

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS DOIS VIZINHOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS**

**LUCAS DANIEL PERIN**

**POTENCIAL DE CRESCIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES  
FLORESTAIS NATIVAS EM PLANTIO PURO**

**DISSERTAÇÃO**

**DOIS VIZINHOS  
2018**

LUCAS DANIEL PERIN

**POTENCIAL DE CRESCIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES  
FLORESTAIS NATIVAS EM PLANTIO PURO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas – Área de concentração: Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Eleandro José Brun  
Coorientadora: Prof. Dra. Veridiana Padoin  
Weber

DOIS VIZINHOS

2018

P445p Perin, Lucas Daniel  
Potencial de crescimento inicial de espécies  
florestais nativas em plantio puro / Lucas Daniel Perin –  
Dois Vizinhos, 2018.  
99f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Eleandro José Brun  
Coorientadora: Prof. Dra. Veridiana Padoin Weber.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná, Programa de pós-graduação em  
Agroecossistemas, Dois Vizinhos, 2018.  
Bibliografia p. 90-98

1. Biodiversidade florestal. 2. Árvores – Crescimento.  
3. Madeira. I. Brun, José Eleandro, orient. II. Weber,  
Veridiana Padoin, coorient. III. Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná - Dois Vizinhos. IV. Título

CDD: 634.9



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Dois Vizinhos  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
**Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Título da Dissertação n° 015**

**Potencial de crescimento inicial de espécies florestais nativas em plantio puro**

**Lucas Daniel Perin**

Dissertação apresentada às oito horas e trinta minutos do dia trinta de janeiro de dois mil e dezoito, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGROECOSSISTEMAS, Linha de Pesquisa – Manejo e Conservação de Agroecossistemas, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas (Área de Concentração: Agroecossistemas), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho .....

Banca examinadora:

---

**Dr. Eleandro José Brun**  
UTFPR-DV

---

**Dr. Solon Jonas Longh**  
UTFPR-DV

---

**Dr. Rafaelo Balbinot**  
UFSC/CESNORS

---

**Reservado à Coordenação**

\*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

Dedico à Deus, por me guiar. Dedico este trabalho ao Sr. Galvan por ceder área, aceitar e acreditar no experimento. Também ao professor Eleandro, por todos os esforços que fez desde a implantação do projeto até a correção final desta dissertação. Dedico ao grupo PET Engenharia Florestal da UTFPR-DV. Dedico à minha família e principalmente à Maura Colombo, que me ajudou em tudo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família por toda ajuda que me concede diariamente. Aos Missionários do Sagrado Coração pela confiança e pela dedicação que recebi durante 5 anos de formação em seminário religioso.

Aos professores, que transmitem conhecimentos e formam a possibilidade de uma sociedade melhor. Agradeço especialmente os professores Eleandro J. Brun e Veridiana P. Weber por aceitar a orientação: trocaram descansos e até as férias para contribuir com esse trabalho.

Agradeço ao grupo PET Engenharia Florestal da UTFPR-DV, que tive a honra de participar, pela implantação, cuidados e coletas de dados da área experimental ao longo de 6 anos. Destaco aqui os pioneiros do grupo: Elton Leandro Valente, Erick Matins Nieri, Paulo Henrique Jung (*in memorian*) e Iris Cristina Bertolini.

Agradeço à Maura Colombo, a quem não tenho palavras para lhe descrever. Inteligente, perspicaz, bela, querida... Lhe sobram elogios. Sem você isso não seria possível. Sempre me ajudou em todos os momentos. Sou muito grato por tudo. Amo você.

Deixo ainda meus agradecimentos à UTFPR, universidade que me possibilitou uma segunda graduação e o ingresso em um mestrado. Agradeço em especial à secretaria, ao colegiado e à coordenação do PPGSIS, especialmente ao professor Eleandro. Agradeço ao governo federal por possibilitar em uma pequena cidade do interior do Paraná uma universidade do porte da UTFPR-DV.

Agradeço também à Gian Ricardo Conrado Quadros, por ter colaborado e organizado os dados das avaliações. Deixo meus sinceros agradecimentos a todos, que uma forma ou de outra contribuíram para o sucesso de meu trabalho, para meu aprendizado e formação.

“... a intenção de que o homem seja ‘feliz’  
não se acha incluída no plano da Criação”  
(FREUD).

## RESUMO

PERIN, LUCAS DANIEL. Potencial de crescimento inicial de espécies florestais nativas em plantio puro. 99f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas (Área de Concentração: Agroecossistemas), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

O estudo de espécies nativas com potencial para uso em plantios puros, visando a produção de madeira, é muito importante para se obter informações acerca de manejo e produtividade das mesmas. Visando contribuir para o avanço dos plantios florestais, o objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento de 14 espécies florestais nativas do Brasil, apontando seu potencial para utilização em plantios puros e, através do Software estatístico SAS®, gerar modelos matemáticos que representem o crescimento das três melhores espécies em função do tempo. A área de estudo contém 16 espécies florestais nativas, de origem seminal, plantadas em parcelas com 36 plantas por espécie, com 6 colunas e 6 linhas em espaçamento de 3m (linha) x 2m (planta). Foram avaliadas 14 espécies: Açoita-cavalo, Angico vermelho, Canafístula, Canjerana, Cabreúva, Caroba, Grápia, Guajuvira, Ipê-roxo, Louro-pardo, Marmeleiro, Pau-marfim, Peroba e Timbaúva. As avaliações foram realizadas aos 2, 7, 12, 24, 43 e 72 meses de idade a partir da implantação do experimento e as variáveis qualitativas avaliadas foram tortuosidade do fuste e vigor da planta. As variáveis quantitativas mensuradas a campo foram: diâmetro de colo (DC), diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (H) e dois diâmetros de copa (Dcopa) equidistantes 90° entre si, posteriormente utilizados para cálculo da área de copa (AC). Foram calculados ainda o incremento médio mensal (Imm) para as variáveis DC, DAP, H e AC. Quanto ao delineamento experimental, foram analisadas todas as árvores de cada espécie, sendo consideradas cada planta uma unidade amostral. As diferentes espécies foram comparadas entre si pelo teste de comparação de médias de Duncan (1% de probabilidade), para DAP, H e AC, visando saber quais espécies apresentavam maior crescimento. A modelagem matemática para o crescimento em H e AC das três melhores espécies foi calculada pelo software estatístico SAS® University Edition. Após o ajuste das equações, foi realizada a análise da covariância, para verificar a influência das variáveis vigor e tortuosidade das plantas no crescimento em H e AC em função da idade. A Açoita cavalo apresentou maior média de DC aos 24 meses (14,13 cm). Para DAP, H e AC as três espécies que apresentaram melhores médias foram a Canafístula, a Canjerana e o Angico vermelho. Para estas, as equações que melhor estimaram o crescimento foram as equações radiciais, logarítmicas, quadráticas e o modelo não linear de Richards. Quanto a influência das variáveis qualitativas, o teste de covariância mostrou necessidade de ajuste de equações para diferentes níveis de vigor da árvore e tortuosidade do fuste. Canafístula, Canjerana e Angico-vermelho foram as espécies que apresentaram maior crescimento. Cabreúva, Caroba e Peroba apresentaram menor crescimento. As variáveis qualitativas exercem influência sobre a curva de crescimento das plantas. A modelagem de crescimento para a Canafístula, Canjerana e Angico-vermelho resultou em equações com bons parâmetros para ser utilizadas na estimativa de crescimento das espécies.

Palavras-chave: Floresta plantada, Biodiversidade, Variáveis dendrométricas, silvicultura.



## ABSTRACT

PERIN, LUCAS DANIEL.

Initial growth potential of native forest species in pure planting. 99f. Dissertation (Masters in agroecosystems) – Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas (Área de Concentração: Agroecossistemas), Federal University of Technology - Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

The study of native species with potential for use in pure plantations, aiming a production of wood, is very important to know about information about administration and illustrations. The objective of this work was to evaluate the growth of 14 native Brazilian forest species, pointing out their potential for use in pure plantations and, through SAS® Statistical Software, to generate mathematical models that represent the growth of the three best species as a function of time. The study area contains 16 native forest species of seminal origin, planted in plots with 36 plants per species, with 6 columns and 6 lines spaced 3m (line) x 2m (plant). Fourteen species were evaluated: Açoita-cavalo, Angico vermelho, Canafístula, Canjerana, Cabreúva, Caroba, Grápia, Guajuvira, Ipê-roxo, Louro-pardo, Marmeleiro, Pau-marfim, Peroba e Timbaúva. The evaluations were carried out at 2, 7, 12, 24, 43 and 72 months of age from the implementation of the experiment and the qualitative variables evaluated were stem tortuosity and plant vigor. The quantitative variables measured in the field were: lap diameter (DC), diameter at breast height (DAP), total height (H) and two cup diameters (Dcopa) equidistant 90 ° from each other, later used to calculate the area of cup (AC). Mean monthly increment (Imm) was calculated for the variables DC, DAP, H and AC. About the experimental design, all trees of each species were analyzed each plant being considered a sample unit. The different species were compared by the Duncan averages comparison test (1% probability), for DAP, H and AC, in order to know which species presented the highest growth. The mathematical modeling for growth in H and AC of the three best species was calculated by SAS® University Edition statistical software. After adjusting the equations, the covariance analysis was performed to verify the influence of the variables vigor and tortuosity of the plants on growth in H and AC as a function of age. Açoita-cavalo presented the highest mean DC at 24 months (14.13 cm). For DAP, H and AC the three species that presented the best averages were Canafístula, Canjerana and Angico-vermelho. For these, the equations that best estimate the growth were the radical, logarithmic, quadratic equations and the nonlinear model of Richards. Regarding the influence of the qualitative variables, the covariance test showed the need to adjust the equations for different levels of tree vigor and stem tortuosity. Canafístula, Canjerana and Angico-vermelho were the species that showed the greatest growth. Cabreúva, Caroba and Peroba presented lower growth. The qualitative variables influence the growth curve of the plants. The modeling of growth for the Canafístula, Canjerana and Angico-vermelho resulted in equations with good parameters to be used in the estimation of the growth of the species.

Key words: Planted forest, Biodiversity, Dendrometric variables, Forestry.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	16
2.1 OBJETIVO GERAL .....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
3.1 PLANTIOS FLORESTAIS .....	17
3.2 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS.....	20
3.2.1 <i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc (Açoita-cavalo) .....	20
3.2.2 <i>Parapitadenia rígida</i> (Bent.) Brenan (Angico-vermelho) .....	21
3.2.3 <i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão (Cabreúva).....	22
3.2.4 <i>Peltophorum dubium</i> (Sprengel) Taubert (Canafístula) .....	23
3.2.5 <i>Cabralea canjerana</i> (Vell) Mart (Canjerana) .....	24
3.2.6 <i>Jacaranda micrantha</i> Cham. (Caroba).....	25
3.2.7 <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vog). J. F. Macbr (Grápia).....	26
3.2.8 <i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling. & J. S. Mill (Guajuvira).....	27
3.2.9 <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos (Ipê-roxo).....	28
3.2.10 <i>Cordia trichotoma</i> (Vell) Arráb ex Steud. (Louro-pardo).....	28
3.2.11 <i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn. (Marmeleiro) .....	29
3.2.12 <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl. (Pau-marfim) .....	30
3.2.13 <i>Aspidosperma polyneuron</i> Muell. Arg. (Peroba) .....	31
3.2.14 <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong (Timbaúva) .....	32
3.3 PANORAMA DE ESTUDOS DE PLANTIOS DE ESPÉCIES NATIVAS.....	32
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	35
4.1 LOCALIZAÇÃO DA AREA EXPERIMENTAL.....	35
4.2 ÁREA EXPERIMENTAL E ESPÉCIES FLORESTAIS ESTUDADAS .....	36
4.3 VARIÁVEIS ANALISADAS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	37
4.4 MODELAGEM DE CRESCIMENTO FLORESTAL.....	39
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	41
5.1 CRESCIMENTO E INCREMENTO EM DIÂMETRO DE COLO (DC) E DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO (DAP) AO LONGO DO TEMPO (6 ANOS) ....	41
5.2 CRESCIMENTO E INCREMENTO EM ALTURA (H) E ÁREA DE COPA (AC) AO LONGO DO TEMPO (6 ANOS) .....	45

5.3 AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO DAS ESPÉCIES AOS 72 MESES (6 ANO)	50
5.4 CORRELAÇÃO ENTRE IDADE, VARIÁVEIS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS PARA CANAFÍSTULA, CANJERANA E ANGICO-VERMELHO	52
5.5 MODELAGEM MATEMÁTICA	55
5.5.1 Modelagem matemática para a <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub. (Canafístula)	56
5.5.1.1 Modelagem para crescimento em altura total (H)	56
5.5.1.2 Modelagem para crescimento em área de copa (AC)	58
5.5.1.3 Ajuste de equação por influência do vigor e tortuosidade para altura total (H)	61
5.5.1.4 Ajuste de equação por influência do vigor e da tortuosidade para área de copa (AC)	64
5.5.2 Modelagem matemática para <i>Cabralea canjerana</i> (Vell) Mart (Canjerana)	67
5.5.2.1 Modelagem para crescimento em altura total (H)	67
5.5.2.2 Modelagem para crescimento em área de copa (AC)	69
5.5.2.3 Ajuste de equação por influência do vigor e da tortuosidade para altura total (H)	72
5.5.2.4 Ajuste de equação por influência do vigor e da tortuosidade para área de copa (AC)	74
5.5.3 Modelagem matemática para <i>Parapitadenia rígida</i> (Bent.) Brenan (Angico-vermelho)	77
5.5.3.1 Modelagem para crescimento em altura total (H)	78
5.5.3.2 Modelagem para crescimento em área de copa (AC)	79
5.5.3.3 Ajuste de equação por influência do vigor e da tortuosidade para altura total (H)	82
5.5.3.4 Ajuste de equação por influência do vigor e da tortuosidade para área de copa (AC)	84
<b>6 CONCLUSÕES</b>	<b>88</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>89</b>
<b>8 REFERÊNCIAS</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>99</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Crescimento da Canafístula em experimentos em diferentes locais do Brasil. ....	24
Tabela 2: Descrição dos níveis de vigor e tortuosidade. ....	38
Tabela 3: Médias de DC (cm) e DAP (cm) em diferentes idades para 14 espécies florestais nativas em Dois Vizinhos-PR. ....	42
Tabela 4: Médias de H (m) e AC (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> ) em diferentes idades para 14 espécies florestais nativas plantadas em Dois Vizinhos-PR. ....	46
Tabela 5: Análise de variância (ANOVA), para 14 espécies nativas em plantio puro em Dois Vizinhos – PR. ....	51
Tabela 6: Comparação estatística entre as médias de crescimento em DAP, altura total (H) e área de Copa (AC), aos 72 meses, para 14 espécies nativas em plantio puro em Dois Vizinhos – PR. ....	51
Tabela 7: Descrição de cada nível de vigor e tortuosidade, frequência relativa, média de altura e área de copa observadas para Canafístula, Canjerana e Angico-vermelho em todas as avaliações em plantio puro em Dois Vizinhos – PR. ....	53
Tabela 8: Teste de correlação de Pearson entre as variáveis idade, altura total (H), área de copa (AC) e níveis de vigor e tortuosidade para a Canafístula, Canjerana e Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos – PR. ....	54
Tabela 9: Modelos de regressão testados para a seleção de equação para estimar a altura de plantas (H) em função da variável idade (meses) para Canafístula, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	56
Tabela 10: Média de altura total observada ( $\bar{X}H$ Obs) e estimada (H Est) pela equação geral para o Canafístula, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	57
Tabela 11: Modelos de regressão testados para a seleção de equação para estimar área de copa (AC) em função da variável idade (meses) para a Canafístula, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	58
Tabela 12: Média de área de copa observada ( $\bar{X}AC$ Obs) e estimada (AC Est) pela equação geral para a Canafístula, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	59
Tabela 13: Teste de covariância entre níveis de vigor e altura planta (H) em função da idade para Canafístula em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	61
Tabela 14: Teste de covariância entre níveis de tortuosidade e altura planta (H) em função da idade para Canafístula em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	61
Tabela 15: Coeficientes e parâmetros estatísticos das equações ajustadas por nível de vigor e tortuosidade para estimar a altura de plantas (H) da Canafístula em função da idade (meses).....	62
Tabela 16: Teste de covariância entre níveis de vigor e área de copa (AC) em função da idade para Canafístula em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	64
Tabela 17: Teste de covariância entre níveis de tortuosidade e área de copa (AC) em função da idade para Canafístula em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	65
Tabela 18: Coeficientes e parâmetros estatísticos das equações ajustadas por nível de vigor e tortuosidade para estimar a área de copa (AC) da Canafístula em função da idade (meses).....	66
Tabela 19: Modelos de regressão testados para a seleção de equação para estimar altura de plantas (H) em função da variável idade (meses) para a Canjerana, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	67

Tabela 20: Altura total observada e estimada pela equação geral para Canjerana, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	68
Tabela 21: Modelos de regressão testados para a seleção de equação para estimar área de copa (AC) em função da variável idade (meses) para a Canjerana, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	70
Tabela 22: Média de área de copa observada ( $XAC$ Obs) e estimada (AC Est) pela equação geral para a Canjerana, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	70
Tabela 23: Teste de covariância entre níveis de vigor e altura planta (H) em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	72
Tabela 24: Teste de hipótese para inclinação e níveis de tortuosidade entre as regressões de crescimento em altura em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	72
Tabela 25: Coeficientes e parâmetros estatísticos das equações ajustadas por nível de vigor e tortuosidade para estimar a altura de plantas (H) da Canafístula em função da idade (meses). ....	73
Tabela 26: Teste de hipótese para inclinação e níveis de vigor entre as regressões de crescimento em área de copa em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	75
Tabela 27: Teste de hipótese para inclinação e níveis de vigor entre as regressões de crescimento em área de copa em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	75
Tabela 28: Coeficientes e parâmetros estatísticos das equações ajustadas por nível de vigor e tortuosidade para estimar a área de copa (AC) da Canjerana em função da idade (meses). ....	76
Tabela 29: Modelos de regressão testados para a seleção de equação para estimar altura (H) em função da variável idade (meses) para o Angico-vermelho, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	78
Tabela 30: Média de altura total observada ( $XH$ Obs) e estimada (H Est) pela equação geral para o Angico-vermelho, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	78
Tabela 31: Modelos de regressão testados para a seleção de equação para estimar área de copa (AC) em função da variável idade (meses) para o Angico-vermelho, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	80
Tabela 32: Média de área de copa observada ( $XAC$ Obs) e estimada (AC Est) pela equação geral para a Canafístula, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	80
Tabela 33 :Teste de covariância entre níveis de vigor e altura planta (H) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	82
Tabela 34: Teste de covariância entre níveis de tortuosidade e altura planta (H) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	82
Tabela 35: Coeficientes e parâmetros estatísticos das equações ajustadas por nível de vigor e tortuosidade para estimar a altura de plantas (H) da Angico-vermelho em função da idade (meses). ....	83
Tabela 36: Teste de covariância entre níveis de vigor e área de copa (AC) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	85
Tabela 37: Teste de covariância entre níveis de tortuosidade e área de copa (AC) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	85

