódico anual em área basal nos indivíduos de timbaúva de forma separada por condição, para que assim possa-se atingir melhores ajustes no modelo.

4.3.3 Modelagem do crescimento periódico em área basal dos indivíduos livres de competição

Foram utilizadas no procedimento *Stepwise* para criação do modelo de crescimento periódico em área basal dos indivíduos livre de competição a variável dendrométrica DAP com suas variações (x , x^2 , $1/x$ e \sqrt{x}), as variáveis morfométricas DC, GE, IS, P.copa, F.copa e as variáveis qualitativas não foram selecionadas nos resultados da correlação de Pearson na tentativa de estimar com mais precisão o ajuste do modelo e resultando em 10 variáveis, das quais apenas as transformações das variáveis dendrométricas ($1/DAP$ e DAP^2) foram selecionadas e os passos de regressão calculados no procedimento *Stepwise* foram agrupados na Tabela 15, juntamente com os parâmetros estatísticos do modelo.

Verificou-se a necessidade da transformação Box e Cox na variável dependente (IPg%) que originou um valor de lambda com o zero contido no intervalo de confiança. Esse resultado demonstrou que a melhor transformação a ser empregada fosse logarítmica, sugerido por autores como Box e Cox (1964) e Schneider et al. (2009).

Tabela 15 – Coeficientes e Parâmetros estatísticos do modelo de crescimento periódico em área basal dos indivíduos livres de competição analisados de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.

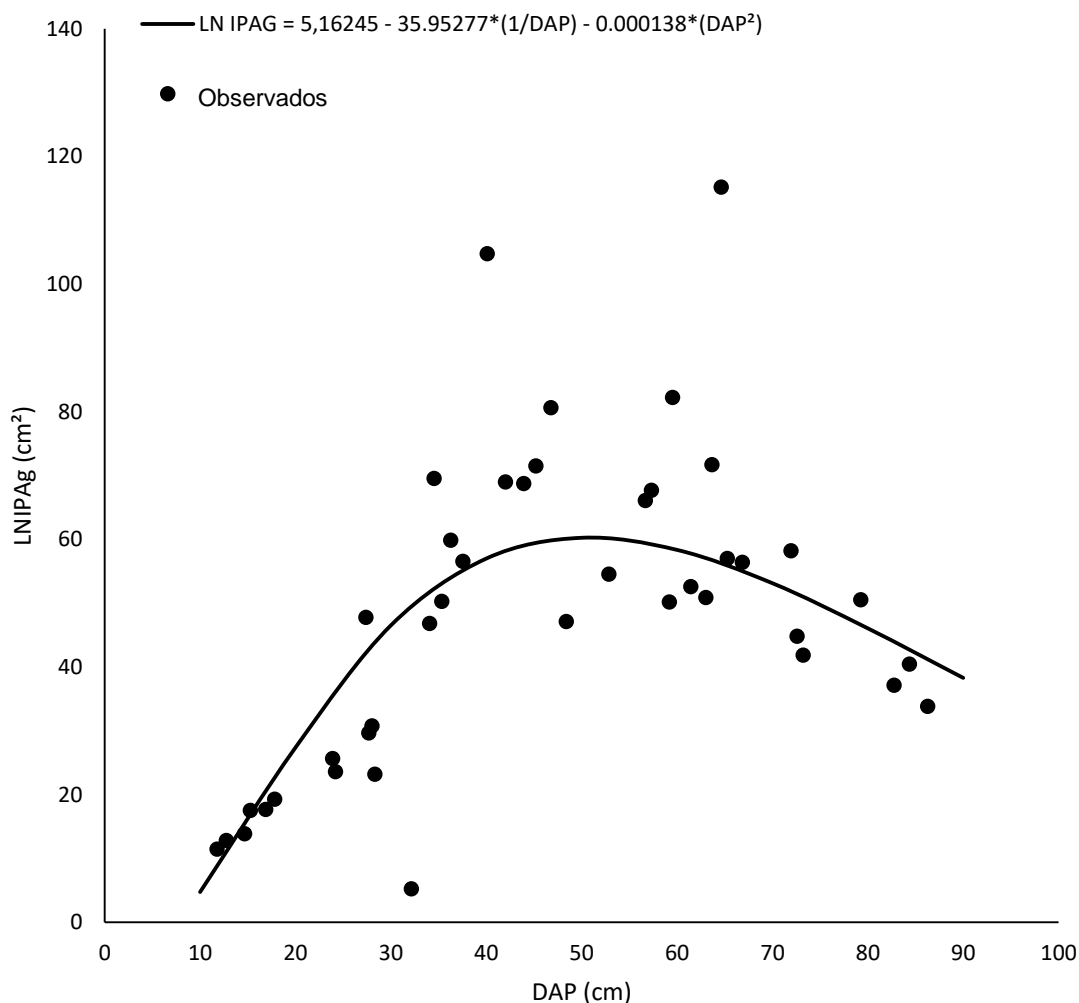
Passos	Variável	coeficientes	R ² parc.	R ² mod.	F	Prob. > F
1	Intercepto	4,44898**	0,6575	0,6575	76,78	<0,0001
	1/DAP	-24,07351**				
2	Intercepto	5,16245**	0,1166	0,7741	66,81	<0,0001
	1/DAP	-35,95277**				
	DAP ²	-0,000138**				
3	Intercepto	-7,52854**	0,0660	0,8401	64,54	<0,0001
	1/DAP	26,40775 ^{ns}				
	DAP ²	-0,00046**				
	LN(DAP)	3,16483**				

Sendo: $1/DAP$ = Inverso do diâmetro à altura do peito (cm); DAP^2 = diâmetro à altura do peito elevado ao quadrado; R² parc. = coeficiente de determinação parcial; R² mod. = coeficiente de determinação do modelo; F = valor de F calculado do modelo; Prob.>F = nível de probabilidade de erro do modelo.

Fonte: O autor (2016).

No primeiro passo do procedimento *stepwise* a variável $1/DAP$ foi selecionada com maior correlação com a variável dependente, com valor de $F = 76,78$; No segundo a variável selecionada foi DAP^2 com valor de $F = 20,13$ ocasionando a diminuição do valor de F para o modelo geral mas com uma melhor estimativa dos valores observados (Figura 19); No terceiro passo a variável selecionada foi $LN(DAP)$ que foi significativa, porém passando a não ser significativa a variável inverso do diâmetro à altura do peito, então a resolução do modelo foi definida no segundo passo.

Figura 19 – Distribuição dos valores observados da relação entre o crescimento periódico em área basal e o diâmetro à altura do peito estimados em função do modelo $LN(IPAg) = b_0 + b_1 \cdot 1/DAP + b_2 \cdot DAP^2$ para os indivíduos livres competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.



Desta forma, o modelo para o crescimento periódico em área basal (IPAg) dos indivíduos livres de competição de timbaúva ficou definido como $LN(IPAg) = 5,16245 - 35,95227 * (1/DAP) - 0,000138 * (DAP^2)$, apresentando um bom ajuste e precisão se tratando de uma espécie advinda de floresta heterogênea, com um coeficiente de determinação ajustado de 0,7741, ou seja, maior que 77% da variação do crescimento periódico em área basal foi explicada pela regressão com a utilização das variáveis $1/DAP$ e DAP^2 . O erro padrão da estimativa em porcentagem foi baixo ($S_{yx}\% = 7,28\%$), abrangendo grande parte da amplitude dos dados observados.

A pesar da presença de pontos possíveis inflacionados a equação resultante da variável DAP mostrou ter bom ajuste com os dados coletados, resultados semelhantes ao de Vuaden (2013) em que utilizou uma equação sem intercepto em função do DAP para estimar o incremento periódico anual em área basal de Louro pardo, com $R^2_{Aj} = 0,94$ e $CV_{(\%)} = 27\%$.

Tratando-se de uma variável de fácil obtenção, que nos remete a um menor tempo gasto nos levantamentos de dados e menor custo, o DAP, demonstra também alta associação com o incremento periódico anual em área basal, sendo esta variável selecionada para o ajuste de equações na maioria das pesquisas voltadas ao crescimento.

Cavalli (2013) trabalhando com *Cedrela fissillis* Vell. ajustou a equação na forma logarítmica em função do DAP e da relação H/D, com coeficiente de determinação ajustado de 0,66 e erro padrão da estimativa em porcentagem de 11%.

Os testes de condicionantes da regressão indicaram dados homocedásticos pelo teste de White (Prob. $> \chi^2 = 0,5134$) e distribuição normal dos resíduos pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (Prob. $= > 0,150$) comprovando assim um bom ajuste e precisão do modelo.

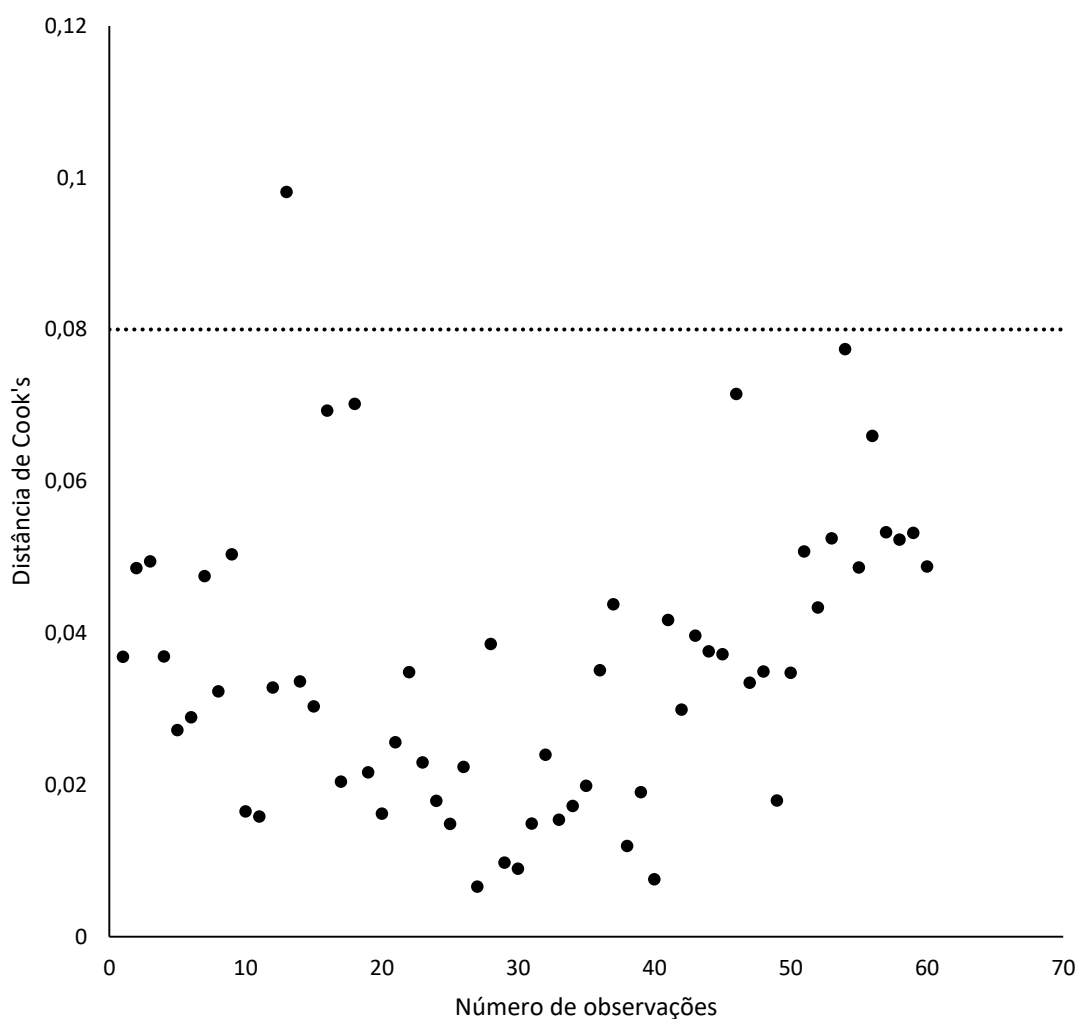
Propositalmente os pontos influentes foram deixados na análise dos dados para que se tenha conhecimento do comportamento dos indivíduos livres de competição com alta taxa de crescimento.