Tabela 38: Parâmetros estatísticos das equações ajustadas por nível de vigor e tortuosidade para estimar a área de copa das plantas de Angico-vermelho em função da idade (meses).....	86
--	----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do município de Dois Vizinhos na mesorregião Sudoeste do Paraná.....	35
Figura 2: Croqui da área de estudo localizada em Dois Vizinhos-PR. ....	36
Figura 3: Classificação da tortuosidade do tronco das plantas usadas no estudo. Dois Vizinhos, PR. 2012.....	38
Figura 4: Desenvolvimento em DC (cm) e DAP (cm) para 14 espécies nativas em Dois Vizinhos-PR.....	42
Figura 5: A: Parcela de Açoita-cavalo em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. B e C: recorte ampliado da imagem A, evidenciando a presença de galhos epicórmicos e base alargada do tronco.....	44
Figura 6: A: Vista da parcela da espécie da Grápia em plantio em Dois Vizinhos - PR. B: Planta da espécie com alta tortuosidade. ....	49
Figura 7: A: Altura observada (H), média observada ( $XH$ Obs) e altura total estimada (H Est), e B: Distribuição dos resíduos para altura estimada (H est) para a Canafístula, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	58
Figura 8: A: Área de copa observada (AC Obs), média observada ( $XAC$ Obs) e área de copa estimada (AC Est), e B: Distribuição dos resíduos para área de copa estimada para a Canafístula, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	60
Figura 9: A: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de vigor e altura planta (H) em função da idade para Canafístula em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. B: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de tortuosidade e altura planta (H) em função da idade para Canafístula em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	62
Figura 10: Altura observada e médias de alturas estimadas para as diferentes equações, para plantios puros de Canafístula em Dois Vizinhos-PR.....	63
Figura 11: A: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de vigor e área de copa (AC) em função da idade para Canafístula. B: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de tortuosidade e área de copa (AC) em função da idade para Canafístula em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	65
Figura 12: Área de copa observada e médias de área de copa estimadas para as diferentes equações para plantios puros de Canafístula em Dois Vizinhos-PR.....	66
Figura 13: A: Altura observada (H), média observada ( $XH$ Obs) e altura total estimada (H Est), e B: Distribuição dos resíduos para altura estimada (H est) para a Cajerana, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	69
Figura 14: Área de copa observada (AC Obs), média observada ( $XAC$ Obs) e área de copa estimada (AC Est), e B: Distribuição dos resíduos para área de copa estimada para a Canjerana, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	71
Figura 15: A: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de vigor e altura planta (H) em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. B: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de tortuosidade e altura planta (H) em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	73
Figura 16: Altura observada e médias de alturas estimadas para as diferentes equações, para plantios puros de Canjerana em Dois Vizinhos-PR. ....	74

Figura 17: A: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de vigor e área da copa (AC) em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. B: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de tortuosidade e área da copa (AC) em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	76
Figura 18: Área de copa observada e médias de área de copa estimadas para as diferentes equações para plantios puros de Canjerana em Dois Vizinhos-PR. ....	77
Figura 19: A: Altura observada (H), média observada ( $\bar{X}H$ Obs) e altura total estimada (H Est), e B: Distribuição dos resíduos para altura estimada (H est) para o Angico-vermelho, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	79
Figura 20: A: Área de copa observada (AC Obs), média observada ( $\bar{X}AC$ Obs) e área de copa estimada (AC Est), e B: Distribuição dos resíduos para área de copa estimada para o Angico-vermelho, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	81
Figura 21: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de vigor e altura planta (H) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. B: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de tortuosidade e altura planta (H) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. ....	83
Figura 22: Altura observada e médias de alturas estimadas para as diferentes equações, para plantios puros de Angico-vermelho em Dois Vizinhos-PR.....	84
Figura 23: A: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de vigor e área de copa (AC) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. B: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de tortuosidade e área de copa (AC) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.....	86
Figura 24: Altura observada e médias de área de copa estimadas para as diferentes equações para plantios puros de Angico-vermelho em Dois Vizinhos-PR.....	87



## 1 INTRODUÇÃO

A procura por mudas de espécies florestais nativas para plantios comerciais, recuperação de áreas degradadas e recomposição de florestas abre campo para estudos de alternativas que visam alcançar as melhores espécies, crescimento, adaptação e à redução dos custos de implantação e manejo.

Tal procura e interesse por plantios comerciais vem aumentando à medida em que a conscientização e a preocupação com as florestas mundiais alcançam patamares em que as respostas começam a aparecer no mercado nacional e internacional. Ou seja, a conservação e a produção de madeira de espécies nativas, ou não, por meios sustentáveis, ganha valor e passa a ser fator determinante para importações e grandes produções de madeira e derivados.

Segundo relatório da World Wide Fund for Nature (WWF, 2011), as regiões tropicais serão responsáveis por cerca de 80% do desmatamento até 2030. Dentre estas regiões, cabe-se citar a Amazônia, Mata Atlântica e Cerrado na América Latina; Bornéu e Sumatra (Indonésia); Choco-Darien (Américas Central e América do Sul); Bacia do Congo; África Oriental; Leste da Austrália; Grande Mekong, no Sudeste Asiático; além da Nova Guiné e Sumatra.

No Brasil, só de área total do Mapa da Área de Aplicação da Lei da Mata Atlântica são 130.973.638 hectares. Segundo SOS Mata Atlântica, no período de 2015 a 2016, 29.075 hectares foram desmatados. Só no estado do Paraná, foi identificado um desmatamento de 3.453 hectares neste mesmo período. Como remanescentes de florestas naturais na Mata Atlântica, o mesmo levantamento aponta uma área de mais de 16 milhões de hectares (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2017).

A principal causa de tal desmatamento é a abertura de fronteiras produtivas, produção de energia hidroelétrica e projetos de infraestrutura, amparados ou não por políticas públicas que visam ampliar fronteiras comerciais e o desenvolvimento (MELLO et al., 2017).

Contudo, ao passo em que se evidencia continuada redução da cobertura florestal nativa do planeta, em uma média de 13 milhões de hectares por ano (UNEP, 2011), os plantios florestais comerciais e não comerciais estão se tornando significativos para o desenvolvimento florestal nas próximas décadas (FAO, 2010).

Tal fato decorre do aumento gradativo da demanda por madeira e produtos florestais sustentáveis. Ainda, a medida em que mais florestas nativas vêm sendo protegidas e os níveis de desmatamento reduzidos, os plantios florestais se tornam necessário para compensar a oferta de madeira.

O Brasil é um país competitivo no mercado florestal, devido às características edafoclimáticas, do desenvolvimento tecnológico e do avanço obtido na área de silvicultura. Com 7,8 milhões de hectares de árvores plantadas o setor florestal brasileiro é responsável por 91% de toda a matéria prima para a indústria madeireira. Além dos usos consolidados dos produtos de origem florestal, a indústria e a pesquisa tem ainda enorme potencial de aplicação como a celulose nanofibrilar e a nanocelulose cristalina, a fibra de carbono sustentável, entre outros (IBA, 2016).

No Paraná, a silvicultura impulsiona a cadeia produtiva da madeira, uma vez que esta é levada à exaustão com a exploração predatória das florestas nativas. Desta forma, a silvicultura é a ciência capaz de viabilizar a economia de muitas regiões, refletindo nas diferentes cadeias produtivas e de serviços nos diversos segmentos da sociedade (SANQUETTA, 2002).

No estado do Paraná, a Floresta Ombrófila Mista tem grande importância socioeconômica, abrigando, em sua região de ocorrência, boa parcela da produção madeireira estadual e abastecendo a indústria de base florestal no estado (SANQUETTA, 2002).

A Floresta Estacional Semidecidual abriga gêneros amazônicos de distribuição brasileira, como, por exemplo: *Parapiptadenia*; *Peltophorum*; *Cariniana*; *Lecythis*; *Handroanthus*; *Astronium*; entre outros. A porcentagem das árvores caducifólias no conjunto florestal é de 20% a 50%. Atualmente a Floresta Estacional Semidecidual foi reduzida há poucos agrupamentos sendo convertida pelo zoneamento urbano, pela agricultura e pecuária (IBGE, 2012), estando amplamente fragmentada, por ocorrer em regiões de grande exploração agropecuária e ocupação urbana.

Por esses motivos, e, principalmente pela falta de informações e estudos que apontem espécies nativas com potencial de crescimento e informações silviculturais para sua utilização em plantios comerciais, são necessária estudos visando produtos madeireiros e não madeireiros. De forma que se possa ampliar a base genética de espécies usadas em plantios florestais, valorizando as espécies nativas regionais e as inserindo nos processos produtivos, em agroecossistemas de base sustentável.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento de 14 espécies florestais nativas do Brasil, apontando seu potencial para utilização em plantios puros e, através do Software estatístico SAS®, gerar modelos matemáticos que representem o crescimento das três melhores espécies em função do tempo.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Mensurar o crescimento inicial das 14 espécies, calcular e analisar o comportamento do incremento em diâmetro à altura do peito, diâmetro de colo e altura por espécie.

Verificar a influência das variáveis tortuosidade do tronco e vigor da planta sobre o crescimento em altura e área de copa para as três espécies que apresentarem maior crescimento.

Gerar equações para estimativa de crescimento em altura e área de copa, em função do tempo, para as três espécies de melhor crescimento, considerando a tortuosidade e vigor das plantas.

Apontar características relevantes acerca da silvicultura e comportamento das espécies condicionada a plantio puro.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 PLANTIOS FLORESTAIS

Ao longo da história, o Brasil, passou por ciclos produtivos que foram se destacando. No período pré-colonial, a madeira foi a primeira matéria-prima de importância econômica para o Brasil. Foi inicialmente extraída e exportada para a Europa, lá transformada em móveis, pisos, tintas, construções e outros produtos. Tal importância está associada ao nome das espécies pau-brasil (*Paubrasilia echinata*) e seringueira (*Hevea brasiliensis*), as quais foram fortemente exploradas no período do Brasil colônia.

Pode-se afirmar que a silvicultura no Brasil possui três fases. A primeira se refere ao ciclo entre 1500 até o início dos incentivos fiscais concedidos ao reflorestamento (1965). Neste período destaca-se a introdução da pinocultura realizada ainda no século XIX e da eucaliptocultura, conduzida principalmente por Edmundo Navarro de Andrade a partir de 1904. A segunda foi o período de vigência dos incentivos fiscais ao reflorestamento (1966-1988). A terceira é o período pós-incentivos fiscais ao reflorestamento até os dias atuais (ANTONANGELO; BACHA, 1998).

Há indícios de que as primeiras florestas plantadas foram as de oliveiras, na Grécia (3000 a. C), posterior a isso tem-se registros de plantações no Egito, Arábia Saudita e China (FAO, 2010). Contudo, o Brasil teve ciclos de expansão de florestas plantadas marcados com projetos das espécies do gênero *Eucalyptus*, principalmente a partir dos anos 1960. Sua adaptabilidade às condições edafoclimáticas, aliadas à política de incentivo fiscal e investimento em pesquisa, proporcionavam maior produtividade em menor ciclo de colheita (ABRAF, 2013).

Ao longo do tempo, o Brasil se tornou referência em silvicultura e desenvolvimento de genética florestal, resultado da capacidade de adaptação das espécies exóticas às condições edafoclimáticas do país. Atualmente os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* são os mais plantados no Brasil. (IBA, 2016).

Segundo a FAO (2010), uma floresta plantada é estabelecida por uma plantação ou semeadura de espécies introduzidas ou nativas, quer seja através de

arborização em terrenos antes nunca cobertos por floresta ou por uma recuperação de terrenos previamente florestados. Já o Decreto nº 8.375/2014 (BRASIL, 2014), define florestas plantadas como florestas compostas predominantemente por árvores de semeadura ou plantio, cultivadas com fins comerciais.

Ao mesmo tempo em que se tem uma continuada diminuição da cobertura florestal nativa do planeta, os plantios florestais comerciais vão tomando forma mais significativa no desenvolvimento florestal atual e para as próximas décadas (FAO, 2010). O Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas (PNDF), o qual está sendo instituído através da Política Agrícola para Florestas Plantadas pelo Decreto nº 8.375/2014 (BRASIL, 2014), pretende conduzir este crescente setor.

Por conta da aceleração da demanda por madeira e produtos florestais de origem sustentável (IPCC, 2012), é tendência mundial a expansão de plantios florestais. Isso requer, conseqüentemente, um contínuo aumento da área ocupada e de evolução tecnológica acerca das espécies a serem plantadas (FAO, 2011).

Em 2010, a estimativa era de uma área de 264 milhões de hectares de floresta plantada. A maior parte do crescimento no fornecimento de madeira ocorre em países em desenvolvimento, sob o aspecto florestal, em especial na Ásia, Oceania e América Latina (FAO, 2010).

O Brasil chegou a 7,8 milhões de hectares de florestas plantadas em 2015, obtendo crescimento de 0,8% em relação à 2014 (IBA, 2016). Segundo dados de Produção, Extração Vegetal e Silvicultura do IBGE (2014), a lenha oriunda da silvicultura em relação ao total consumido passou de 20% em 1990, para mais de 70% em 2013.

Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBA, 2016), as florestas plantadas no Brasil, no ano de 2012, eram compostas por espécies de pinus (*Pinus* spp.), eucalipto (*Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp.), álamo (*Populus* spp.), teca (*Tectona grandis*), araucária (*Araucaria angustifolia*), seringueira (*Hevea* spp.), acácia (*Acacia* spp.) e paricá (*Shizolobium amazonicum*). A maioria absoluta dos plantios correspondem a pinus (20,17%) e eucalipto (72,18%), ficando as demais espécies como a seringueira (2,94%), acácia (2,06%), paricá (1,15%), Teca (1,12%), araucária (0,14%) e álamo (0,05%) com menos de 8% dos plantios.

Segundo o mesmo relatório, nos anos de 2010 a 2015, os plantios de pinus se mantiveram com poucas variações, contudo os plantios de eucalipto aumentaram devido à grande procura pelas indústrias de papel e celulose. Os estados de Minas

Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (15% - plantio de 450 mil hectares nos últimos cinco anos) concentram as maiores porcentagens de plantios de eucalipto, que ocupam 5,6 milhões de hectares da área de árvores plantadas do Brasil. Neste período o crescimento da área de eucalipto foi de 2,8% a.a. Estados como o Paraná (42%) e Santa Catarina (34%) concentram a maior parte dos plantios de pinus, que ocupam 1,6 milhão de hectares. Neste período, o decréscimo da área de pinus foi de 2,1% a.a., devido, principalmente, à substituição por eucalipto.

No Brasil, os plantios florestais utilizam principalmente espécies exóticas como o pinus e o eucalipto, cujas técnicas silviculturais já estão consolidadas. Segundo Fischer (2012), os plantios de espécies nativas se caracteriza pela ausência destas técnicas, bem como de uniformidade e homogeneidade, em especial de folhosas tropicais, características fundamentais para a indústria.

Segundo Araújo et al. (2017), o setor de celulose e papel consegue ampliar os plantios à sua demanda com madeira de eucalipto, enquanto que, para as outras espécies como teca e principalmente as nativas como a araucária, paricá, dentre inúmeras outras com potencial, ainda faltam incentivos e estudos, tanto para a sua utilização quanto para a ampliação de seus plantios comerciais.

Além dos aumentos na produção de florestas plantadas no Brasil, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) apresentou, em 2013, um saldo da balança comercial brasileira para madeira e derivados na casa de US\$ 1,86 bilhões, 8% maior em relação ao ano anterior. Já em março de 2015, alcançaram a terceira posição entre os principais produtos de exportação brasileiros (US\$ 920,23 milhões), sendo 25,9% maior que no mesmo período do ano anterior. No ano de 2016, as exportações brasileiras de madeira serrada para o exterior cresceram quase 14% (BRASIL, 2016).

## 3.2 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

### 3.2.1 *Luehea divaricata* Mart. & Zucc (Açoita-cavalo)

O Açoita-cavalo pertence à família Malvaceae. Naturalmente, ocorre desde os estados do Sul do Brasil até o estado do Pará. Ocorre também na Argentina, Paraguai e Uruguai. Espécie heliófila, tolerante ao sombreamento na fase juvenil e a temperaturas baixas, principalmente em Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista, não apresentando desrama natural (CARVALHO, 2003). Seu grupo sucessional é secundária inicial a secundária tardia (LORENZI, 2008).

A madeira do Açoita-cavalo é considerada de dureza leve ( $0,640 \text{ g cm}^{-3}$ ), porém flexível e resistente e, de acordo com Reitz et al. (1988), apresenta um tronco comumente tortuoso, com base alargada e fuste comercial de comprimento mediano. Pode atingir de 20 a 30 metros de altura e diâmetro à altura do peito (DAP) de 50 a 80 cm (LORENZI, 2008).

O crescimento do Açoita-cavalo é considerado lento em ocorrência natural, podendo atingir incremento de  $5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em plantios com espaçamento 4 x 4 metros (CARVALHO, 2003). Sua madeira é empregada na confecção de móveis, aceitando bem trabalhos que exijam peças vergadas e torneadas. Chiamolera et al. (2011) recomendam o Açoita-cavalo para programas de reflorestamento, pois consideram que a espécie apresenta bom incremento anual em diâmetro de caule e altura.

Quanto ao seu potencial e comportamentos em plantios, Chiamolera et al. (2011) observaram em seus estudos que a espécie apresentou bom crescimento em altura e diâmetro de colo, porém, em área aberta com insolação direta, as plantas apresentaram ramificações múltiplas próximas a base aos 24 meses do plantio. Em plantios, torna-se necessário desrama ou poda para condução de um único tronco sem a presença de galhos epicórmicos.

Para Carvalho (2004) e Reitz et al. (1978; 1988), o plantio de Açoita-cavalo deve ser evitado a pleno sol, o que resulta em ramificação precoce, podendo prejudicar o desenvolvimento do seu tronco caso esses não sejam podados corretamente.

### 3.2.2 *Parapitadenia rígida* (Bent.) Brenan (Angico-vermelho)

O Angico-vermelho pertencente à família Fabaceae, subfamília Mimosoideae. É uma espécie característica das florestas da Bacia do Alto Uruguai, também com ocorrência nos estados do Sul do Brasil, Ceará, Minas gerais, Mato Grosso e em países como Bolívia, Argentina e Paraguai (LORENZI, 2008).

O Angico-vermelho é classificado como espécie pioneira, comumente encontrada em capoeirões, se tornando dominante no estrato superior. Heliófita, longeva e robusta, quanto exposta a luz na fase de muda, forma fustes curtos (MATTOS et al., 2003).

A madeira do Angico-vermelho é classificada como pesada ( $0,88 \text{ g cm}^{-3}$ ), elástica, dura e de alta resistência. É comum atingir cerca de 35 m de altura e DAP de 100 cm, com características de tronco levemente torto, que varia de 5 a 15 m de comprimento (LORENZI, 2008).

O porte e características do fuste dependem do local de crescimento inicial, isolado ou em floresta, com insolação direta ou em sombreamento. LORENZI (2008) cita que o Angico-vermelho está entre as nativas da flora brasileira que apresenta maior taxa de crescimento em altura e área de copa, sendo muito utilizada em programas de plantio florestal.

É uma das espécies arbóreas nativas com maior produtividade registrada, variando de 5 a 25  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . A espécie possui uma madeira compacta, de baixa elasticidade e pesada. Além disso, é muito resistente e com uma ampla solidez (REITZ et al., 1988; GOLFARI, 1975; CARVALHO, 1998).

A madeira do Angico-vermelho é indicada para construção civil e naval, postes, moirões, dormentes, barris de cachaça, além da sua utilização na geração de energia e carvão vegetal. Ainda, sua casca é rica em tanino, que pode ser utilizada em curtumes (LORENZI, 2008; DURIGAN et al., 2002).



### 3.2.3 *Myrocarpus frondosus* Allemão (Cabreúva)

A Cabreúva, da família Fabaceae (Papilionoideae), tem ocorrência natural do sul da Bahia até o Rio Grande do Sul, também ocorrendo no nordeste da Argentina e leste do Paraguai (CALEGARI et al., 2009; CARVALHO, 2003), é uma espécie caducifólia, podendo medir até 35 metros de altura e DAP de 100 cm, com tronco geralmente cilíndrico, podendo ser levemente inclinado. Longhi (1995) classificou a espécie como secundária tardia, passando a clímax, enquanto Reitz et al. (1978) a classificaram como heliófita e pioneira e Carvalho (1994) como semi-heliófita, de sombreamento moderado, e secundária tardia, com resistente média ao frio, preferindo locais com luminosidade.

Pode ser encontrada em capoeirões e matas secundárias como espécie emergente no dossel superior para florestas primárias. A madeira da Cabreúva apresenta coloração clara, escurecendo quando exposta, sendo uma madeira densa (0,77 a 1,18 g cm<sup>-3</sup>), com durabilidade média, porém de boa trabalhabilidade, sendo assim indicada para uso como mourões, dormentes e vigas para pontes, além da utilização como revestimento e painéis (CARVALHO, 1994; LORENZI, 2008).

A Cabreúva ainda apresenta propriedades fitoterápicas para tratamento de inapetência e debilidade física. Na medicina popular, sua resina é utilizada em preparações tópicas para tratar feridas e sarnas e pode ser ainda utilizado em tônicos capilares, sabonetes e cremes (LORENZI; MATOS, 2002).