4.3.4 Modelagem do crescimento periódico em área basal dos indivíduos Sob de competição

Foram feitas as correlações de Pearson e em seguida o procedimento *Stepwise* para criação do modelo de crescimento periódico em área basal dos indivíduos sob

competição com as variáveis dendrométricas correlacionadas HF, HT e DAP com suas variações (x , x^2 , $1/x$ e \sqrt{x}), as variáveis qualitativas Fcopa, Dens.copa., PS e P.água, as variáveis morfométricas DC, CC, HD e IS com o intuito de estimar com mais precisão o ajuste do modelo e resultando em 14 variáveis, das quais foram selecionadas a variável dendrométrica \sqrt{DAP} e a variável qualitativa proximidade da água, também foi observado pela distância de Cook's ($D > 0,080$) um ponto inflacionado denominado "outlier" (Figura 20). Existem situações em que as observações não são influentes individualmente, mas em grupo e, para casos como este, recomenda-se, o controle dos pontos influentes, adotar o auxílio de estimador robusto (SOUZA, 1998).

Figura 20 – Detecção dos pontos influentes nos dados observados de crescimento periódico em área basal dos indivíduos sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria - RS.



Fonte: O autor (2016).

A partir desta verificação, foi retirado o ponto inflacionado e refeito um novo procedimento *Stepwise* e desta vez a variável que melhor associou-se com o IPAg foi a $\sqrt{\text{DAP}}$ e novamente a variável qualitativa proximidade da água, os passos de regressão recalculados no procedimento *Stepwise* foram agrupados na Tabela 16, juntamente com os parâmetros estatísticos do modelo.

Tabela 16 – Coeficientes e Parâmetros estatísticos do modelo de crescimento periódico em área basal dos indivíduos sob competição analisados de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.

Passos	Variável	coeficientes	R ² parc.	R ² mod.	F	Prob. > F
1	Intercepto	-18,17896*	0,6074	0,6074	88,19	<0,0001
	$\sqrt{\text{DAP}}$	8,06082**				
2	Intercepto	-21,66684**	0,0868	0,6942	63,57	<0,0001
	$\sqrt{\text{DAP}}$	7,77227**				
	P. água	10,20980**				
3	Intercepto	-26,42143**	0,0140	0,7083	45,51	<0,0001
	$\sqrt{\text{DAP}}$	10,41955**				
	P. água	10,55850**				
	DC	-1,09340 ^{ns}				

Sendo: $\sqrt{\text{DAP}}$ = raiz do diâmetro à altura do peito (cm); P. água = Proximidade da água; DC = diâmetro de copa; R² parc. = coeficiente de determinação parcial; R² mod. = coeficiente de determinação do modelo; F = valor de F calculado do modelo; Prob.>F = nível de probabilidade de erro do modelo.

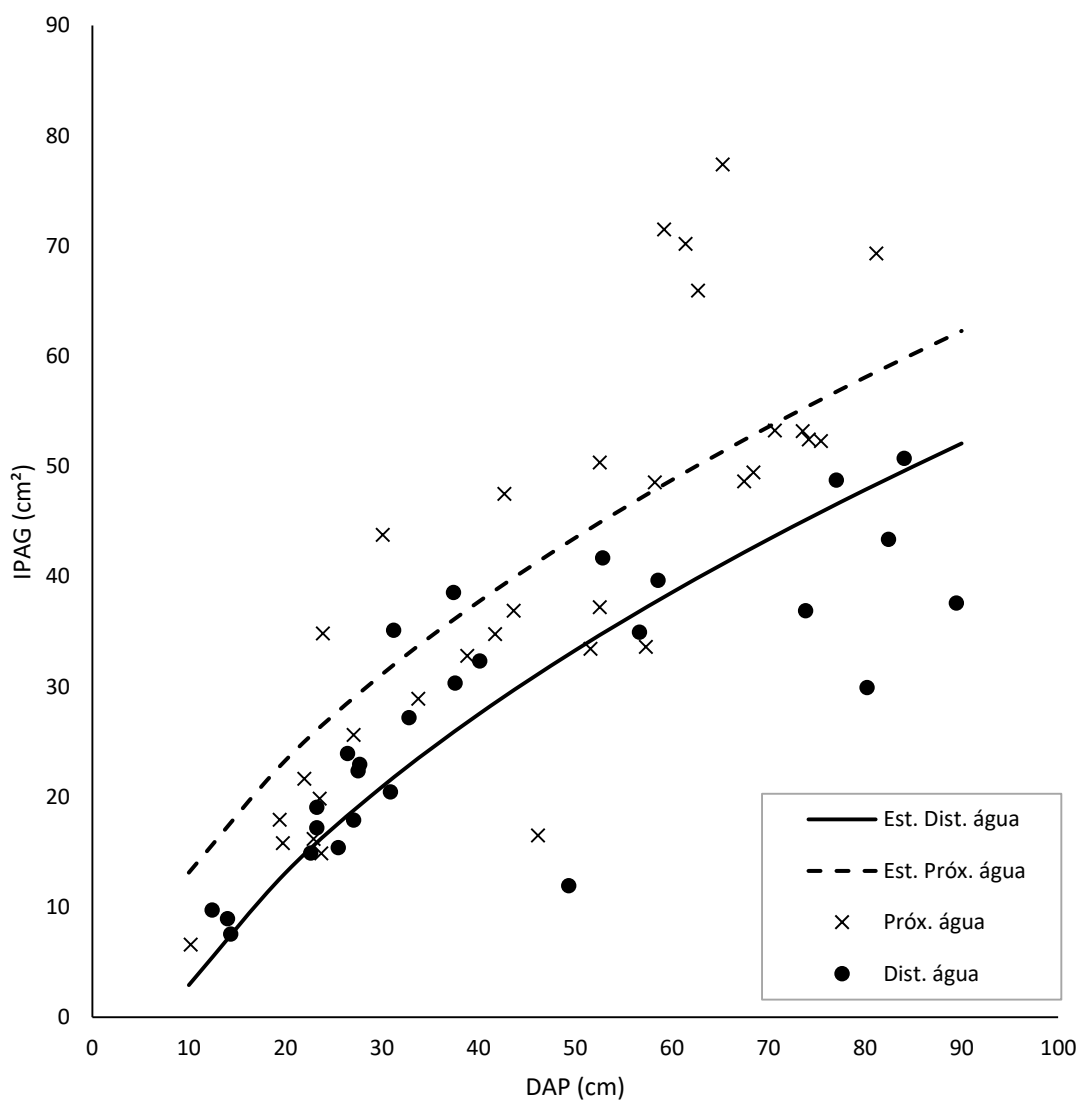
Fonte: O autor (2016).