Em estudo realizado por Ruschel et al. (2003), a Cabreúva foi a espécie mais citada com maior diversidade de usos, bem como a segunda melhor espécie quanto a valor comercial. O mesmo estudo aponta que a escassez de madeiras nobre no mercado reflete na exploração ilegal aquecida pelo valor alto de comércio. Por esse motivo, investimentos no plantio de espécies nativas potenciais como a Cabreúva, Guajuvira, Grápia, Marmeleiro, dentre outras, garante a manutenção das espécies nas matas nativas.

Em plantio em Campo Mourão-PR em cultivo de 5 anos com espaçamento 3 x 3 m, a Cabreúva apresentou altura média de 2,86 m e DAP médio de 4,5 cm. Já em Santa Helena-PR, a espécie apresentou, em experimento de 4 anos, com espaçamento 4 x 3 m, baixo índice de sobrevivência (13,3%) e altura média de 0,65 m (CARVALHO, 2003).

### 3.2.4 *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert (Canafístula)

A Canafístula pertence a família Fabaceae (Caesalpinoideae) é uma espécie arbórea, ocorrendo naturalmente no Brasil, na floresta latifoliada semidecídua da Bacia do Paraná, e decídua na bacia do Rio Uruguai no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Podendo ser encontrada também nos estados da Bahia, Rio de Janeiro, Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul, ocorrendo ainda na Argentina e Paraguai (LORENZI, 2008).

É uma espécie secundária inicial com características de pioneira, sendo heliófita, apresenta crescimento rápido e boa resistência aos períodos de frio (LORENZI, 2008). Apresenta copa ampla, globosa, tronco cilíndrico, com dicotomia, podendo medir de 10 a 40 m de altura e atingir um DAP de até 120 cm (CARVALHO, 2003).

A madeira da Canafístula, apresenta coloração castanho claro e é classificada como pesada (0,75 a 0,90 g cm<sup>-3</sup>), além de ser resistente. É indicada para usos na construção civil como dormentes, na marcenaria e indústria moveleira (REITZ et al., 1978).

A Canafístula também é indicada para o reflorestamento de áreas degradadas, arborização urbana e plantios para uso de madeira tanto para energia como para serraria. Ainda a sua casca é rica em tanino, podendo este ser extraído e utilizado na indústria de couros (LORENZI, 2008).

Por ser de crescimento rápido, com produtividade que pode atingir 19,60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>/ano, com tronco cilíndrico, levemente curvo, com potencial para plantios comerciais (BERTOLINI et al., 2015; CARVALHO, 1998; LORENZI, 2008). Na Tabela 1, publicada por Bertolini et al. (2015), estão expostos dados de incremento médio anual para a Canafístula, considerando plantios em vários estados do Brasil.

Segundo Bertolini et al. (2015), apesar do surgimento de estudos voltados para espécies nativas, desenvolvidos nos últimos anos, ainda são poucas as pesquisas realizadas com espécies da biodiversidade brasileira, havendo a necessidade de muito mais trabalhos de pesquisa e a condução de experimentos nas mais diversas regiões e condições de solos e clima, visando embasar a recomendação de espécies para plantio, bem como os tratamentos culturais necessários.

Tabela 1: Crescimento da Canafístula em experimentos em diferentes locais do Brasil.

Local	Idade (anos)	Espaç. (m x m)	Plantas vivas (%)	Altura (m)	DAP (cm)	IMAv	Classe de solo
* Assis – SP	7	3 X 2	68,9	4,90	6,90	2,90	LVdf
* Campo Mourão – PR	11	3 X 1	73,2	8,86	9,30	7,50	LVdf
* Cascavel – PR	10	3 X 2	96,0	12,11	13,70	14,30	LVdf
* Cianorte – PR	7	3 X 3	100,0	9,12	13,0	-	LVdf
* Concórdia – SC	4	3 X 2	66,4	1,61	-	-	Nvef
* Cosmópolis – SP	20	-	-	28,40	39,5	-	LVdf
* Dois Vizinhos – PR	10	2,5 X 2,5	97,6	6,45	8,9	3,15	LVdf
* Foz do Iguaçu – PR	9	4 X 2,5	100,0	10,42	16,30	12,10	LVdf
* Laranjeiras do Sul - PR	6	3 X 3	90	7,08	10,8	5,4	LVdf
* Luiz Antônio – SP	7	3 X 2	91	11,53	13,8	19,6	LVAAd
* Mandaguari – SP	8	2 X 1,5	90	11	10,9	19,25	LVdf
* Mogi Guaçu – SP	8	3 X 2	-	6,25	6,1	-	LVdf
* Pinhão – PR	10	2,5 X 2,5	96,9	9,01	14,6	11,60	LVdf
* Quedas do Iguaçu – PR	8	4 X 3	84,6	11,13	18,0	-	LVdf
* Santa Helena - PR (d)	5	4 X 2	91,6	7,13	5,9	-	LVef
* Santa Helena - PR (e)	5	4 X 2	91,6	6,47	4,5	-	LVef
* Santa Helena - PR	10	3 X 3	81,5	13,58	16,7	-	LVef
* Santa Helena - PR	10	4 X 4	87,5	13,43	18,1	-	LVef
* Sta Rita do Passa Quatro – SP	26	-	-	21,19	21,4	14,0	LVd
* Toledo – PR	7	4 X 4	41,7	12,4	19,0	-	LVdf
** Dois Vizinhos - PR	0,7	3 X 2	94,4	2,12	2,46	-	LVd

Onde: IMAv: incremento médio anual em volume ( $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ ); Fonte: \* Carvalho, 2003. \*\* Bertolini et al. (2012); Ludvichack et al. (2012); Nieri et al. (2012).

### 3.2.5 *Cabralea canjerana* (Vell) Mart (Canjerana)

A Canjerana pertence à família Meliaceae. Ocorre naturalmente na Costa Rica, Bolívia, Guiana, Peru, no nordeste da Argentina, leste do Paraguai e no Brasil, nos estados do Amapá, Roraima, Pernambuco, Pará, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal e em toda região Sudeste e Sul do País, na Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa. É uma espécie de grande porte, caducifólia, possuindo tronco cilíndrico e levemente tortuoso, podendo atingir até 30 m de altura e DAP de até 120 cm (LORENZI, 2008; CARVALHO, 2003). É uma espécie considerada secundária tardia, com grande potencial de regeneração.

A madeira da Canjerana apresenta coloração castanha acinzentada ou até avermelhada, moderadamente pesada ( $0,65$  a  $0,75 g cm^{-3}$ ), resistente à umidade e de cheiro agradável, podendo ser utilizada no paisagismo e construção civil, para

fabricação de móveis, dormentes, molduras, rodapés, ripas e caibros (CARVALHO, 1994; LORENZI, 2008).

A madeira da Canjerana é considerada valiosa no Sul do Brasil por sua qualidade e resistência ao ataque de organismos xilófagos, em condições favoráveis à decomposição. A produtividade da espécie é bastante variável. Sua maior produtividade volumétrica, está em torno de  $13,50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em plantio de 10 anos (CARVALHO, 1994). O mesmo autor destaca que, em área com seis anos em Santa Helena - PR, a espécie apresentou superioridade em todos os parâmetros medidos, do plantio misto em relação ao plantio puro, ambos em pleno sol.

### 3.2.6 *Jacaranda micrantha* Cham. (Caroba)

A Caroba (da família Bignoniaceae, ocorre naturalmente nos estados de Goiás, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rio grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, sendo também encontrada na Argentina e Paraguai (CARVALHO, 2003).

É classificada como uma espécie pioneira a secundária inicial, frequente na vegetação secundária inicial, de característica caducifolia, podendo atingir 30 metros de altura e DAP de 85 cm (CARVALHO, 2003; SANTOS et al., 2004). Seu tronco é geralmente tortuoso (VACCARO et al., 1999).

A madeira da Caroba é considerada de densidade mediana ( $0,56$  a  $0,60 \text{ g cm}^{-3}$ ), com coloração clara e é de fácil trabalhabilidade para o manuseio. É uma madeira maleável, podendo ser usada em móveis, instrumentos musicais delicados, acabamentos e marcenaria. Ainda pode ser utilizada na arborização urbana e reflorestamento de áreas degradadas (CARVALHO, 1994), além de apresentar potencial para plantios comerciais.

Quanto ao seu crescimento, o incremento volumétrico máximo registrado foi de  $0,75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , aos nove anos do plantio, ou seja, é uma espécie de crescimento lento (CARVALHO, 1994).

### 3.2.7 *Apuleia leiocarpa* (Vog). J. F. Macbr (Grápia)

A grápia pertence à família Fabaceae (Caesalpinoideae). Sua ocorrência no Brasil varia de altitude de 20 m, no Rio Grande do Sul, até 1.200 m de altitude, no Distrito Federal (CARVALHO, 2003).

A Grápia possui regeneração abundante nas florestas secundárias, povoando com facilidade as capoeiras e roças abandonadas (CARVALHO, 2003), com crescimento lento a moderado, sendo considerada, oficialmente, no estado do Paraná, como espécie madeireira promissora.

É decídua, podendo atingir de 25 a 35 metros de altura e DAP de 60 a 100 cm. É considerada uma espécie clímax (CARVALHO, 2003), de grande porte, com tronco cilíndrico e levemente torto. A madeira da Grápia é de coloração clara, considerada dura e densa (0,75 a 1,00 g cm<sup>-3</sup>), porém de fácil trabalhabilidade, chegando a um incremento volumétrico máximo de 6,80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de volume sólido com casca aos 12 anos, em plantio de espaçamento 3 x 3 m (CARVALHO, 2003).

É muito utilizada para a marcenaria em geral, decoração de ambientes, na construção civil, como postes e dormentes, também pode ser utilizada na obtenção de laminas ou desbobinada para a fabricação de tonéis para vinho (CARVALHO, 2003). A casca desta espécie também é rica em tanino (MATTOS et al., 2003).

Além do tanino, a Grápia apresenta potencial medicinal. Segundo Carvalho et al. (2015) e Silva et al. (2015), sua semente possui proteínas com propriedades antimicrobianas. Extratos do fruto também foram testados como biocidas. Decorrente de suas diversas características de potencial econômico, a Grápia deve ser conservada, uma vez que a árvore está classificada como vulnerável (CNCFLORA, 2012).

Segundo estudo de Lenciana et al. (2016), a espécie apresenta alta diversidade genética, ideal para a seleção de indivíduos superiores que possibilitem a implantação de programas de manejo da espécie, bem como para a implantação de reflorestamentos e plantios comerciais.

### 3.2.8 *Cordia americana* (L.) Gottschling. & J. S. Mill (Guajuvira)

A Guajuvira é da família Boraginaceae, de ocorrência natural na Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual, ocorrendo nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CARVALHO, 2003).

É uma espécie considerada secundária inicial por Vaccaro et al. (1999) a secundária tardia, por Durigan e Nogueira (1990). Segundo Carvalho (2003), o crescimento da Guajuvira varia de lento a moderado, dependendo das condições edafoclimáticas onde se encontram. Em áreas de capoeira, onde possibilita crescimento inicial com pouco sombreamento, se desenvolve normalmente, demonstrando crescimento relativamente rápido.

A Guajuvira é uma árvore de comportamento semicaducifólio, podendo alcançar, na idade adulta, até 30 m de altura e 100 cm de DAP. Como características possui o tronco geralmente tortuoso e irregular, com reentrâncias na base, apresentado copa estreita, alongada de forma corimbiforme e densamente ramificada (CARVALHO, 2003).

A madeira da Guajuvira é densa (0,75 a 0,90 g cm<sup>-3</sup>), sendo indicada para construção civil, na produção de móveis de luxo, além de ser utilizada no paisagismo, em reflorestamento e possuir propriedades medicinais (CARVALHO, 1994; LORENZI, 2008). Além disso, a madeira apresenta boa elasticidade e flexibilidade, podendo ser utilizada para peças curvadas, formando arcos (CARVALHO, 2003).

Em Foz do Iguaçu - PR, a Guajuvira apresentou incremento médio anual de 7,60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> com casca, aos onze anos em um plantio com espaçamento 4 x 4 m (altura média 11,53 m e DAP médio de 17,7 cm). Nesta mesma cidade, em um plantio de nove anos de idade com o mesmo espaçamento a espécie apresentou altura média de 6,34 m e DAP médio de 9,9 cm (CARVALHO, 1994).

### 3.2.9 *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos (Ipê-roxo)

O Ipê-roxo pertence à família Bignoniaceae, ocorrendo da Bahia até o Rio Grande do Sul nas formações florestais do complexo atlântico e presente também no cerrado e na caatinga, ocorrendo ainda no nordeste da Argentina, sul da Bolívia, leste do Paraguai e Uruguai (IPEF, 2012).

É uma espécie do grupo das secundárias tardias, passando a clímax, de crescimento lento a moderado. Tem por característica tronco cilíndrico, reto, revestido de casca parda acinzentada e rugosa, sendo uma espécie caducifólia. Atinge de 8 a 20 m de altura e 20 a 60 cm de DAP, podendo chegar a 35 m de altura e 150 cm de DAP na idade avançada (CARVALHO, 2003).

A madeira do Ipê-roxo pode ser utilizada para dormentes, tacos, portas, postes, eixos de roda, na construção civil e naval, além do potencial no uso ornamental por suas flores abundantes e de cor exuberante (IPEF, 2012; REYES, 2003; LORENZI, 2008). Ainda, sua madeira é considerada dura ao corte e resistente ao ataque de insetos, sendo possível sua utilização em áreas externas (LORENZI, 2008).

Segundo Lübeck (2008), existem relatos do uso do Ipê-roxo há séculos, desde os antigos povos incas e astecas. Pelos índios xamãs da floresta amazônica esta é uma das raras plantas mestras, podendo ser utilizada no tratamento de diversas enfermidades. Segundo Januário e Silvério-Lopes (2014), as espécies de ipês são ricas em naftoquinonas, substâncias essas que possuem potencial farmacológico, as quais tem despertado o interesse da comunidade científica.

### 3.2.10 *Cordia trichotoma* (Vell) Arráb ex Steud. (Louro-pardo)

O Louro-pardo pertence à família Boraginaceae e ocorre na Floresta Estacional Decidual e Semidecidual, na Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e Caatinga (CARVALHO, 2003).

É uma espécie decídua, heliófila, ocorrendo naturalmente em formações abertas e secundárias. Plantas adultas desta espécie podem atingir 35 metros de altura e 100 cm de DAP, possuindo o tronco reto e copa alongada (CARVALHO,

2003). É pouco exigente em condições de solo, sendo a planta pioneira e de ocorrência comum no Sul do Brasil, em capoeiras e áreas em regeneração e de crescimento lento a moderado, dependendo das condições edafoclimáticas do local (LORENZI, 2008).

A madeira de Louro-pardo, apresenta resistência mecânica mediana, com massa específica aparente considerada média (0,57 a 0,78 g cm<sup>-3</sup>). É indicada para construção de móveis de luxo, revestimentos decorativos, lâminas faqueadas para móveis e lambris, ainda pode ser utilizada na construção civil, em tonéis, embarcações leves, esculturas e freios de locomotiva (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008). Além disso, é indicada para confecção de peças envergadas e para utilização na arborização urbana.

Nas Regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, para Carvalho (1998), o Louro-pardo é uma das espécies nativas mais promissoras para plantio em escala comercial, isto por que a espécie apresenta bom crescimento e sua madeira é de excelente qualidade, apreciada nos mercados interno e externo (SCHEEREN et al. 2002).

Antonelli et al. (2015) apontam que o Louro-pardo, adubado por NPK à uma dose três vezes maior do que a recomendada para o Eucalipto, apresenta maior crescimento de área de copa e altura quando comparado ao plantio sem adubação. Carvalho (1994) em um plantio de 10 anos, realizado com espaçamento de 3x2m, em Cascavel-PR, aponta incremento médio de 8,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

### 3.2.11 *Ruprechtia laxiflora* Meisn. (Marmeleiro)

O Marmeleiro ou Marmeleiro-do-mato (), pertence à família Polygonaceae. No Brasil, ocorre naturalmente na Caatinga do Nordeste, no Pantanal Mato-grossense e na Floresta Latifoliada Semidecídua da bacia do Paraná, e Decidual na bacia do Uruguai, ocorrendo também na Argentina, Paraguai e Uruguai (LORENZI, 2008; CARVALHO, 2003; MELO, 2015). É semidecídua, heliófita e seletiva higrófila, sendo considerada secundária tardia, de crescimento lento (TABARELLI, 1992), frequente em áreas de capoeira.



Como características, o Marmeleiro apresenta tronco reto e cilíndrico, de madeira suavemente pesada (0,67 a 0,75 g cm<sup>-3</sup>), moderadamente resistente e brandamente dura, podendo atingir, na idade adulta, até 32 m de altura e 100 cm de DAP (CARVALHO, 2003; CARVALHO, 2006). Por tais características, é amplamente utilizado para fabricação de móveis e na carpintaria (LORENZI, 2008).

A madeira do Marmeleiro é indicada para confecção de móveis, esquadrias de portas e janelas, caibros, tabuado em geral, mourões e laminados (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008). Carvalho (1994) aponta que a espécie tem crescimento lento, como pode ser observado em experimento de plantio aos quatro anos em Foz do Iguaçu-PR com espaçamento 4 x 3 m, no qual a espécie apresentou altura média de 2,87m e DAP médio de 2,8 cm.

### 3.2.12 *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. (Pau-marfim)

O Pau-marfim pertencente à família Rutaceae, de ocorrência na Floresta Estacional Semidecidual, na formação Submontana, Floresta Estacional Decidual e na Floresta Ombrófila Mista (CARVALHO, 2003). Ocorre principalmente nas florestas das bacias do Paraná e Alto Uruguai (LORENZI, 2008).

É uma espécie semidecídua, heliófila e secundária tardia, apresentando regeneração natural em solos úmidos e de crescimento lento a moderado, podendo atingir, na idade adulta, 35 m de altura e 100 cm de DAP. Seu tronco é geralmente reto, cilíndrico e sua copa larga e arredondada (CARVALHO, 2004).

A madeira do Pau-marfim é indicada para fabricação de móveis de luxo, caibros, ripas, rodapés, forros, e assoalho, cabos de ferramentas, além de ser utilizada em compensados, chapas, laminas faqueadas decorativas e peças torneadas (LORENZI, 2008; CARVALHO, 2003).

### 3.2.13 *Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg. (Peroba)

A Peroba, da família Apocynaceae, ocorre naturalmente no extremo nordeste da Argentina, norte da Colômbia, norte e leste do Paraguai, Peru, noroeste e norte da Venezuela. No Brasil ocorre no Paraná, Bahia e em toda região Centro-Oeste e Sudeste, sendo uma espécie característica da Floresta Estacional Semidecidual (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008).

É uma planta perenifolia e esciófita. Sua ocorrência se dá exclusivamente no interior da floresta primária densa, preferencialmente em solos profundos e férteis. É uma espécie secundária tardia ou clímax, tolerante à sombra e com crescimento lento (DURIGAN; LEITÃO FILHO, 1995), podendo atingir até 50 m de altura e 390 cm de DAP.

O fuste da Peroba é cilíndrico, reto ou levemente tortuoso e sua copa é alta, corimbiforme e densa. O crescimento inicial é lento, característica de espécies secundárias secundárias à clímax, e posteriormente o crescimento é moderado (CARVALHO, 2003).

A madeira de Peroba apresenta resistência mecânica e retratibilidade medianas, usada na indústria moveleira, na construção civil e naval e canoas. Seu uso é amplo na carpintaria, utilizada em vigas, escadas e tacos (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008). Em plantios adensados a espécie apresenta desrama natural, e em plantios com espaçados há necessidade desrama (KAGEYAMA; CASTRO, 1989).

Devido os diversos usos da madeira da Peroba na construção e movelaria, a espécie foi amplamente devastada da floresta natural, e segundo Sato et al. (2008), é de grande importância a manutenção dessa espécie, seja com programas de conservação e/ou plantios para exploração econômica, diminuindo a pressão sobre as populações nativas.

A Peroba é classificada segundo a lista da IUCN (2003) como espécie “em perigo” de extinção, ou seja, de sobrevivência improvável se os fatores causais continuarem operando. Já na lista oficial de espécies da flora ameaçadas de extinção no Paraná a espécie está classificada como rara (IAP, 2008).