No primeiro passo do procedimento *Stepwise* a variável $\sqrt{\text{DAP}}$ foi selecionada com maior correlação com a variável dependente, com valor de F = 88,19; No segundo a variável selecionada foi P. água com valor de F = 15,90 ocasionando a diminuição do valor de F para o modelo geral mas com uma melhor estimativa dos valores observados (Figura 21); No terceiro passo a variável selecionada foi DC, não sendo esta significativa ao modelo e chegando a resolução do modelo no segundo passo.

Com todos os ajustes feitos, o modelo para o crescimento periódico em área basal (IPAg) dos indivíduos sob competição de timbaúva ficou definido como $\text{IPAg} = -21,66684 + 7,77227 * \sqrt{\text{DAP}} + 10,20980 * \text{P. água}$, com um bom ajuste e precisão para uma espécie advinda de floresta heterogênea, com um coeficiente de determinação ajustado de 0,6942, ou seja, aproximadamente 69% da variação do crescimento periódico em área basal foi explicada pela regressão com a utilização das variável

$\sqrt{\text{DAP}}$ e proximidade da água. O erro padrão da estimativa em porcentagem foi baixo ($S_{yx}\% = 28,55\%$), abrangendo grande parte da amplitude dos dados observados.

Figura 21 – Distribuição dos valores observados da relação entre o crescimento periódico em área basal e o diâmetro à altura do peito estimados em função do modelo $\text{IPAg} = b_0 + b_1 \cdot \sqrt{\text{DAP}} + b_2 \text{P.água}$ para os indivíduos sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.



Onde: Próx. água = valores observados próximo a água; Dist. Água = valores observados distantes da água; Est. Dist. Água = valores estimados para os indivíduos distantes da água; Est. Próx. Água = valores estimados para indivíduos próximo a água

Fonte: O autor (2016).

A seleção da variável P.água indica que indivíduos de timbaúva que estão próximos a água recebem um acréscimo de 10,2098 cm² no valor do IPAg, ou seja, indivíduos próximo a água possuem uma maior taxa de crescimento anual que os indivíduos que estão distantes da água.

Em florestas heterogêneas a busca por explicações sobre o crescimento não pode apenas se ater das variáveis dendrométricas e morfométricas dos indivíduos, mas sim também devem ser observadas as possíveis causas que influenciam o crescimento.

Cunha et al. (2016), trabalhando com 4 espécies nativas no Acre ajustou equações de estimativa de IPAg em função do comprimento de copa, da competição e de variável para presença de lianas e identificou a influência da liana no crescimento da espécie *Cedrela odorata*.

Resultados semelhantes em relação ao uso de variáveis de qualidade obteve Costa et al. (2015) trabalhando com araucária em Santa Catarina, em que ajustou a equação para o crescimento em porcentagem de área basal em função do DAP, formal da copa e comprimento de copa com presença de variáveis categóricas explicando mais de 80% dos dados ($R^2=0,8038$), com baixo erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$) de 25,77%.

Os testes de condicionantes da regressão indicaram dados homocedásticos pelo teste de White (Prob. > $\chi^2 = 0,1732$) e distribuição normal dos resíduos pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (Prob.= > 0,150) comprovando assim um bom ajuste e precisão do modelo.

O incremento é afetado por fatores internos e externos, bióticos e abióticos, dentre eles os edafoclimáticos como a temperatura, a luminosidade, a gravidade, a disponibilidade de água e sais minerais, os níveis de CO²; como também a hereditariedade, a competição, a fenologia, entre outros (VIEIRA et al., 2010).

Pesquisas têm demonstrado que muitas espécies florestais tropicais e subtropicais apresentam crescimento intermitente, em resposta às condições ambientais, afetando frequentemente os inúmeros processos fisiológicos das árvores com reflexo sobre a atividade cambial (ZANON; FINGER, 2010). Os mesmos autores afirmam que o excesso ou insuficiência de água disponível no solo causa um decréscimo na taxa fotossintética refletindo na diminuição do crescimento das plantas.

Devido ao fato que o incremento periódico em área basal mostrou crescimento diferenciado com a variável qualitativa (P.água), foi realizada a análise de covariância

nos dados, foi observado, com os resultados obtidos (Tabela 17), que existem diferença em nível (Prob. > F= <,0001) e em inclinação (Prob. F= > 0,0045) das curvas estimadas pelo modelo.

Tabela 17 – Análise de covariância do IPAg em função do DAP para verificar diferença de nível e inclinação em relação a proximidade da água entre os indivíduos sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.), no Município de Santa Maria - RS.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
Modelo	3	12892,53900	4297,51300	51,19	<,0001
$\sqrt{\text{DAP}}$	1	10635,92690	10635,92690	126,69	<,0001
P.água	1	1519,93605	1519,93605	18,10	<,0001
P.água*$\sqrt{\text{DAP}}$	1	736,67606	736,67606	8,77	0,0045
Erro	55	4617,34915	83,95180		
Total	58	17509,88814			

Sendo: $\sqrt{\text{DAP}}$ = raiz do diâmetro à altura do peito (cm); P.água = proximidade da água; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2016).

Nos resultados da análise de variância e seu respectivo resumo estatístico do modelo IPAg em função do diâmetro à altura do peito com a variável qualitativa para ausência e presença de água próximo aos indivíduos, verificou-se que a variável P.água não era significativa (Tabela 18), fez-se necessário a retirada dessa variável do modelo para que assim não haja incoerências nos ajustes.

O uso da variável permitiu analisar diferenças existentes na taxa de crescimento transformando uma característica categórica de presença e ausência atribuída ao conjunto de dados em característica quantitativa, passível de ser analisada estatisticamente e conseqüentemente ajustar os dados em uma única função.

Della-Flora et al. (2004) afirma que existe influência das condições ambientais no crescimento das árvores e que tal fator deve ser analisado e interpretado, possibilitando-se, assim, reconhecer sua maior ou menor influência sobre o crescimento.

Segundo Schaaf et al. (2005), as taxas de incremento da floresta variaram em função das espécie, das classes de diâmetro e influência de variáveis qualitativas relacionadas a árvore.