### 3.2.14 *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Timbaúva)

A Timbaúva pertencente à família Fabaceae. Ocorre em altitudes de 5 metros em Santa Catarina a 1.200 metros no Distrito Federal, ocorrendo na Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Floresta Estacional Decidual e Floresta Ombrófila Mista.

Esta espécie é decídua e frondosa, podendo atingir de 20 a 35 m de altura e 3 metros de DAP, sendo considerada pioneira. Apresenta rápido crescimento inicial e rusticidade, podendo ser utilizada em reflorestamento. Prefere ser cultivada sob pleno sol ou pouco sombreamento, em solo fértil, preferencialmente úmido e irrigado no primeiro ano de implantação (CARVALHO, 1994).

Segundo Carvalho (2003) e Reitz et al. (1988) em plantios puros a Timbaúva apresenta crescimento rápido, porém irregular, contudo, alcançando alta produção volumétrica, que pode alcançar  $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  aos 11 anos, com tronco alinhado, cilíndrico, com o fuste podendo chegar a 10 a 12 m (CARVALHO, 1994).

A madeira de Timbaúva pode ser utilizada para fabricação de brinquedos, colmeias, construção naval e civil, carpintaria embalagens e caixotaria leve, palitos de fósforo, lápis, urna funerária; canoas de tronco inteiro e embarcações, entalhes e esculturas, gamelas, cochos, chapas compensadas, miolo de portas e painéis (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008).

## 3.3 PANORAMA DE ESTUDOS DE PLANTIOS DE ESPÉCIES NATIVAS

A participação das florestas plantadas no PIB (Produto Interno Bruto) de 2015 no Brasil foi de 1,2% a 6,0% do PIB Industrial, somando 69,1 bilhões de reais. Em tributos, foi gerado a quantia de R\$ 11,3 bilhões. O mercado de florestas plantadas empregou, diretamente, 540 mil pessoas, com estimativa de 3,8 milhões de postos de trabalhos da atividade florestal (diretos, indiretos e efeito de renda) (IBA, 2016).

O setor brasileiro de florestas plantadas ocupa atualmente uma área de 7,8 milhões de hectares, correspondentes a 0,9% do território nacional e é responsável

por 91% da madeira produzida para fins industriais no país (IBA, 2016). Desta área de florestas plantadas apenas cerca de 8% é coberta por espécies nativas.

O Brasil lançou em 2006, o plano nacional de silvicultura com espécies nativas e sistemas agroflorestais – PENSAF, com objetivo de estabelecer as condições básicas a silvicultura de espécies nativas e sistemas agroflorestais. A base para o projeto é o potencial de diversas espécies arbóreas da vegetação brasileira, uma vez que os resultados são semelhantes e até mesmo superiores às produtividades de espécies exóticas quando foram introduzidas no país e que se tornaram a base de toda a silvicultura brasileira (BRASIL, 2006).

A base da silvicultura brasileira é o plantio florestal com espécies de rápido crescimento. O desenvolvimento adquirido pode ser transferido ao desenvolvimento e sucesso da silvicultura com espécies nativas e sistemas agroflorestais, os quais se apresentam como alternativas viáveis para o uso da terra.

Para alcançar o desenvolvimento da silvicultura de espécies nativas, desafios devem ser superados, tais como: instrumentos de política pública, implantação de trabalhos de pesquisa, geração de conhecimentos técnico-científico, treinamento de agentes extensionistas, capacitação e formação de arranjos produtivos (BRASIL, 2006), o que fomenta proprietários rurais perceberem as plantações florestais de espécies nativas como uma atividade de risco.

Segundo Kageyama e Castro (1989), as espécies nativas têm maior probabilidade de êxito quanto mais próxima das condições naturais for a plantação. As espécies arbóreas exóticas têm mostrado maior resistência natural a insetos e microrganismos, uma vez que não há uma evolução conjunta das plantas e de seus predadores, como na região de origem, indicando que os "inimigos" naturais passem de caráter endêmico a epidêmico. Assim, espécies nativas brasileiras parecem inviabilizadas para plantios puros, como por exemplo o guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell) Blake), o cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), a bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), e a seringueira (*Hevea brasiliensis* (Wild. Ex A. Juss.) Mull. Arg.).

As espécies florestais exóticas são favorecidas, pois frequentemente possuem crescimento acelerado, propriedades da madeira já conhecidas e com diversas variações devido a programas de melhoramento genético. Além de apresentar tecnologias desenvolvidas para facilitar a colheita e comercialização, possuem informações sobre sua silvicultura, fazendo com que o produtor rural adquira pacotes tecnológicos e com um risco econômico mais baixo.

Para convencer um produtor rural a plantar espécies madeireiras nativas ao invés de exóticas, é necessário saber a capacidade de crescimento da espécie indicada, o volume de madeira que pode ser obtido a partir do ciclo de produção e o ciclo de corte esperado, além das possibilidades de mercado local e regional, de forma a tornar socioeconomicamente atrativo.

Assim, é necessário avaliar quais das espécies nativas apresentam potencial para a produção em plantios comerciais, uma vez que em condições de plantios, a silvicultura e a ecologia das mesmas pode diferenciar-se do que é conhecido nas florestas naturais (BRANCALION et al., 2012).

As condições de plantios comerciais de espécies nativas são distintas das florestas nativas. Desta forma, muitas espécies nativas consolidadas por possuírem fuste reto com aptidão para madeira serrada podem apresentar fustes tortuosos ou baixa altura comercial do fuste em plantios puros. Soma-se isto o fato de que espécies reconhecidas pela qualidade de sua madeira podem ter sua baixa produtividade devido ao crescimento muito lento, inviabilizando o cultivo (SILVA, 2013).

Entre os estudos já realizados sobre silvicultura de espécies nativas como Louro-pardo, Angico, Ipê, Peroba, Canjerana, Canafístula, dentre outros, pode-se citar os trabalhos dos pesquisadores como Lorenzi (2008), Carvalho (1994, 2003, 2004), Chiamolera et al. (2011), Reitz et al. (1978), Golfari (1975), Bertolini et al. (2015), Ruschel et al. (2003), Kageyama e Castro (1989) e Sato et al. (2008). Porém, poucos destes foram desenvolvidos em áreas de plantios puros e envolvendo projeções de crescimento, o que vem a ser complementado com o presente trabalho.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCALIZAÇÃO DA AREA EXPERIMENTAL

O trabalho foi realizado em área experimental próxima à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Dois Vizinhos. A área está situada no terceiro planalto paranaense, na mesorregião do Sudoeste do estado do Paraná e na microrregião de Francisco Beltrão, nas coordenadas 25°42'32"S e 53°03'56"W, com altitude de 540 metros. A Figura 1 representa a localização do município de Dois Vizinhos dentro do estado do Paraná.

Figura 1: Localização do município de Dois Vizinhos na mesorregião Sudoeste do Paraná.



Fonte: Abreu, (2015).

O clima da região é do tipo subtropical úmido mesotérmico, Cfa – com verão quente, sem estação seca definida, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18° C e o mês mais quente acima de 22° C. Nos meses de junho, julho e agosto há frio com geadas ocorrentes. É uma região de acentuada variabilidade climática, principalmente durante o outono e inverno. A umidade relativa do ar varia em média de 64% a 74% e a precipitação pluviométrica está entre 1800 a 2200 mm ano<sup>-1</sup> (ALVAREZ et al., 2013).

Os solos predominantes do Sudoeste do Paraná são classificados como LATOSSOLO VERMELHO e NITOSSOLO VERMELHO (EMBRAPA, 2007). O solo da área experimental é classificado como NITOSSOLO VERMELHO Distroférico, de

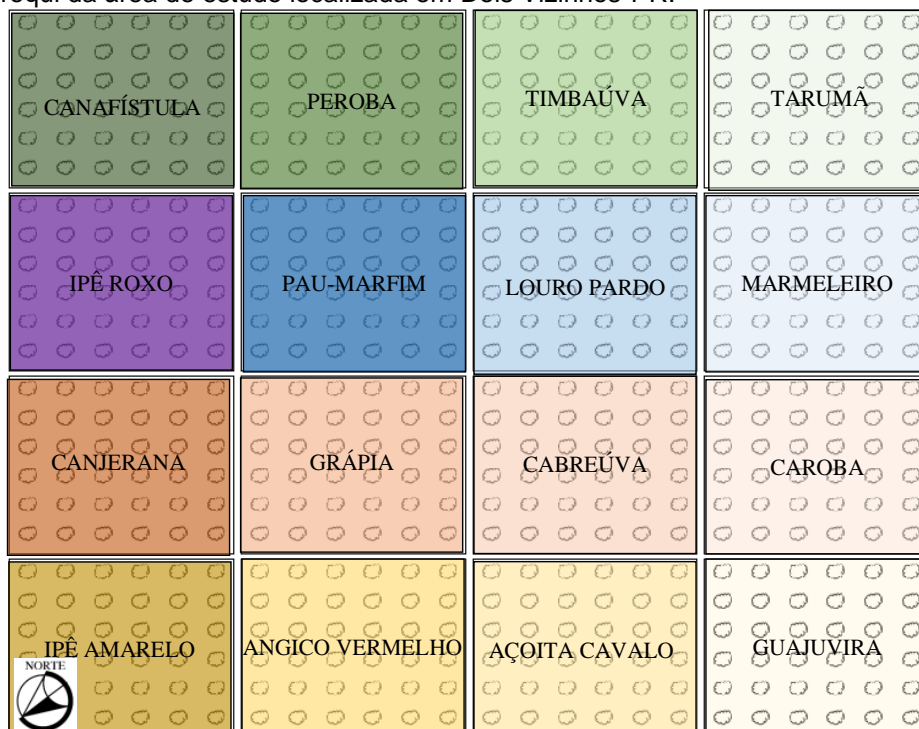
acordo com EMBRAPA (2013). Estes solos são profundos ou de profundidade média, bem drenados, com textura argilosa ou muito argilosa ao longo do perfil e reduzido gradiente textural. São solos com boas condições físicas. Apresentam como principais limitações a baixa saturação por bases e, no caso de relevo ondulado, a suscetibilidade à erosão e a presença de pedregosidade e rochiosidade.

Quanto à vegetação, apresenta fragmentos de floresta nativa, a qual originalmente cobria praticamente todo o território do sudoeste do Paraná. A vegetação florestal do município classifica-se como Floresta Estacional Semidecidual, a qual, em função de variações de altitude, apresenta-se, em muitos pontos, em ecótono com a Floresta Ombrófila Mista, principalmente em altitudes superiores a 500 m (IBGE, 2012).

#### 4.2 ÁREA EXPERIMENTAL E ESPÉCIES FLORESTAIS ESTUDADAS

A área de estudo contém 16 espécies florestais nativas plantadas em parcelas experimentais com 36 plantas por espécie, com 6 colunas e 6 linhas em espaçamento de 3 m (linha) x 2 m (planta) (Figura 2).

Figura 2: Croqui da área de estudo localizada em Dois Vizinhos-PR.



Antes da instalação do estudo, a área de 5.016 m<sup>2</sup>, era ocupada por cultivos agrícolas de soja, trigo e milho. Onde haviam indicativos de degradação por processos erosivos e baixa fertilidade em algumas parcelas, os quais foram anulados pelo preparo do solo para o plantio.

Os dados de duas espécies foram excluídos (Ipê-amarelo e Tarumã) devido à alta mortalidade ocorrida no plantio, ainda por causas bióticas sob estudo, sendo usados, no presente trabalho, dados de 14 espécies: Açoita-cavalo; Angico-vermelho; Canafístula; Canjerana; Cabreúva; Caroba; Grápia; Guajuvira; Ipê-roxo; Louro-pardo; Marmeleiro; Pau-marfim; Peroba e Timbaúva.

As mudas provenientes de sementes coletadas em árvores matrizes em florestas nativas da região foram doadas pelo Horto Florestal da Companhia Paranaense de Energia (COPEL - Usina Hidrelétrica Governador José Richa – “Salto Caxias”). O plantio foi realizado em outubro de 2011, sendo apresentados, neste trabalho, avaliações realizadas até os seis anos de idade. A implantação foi realizada pelo grupo PET Engenharia Florestal da UTFPR-Dois Vizinhos em parceria com o proprietário da área.

O solo teve preparo mecanizado, em área total, com escarificação até 30 cm de profundidade. Em dezembro de 2011 (2 meses de idade) foi realizada capina manual em coroamento e aplicação manual de 360 g de adubo químico NPK (8-20-10) por planta, conforme recomendação baseada em análise de solo da área (ANEXO 1).

Quanto ao efeito de borda, apenas em um dos lados da área em estudo encontra-se uma área de plantio com espécies florestais, porém também em desenvolvimento inicial, o que não caracteriza possível interferência no crescimento inicial das plantas do presente estudo. Em dois dos lados da área experimental encontra-se plantio de culturas anuais e uma estrada vicinal em um dos lados.

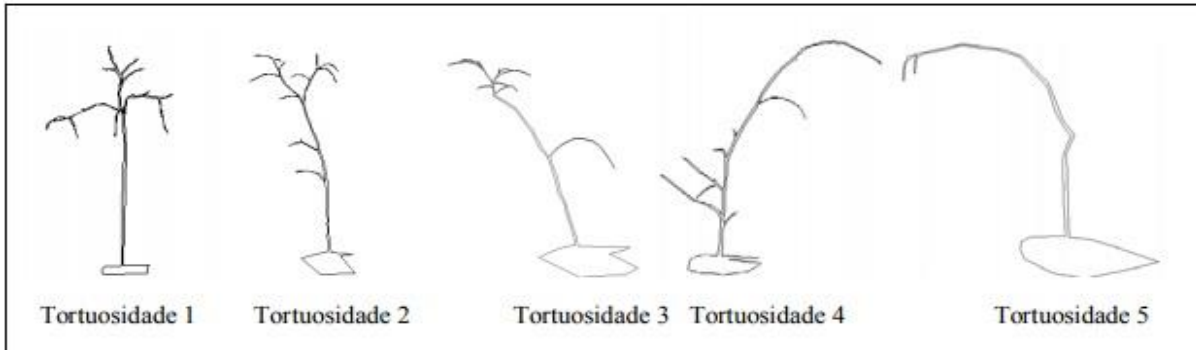
#### 4.3 VARIÁVEIS ANALISADAS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As avaliações foram realizadas aos 2, 7, 12, 24, 43 e 72 meses de idade a partir da implantação do experimento. As variáveis qualitativas avaliadas foram: A) Tortuosidade do fuste, classificada como: tortuosidade 1 (fuste reto), tortuosidade 2



(fuste levemente torto), tortuosidade 3 (fuste com tortuosidade média), tortuosidade 4 (fuste torto) e tortuosidade 5 (fuste extremamente torto), conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3: Classificação da tortuosidade do tronco das plantas usadas no estudo. Dois Vizinhos, PR. 2012.



Fonte: NIERI et al. (2012).

B) Vigor da planta, onde foram utilizados três níveis sendo: vigor: 1: baixo vigor: ocorrência severa dos problemas como manchas foliares, sintomas da presença de pragas, doenças, deficiências nutricionais visualmente aparentes, danos abióticos, etc.); 2: médio vigor (ocorrência mediana); 3: alto vigor (sem a ocorrência ou com ocorrência mínima de problemas), vigor conforme Tabela 2.

Tabela 2: Descrição dos níveis de vigor e tortuosidade.

Variável	Níveis	Descrição
Vigor	1	Baixo
	2	Médio
	3	Alto
Tortuosidade	1	Fuste reto
	2	Fuste leve torto
	3	Fuste médio inclinado
	4	Fuste torto
	5	Fuste extremamente torto

As variáveis quantitativas mensuradas à campo foram: diâmetro de colo (DC), diâmetro à altura do peito (DAP), esse avaliado a partir da idade em que a planta já apresenta inserção de copa acima de 1,3 m. Foi ainda avaliada a altura total (H), com uso de régua graduada, e dois diâmetros de copa (Dcopa) equidistantes 90° entre si, posteriormente utilizados para cálculo da área de copa (AC). Para as espécies caducifólias, nas avaliações em que a planta não apresentava folhas em suas copas, foi considerada a projeção dos galhos sem folhas.

A área de copa foi calculada através da equação:

$$AC = \frac{Dcopa^2 * \pi}{4},$$

onde: AC: Área de copa ( $m^2 \text{ árv.}^{-1}$ ); Dcopa: diâmetro de copa médio, em metros;  $\pi$  = constante de 3,1415.

Foi realizado o cálculo do incremento médio mensal (Imm) de DC, DAP, H e AC, para cada espécie, por meio da equação:

$$Imm = \frac{(Y_{i+1} - Y_i)}{mp},$$

onde: Imm: Incremento médio mensal; Y: Valor observado das variáveis quantitativas; i: Idade; mp: Meses do período. Em tabela eletrônica Excel® foi calculado o desvio padrão e o coeficiente de variação, além da plotagem de gráficos.

Quanto ao delineamento experimental, foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, onde as espécies foram distribuídas aleatoriamente nas parcelas. Sendo um total de 14 espécies (tratamentos) e 36 plantas por espécie (repetições) avaliadas ao longo do tempo. As diferentes espécies foram submetidas e teste de variância e comparadas entre si pelo teste de comparação de médias de Duncan (1% de probabilidade), para DAP, H e AC aos 72 meses.

Após teste de comparação de médias foi utilizada modelagem matemática para gerar modelos de crescimento em altura e área de copa, em função da idade e levando em consideração a influência da tortuosidade e vigor, para as três espécies de melhor desenvolvimento. Nesta etapa, para cada espécie, foram considerados apenas os indivíduos vivos, não incluindo a mortalidade como dados perdidos na modelagem matemática.

#### 4.4 MODELAGEM DE CRESCIMENTO FLORESTAL

A modelagem foi calculada pelo software estatístico SAS® University Edition (Statistical Analysis System), versão gratuita para estudantes (SAS, 2017). Antes da modelagem foi realizada a análise de correlação de Person entre a idade e as variáveis H, AC, Vigor e Tortuosidade. Posteriormente, foi adotado o procedimento PROC STEPWISE seguido pelo PROC REG, de forma a conhecer a qualidade estatística do modelo selecionado no procedimento PROC STEPWISE.

A seleção dos melhores modelos lineares foi feita através da análise da distribuição gráfica dos resíduos, ajuste da regressão para os dados observados, menor coeficiente de variação (Syx %), maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  aj) e maior valor de F. As variáveis dependentes foram a altura total de plantas e a área de copa, a variável independente foi a idade das plantas em meses. Todas as variáveis foram transformadas nas formas quadrática, cúbica, quarta e quinta potência, inversa, logarítmica e radicial com o propósito de identificar a equação com melhor ajuste. Em caso de não ajuste da equação linear, utilizou-se do modelo de regressão não linear de Richard com dois parâmetros:

$$Y = b_0.(1 - e^{-b_1.x}),$$

onde: y: variável dependente (H ou AC);  $b_0$ : coeficiente linear;  $b_1$ : coeficiente angular; e: x: variável independente (idade), e o modelo de regressão não linear de Chapman-Richard com três parâmetros:

$$Y = b_0[1 - e^{-b_1.x}]^{b_2}.$$

onde: y: variável dependente (H ou AC);  $b_0$ : coeficiente linear;  $b_1$  e  $b_2$ : coeficiente angular; e: x: variável independente (idade).

O ajuste das equações de regressão foi calculado também no programa SAS® University Edition (SAS Studio), pelo procedimento denominado PROC NLIN (não linear). Para este procedimento utilizou-se o ajuste de modelos não-lineares através dos métodos Gauss-Newton, onde foram fornecidas as derivadas parciais dos parâmetros. Para o ajuste da equação utilizando-se todos os pares de dados quantitativos sem distinção de vigor e tortuosidade (dados qualitativos).

Após o ajuste das equações para todos os pares de dados por espécie, foi ainda realizada a análise da covariância, realizada pelo procedimento PROC GLM (General Linear Models), para verificar a interferência das covariáveis vigor e tortuosidade das plantas no crescimento em altura e área de copa em função da idade. Foram realizados dois testes de hipóteses, um para identificar se houve ou não diferença significativa de inclinação e outra para verificar a não-diferença de níveis entre as regressões por vigor e por tortuosidade para cada espécie.

Quando foi identificada a necessidade de estratificação, foi ajustada nova equação a partir da equação geral para cada grupo de dados, de acordo com os níveis de vigor e tortuosidade. Os resíduos foram calculados a partir da diferença entre as médias observadas e as médias ajustadas pelas equações sendo representadas graficamente.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

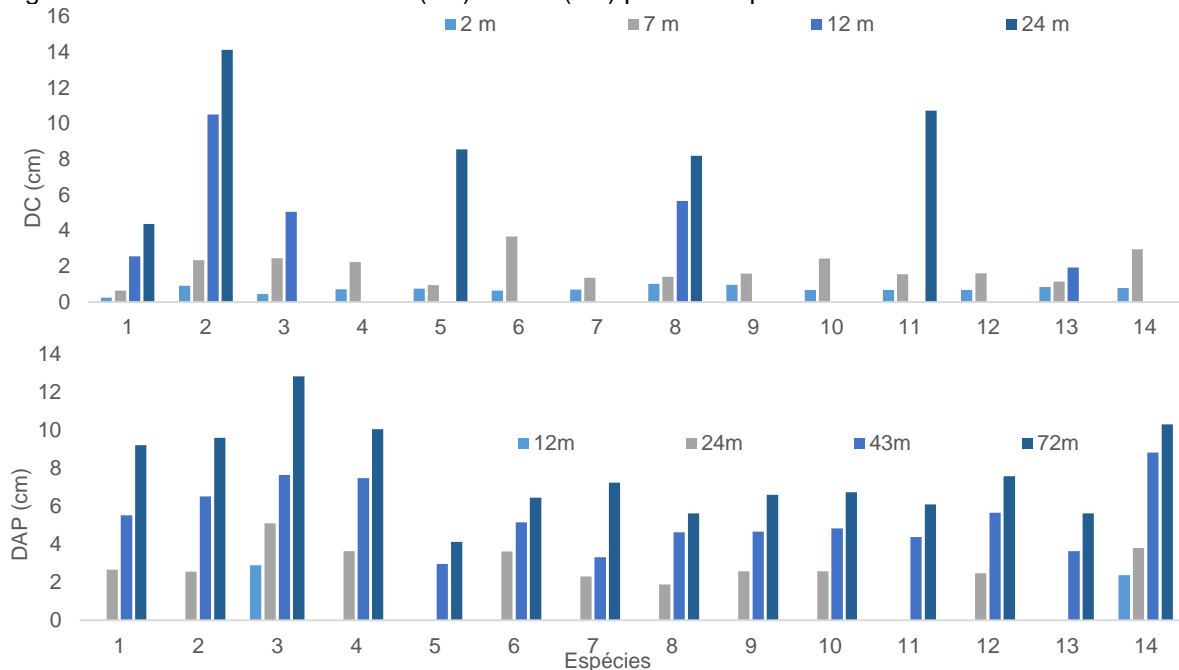
Foram avaliadas as variáveis diâmetro de colo das plantas até o momento em que as mesmas apresentaram diâmetro a altura do peito (DAP). Para as variáveis H e AC não há dados da avaliação dos 12 meses para a Canjerana, Cabreúva, Caroba, Grápia, Ipê-roxo, Louro-pardo, Marmeleiro e Pau-marfim, já para a Peroba não há dados para a avaliação aos 24 meses.

Após apresentação dos dados de crescimento, foram destacadas as três espécies de maior crescimento em DAP, H e AC através de teste de comparação de médias. Para estas foi calculada a correlação entre as variáveis analisadas e posterior modelagem matemática e ajuste de equações para estimativa das variáveis H e AC.

### 5.1 CRESCIMENTO E INCREMENTO EM DIÂMETRO DE COLO (DC) E DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO (DAP) AO LONGO DO TEMPO (6 ANOS)

A Cabreúva e o Marmeleiro foram as únicas espécies a ter, até os 24 meses, apenas indivíduos com DC, ou seja, não apresentando H acima de 1,3 m, altura de inferência de DAP no tronco. O Açoita-cavalo, aos 12 meses, apresentou o maior valor de Imm em DC (1,63 cm por mês no período de 5 meses), somando 8,15 cm. Este foi o maior Imm observado, em todos os períodos e para todas as espécies avaliadas quanto ao DC. Para DAP, o maior Imm foi observado aos 43 meses, onde a Timbaúva apresentou Imm de 0,26 cm, somando 4,94 cm em 19 meses (Figura 4 e na Tabela 3).

Figura 4: Desenvolvimento em DC (cm) e DAP (cm) para 14 espécies nativas em Dois Vizinhos-PR.



Onde: m: meses; 1: Açoita-cavalo; 2: Angico-vermelho; 3: Canafístula; 4: Canjerana; 5: Canjerana; 6: Cabreúva; 7: Caroba; 8: Guajuvira; 9: Grápia; 10: Louro-pardo; 11: Marmeleiro; 12: Pau-marfim; 13: Peroba; 14: Timbaúva.

Tabela 3: Médias de DC (cm) e DAP (cm) em diferentes idades para 14 espécies florestais nativas em Dois Vizinhos-PR.

Espécie	DC (cm)				DAP (cm)			
	2	7	12	24	12	24	43	72
<b>Açoita-cavalo</b>	DC (cm)				DAP (cm)			
Idade	2	7	12	24	12	24	43	72
Média	0,91	2,34	10,50	14,13	-	2,57	6,52	9,61
Imm	-	0,29	1,63	0,30	-	0,10	0,21	0,11
Desv. Pad.	0,17	0,58	2,32	2,12	-	0,48	1,67	1,88
Syx %	19,19	24,80	22,14	15,03	-	18,57	25,68	19,55
<b>Angico-vermelho</b>	DC (cm)				DAP (cm)			
Idade	2	7	12	24	12	24	43	72
Média	0,25	0,63	2,56	4,36	-	2,66	5,53	9,24
Imm	-	0,08	0,39	0,15	-	-	0,15	0,13
Desv. Pad.	0,04	0,12	0,49	0,82	-	0,66	1,53	3,08
Syx %	17,09	18,55	19,10	18,69	-	24,66	27,69	33,37
<b>Canafístula</b>	DC (cm)				DAP (cm)			
Idade	2	7	12	24	12	24	43	72
Média	0,43	2,46	5,06	-	2,90	5,12	7,66	12,86
Imm	-	0,41	0,52	-	-	0,18	0,13	0,18
Desv. Pad.	0,15	0,55	0,94	-	0,91	0,82	2,16	2,87
Syx %	0,35	0,22	0,19	-	31,17	16,03	28,20	22,32
<b>Canjerana</b>	DC (cm)				DAP (cm)			
Idade	2	7	12	24	12	24	43	72
Média	0,71	2,24	-	-	-	3,64	7,49	10,08
Imm	-	0,31	-	-	-	-	0,20	0,09
Desv. Pad.	0,15	0,54	-	-	-	1,29	1,70	2,85
Syx %	21,51	23,92	-	-	-	35,53	22,64	28,31
<b>Cabreúva</b>	DC (cm)				DAP (cm)			
Idade	2	7	12	24	12	24	43	72
Média	0,75	0,95	-	8,55	-	-	2,97	4,13
Imm	-	0,04	-	0,40	-	-	-	0,04
Desv. Pad.	0,13	0,20	-	2,37	-	-	0,72	1,13
Syx %	17,15	20,78	-	27,73	-	-	24,27	27,43

**Continuação...**

	DC (cm)				DAP (cm)			
<b>Caroba</b>								
Idade	2	7	12	24	12	24	43	72
Média	0,65	3,66	-	-	-	3,63	5,16	6,46
Imm	-	0,60	-	-	-	-	0,08	0,04
Desv. Pad.	0,08	0,72	-	-	-	1,06	1,23	1,77
Syx %	0,13	0,20	-	-	-	29,18	23,73	27,35
<b>Grápia</b>								
Idade (meses)	2	7	12	24	12	24	43	72
Média	0,70	1,35	-	-	-	2,31	3,32	7,25
Imm	-	0,13	-	-	-	-	0,17	0,14
Desv. Pad.	0,09	0,29	-	-	-	0,41	0,66	1,06
Syx %	12,31	21,16	-	-	-	17,75	20,00	14,65
<b>Guajuvira</b>								
Idade	2	7	12	24	12	24	43	72
Média	1,01	1,42	5,67	8,19	-	1,88	4,63	5,63
Imm	-	0,08	0,85	0,21	-	-	0,14	0,03
Desv. Pad.	0,17	0,35	1,26	1,83	-	0,47	1,27	1,12
Syx %	17,24	24,44	22,2	22,3	-	24,94	27,43	19,97
<b>Ipê-roxo</b>								
Idade	2	7	12	24	12	24	43	72
Média	0,96	1,58	-	-	-	2,59	4,68	6,60
Imm	-	0,12	-	-	-	-	0,11	0,07
Desv. Pad.	0,17	0,23	-	-	-	0,50	1,21	2,11
Syx %	17,89	14,67	-	-	-	19,37	25,84	31,87
<b>Louro-pardo</b>								
Idade	2	7	12	24	12	24	43	72
Média	0,68	2,43	-	-	-	2,58	4,85	6,75
Imm	-	0,35	-	-	-	-	0,12	0,07
Desv. Pad.	0,16	0,53	-	-	-	0,76	1,58	2,40
Syx %	24,26	21,62	-	-	-	29,54	32,65	35,51
<b>Marmeleiro</b>								
Idade	2	7	12	24	12	24	43	72
Média	0,68	1,55	-	10,72	-	-	4,39	6,10
Imm	-	0,17	-	0,76	-	-	-	0,06
Desv. Pad.	0,14	0,36	-	3,09	-	-	1,56	1,72
Syx %	20,86	22,97	-	28,86	-	-	35,57	28,14
<b>Pau-marfim</b>								
Idade	2	7	12	24	12	24	43	72
Média	0,67	1,62	-	-	-	2,48	5,67	7,58
Imm	-	0,19	-	-	-	-	0,17	0,02
Desv. Pad.	0,10	0,54	-	-	-	0,54	1,85	2,36
Syx %	14,80	33,39	-	-	-	21,82	32,60	31,17
<b>Peroba</b>								
Idade	2	7	12	24	12	24	43	72
Média	0,84	1,15	1,93	-	-	-	3,65	5,63
Imm	-	0,06	0,16	-	-	-	-	0,07
Desv. Pad.	0,16	0,22	0,62	-	-	-	1,02	1,94
Syx %	19,67	19,56	32,32	-	-	-	27,84	34,45
<b>Timbaúva</b>								
Idade	2	7	12	24	12	24	43	72
Média	0,78	2,95	-	-	2,38	3,81	8,83	10,32
Imm	-	0,43	-	-	-	0,12	0,26	0,05
Desv. Pad.	0,13	0,73	-	-	0,63	1,22	2,38	3,21
Syx %	16,25	24,79	-	-	26,6	31,97	26,93	31,14

Onde: DC: diâmetro de colo (cm), DAP: diâmetro a altura do peito (cm), Idade em meses, Imm: incremento médio mensal do período avaliado (cm), Desv. Pad.: desvio padrão (cm), Syx %: coeficiente de variação em percentagem.

Segundo Carvalho (1994), o Açoita-cavalo tem tronco nodoso, com reentrâncias, e base alargada, o que pode justificar os valores encontrados neste estudo. Percebeu-se também a presença de ramos epicórmicos na base do tronco (Figura 5), o que possivelmente tenha contribuído para o aumento do DC.

Carvalho (1994) descreve a Guajuvira com reentrâncias na base do tronco, e o Marmeleiro com ramos epicórmicos pelo tronco, o que pode justificar o valor de DC na última medição, aos 24 meses, quando apresentaram 8,19 cm e 10,72 cm de DC, respectivamente.

Figura 5: A: Parcela de Açoita-cavalo em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. B e C: recorte ampliado da imagem A, evidenciando a presença de galhos epicórmicos e base alargada do tronco.



A Cabreúva, aos 24 meses, apresentou valor de DC de 8,55 cm. Esta espécie, assim como a Guajuvira e o Marmeleiro, são secundárias tardias, segundo Carvalho (1994). Alguns autores como Aguiar et al. (2005) e Guariz et al. (2006) indicam aumento de DC quando mudas de espécies secundárias tardias são expostas ao sol em comparação com mudas sombreadas. Aguiar et al. (2005), em trabalho com *Caesalpinia echinata*, indicaram que mudas com 12, 18 e 24 meses a pleno sol, apresentam maior DC de planta quando comparadas com as plantas sob sombreamento. Guariz et al. (2006), em estudo com mudas de 50 dias de *Posoqueira acutifolia*, indicaram que indivíduos sombreadas possuem menor DC.

Melotto et al. (2007) avaliaram o crescimento inicial de 11 espécies nativas florestais em sistema silvipastoril, com linhas simples, em espaçamento de 10x4 metros. A Canafístula, aos 7 e aos 12 meses, a partir do plantio, apresentou 1,65 cm e 2,99 cm de DC, valores inferiores quando comparados à esse estudo (2,46 cm e

5,06 cm de DC). Já o Ipê-roxo apresentou 1,37 cm de DC aos 7 meses, valor próximo ao encontrado neste estudo (1,58 cm).

As maiores médias de DAP, entre as espécies estudadas, aos 72 meses, são da Canafístula (12,86 cm), Timbaúva (10,32 cm), Canjerana (10,08cm) e Açoita-cavalo (9,61 cm). Aos 43 meses a Timbaúva foi a espécie que apresentou maior DAP (8,83 cm), porém com baixo incremento médio mensal (0,05 cm), entre os 43 e 72 meses.

Este valor pode ser considerado baixo quando comparado ao incremento médio mensal dos 43 meses (0,26 cm) da própria espécie. Pode-se ainda, comparar à outras espécies secundárias iniciais, como a Canafístula, Angico-vermelho e Açoita-cavalo, que apresentaram incremento médio mensal de 0,18 cm, 0,13 cm e 0,11 cm respectivamente, no período de 43 a 72 meses.

O que indica que a Timbaúva apresentou bom crescimento inicial, porém não manteve o mesmo potencial ao longo do tempo, de forma que aos 72 meses a Canafístula já ultrapassara sua média de DAP em 2,54 cm.

As espécies que apresentaram menor DAP aos 72 meses foram a Cabreúva (4,13 cm), a Guajuvira (5,63 cm) e a Peroba (5,63 cm). Isto pode ser explicado, pelo fato de que são espécies secundárias tardias e, para estas espécies, a falta de sombreamento, no período inicial de crescimento, prejudica o desenvolvimento das plantas (MACIEL et al., 2003). Ferreira et al. (2007), avaliando o crescimento do estrato arbóreo de área degradada em Minas Gerais, demonstraram que espécies secundárias tardias e clímax têm ritmo de crescimento aumentado, entre os 58 e 155 meses, a partir da data do plantio.

## 5.2 CRESCIMENTO E INCREMENTO EM ALTURA (H) E ÁREA DE COPA (AC) AO LONGO DO TEMPO (6 ANOS)

Com exceção da Cabreúva, que obteve Imm menor que 0,01 m aos 7 meses e a Grápia que apresentou Imm negativo (-0,01 m), para H, todas as espécies apresentaram Imm positivo para H, AC e DC (Tabela 4). Melotto et al. (2007) também encontraram taxa de crescimento relativo positivo para H e DC em plantio com 11 espécies nativas até os 7 meses.



A espécie que apresentou maior Imm em H foi o Angico-vermelho, apresentando Imm de 0,39 m aos 7 meses (Tabela 4).

Tabela 4: Médias de H (m) e AC (m<sup>2</sup> árv.<sup>-1</sup>) em diferentes idades para 14 espécies florestais nativas plantadas em Dois Vizinhos-PR.

<b>Açoita-cavalo</b>	H (m)						AC (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )					
Idade	2	7	12	24	43	72	2	7	12	24	43	72
Média	0,43	1,77	2,62	3,15	3,07	5,34	0,05	0,28	0,47	0,54	1,44	2,76
Imm	-	0,27	0,17	0,04	0,00	0,08	-	0,05	0,04	0,01	0,05	0,05
Desv. Pad.	0,08	0,59	0,57	0,57	0,69	1,13	0,03	0,14	0,47	0,38	0,35	0,66
Syx %	18,3	33,6	21,8	18,2	22,5	21,2	62,8	51,4	98,5	70,1	24,3	24,0
<b>Angico-ver.</b>	H (m)						AC (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )					
Idade	2	7	12	24	43	72	2	7	12	24	43	72
Média	0,66	2,60	3,34	3,81	4,59	7,21	0,05	0,18	0,81	2,97	3,87	3,22
Imm	-	0,39	0,15	0,04	0,04	0,09	-	0,03	0,13	0,18	0,05	-0,02
Desv. Pad.	0,13	0,52	0,71	0,91	0,91	1,52	0,02	0,07	0,44	2,04	1,96	0,86
Syx %	19,0	20,0	21,1	23,8	19,7	21,1	35,2	35,9	53,5	68,8	50,7	26,7
<b>Canafístula</b>	H (m)						AC (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )					
Idade	2	7	12	24	43	72	2	7	12	24	43	72
Média	0,33	2,09	2,79	5,00	5,84	8,52	0,03	1,42	1,30	1,70	2,57	3,22
Imm	-	0,35	0,14	0,18	0,04	0,09	-	0,28	-0,02	0,03	0,05	0,02
Desv. Pad.	0,06	0,58	0,67	0,77	0,71	2,23	0,02	0,27	0,45	0,70	0,65	0,81
Syx %	18,3	27,8	23,9	15,4	12,2	26,2	56,4	18,8	34,3	41,1	25,4	25,2
<b>Canjerana</b>	H (m)						AC (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )					
Idade	2	7	12	24	43	72	2	7	12	24	43	72
Média	0,41	0,72	-	2,67	3,45	8,42	0,06	0,30	-	1,28	2,25	1,73
Imm	-	0,06	-	0,11	0,04	0,17	-	0,05	-	0,06	0,05	-0,02
Desv. Pad.	0,06	0,23	-	1,07	1,07	1,51	0,03	0,18	-	0,52	0,52	0,74
Syx %	15,6	31,8	-	40,0	31,0	18,0	40,0	59,0	-	40,8	23,1	43,0
<b>Cabreúva</b>	H (m)						AC (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )					
Idade	2	7	12	24	43	72	2	7	12	24	43	72
Média	0,77	0,74	-	1,41	2,34	3,86	0,02	0,20	-	1,03	1,97	1,46
Imm	-	0,00	-	0,04	0,05	0,05	-	0,04	-	0,05	0,05	-0,02
Desv. Pad.	0,14	0,15	-	0,48	0,35	1,01	0,01	0,13	-	0,57	0,57	0,37
Syx %	18,7	20,4	-	34,1	15,0	26,2	78,5	66,9	-	54,9	29,0	25,3
<b>Caroba</b>	H (m)						AC (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )					
Idade	2	7	12	24	43	72	2	7	12	24	43	72
Média	0,26	1,58	-	2,74	3,55	4,69	0,09	1,37	-	0,33	2,41	1,01
Imm	-	0,26	-	0,07	0,04	0,04	-	0,26	-	-0,06	0,11	-0,05
Desv. Pad.	0,05	0,24	-	0,68	0,66	1,41	0,10	0,39	-	0,43	0,41	0,55
Syx %	17,8	15,1	-	24,6	18,5	30,1	103,6	28,7	-	130,1	17,0	53,8
<b>Grápia</b>	H (m)						AC (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )					
Idade	2	7	12	24	43	72	2	7	12	24	43	72
Média	0,48	1,54	-	3,64	4,43	4,15	0,04	0,15	-	0,81	1,75	1,68
Imm	-	0,21	-	0,12	0,04	-0,01	-	0,02	-	0,04	0,05	0,00
Desv. Pad.	0,09	0,61	-	0,87	0,87	0,79	0,02	0,16	-	0,53	0,51	0,47
Syx %	17,8	39,3	-	23,8	19,6	19,0	36,2	107,5	-	65,4	29,2	28,0
<b>Guajuvira</b>	H (m)						AC (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )					
Idade	2	7	12	24	43	72	2	7	12	24	43	72
Média	0,64	0,88	1,24	1,98	2,77	5,02	0,02	0,12	0,32	0,48	1,47	1,71
Imm	-	0,05	0,07	0,06	0,04	0,08	-	0,02	0,04	0,01	0,05	0,01
Desv. Pad.	0,08	0,34	0,54	0,87	0,87	1,08	0,02	0,08	0,18	0,35	0,42	0,61
Syx %	13,1	39,0	43,6	44,1	31,3	21,6	82,5	69,5	58,5	73,3	28,6	35,5