Spathelf et al. (2000) estudaram as relações entre variáveis climáticas e o incremento em diâmetro do tronco de cinco árvores da espécie *Ocotea pulchella* Mart., localizadas às margens de uma barragem no município de Itaara-RS. Os resultados mostraram que o excesso de água influencia no crescimento diamétrico das árvores.

Avaliando-se o comportamento do incremento diamétrico de 23 espécies arbóreas tropicais e subtropicais em Florestas Estacionais Semidecíduais no planalto paulista, Maria (2002) concluiu que as variações das taxas de incremento das árvores estão estreitamente relacionadas à precipitação e à disponibilidade de água no solo com a redução e/ou cessação da atividade cambial.

Tabela 18 – Análise de variância e resumo estatístico para verificação de significância dos parâmetros do modelo de IPAg em função do DAP com variável qualitativa proximidade da água entre os indivíduos sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.), no Município de Santa Maria, RS.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
Modelo	3	12892,53900	4297,51300	51,19	<,0001
Erro	55	4617,34915	83,95180		
Total	58	17509,88814			

Variável	Parâmetros	Erro padrão	Valor de t	Prob.>t
intercepto	-26,33241**	7,12938	-3,69	0,0005
√DAP	10,00824**	1,04270	9,60	<.0001
água	17,53759 ^{ns}	9,66942	1,81	0,0752
P.água*√DAP	-4,26679*	1,44038	-2,96	0,0045

Sendo: √DAP = raiz do diâmetro à altura do peito (cm); P.água = proximidade da água; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2016).

Com a retirada da variável, foram feitas novas estimativas para os parâmetros do modelo e uma nova tabela de análise de variância com os parâmetros do modelo foi gerada (Tabela 19), em que todos os parâmetros foram altamente significativos.

Tabela 19 – Análise de variância e resumo estatístico dos parâmetros do modelo final de IPAg em função do DAP com variável qualitativa proximidade da água entre os indivíduos sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.), no Município de Santa Maria, RS.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
Modelo	2	12616,37345	6308,18672	72,19	<.0001
Erro	56	4893,51470	87,38419		
Total	58	17509,88814			
Variável	Parâmetros	Erro padrão	Valor de t	Prob.>t	
intercepto	-16,79845	4,91374	-3,42	0,0012	
√DAP	8,65151	0,74111	11,67	<.0001	
P.água*√DAP	-1,73605	0,36467	-4,76	<.0001	

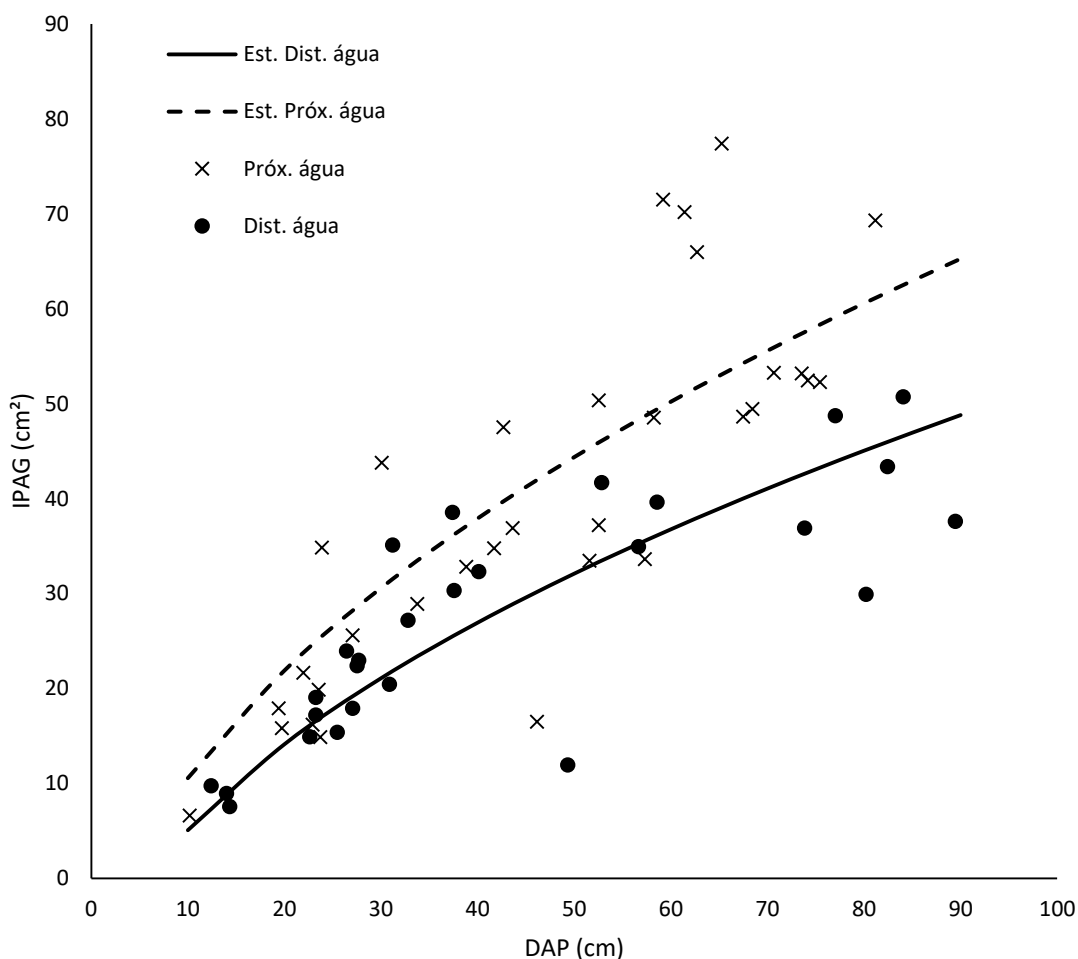
Sendo: √DAP = raiz do diâmetro à altura do peito (cm); P.água = qualitativa proximidade da água; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro.

A disponibilidade constante de água no solo permitiu aos indivíduos analisados uma maior taxa de crescimento e o modelo com a variável qualitativa apresentou um melhor ajuste de ($R^2_{aj} = 0,7105\%$) e um menor erro padrão da estimativa em porcentagem de ($S_{yx}\% = 27,30\%$), passando a equação do Incremento periódico anual em área basal dos indivíduos sob competição (Figura 22) ser expressa por: $IPAg = -16,79845 + 8,65151 \cdot \sqrt{DAP} - 1,73605 \cdot (P.água \cdot \sqrt{DAP})$ para indivíduos distantes da água e $IPAg = -16,79845 + 8,65151 \cdot \sqrt{DAP}$ para os indivíduos próximos a água.