**Continuação...**

<b>Ipê-roxo</b>		H (m)						AC (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )					
Idade		2	7	12	24	43	72	2	7	12	24	43	72
Média		1,11	1,79	-	2,83	3,62	5,42	0,08	0,24	-	0,83	1,79	1,96
Imm		-	0,14	-	0,06	0,04	0,06	-	0,03	-	0,04	0,05	0,01
Desv. Pad.		0,14	0,29	-	0,54	0,54	1,30	0,04	0,06	-	0,63	0,65	0,63
Syx %		12,7	16,3	-	18,9	14,8	24,0	44,8	24,6	-	76,1	36,5	32,4
<b>Louro-pardo</b>		H (m)						AC (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )					
Idade		2	7	12	24	43	72	2	7	12	24	43	72
Média		0,28	1,40	-	2,23	3,01	4,66	0,04	0,16	-	0,80	1,73	1,64
Imm		-	0,22	-	0,05	0,04	0,06	-	0,02	-	0,04	0,05	0,00
Desv. Pad.		0,08	0,44	-	0,59	0,59	0,97	0,01	0,05	-	0,70	0,73	0,48
Syx %		29,33	31,72	-	26,71	19,76	20,72	38,98	33,96	-	87,48	42,49	29,18
<b>Marmeleiro</b>		H (m)						AC (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )					
Idade		2	7	12	24	43	72	2	7	12	24	43	72
Média		-	1,11	-	1,96	2,75	5,24	0,02	0,24	-	3,21	4,12	2,14
Imm		0,58	0,11	-	0,05	0,04	0,09	-	0,04	-	0,17	0,05	-0,07
Desv. Pad.		0,12	0,30	-	0,49	0,49	1,40	0,02	0,28	-	1,24	1,22	0,35
Syx %		20,8	27,3	-	25,1	18,0	26,7	67,5	118,7	-	38,6	29,7	16,5
<b>Pau-marfim</b>		H (m)						AC (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )					
Idade		2	7	12	24	43	72	2	7	12	24	43	72
Média		0,49	1,37	-	3,28	4,06	6,74	0,02	0,19	-	0,57	1,29	2,27
Imm		-	0,18	-	0,11	0,04	0,09	-	0,03	-	0,02	0,04	0,03
Desv. Pad.		0,06	0,51	-	0,77	0,77	0,84	0,01	0,07	-	0,34	0,38	0,50
Syx %		11,9	37,0	-	23,6	19,0	12,5	50,3	34,3	-	60,6	29,2	22,1
<b>Peroba</b>		H (m)						AC (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )					
Idade		2	7	12	24	43	72	2	7	12	24	43	72
Média		0,74	0,84	0,92	-	2,98	3,88	0,04	0,20	0,29	-	1,34	1,60
Imm		-	0,17	0,18	-	0,07	0,13	-	0,03	0,02	-	0,03	0,01
Desv. Pad.		0,12	0,17	0,31	-	0,31	0,94	0,02	0,13	0,16	-	0,15	0,41
Syx %		15,8	20,7	33,6	-	10,3	24,2	41,9	66,2	54,0	-	11,2	25,6
<b>Timbaúva</b>		H (m)						AC (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )					
Idade		2	7	12	24	43	72	2	7	12	24	43	72
Média		0,62	1,78	2,12	2,53	2,90	5,52	0,04	0,61	0,85	2,06	3,15	2,56
Imm		-	0,23	0,07	0,03	0,02	0,09	-	0,11	0,05	0,10	0,06	-0,02
Desv. Pad.		0,11	0,48	0,48	0,64	0,48	1,68	0,02	0,32	0,53	1,38	1,20	0,82
Syx %		17,8	26,8	22,7	25,1	16,5	30,5	44,8	52,2	62,3	66,9	38,3	32,0

Onde: H: altura total de plantas (m), AC: área de copa (m<sup>2</sup> árv.<sup>-1</sup>), Idade em meses, Imm: incremento médio mensal do período avaliado (em metros para H e em m<sup>2</sup> por planta para AC), Desv. Pad.: desvio padrão (em metros para H e em m<sup>2</sup> para AC), Syx %: coeficiente de variação em porcentagem.

Antonelli et al. (2015) em plantio de Louro-pardo em sistema silvipastoril em Dois Vizinhos-PR, indicaram valores de H menores aos 7 meses após o plantio, se comparados a este estudo. Segundo os autores, o Louro-pardo apresentou 0,78 m de altura aos 7 meses, para tratamento com adubação recomendada de acordo com a análise de solo para o cultivo de Eucalipto e, 0,83 m de altura para tratamento com o triplo da quantidade de adubo recomendada de acordo com a análise de solo para o cultivo do Eucalipto, uma vez que não existe recomendação oficial para a espécie. No presente estudo, o Louro-pardo, aos 7 meses, apresentou altura total de 1,40 m, sendo utilizada apenas dose de adubação recomendada pela análise de solo no momento do plantio e em cobertura.

Já aos 72 meses (6 anos) as espécies que apresentaram as maiores médias em H foram a Canafístula (8,52 m), a Canjerana (8,42 m), o Angico-vermelho (7,21 m) e o Pau-marfim (6,74 m). Destas a Canjerana, apresentou Imm de 0,17 m por mês no período entre 43 e 72 meses, enquanto Canafístula, Angico-vermelho e Pau-marfim apresentaram Imm de 0,09 m por mês no mesmo período.

As espécies que apresentaram as menores médias em H aos 72 meses foram a Peroba (3,88 m) e a Cabreúva (3,86 m). De acordo com Kageyama e Castro (1989), a Peroba, em função de sua exigência ecológica (secundária tardia), necessita de uma competição para ter seu crescimento e tronco favorecidos. Para os mesmos autores, o crescimento em H da espécie em consorciação com Eucalipto foi maior (14,5 m) comparado à plantio puro (7,7 m), somado ao fato do tronco ter se tornado livre de galhos até a copa, enquanto no plantio puro, o tronco era curto e engalhado. Gonçalves et al. (1992), verificaram que espécies de grupo ecológico secundária inicial, apresentaram as maiores taxas de crescimento comparados à grupos ecológicos de plantas secundárias tardias.

Embora ocorra discordância quanto ao grupo sucessional da Cabreúva (VACCARO et al.,1999; DURIGAN; NOGUEIRA, 1990), a espécie apresentou desenvolvimento considerado relativamente pequeno para as variáveis DAP, H e AC, comparada as demais espécies deste estudo.

A Grápia apresentou, no período entre 43 e 72 meses, Imm negativo em H (-0,01 m), Imm negativo em AC (<-0,01 m) e Imm positivo para DAP (0,14 m). Para a AC, a perda de folhas, e conseqüente redução de AC, é esperada para a época avaliada (outubro de 2017). Uma vez que é uma espécie caducifolia (CARVALHO, 1994). Para a H, a redução está relacionada ao fato de que a tortuosidade apresentou aumento, com tendência ao rebaixamento da copa, como pode ser visto na Figura 6.

Para a AC, as espécies Canafístula, Angico-vermelho, Açoita-cavalo e Timbaúva apresentaram as maiores médias com 3,22 m<sup>2</sup> árv.<sup>-1</sup>, 3,22 m<sup>2</sup> árv.<sup>-1</sup>, 2,66 m<sup>2</sup> árv.<sup>-1</sup> e 2,56 m<sup>2</sup> árv.<sup>-1</sup> respectivamente. Com exceção da Açoita-cavalo, as demais espécies são Leguminosas (Fabaceae) arbóreas (CARVALHO, 1994) e, segundo Cruz et al. (2011), possuem sistema radicular profundo, propiciando melhor infiltração de água no solo e controle da erosão, melhorando também a fertilidade do solo, o que pode ter favorecido o desenvolvimento destas espécies em AC, H e DAP.

Figura 6: A: Vista da parcela da espécie da Grápia em plantio em Dois Vizinhos - PR. B: Planta da espécie com alta tortuosidade.



Árvores com maior AC, apresentarão folhas verdes por mais tempo, mantendo a fotossíntese e reserva acumulada, o que proporcionará maior crescimento das plantas (KERBAUY, 2004). Antonelli et al. (2015) encontraram valores de AC para Louro-pardo, aos 7 meses após o plantio, de 0,19 m<sup>2</sup> e 0,33 m<sup>2</sup> para tratamentos com adubação recomendada e para tratamento com o triplo do valor da adubação recomendada, respectivamente. Estes valores são maiores do que os encontrados no presente estudo aos 7 meses (0,16 m<sup>2</sup>).

As espécies Caroba, Cabreúva, Peroba e Louro-pardo apresentaram as menores médias para AC, com 1,01 m<sup>2</sup> árv.<sup>-1</sup>, 1,46 m<sup>2</sup> árv.<sup>-1</sup>, 1,60 m<sup>2</sup> árv.<sup>-1</sup> e 1,64 m<sup>2</sup> árv.<sup>-1</sup> (Tabela 4). A Caroba apresentou Imm negativo aos 24 e 72 meses (avaliações em outubro), indicando característica própria, por ser uma espécie caducifólia (CARVALHO, 1994).

Segundo Vaccaro et al. (1999), a Caroba é uma espécie secundária inicial, porém apresentou baixos valores de AC, H e DAP (Tabela 3 e Tabela 4) quando comparadas à outras espécies do mesmo grupo ecológico, como a Açoita-cavalo, o Angico-vermelho e o Louro-pardo (VACCARO et al., 1999). O baixo desenvolvimento da espécie também pode ser atribuído ao ataque de broca do ponteiro, visualizadas nas avaliações iniciais.

Observa-se na Tabela 4, que houve incremento negativo para a variável AC, no período de 43 aos 72 meses para Angico-vermelho (-0,02 m), Canjerana (-0,02 m), Cabreúva (-0,02 m), Caroba (-0,05 m), Grápia (< -0,01 m), Louro-pardo (< -0,01 m), Marmeleiro (-0,07 m) e Timbaúva (-0,02 m). Estas espécies apresentam como

característica natural a diminuição ou queda total das folhas durante o inverno (CARVALHO, 1994; CARVALHO, 1993). O Imm negativo, pode também estar relacionado à baixa incidência de chuvas no período de junho à setembro de 2017, uma vez o período registrou precipitação com 325 mm abaixo da média histórica que é de 607 mm (IAPAR, 2017). Além disso, o mês de setembro de 2017 registrou, 4,5° C a mais que a média histórica do mês (18,5 °C) (GBIOMET, 2017), o que pode ter prejudicado o desenvolvimento inicial do período vegetativo das plantas.

### 5.3 AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO DAS ESPÉCIES AOS 72 MESES (6 ANO)

Quanto aos testes estatísticos, a análise de variância apontou haver diferença significativa entre as 14 espécies estudadas para DAP, H e AC (Tabela 5). Para DAP, as espécies que apresentaram as menores médias foram a Cabreúva, a Peroba, a Guajuvira e o Marmeleiro. Para H, as menores médias foram para a Grápia, Peroba e Cabreúva. Para a variável AC, as menores médias foram observadas para a Caroba, a Cabreúva, a Peroba e para o Louro-pardo. Em resumo, a Cabreúva, a Caroba e a Peroba aparecem com médias baixas para todas as variáveis.

O que possibilitou a realização de teste de comparação de médias entre as espécies estudadas, objetivando selecionar três espécies que, considerando as três variáveis, DAP, H e AC, apresentaram maior crescimento (Tabela 6). Estas espécies foram as que tiveram seu crescimento modelado e uma equação de crescimento gerada a partir do software estatístico SAS®.

A Canafístula se difere das demais espécies, sendo a que apresenta as maiores médias de DAP, H e AC. Para a variável H, a Canjerana, não difere estatisticamente da Canafístula. Para a variável AC, o Angico-vermelho não difere estatisticamente da Canafístula. Desta forma, percebe-se que, as três espécies com maiores médias para as variáveis quantitativas avaliadas são: Canafístula, Canjerana e Angico-vermelho (Tabela 6).

Para DAP, as espécies que apresentaram as menores médias foram a Cabreúva, a Peroba, a Guajuvira e o Marmeleiro. Para H, as menores médias foram para a Grápia, Peroba e Cabreúva. Para a variável AC, as menores médias foram observadas para a Caroba, a Cabreúva, a Peroba e para o Louro-pardo. Em resumo,

a Cabreúva, a Caroba e a Peroba aparecem com médias baixas para todas as variáveis.

Tabela 5: Análise de variância (ANOVA), para 14 espécies nativas em plantio puro em Dois Vizinhos – PR.

DAP					
Fonte de variação	GL	SQ	QM	F Value	Pr > F
Tratamentos	13	2668.000403	205.230800	42.88	<.0001**
Erro	490	2345.033953	4.785784		
Total	503	5013.034355			
H					
Fonte de variação	GL	SQ	QM	F Value	Pr > F
Tratamentos	13	1106.571982	85.120922	46.94	<.0001**
Erro	490	888.544961	1.813357		
Total	503	1995.116943			
AC					
Fonte de variação	GL	SQ	QM	F Value	Pr > F
Tratamentos	13	205.4576968	15.8044382	43.21	<.0001**
Erro	490	179.2370333	0.3657899		
Total	503	384.6947302			

\*\* Significativo a 1% de probabilidade de erro.

Tabela 6: Comparação estatística entre as médias de crescimento em DAP, altura total (H) e área de Copa (AC), aos 72 meses, para 14 espécies nativas em plantio puro em Dois Vizinhos – PR.

Espécies	DAP (cm)	Espécies	H (m)	Espécies	AC (m <sup>2</sup> )
Canafístula	12,86 A	Canafístula	8,52 A	Angico-vermelho	3,22 A
Timbaúva	10,50 B	Canjerana	8,42 A	Canafístula	3,22 A
Canjerana	10,15 BC	Angico-vermelho	7,21 B	Açoita-cavalo	2,76 B
Açoita-cavalo	9,61 BC	Pau-marfim	6,74 B	Timbaúva	2,56 B
Angico-vermelho	9,24 C	Timbaúva	5,52 C	Pau-marfim	2,27 C
Pau-marfim	7,58 D	Ipê-roxo	5,42 C	Marmeleiro	2,14 CD
Grápia	7,25 D	Açoita-cavalo	5,34 CD	Ipê-roxo	1,96 DE
Louro-pardo	6,75 DE	Marmeleiro	5,24 CD	Canjerana	1,73 EF
Ipê-roxo	6,60 DE	Guajuvira	5,02 CD	Guajuvira	1,71 EF
Caroba	6,46 DE	Caroba	4,69 DE	Grápia	1,68 EF
Marmeleiro	6,10 E	Louro-pardo	4,66 DE	Louro-pardo	1,64 F
Guajuvira	5,63 E	Grápia	4,15 EF	Peroba	1,60 F
Peroba	5,63 E	Peroba	3,88 F	Cabreúva	1,46 F
Cabreúva	4,13 F	Cabreúva	3,86 F	Caroba	1,01 G
Syx %	28,23		23,96		29,26

Onde: \* médias seguidas pela mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 1% de probabilidade de erro; DAP: diâmetro a altura do peito (cm), H: altura total de plantas (m), AC: área de copa (m<sup>2</sup> árv.<sup>-1</sup>). Médias com letras iguais na coluna não apresentam diferença significativa.

As espécies Ipê-roxo e Pau-marfim, aparecem com médias intermediárias para todas as variáveis. As demais espécies transitam entre média alta e baixa entre as variáveis.

Tanto a Canafístula quanto o Angico-vermelho são espécies consideradas de estágio inicial a secundário inicial, ou seja, apresentam bom desenvolvimento inicial em área nativa, não sombreada. Já a Canjerana é considerada secundária tardia, porém com grande potencial de regeneração, crescendo bem em áreas de capoeirão. Tais características ficam comprovadas no bom desenvolvimento das espécies em plantio puro, em espaçamento considerado amplo quando comparado a mata, e a pleno sol ou com pouco sombreamento.

A Cabreúva é uma espécie considerada secundária inicial, porém não apresentou bom desenvolvimento nas condições de plantio do presente estudo. A Caroba e a Peroba são espécies secundária tardias a clímax, naturalmente ocorrendo no interior da floresta com grande sombreamento, e não apresentaram bom desenvolvimento nas condições de plantio puro.

#### 5.4 CORRELAÇÃO ENTRE IDADE, VARIÁVEIS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS PARA CANAFÍSTULA, CANJERANA E ANGICO-VERMELHO

Para os níveis considerados de baixos vigor e alta tortuosidade foram observadas baixa frequência relativa, considerando as 6 avaliações e todos os indivíduos da cada espécie. Vale ressaltar que as observações de vigor e tortuosidade variam entre plantas ao longo do tempo, ou seja, nem sempre uma planta foi avaliada com mesmo nível de vigor ou tortuosidade em todos os períodos de avaliação (Tabela 7).

Pode-se destacar que a Canafístula e a Canjerana apresentaram maior frequência na tortuosidade 1 e 2 (75,93 % e 91,67%). O Angico-vermelho apresenta tortuosidade 1 e 2 com 68,05%, indicando que a espécie apresenta 31,95 % de indivíduos com fuste com média inclinação à extremamente torto (Tabela 7). Carvalho (1994) indica que a espécie apresenta fuste inclinado.

Gonçalves et al. (2004), avaliando a presença de tortuosidade em mudas destinadas à arborização urbana no estado de Minas Gerais, constatou que 55,8% expressavam tortuosidade independente do grau.

Tabela 7: Descrição de cada nível de vigor e tortuosidade, frequência relativa, média de altura e área de copa observadas para Canafístula, Canjerana e Angico-vermelho em todas as avaliações em plantio puro em Dois Vizinhos – PR.

	Variável	Níveis	Freq. (%)	$\bar{X}H$ Obs (m arv <sup>-1</sup> )	$\bar{X}AC$ Obs (m <sup>2</sup> arv <sup>-1</sup> )
Canafístula	Vigor	3	77,32	3,82	1,60
		2	19,91	5,03	2,10
		1	2,78	4,55	1,09
	Tort.	1	37,04	4,27	1,78
		2	38,89	3,16	1,31
		3	22,22	5,24	2,17
		4	1,39	6,17	2,06
		5	0,46	4,50	2,01
Canjerana	Vigor	3	68,33	2,88	1,45
		2	26,67	4,12	1,75
		1	5,00	2,72	0,85
	Tort.	1	65,56	2,64	0,72
		2	26,11	3,92	3,91
		3	6,67	3,35	2,21
		4	1,11	8,50	2,29
		5	0,46	6,00	1,21
Angico-vermelho	Vigor	3	84,26	3,44	1,58
		2	13,88	5,17	3,22
		1	1,85	4,39	3,56
	Tort.	1	25,46	3,49	1,18
		2	42,59	3,46	1,51
		3	24,07	4,07	2,9
		4	3,24	5,47	2,48
		5	4,64	3,81	2,43

Onde: Vigor 3: alto vigor; Vigor 2: médio vigor; Vigor 1: baixo vigor; Tort. 1: fuste reto, Tort. 2: fuste levemente torto; Tort. 3: fuste médio inclinado; Tort. 4: fuste torto; Tort. 5: fuste extremamente torto; Freq. (%): frequência em percentagem;  $\bar{X}H$  Obs: altura média observada;  $\bar{X}AC$  Obs: área de copa média observada.

Wisch e Melo (2005), em análise do crescimento de espécies nativas do cerrado no oeste do estado de São Paulo, classificaram o fuste das árvores em três classes (A, B e C). O fuste A (qualidade superior e sem tortuosidade) apresentou frequência de 37,5% para o plantio misto com 5 espécies (*Anaderanthera falcatra*; *Astronium urundeuva*; *Gochnatia polymorpha*; *Tabebuia impetiginosa*; *Colubrina rufa*) e espaçamento de 2x2 m.

Buscando avaliar a interação entre as variáveis H, AC, vigor e tortuosidade com a variável idade, realizou-se teste de análise de correlação de Pearson (Tabela 8).

Com exceção da correlação moderada entre idade e AC para o Angico-vermelho, há alta correlação entre o crescimento em H e AC das espécies em relação idade, o que é esperado para o crescimento inicial de plantas. Existe correlação positiva entre H e AC, indicando que quanto maior a altura maior será a área de copa para a espécie em fase de crescimento inicial.



Tabela 8: Teste de correlação de Pearson entre as variáveis idade, altura total (H), área de copa (AC) e níveis de vigor e tortuosidade para a Canafístula, Canjerana e Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos – PR.

<b>Canafístula</b>				
	<b>Idade</b>	<b>H</b>	<b>AC</b>	<b>Vigor</b>
Idade	1			
H	0,89339	1		
A copa	0,81021	0,84367	1	
Vigor	-0,17677	-0,14832	-0,08723 <sup>ns</sup>	1
Tortuosidade	0,12782 <sup>ns</sup>	0,10423 <sup>ns</sup>	0,09551 <sup>ns</sup>	-0,2707
<b>Canjerana</b>				
	<b>Idade</b>	<b>H</b>	<b>AC</b>	<b>Vigor</b>
Idade	1			
H	0,91616	1		
A copa	0,70736	0,64416	1	
Vigor	-0,28159	-0,14208 <sup>ns</sup>	-0,36286	1
Tortuosidade	0,38816	0,22506	0,52878	-0,16534
<b>Angico-vermelho</b>				
	<b>Idade</b>	<b>H</b>	<b>AC</b>	<b>Vigor</b>
Idade	1			
H	0,8676	1		
AC	0,64332	0,65635	1	
Vigor	-0,33093	-0,24667	-0,30339	1
Tortuosidade	0,23786	0,12166 <sup>ns</sup>	0,27748	-0,27748

Onde: H: altura total (m), AC: área de copa (m<sup>2</sup> árv.<sup>-1</sup>), <sup>ns</sup>: não significativo a 5% de probabilidade de erro.

Na variável vigor, a correlação foi fraca e negativa, não apresentando significância para a AC na Canafístula e para a H na Canjerana. Os dados indicam que quanto maior a idade menor será o vigor ou maior a frequência de indivíduos com baixo vigor. O mesmo ocorre para a Canjerana e Angico-vermelho, onde, quanto maior a AC, menor o vigor.

O aumento de ocorrência de plantas com baixo vigor pode estar relacionado aos períodos das duas últimas avaliações, uma vez que, a avaliação realizada no mês de maio (outono), pode ter lavado a observação do início de perda de folhas das espécies semi ou caducifólias e assim consideradas com de baixo vigor. Ou ainda ao fato de que em outubro de 2017 houve menor precipitação no período de junho à setembro de 2017 (IAPAR, 2017), o que pode ter prejudicado o crescimento de novas folhas e brotos no início do período vegetativo das espécies.

Para o Angico-vermelho, problemas com baixo vigor, seja por ataque de pragas ou por adversidades climáticas, causam mais efeito sobre o teste de correlação quando aparece nos últimos meses de avaliação, aumentando a média de crescimento em H e AC dos indivíduos nestas classes. Ou seja, os indivíduos que, com o passar do tempo, passam a apresentar baixo vigor, são maiores, aumentando

a média geral das observações com baixo vigor, devido ao menor número de indivíduos (n) incluídos no cálculo da média.

A Canafístula, não apresentou significância na correlação da tortuosidade do fuste das plantas, com as variáveis Idade, H e AC, apresentando apenas correlação significativa baixa e negativa com a variável vigor. Para a Canjerana, houve moderada correlação entre a AC e tortuosidade, apontando que quanto maior a AC maior será a tortuosidade das plantas. A espécie apresentou rápido crescimento em H entre 43 e 72 meses, o que pode ter contribuído para aumentar o nível de tortuosidade, uma vez que não havia competição em AC (Tabela 4).

A baixa ou inexistente correlação entre, as variáveis qualitativas (vigor tortuosidade) com as variáveis quantitativas (H e AC), está relacionada a baixa frequência de indivíduos nas piores classes (Vigor 1; Tortuosidade 4 e 5), indicando que as espécies apresentam boa característica de fuste e vigor.

## 5.5 MODELAGEM MATEMÁTICA

Foi realizada para as espécies que apresentaram maiores médias de crescimento, aos 72 meses, em DAP, H e AC, sendo elas a Canafístula, Canjerana e Angico-vermelho. As equações de crescimento foram geradas a partir do programa estatístico SAS<sup>®</sup>, onde vários modelos matemáticos foram gerados e testados. O modelo selecionado, para cada espécie, foi ajustado de acordo com as variáveis de vigor e tortuosidade, de acordo com teste de covariância. Para a modelagem matemática foram considerados apenas as plantas vivas, não considerando como dados perdidos na parcela os indivíduos faltantes. Desta forma, o valor de plantas vivas (N) da Canafístula foi de 34 plantas (94,4%), para a Canjerana de 35 plantas (97,2%) e para o Angico-vermelho de 36 plantas (100%).

### 5.5.1 Modelagem matemática para a *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Canafístula)

A Canafístula foi a espécie que apresentou as maiores médias de crescimento, aos 72 meses, para DAP, H e AC. Portanto, segue a modelagem matemática para o crescimento em H e AC da espécie em função da idade.

#### 5.5.1.1 Modelagem para crescimento em altura total (H)

Dos modelos gerados, para estimar o crescimento em altura total (H) em função da idade para o Canafístula (Tabela 9), apenas um foi selecionado, com base na análise dos resíduos, F calculado, R<sup>2</sup>aj e erro padrão.

Tabela 9: Modelos de regressão testados para a seleção de equação para estimar a altura de plantas (H) em função da variável idade (meses) para Canafístula, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Número	Modelo
1	$H = b_0 + b_1 * \sqrt{idade}$
2	$\sqrt{H} = b_0 + b_1 * \log idade$
3	$\frac{1}{H} = b_0 + b_1 * \left(\frac{1}{idade}\right)$
4	$H^2 = b_0 + b_1 * idade$
5	$\log H = b_0 + b_1 * \left(\frac{1}{idade}\right)$
6	$\ln H = b_0 + b_1 * \left(\frac{1}{idade}\right)$

Em que: ln: logaritmo neperiano; H: altura total de plantas; b<sub>0</sub>: coeficiente linear; b<sub>1</sub>: coeficiente angular; idade: idade das plantas em meses.

A equação que melhor se ajustou aos dados observados para estimativa de H da Canafístula foi:

$$H = -1,10388 + 1,14611 * \sqrt{idade}$$

onde: H: altura total de plantas; idade: idade das plantas em meses.

O F calculado foi de 1738,8, o R<sup>2</sup>aj. igual a 0,89, o erro padrão de 0,96 m e o Syx % de 23,28%. Esta equação foi a que apresentou melhor estimativa de crescimento para as plantas, com menores discrepâncias de resíduos. Figueiredo (2005), em estudo de povoamentos jovens de *Tectona grandis*, no Acre, selecionou a mesma equação para estimar o crescimento em altura dominante, com R<sup>2</sup> aj. de 0,78

e erro padrão de 1,49 m.

A equação selecionada para estimar o crescimento em H da Canafístula subestimou as médias de crescimento aos 7 e aos 24 meses, superestimando nos demais (Tabela 10).

Os resíduos percentuais encontrados por Figueiredo (2005), para o povoamento entre 4 e 6 anos de *Tectona grandis* em plantio puro, chegaram a mais de 160%, superestimando o crescimento, com o mesmo modelo utilizado por este estudo. Considerando a altura de 6,41 m e um resíduo de 0,57 m aos 43 meses, o percentual de resíduo para crescimento em altura, neste estudo, foi de 8,9%.

Tabela 10: Média de altura total observada ( $\bar{X}H$  Obs) e estimada (H Est) pela equação geral para o Canafístula, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Idade (meses)	$\bar{X}H$ Obs (m)	H Est (m)	Resíduo (m)
2	0,33	0,52	0,19
7	2,09	1,93	-0,16
12	2,79	2,87	0,08
24	5,00	4,51	-0,49
43	5,84	6,41	0,57
72	8,52	8,62	0,10

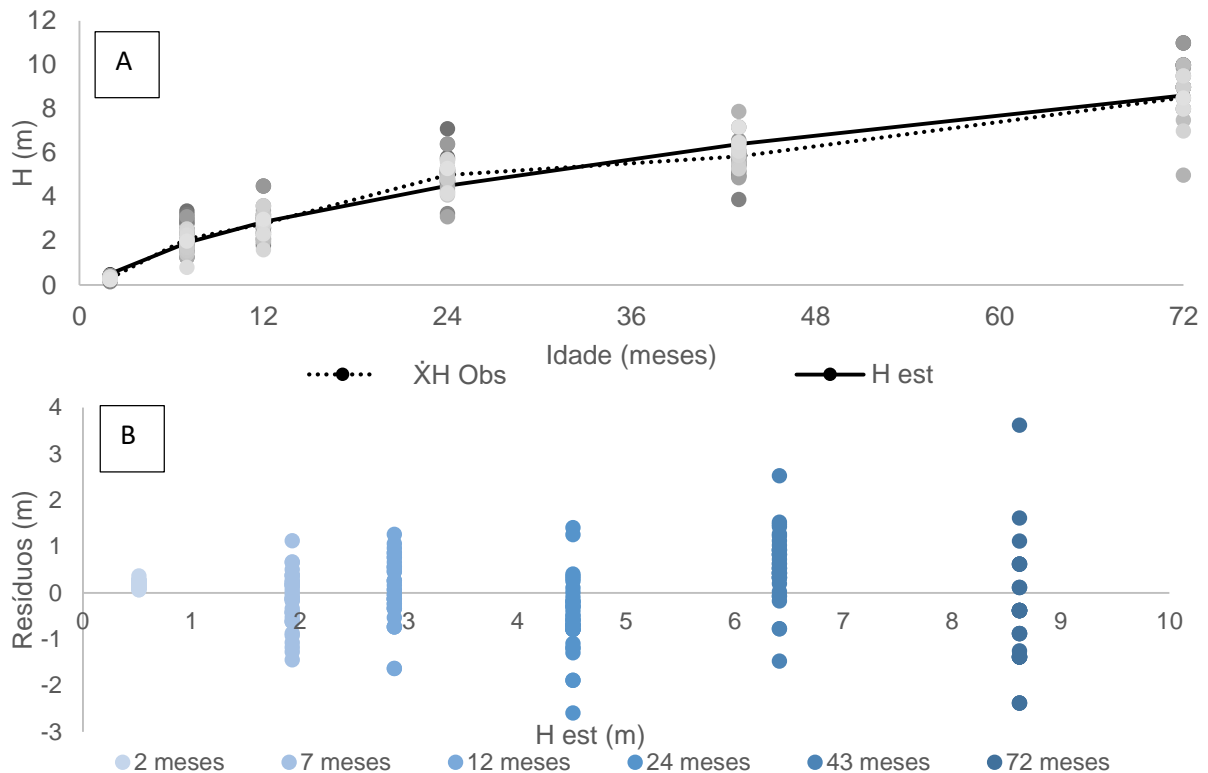
Onde: Idade: idade em meses;  $\bar{X}H$  Obs: altura observada; H est: altura estimada pela equação ajustada.

Contudo, a diferença máxima entre as médias observadas e estimadas foi de 0,57 m, diferença pequena com relação a variação dos dados (Figura 7).

O aumento dos valores dos resíduo está diretamente relacionado ao crescimento desuniforme das plantas. O plantio foi realizada com mudas de material seminal, o que indica maior variação dendrométrica à medida que aumenta a idade das árvores, devido a expressão fenotípica da variabilidade genética. Porém, há poucos indivíduos discrepantes, com crescimento superior ou com baixo desenvolvimento. Ou seja, mesmo apresentando variação no crescimento das plantas, a Canafístula apresenta um bom crescimento em H e não apresenta indivíduos discrepantes maiores ou menores na parcela.

E, uma vez que os desbastes são comumente utilizados em plantios puros, os indivíduos com menor crescimento serão eliminados, não resultando em danos para a produtividade da espécie.

Figura 7: A: Altura observada (H), média observada ( $\bar{X}H$  Obs) e altura total estimada (H Est), e B: Distribuição dos resíduos para altura estimada (H est) para a Canafístula, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.



### 5.5.1.2 Modelagem para crescimento em área de copa (AC)

Tendo como base de dados todas as avaliações realizadas ao longo dos 72 meses, foram gerados cinco modelos para estimar o crescimento em AC da Canafístula (Tabela 11). Destes, com base na análise dos resíduos, F calculado,  $R^2$ aj e erro padrão, apenas um modelo foi selecionado.

Tabela 11: Modelos de regressão testados para a seleção de equação para estimar área de copa (AC) em função da variável idade (meses) para a Canafístula, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Número	Modelo
1	$AC = b_0 + b_1 * \log idade$
2	$\sqrt{AC} = b_0 + b_1 * \log idade + b_2 * \frac{1}{idade}$
3	$AC^2 = b_0 + b_1 * idade$
4	$\log AC = b_0 + b_1 * \frac{1}{idade}$
5	$\ln AC = b_0 + b_1 * \frac{1}{idade}$

Em que: log: logaritmo de base 10; ln: logaritmo neperiano; AC: área de copa;  $b_0$ : coeficiente linear;  $b_1$  e  $b_2$ : coeficientes angulares; idade: idade das plantas em meses.

A equação que melhor se ajustou para a estimar o crescimento em área de copa da Canafístula foi:

$$AC = -0,52741 + 1,87409 * \log idade$$

onde: AC: área de copa; log: logaritmo de base 10; idade: idade das plantas em meses.

O F calculado foi de 534,48, o R<sup>2</sup>aj igual a 0,72, e o erro padrão de 0,61 m<sup>2</sup>, com Syx % de 36,42%. Esta equação foi a que apresentou as menores discrepâncias de resíduos, resultando na melhor estimativa de crescimento em AC para as plantas. Roman et al. (2009), também utilizaram modelo logarítmico para estimar o crescimento em área de copa em função de DAP, para *Cordia trichotoma*, com R<sup>2</sup> de 0,61.

Orellana e Kheller (2008), em estudo com *Ocotea odorifera* no Paraná, encontraram correlações positivas entre o DAP e a altura total da árvore, diâmetro de copa, comprimento de copa e índice de abrangência, indicando que eles crescem à medida que aumenta o DAP. Os autores utilizaram modelo logarítmico para estimar o crescimento em diâmetro de copa em função de DAP, com R<sup>2</sup> de 0,58.

Para a Canafístula, neste estudo, a equação subestimou os dados aos 7, 43 e 72 meses (Tabela 12). Como, aos 2 meses, a média de AC observada foi de 0,03 m<sup>2</sup> árv.<sup>-1</sup> passando para 1,42 m<sup>2</sup> árv.<sup>-1</sup>, na segunda avaliação, passando para um crescimento mais lento nas avaliações seguintes, a equação seguiu o padrão de crescimento, baixando o ponto de inserção da curva e mantendo leve inclinação após os 7 meses (Figura 8).

Tabela 12: Média de área de copa observada ( $\bar{X}AC$  Obs) e estimada (AC Est) pela equação geral para a Canafístula, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

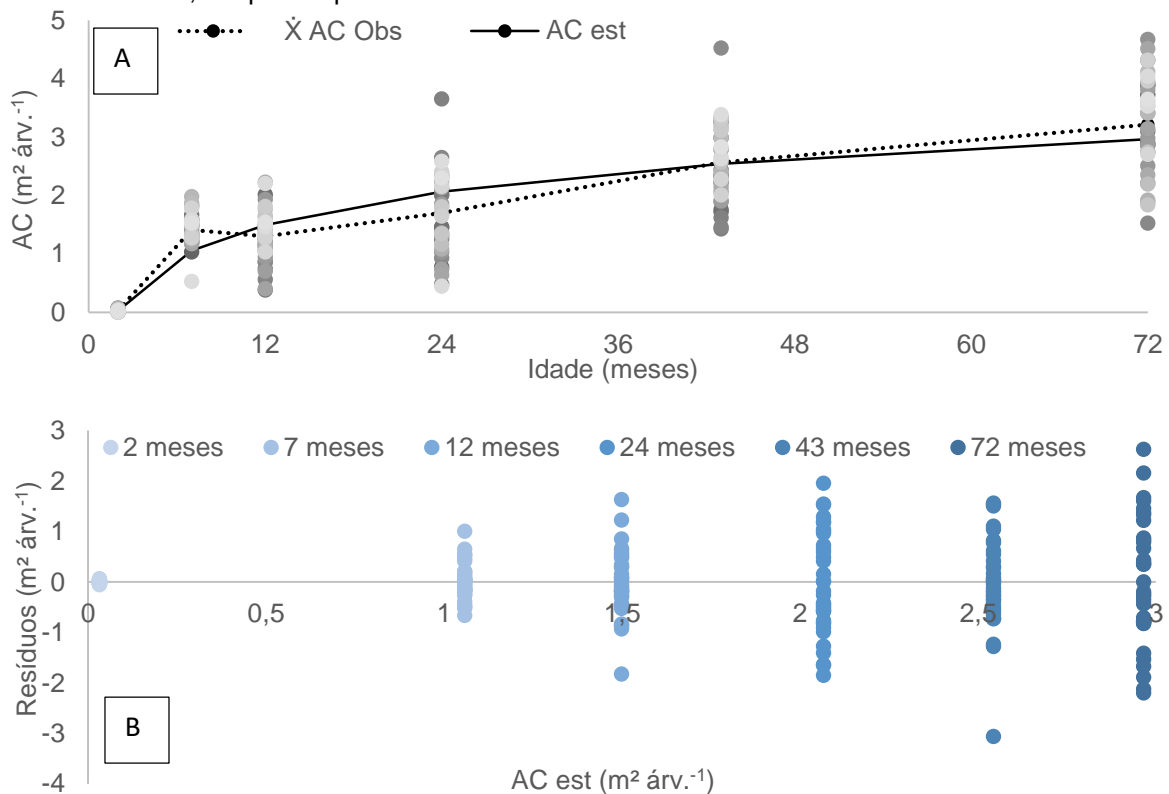
Idade (meses)	$\bar{X}AC$ (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )	AC Est (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )	Resíduo (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )
2	0,03	0,03	0,00
7	1,42	1,06	-0,36
12	1,30	1,50	0,19
24	1,70	2,07	0,36
43	2,57	2,54	-0,03
72	3,22	2,97	-0,25

Onde:  $\bar{X}AC$ : média de área de copa observada, AC Est: área de copa estimada pela equação.

Na Figura 8, sendo possível visualizar os pontos onde há subestimação e superestimação dos dados. O gráfico aponta, em geral, aumento dos resíduos, à medida que aumenta a idade do plantio. Reforçando o que já foi observado na Tabela 4, onde, foi possível perceber um aumento do Syx % para a variável AC da Canafístula

ao longo do tempo. O que é normal em se tratando de um plantio de mudas de origem seminal, com espaçamento amplo, quando comparado a mata nativa, permitindo a expressão fenotípica de indivíduos geneticamente diferentes.

Figura 8: A: Área de copa observada (AC Obs), média observada ( $\bar{X}$ AC Obs) e área de copa estimada (AC Est), e B: Distribuição dos resíduos para área de copa estimada para a Canafístula, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.



As avaliações em épocas diferentes e em meses muito próximos à saída do período vegetativo (outubro) tendem a não ajustar adequadamente a equação, aumentando os resíduos. Dados coletados em períodos próximos (outubro ou dezembro por exemplo), podem descrever situações distintas neste estudo, para a AC e variáveis qualitativas, principalmente para espécies que tem por características folhas grandes ou com longos pecíolos como a Canafístula (CARVALHO, 1994).

Como se trata de uma espécie caducifólia é aceitável a oscilação em AC. As plantas perdem suas folhas devido à períodos de estiagem ou de frio, ataque de pragas e doenças que podem causar desequilíbrio hormonal e/ou nutricional (KERBAUY, 2004), o que pode também contribuir para aumentar a variação, e consequentemente, os resíduos dos resultados.

Como consequência, modelos matemáticos podem apresentar problemas no ajuste dos dados, gerando pontos onde as médias serão subestimadas ou

superestimadas, principalmente quando se trata de plantios de espécies nativas de origem seminal e com grande variabilidade genética.

### 5.5.1.3 Ajuste de equação por influência do vigor e tortuosidade para altura total (H)

A Canafístula apresentou baixa correlação das variáveis qualitativas em relação ao crescimento em H (-0,14832) e AC (-0,08723), e baixa frequência de indivíduos com baixo vigor e alta tortuosidade (Tabela 7). Contudo, os diferentes níveis de vigor e tortuosidade foram analisados em teste de covariância, que apontou diferença significativa entre elas (Tabela 13 e Tabela 14). O que indica a necessidade de ajuste da equação de estimativa de crescimento de acordo com o vigor e a tortuosidade das plantas para a Canafístula.