Verifica-se então, que quando os indivíduos estiverem distantes da água a variável P.água assume-se o valor “um” e quando estão próximos a água o valor assumido é “zero”.

Passando a ter um melhor ajuste no modelo, pode-se verificar que indivíduos sob competição próximos água possuem uma maior taxa de crescimento quando comparados a indivíduos distantes da água e evidencia-se um potencial de crescimento subestimado devido à ausência de água em abundância.

Figura 22 – Distribuição dos valores observados da relação entre o crescimento periódico em área basal e o diâmetro à altura do peito estimados em função do modelo $IPAG = b_0 + b_1 \cdot \sqrt{DAP} + b_2 (P.\acute{a}gua \cdot \sqrt{DAP})$ para os indivíduos sob competição de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong analisados, no Município de Santa Maria – RS.



Onde: Próx. água = valores observados próximo a água; Dist. Água = valores observados distantes da água; Est. Dist. Água = valores estimados para os indivíduos distantes da água; Est. Próx. Água = valores estimados para indivíduos próximo a água

Fonte: O autor (2016)

5. CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos no presente estudo, conclui-se que:

- Existe uma maior variação nos indivíduos sob competição de que nos indivíduos livres de competição em relação as variáveis dendrométricas e morfométricas, existindo diferenças entre cada condição.
- A variável altura do fuste (HF) nos indivíduos livres de competição e as variáveis índice de abrangência (IA) e formal de copa FC nos indivíduos sob competição não sofrem variação com o aumento dos valores de DAP.
- A forma da copa dos indivíduos livres de competição varia de perfeita a tolerável. Nos indivíduos sob competição existe uma variação de formas de copa.
- A densidade de copa dos indivíduos livres e sob competição é menor nos indivíduos abaixo dos 40 cm de DAP.
- Sob competição, a timbaúva por se tratar de uma espécie heliófila, é característica do dossel, atingindo grandes alturas e é classificada quanto a sua posição sociológica em dominante a codominante.
- Quanto melhor for a forma e a densidade da copa, maior for a inclinação do terreno e a classificação da posição sociológica nos indivíduos sob competição maior será a altura do fuste.
- O diâmetro de copa dos indivíduos pode ser estimado em função do diâmetro a altura do peito pela equação linear simples $DC = -3,86182 + 2,40676 * \sqrt{DAP}$ para ambas condições (livres e sob competição).
- A altura do fuste dos indivíduos livres de competição possui um comportamento de crescimento definido por média de 2,20 m aproximadamente. Sob competição, a altura do fuste pode ser estimada em função do diâmetro a altura do peito pela equação $HF = 1,03082 * \sqrt{DAP}$.
- A altura total difere em nível para as condições existindo a necessidade do uso de modelos distintos para cada situação.
- Sob competição os indivíduos de timbaúva investem mais em altura que os indivíduos livre de competição e pode ser explicada pela equação $HT_{(sob\ competição)} = 1,87800 * \sqrt{DAP} + 0,2456 * G_{(bit)}$.

- Nos indivíduos livres de competição a altura total pode ser explicada em função do DAP pela equação $HT_{(\text{Livres de competição})} = 1,66161 * \sqrt{DAP}$.
- O crescimento em área basal da timbaúva pode ser estimado pela análise dos anéis de crescimento com amostras de rolos de incremento retirados do tronco e existe diferenças no crescimento entre as duas condições, indivíduos isolados crescem mais que indivíduos sob competição.
- O IPAg dos indivíduos livres de competição pode ser explicado em função apenas do DAP ($LN (IPAg) = 5,16245 - 35,95227 * (1/DAP) - 0,000138 * (DAP^2)$) e nos indivíduos sob competição pode ser explicado em função do DAP e acréscimo da variável qualitativa proximidade da água ($IPAg = -16,79845 + 8,65151 * \sqrt{DAP} - 1,73605 * (P.água * \sqrt{DAP})$ para indivíduos distantes da água e $IPAg = -16,79845 + 8,65151 * \sqrt{DAP}$ para os indivíduos próximos a água).

REFERÊNCIAS

- ANDRAE, F. H. **Ecologia Florestal**. Santa Maria, RS: UFSM, CCR, Departamento de Ciências Florestais, 1978.
- ASSMANN, E. **The principle of forest yield study**. [Oxford]: Pergamon press, 1970.
- BITTERLICH, W. - **The relascope idea**. Slough, CAB, 1984. 242p.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**. London, B-26, p.211-243. 1964.
- BRACK, P.; GRINGS, M. **espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região sul** / lidio coradin; alexandre siminski; ademir Reis. – Brasília: MMA, 2011.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa nacional de florestas: políticas públicas para o setor florestal – linhas de crédito**. Piracicaba: ESALQ, 2006. Disponível em: <<http://www.tume.esalq.usp.br/simp/arquivos/mma.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2013.
- BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. The use of tree rings in tropical forest management: projecting timber yields of four Bolivian trees species. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 226, p. 256-267, 2006.
- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.
- CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artemed, 2003. 255p.
- CAPELANES, T. M. C. Tecnologia de sementes florestais na Companhia Energética de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2, 1989, Atibaia. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1991. p. 49-57.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e usos da madeira**. Colombo, EMBRAPA – CNPF. 1994.
- CAVALLI, J. P. **Caracterização e modelagem do crescimento da copa e do incremento de árvores isoladas de Cedrela fissillis Vell**. 2013. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. RS.
- CHASSOT, T.; FLEIG, F. D.; FINGER, C. A. G.; LONGHI, S. J. Modelos de crescimento em diâmetro de árvores individuais de Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze em floresta ombrófila mista. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 303-313, abr.-jun., 2011.
- COIMBRA, J. L. M. et al. Esperanças matemáticas dos quadrados médios: uma análise essencial. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.36, n.6, p.1730-1738, 2006.

CONNEL, J. H.; SLATYER, R. O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **American Naturalist**, v.111, n.982, p.1119-1144, 1977.

CORONA, E. Dendrochronologia: principi e applicazioni. In: SEMINARIO DEL DENDROCRONOLOGIA. 1986. Verona. **Anais...** Verona: Istituti Italiano di Dendrochronologia, 1984. 103p.

COSTA, A. **Anatomia da madeira. Coletâneas de Anatomia da Madeira**. 2001. Disponível em: <<http://www.joinville.udesc.br/sbs/professores/arlindo/materiais/APOSTILANATOMIA1.pdf/>>. Acesso em 14/09/2015.

COSTA, E.; A.; FINGER, C.; A.; G.; HESS, A.; F. Modelo de incremento em área basal para árvores de araucária de uma floresta inequiânea. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 239-245, jul./set. 2015.

COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M.; LACERDA, J. S. A amostragem por pontos na estimativa da altura de árvores dominantes e número de árvores por hectare em povoamentos de *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, n. 43/44, p. 50-53, 1990.

CUNHA, T.; A.; FINGER, C.; A.; G.; HUSENAUER, H. Tree basal area increment models for *Cedrela*, *Amburana*, *Copaifera* and *Swietenia* growing in the Amazon rain forests. **Forest Ecology and Management**, v. 365, p. 174–183, April 2016.

DANIEL, O.; PEZZONI, T.; NOGUEIRA, I.M.B.; CREMON, T.; VITORINO, A.C.T. Relações alométricas em árvores de *Pterodon emarginatus* Vogel em um sistema silvipastoril. **CERNE**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 141-149, jan./mar. 2013.

DAWKINS, H. C. Crown diameters their relationship to bole diameter in tropical trees. *Commonw. Forest Review*, v.42, p. 318-333, 1963.

DELLA FLORA, J. B.; DURLO, M. A; SPATHELF, P. Modelo de incremento para árvores singulares-*Nectandra megaptamica* (Spreng.) Mez. **Ciência Florestal**, 2004, V. 14. nº 1, p. 165-177.

DIAS FILHO, M. B. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. to contrasting light environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.8, p.789-796, 1997.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: Wiley, 1966.

DURLO, M.; A.SUTILI, F. J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 79-89. 2004.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais. **IPEF**, Piracicaba, v.43, n.44, p.1-10,1990.

FABRES, T. A. **Classificação climática segundo Köppen e Thornthwaite e caracterização edafocliática referente à região de Santa Maria, RS.** 2009. 127 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz de Aquino. Piracicaba. 2009.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos da Biometria Florestal.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. 269p.

FREUND, R. J.; LITTELL, R.C. **SAS for linear models: a guide to the ANOVA and GLM Procedures.** SAS Institute INC., Cary, NC, 1981.

FRITZ, H. C. **Tree rings and climate.** London: Academic Press, 1976. 567p.

GIBSON, M. D.; CLASON, T. R.; HILL, G. L.; GROZDITS, G. A. Influence of thinning and pruning on southern pine veneer quality. In: ELEVENTH BIENNIAL SOUTHERN SIVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE, DEPARTMENT OF AGRICULTURE, FOREST SERVICE. **Anais...** Southern Research Station, Athens-GA, nov. 14, 2001. p. 163-167.

GIVINISH, T. J. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 15, p. 63-92, 1988.

HASENAUER, H. Dimencional relationships of open-grown trees in Austria. **Forest Ecology and Management**, 96, p.197-206, 1997.

HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration.** 3. ed. Malabar: Krieger Publishing Company, 1993. 402 p.

IMAÑA-ENCINAS, J.; SILVA, G. F. da; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores.** Brasília: UnB, Departamento de Engenharia Florestal, 2005. 43 p. (Comunicações Técnicas Florestais, 7).

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS. **List of Microscopic Features for Hardwood Identification.** IAWA Bulletin, V.10. N.3. p.219-332.1989

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972.

LEWIS, G.P. et al. **Legumes of the world.** Royal Botanic Gardens, Kew. 2005.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras.** (publicação IPT 1791) Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo. 1989.

Maria, V. R. B. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de Florestas Estacionais Semidecíduais.** 2002. 145 f. (dissertação). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

Martins, F. B. et al. Índices de competição em árvores individuais de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** V. 46: 1089-1098, 2011.

MENDONÇA, A. R. et al. Modelos hipsométricos tradicionais e genéricos para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Pesquisa Florestal Brasileira** (Impresso) , v. 35, p. 47-54, 2015.

MESQUITA, A. L. **Revisão taxonômica do gênero *Enterolobium contortisiliquum* (Mimosoideae), para a região neotropical**. 1990. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

MILANI, E. J.; SCHNEIDER, P. R.; CUNHA, T. A. Crescimento em diâmetro de árvores de *Podocarpus lambertii* em duas regiões fitogeográficas no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 445-450, abr.-jun., 2013.

MORAES NETO, S. P. et al. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica, em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 24, n. 1, p.35-45, 2000.

MUÑIZ, G. I. B. **Anatomia da madeira de espécies arbóreas da Floresta Estacional semidecidual de Misiones, Argentina**. 1993. Tese para o concurso de professor titular, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NETER, J.; KUTNER, M.H.; NACHTSHEIM, C. J. **Applied linear regression models**. New York: McGraw-Hill, 1996, 713 p.

OLIVER, W. W.; FERRELL, G. T.; TAPPEINER, J. C. **Density management of Sierra forests. Corvallis, Oregon**: USDAFS - Pacific Southwest Research Station Redding, California, USDI Forest and Rangeland Ecosystem - Science Center and College of Forestry, Oregon State University, 2001. 7 p.

PANSHIN, A.; J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of technology**. 3ª ed. New York: Mcgraw-Hill, 1970. 736p.

PEREIRA, L. D. **Dendroecologia de *Cedrela fissilis* (Vell.) na região de Santa Maria, RS**. 2011. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

PEREIRA, M. S. **Manual Técnico: Conhecendo e produzindo sementes e mudas da caatinga**. Fortaleza: Associação Caatinga, 2011.

PETCHY, O. L., et al. Low functional diversity and no redundancy in British avian assemblages. **Journal of Animal Ecology**, London, v. 76, n. 5, p. 977-985, 2007.

POGGIANI, F.; BRUNI, S.; BARBOSA, E. S. Q. Efeito do sombreamento sobre o crescimento das mudas de três espécies florestais. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, v.4, n.2, p.564-569,1992.

POORTER, L.; BONGERS, F. **Ecology of tropical forests**. Wageningen Agricultural University, 1993.

PRETZSCH, H. Perspektiven einer modellorientierten Waldwachstumsforschung Forstwissenschaftliches. **Centralblatt**, v. 14, p. 188-209, 1995.

PRODAN, M., et al. **Mensura Forestal**. San José: GTZ, 1997. 561p.

REGO, G. M.; SIQUEIRA, E. R. Germinação de sementes de orelha-de-negro em viveiro, submetidas a diferentes métodos de quebra de dormência. In: ENCONTRO DE PESQUISA DE MATA ATLÂNTICA DE SERGIPE, 1, 1996, Aracaju-SE. A mata atlântica do Nordeste: **Anais...** Aracaju: Embrapa-CPATC: UFS, 1997. p. 19-20.

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

SAS Institute. **The SAS System for Windows**. Cary: SAS Institute. 2004.

SCALON, S. P. Q.; ALVARENGA, A. A. Efeito do sombreamento sobre a formação de mudas de pau-pereira (*Platygyamus regnelli* Benth.). **Revista Árvore**, v:17, 1993. p 265-270.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; VERALDO, F. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, 26(1): 1-5, 2002.

SCHEEREN L. W.; SCHNEIDER, P. S. P.; SCHNEIDER, P. R.; Finger, C. A. G. Crescimento do louro-pardo, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., na depressão central do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 169-176

SCHNEIDER, P. R. et al. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. 2º Ed. Santa Maria: UFSM, CEPEF, 2009.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria UFSM, 1993.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo Sustentado de Florestas Inequiâneas Heterogêneas**. Santa Maria: UFSM, 2000.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. 2ª ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566 p

SCHULTZ, D. P.; SCHULTZ, S. E. **História da psicologia moderna**. 16. ed. São Paulo: Cultrix, 1992.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: Parte I: modelos de regressão linear e não-linear; Parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento, e peso de matéria seca**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.

SCHAAF, L. B. et al. Incremento diamétrico e em área basal no período 1979-2000 de espécies arbóreas de uma floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 271 - 290, 2005

SELLE, G. L.; VUADEN, E. Crescimento de seis espécies nativas na região central do estado do Rio Grande do Sul. **Ambiência** - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais V. 6 N. 1 Jan./Abr. 2010. p. 169 – 191.

SHIMOYAMA, V.R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em Eucalyptus sp.** 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.

SILVA, J. A. A.; BAILEY, R. L. Considerações teóricas sobre o uso correto do índice de Furnival na seleção de equações volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, 15 (3): 323-327, 1991.

SILVA, J. A. A; MACHADO, S.A.; BORDERS, B.E; BAILEY, R.L. Aumento da precisão de modelos volumétricos através do uso da transformação de Box e Cox. **Cerne**, v.1, n. 1, p. 13-16, 1994.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal.** 2ª Ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. 272 p.

SOLIGO, A. J. **Crescimento da Araucaria angustifolia regenerada sob Pinus elliotii e em povoamento homogêneo interplantado com pinus spp.** 2009. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SOUZA, B. S. P. e. **A qualidade da água de Santa Maria/RS: Uma análise ambiental das sub bacias hidrográficas dos rios Ibicuí Mirim e Vacacaí Mirim.** São Paulo, 2001, 234p. Tese de Doutorado - Departamento de Geografia da FFLCH-USP.

SOUZA, G. S. **Introdução aos Modelos de Regressão Linear e não-linear.** Brasília: Embrapa, 1998.

SPATHELF P, FLEIG F. D., VACCARO S, ESBER L. M. Análise dendroecológica de *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees (canela-lageana) na serra geral de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Florestal** 2000; v 10(1): p 95-108.

SPIECKER, H. **Análise do crescimento florestal.** Curitiba: Fupef, Série Técnica nº 8, 1981.

STERBA, H. **Forstliche Ertragslehre.** Heft 4. Institut für Waldwachstumsforschung. Universität für Bodenkultur. Wien. 1992.

TERBORGH, J. et al. Estimating the ages of successional stands of tropical trees from growth increments. **Journal of Tropical Ecology**, v. 13, n. 5, p. 833-856, 1997.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: MAIA, N.B; MARTOS, H. L; BARRELLA, W. **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, COMPED, INEP, 2002. p. 117-143.

TONINI, H. **Índices de competição e o seu uso na modelagem de crescimento das árvores**. Roraima: Embrapa Roraima, 2007. 30 p. (Embrapa Roraima. Documentos, 8).

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.40, n.7, p.633-638, jul. 2005.

VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield: Applications to mixed tropical forests**. Copenhagen: CAB International, 1994. 312 p.

VAZ, M. C. **Diversidade de estratégias ecológicas das espécies de árvore dominantes de uma floresta de terra firme da Amazônia Central**. 2011. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo.

VIEIRA, E.L. et al. **Manual de Fisiologia**. São Luiz: EDUFMA, 2010. 230p.

VUADEN, E. **Morfometria e incremento de *Cordia trichotoma* (Vell.) livre e sob competição na região central do Rio Grande do Sul**. 101 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

WEBER, P.; BUGMANN, H.; FONTI, P.; RIGLING, A. Using a retrospective dynamic competition index to reconstruct forest succession. **Forest Ecology and Management**, v.254, p.96-106, 2008.

WIMBERLY, M.C.; BARE, B.B. Distance-dependent and distance independent models of Douglas fir and western hemlock basal area growth following silvicultural treatment. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.89, p.1 11, 1996.

WORBES, M. How to Measure Growth Dynamics in Tropical Trees. **IAWA Journal**, v. 16, n. 4, p. 337- 351, 1995.

YODA, K.; KIRA, T.; OGAWA, H.; HOZUMI, K. Self-thinning in over rowed pur stands under cultivated and natural conditions. **Journal Biology**, London, v. 14, n.1., p. 107-129, Jan./Dec. 1963.

ZANON, M.; L.; B.; FINGER, C.; A.; G. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, 2010; 20(3): 467-476.

ZANON, M.L.B. et al. Funções para descrever a relação altura diâmetro de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ciência Florestal**, v. 26, n.1, p.87-90, 1996.

ZANON, M.L.B. **Crescimento da Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze diferenciado por dioicia.** 2007. 107f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, RS.

ZIMMERMANN, M. H.; BROWN, C. L. **Trees structure and function.** New York: Springer Verlag. 1974.