Tabela 13: Teste de covariância entre níveis de vigor e altura planta (H) em função da idade para Canafístula em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Parâmetros	Estimativa	Erro padrão	t Valor	Pr >  t
Intercepto	1,082268239	0,13732250	7,88	<,0001
VIGOR 1	2,858449785	1,15115099	2,48	0,0138*
VIGOR 2	1,031085427	0,40165098	2,57	0,0110*
VIGOR 3	0,000000000	.	.	.
IDADE	0,113073227	0,00396480	28,52	<,0001
IDADE*VIGOR 1	-0,096543882	0,02924292	-3,30	0,0011**
IDADE*VIGOR 2	-0,029603950	0,01007898	-2,94	0,0037**
IDADE*VIGOR 3	0,000000000	.	.	.

\* significância a nível de 5% de probabilidade de erro; \*\* significância a nível de 1% de probabilidade de erro.

Tabela 14: Teste de covariância entre níveis de tortuosidade e altura planta (H) em função da idade para Canafístula em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

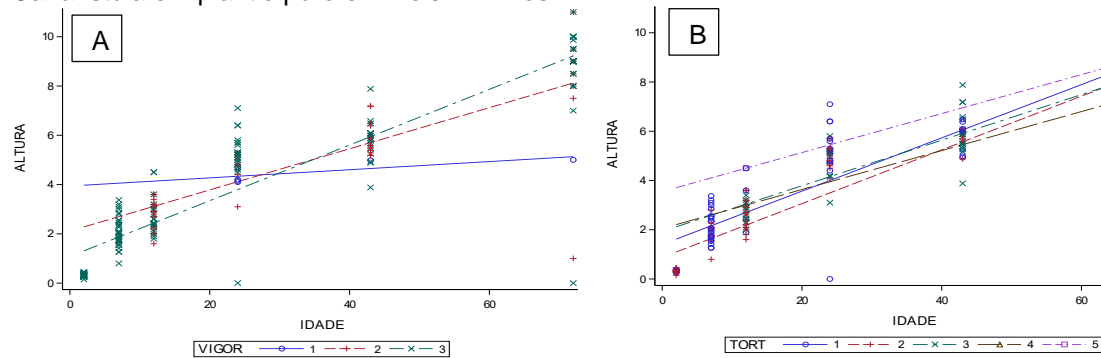
Parâmetros	Estimativa	Erro padrão	t Valor	Pr >  t
Intercepto	3,550000000	1,32994772	2,67	0,0082
TORT 1	-2,147224871	1,34617565	-1,60	0,1122
TORT 2	-2,672729336	1,34315574	-1,99	0,0479*
TORT 3	-1,616195904	1,38899886	-1,16	0,2459
TORT 4	-1,500000000	1,82682369	-0,82	0,4125
TORT 5	0,000000000	.	.	.
IDADE	0,079166667	0,02636793	3,00	0,0030
IDADE*TORT 1	0,029029749	0,02696880	1,08	0,2830
IDADE*TORT 2	0,029976504	0,02703040	1,11	0,2687
IDADE*TORT 3	0,013412915	0,02817663	0,48	0,6346
IDADE*TORT 4	0,000000000	.	.	.
IDADE*TORT 5	0,000000000	.	.	.

\* significância a nível de 5% de probabilidade de erro; \*\* significância a nível de 1% de probabilidade de erro.



Pode-se observar que houve diferença para os três níveis de vigor, tanto em intercepto, como para inclinação da curva de regressão (Figura 9). Para os níveis de tortuosidade da Canafístula, houve diferença significativa apenas para o nível 2 na inclinação da curva de regressão. É provável que a baixa frequência de indivíduos no nível de tortuosidade 4 e 5 (1,39 e 0,46%) não tenha sido significativa para a análise de covariância apontar diferença entre as plantas com menor tortuosidade (Figura 9). Deve-se levar em conta ainda que a Canafístula tem por característica apresentar fuste reto ou levemente inclinado, o que explica, ao longo do tempo, as plantas apresentarem leve tortuosidade.

Figura 9: A: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de vigor e altura planta (H) em função da idade para Canafístula em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. B: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de tortuosidade e altura planta (H) em função da idade para Canafístula em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.



Desta forma, para estimar o crescimento em H para a Canafístula, fez-se necessário ajustar a equação geral, já apresentada para crescimento em altura, separando as médias de acordo com cada nível de vigor. Ajustou-se ainda, duas equações de acordo com os níveis de tortuosidade, uma para o nível 2 e outra para os demais (Tabela 15).

Tabela 15: Coeficientes e parâmetros estatísticos das equações ajustadas por nível de vigor e tortuosidade para estimar a altura de plantas (H) da Canafístula em função da idade (meses).

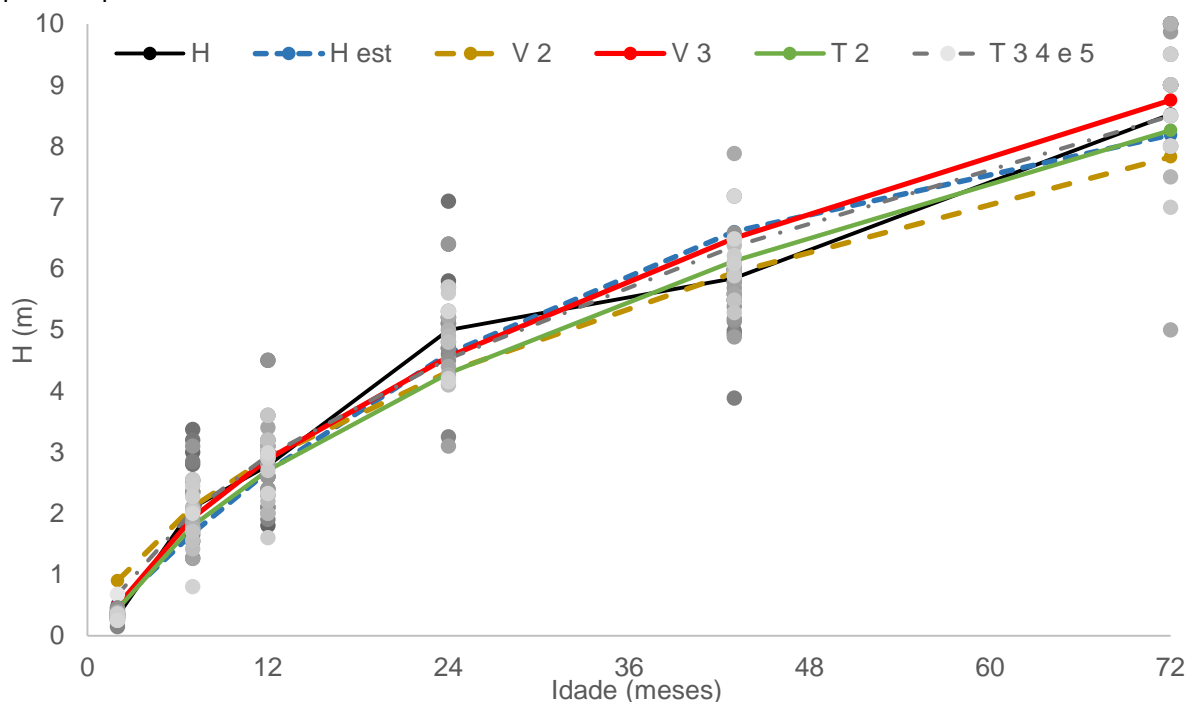
Nível	Nt	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	H Est (72) (m)	R <sup>2</sup> aj.	Syx (m)	Syx %
Eq. Geral	204	-1,10388	1,1461	8,62	0,89	0,96	23,28
Vigor 1	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Vigor 2	41	-0,48626	0,97983	7,83	0,63	1,36	27,04
Vigor 3	158	-1,15716	1,16778	8,75	0,88	1,07	28,03
Tort. 2	79	-1,12883	1,10676	8,26	0,87	1,02	32,47
Tort. 1 3 4 e 5	125	-0,88849	1,10591	8,49	0,80	1,24	26,50
$\bar{X}H$ obs (72) (m)				8,52			

Em que: Nt: número total de observações em 6 avaliações;  $\bar{X}H$  Obs (72): média observada aos 72 meses; b<sub>0</sub>: coeficiente linear; b<sub>1</sub>: coeficiente angular; H Est (72) (m): altura estimada em metros aos 72 meses; R<sup>2</sup>aj: coeficiente de determinação ajustado; Syx: erro padrão; Syx %: coeficiente de variação em percentagem;

O nível de vigor 1 não apresentou ajuste da curva de regressão significativo (Tabela 15), uma vez que apenas 5 árvores foram classificadas com este nível (2,65% das observações), considerando todas as avaliações. Vale ainda ressaltar, que para a Canafístula, duas plantas morreram, portando o número de indivíduos considerados na modelagem matemática foi de 34.

A equação do vigor 3, foi a que apresentou maior  $R^2$  aj. e maior média estimada aos 72 meses, indicando que árvores com menores níveis de danos e estresse apresentam melhor desenvolvimento. Reis Filho et al. (2011) avaliando dano artificial de desfolha em *Eucalyptus grandis* W. Hill., afirmam que há perdas em altura para os tratamentos com 50, 75 e 100% de desfolha, com 3, 6 e 12 meses de avaliação, com destaque para perda de 34,4% em altura para tratamento com 75% aos 3 meses de idade do plantio. Dessa forma, os autores indicam que árvores sem danos e consequente maior vigor, crescem mais em altura.

Figura 10: Altura observada e médias de alturas estimadas para as diferentes equações, para plantios puros de Canafístula em Dois Vizinhos-PR.



Onde: H: Média da altura observada; H Est: Altura estimada pela equação geral; V2: Altura estimada pela equação do vigor 2; V 3: Altura estimada pela equação do vigor 3; T2: Altura estimada pela equação da tortuosidade 2; T3, 4 e 5: Altura estimada pela equação da tortuosidade 3, 4 e 5.

A equação de vigor 2 apresentou maior valor de intercepto e menor inclinação. Isso se deve ao fato de que, o vigor 2 apresentou maior frequência apenas nas últimas avaliações, elevando a média dos indivíduos com vigor médio, aumentando assim o

intercepto. Quanto a inclinação, isso indica que os indivíduos de vigor médio apresentam menor incremento quando comparados aos de vigor 3 e ao total da população, sendo a curva de regressão de vigor 2 a que mais se distancia da equação geral (Figura 10). Isso por que o Nt de plantas classificadas com vigor bom é mais próximo ao Nt geral, o que indica que a perda de vigor de alguns indivíduos pode não representar grandes perdas no total da população.

#### 5.5.1.4 Ajuste de equação por influência do vigor e da tortuosidade para área de copa (AC)

Para a variável AC, a análise de covariância mostrou que houve diferença significativa, a 1% de probabilidade de erro, para o nível de vigor 2, diferindo o intercepto e a inclinação da curva de regressão (Tabela 16). Ou seja, os valores indicam a necessidade de ajustar uma equação para o nível vigor 2, e outra para vigor 1 e 3.

Já para o teste de covariância para os diferentes níveis de tortuosidade, o mesmo apontou não haver diferença significativa entre os diferentes níveis de tortuosidade e a AC das plantas (Tabela 17). O que significa que para a Canafístula a tortuosidade, mesmo que baixa, não alterou o crescimento em AC ao longo do tempo.

Tabela 16: Teste de covariância entre níveis de vigor e área de copa (AC) em função da idade para Canafístula em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

<b>Parâmetros</b>	<b>Estimativa</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>t Valor</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
Intercepto	0,6153341451	0,07008501	8,78	<,0001
VIGOR 1	-0,371227980	0,58751066	-0,63	0,5282
VIGOR 2	0,5660362605	0,20498982	2,76	0,0063**
VIGOR 3	0,0000000000	.	.	.
IDADE	0,0407590106	0,00202351	20,14	<,0001
IDADE*VIGOR 1	-,0166151100	0,01492465	-1,11	0,2669
IDADE*VIGOR 2	-,0144305049	0,00514399	-2,81	0,0055**
IDADE*VIGOR 3	0,0000000000	.	.	.

\* significância a nível de 5% de probabilidade de erro; \*\* significância a nível de 1% de probabilidade de erro.

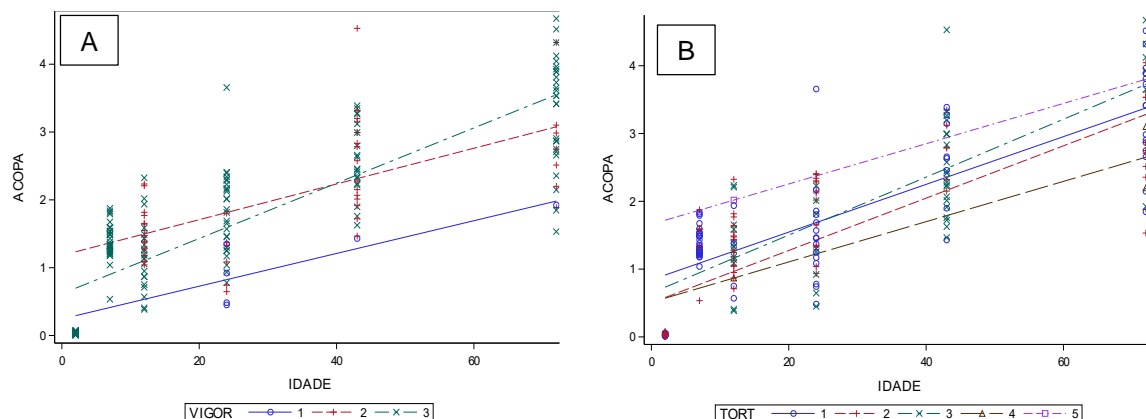
Tabela 17: Teste de covariância entre níveis de tortuosidade e área de copa (AC) em função da idade para Canafístula em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Parâmetros	Estimativa	Erro padrão	t Valor	Pr >  t
Intercepto	1,661500000	0,68112030	2,44	0,0156
TORT 1	-0,819742460	0,68943128	-1,19	0,2358
TORT 2	-1,158475928	0,68788466	-1,68	0,0937
TORT 3	-1,013913774	0,71136279	-1,43	0,1556
TORT 4	-1,150000000	0,93559068	-1,23	0,2204
TORT 5	0,000000000	.	.	.
IDADE	0,029708333	0,01350409	2,20	0,0289
IDADE*TORT 1	0,005500050	0,01381182	0,40	0,6909
IDADE*TORT 2	0,008887665	0,01384337	0,64	0,5216
IDADE*TORT 3	0,013020874	0,01443040	0,90	0,3679
IDADE*TORT 4	0,000000000	.	.	.
IDADE*TORT 5	0,000000000	.	.	.

\* significância a nível de 5% de probabilidade de erro; \*\* significância a nível de 1% de probabilidade de erro.

Embora é possível perceber diferença no intercepto entre os níveis de vigor 1 e 3 (Figura 11), a mesma não foi significativa a ponto de indicar uma estratificação para a estimativa de crescimento. Para o nível de vigor 2 é possível visualizar a diferença de intercepto, embora a inclinação seja semelhante a do vigor 1. A baixa frequência de indivíduos com vigor 1 (2,78%) pode ter interferido na análise de covariância.

Figura 11: A: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de vigor e área de copa (AC) em função da idade para Canafístula. B: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de tortuosidade e área de copa (AC) em função da idade para Canafístula em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.



Portanto, foram necessárias duas estratificações quanto aos níveis de vigor para a Canafístula. Com base na média geral de AC observada, pode-se dizer que a equação que mais se aproximou foi a vigor 1 e 3, com maior  $R^2$  aj. As plantas de vigor 1 apresentaram baixa frequência (2,78%), não sendo suficientes para causarem efeito significativo como foi o caso no vigor 2 (Tabela 18).

Tabela 18: Coeficientes e parâmetros estatísticos das equações ajustadas por nível de vigor e tortuosidade para estimar a área de copa (AC) da Canafístula em função da idade (meses).

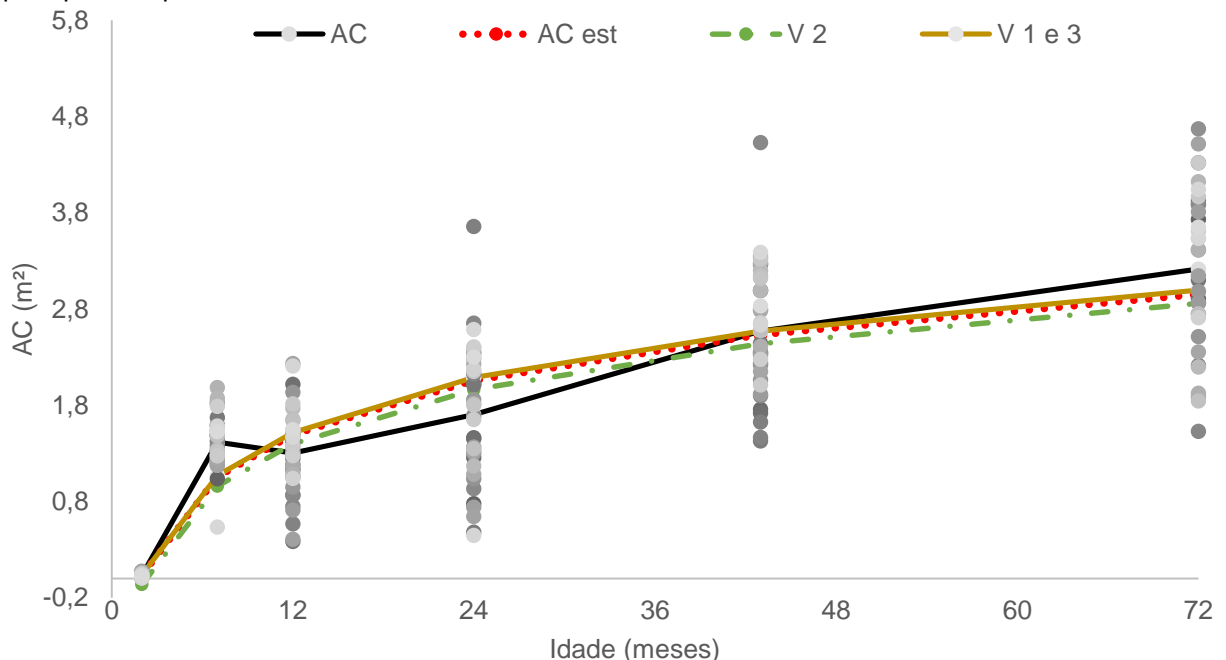
Equação	N	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	XAC Est (72) (m <sup>2</sup> arv <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup> aj.	Syx (m)	Syx %
Eq. Geral	204	-0,53471	1,88438	2,95	0,72	0,61	36,42
Vigor 2	41	-0,62375	1,87470	2,85	0,37	0,69	33,15
Vigor 1 e 3	163	-0,53451	1,90038	2,99	0,75	0,59	37,52
$\bar{X}AC$ obs (72)				3,22			

Em que:  $\bar{X}AC$  obs (72) (m): Área de copa média observada em metros aos 72 meses; b<sub>0</sub>:coeficiente linear; b<sub>1</sub>:coeficiente angular; AC est: média estimada a partir da equação; R<sup>2</sup> aj: coeficiente de determinação ajustado; Syx: erro padrão; Syx %: coeficiente de variação em porcentagem.

Comparando a equação para vigor 1 e 3 com a equação geral, percebe-se maior crescimento estimado para AC em plantas de vigor 1 e 3, contudo, a variação quando comparado a equação geral e a equação de vigor 2 é de 0,10 m<sup>2</sup> arv<sup>-1</sup>, o que não é uma diferença considerável.

Na Figura 12 estão apresentados os dados observados e as curvas de regressão ajustadas, para a estimativa de crescimento em AC para cada equação. Pode-se observar que as curvas de regressão são muito próximas, e, levando em consideração o valor de Nt, a equação geral representa maior graus de liberdade dos erros, sendo a mais indicada para estimar o crescimento em Ac para a Canafístula.

Figura 12: Área de copa observada e médias de área de copa estimadas para as diferentes equações para plantios puros de Canafístula em Dois Vizinhos-PR.



Onde: AC: Área de copa observada; AC Est: Área de copa estimada pela equação geral; V2: Área de copa estimada pela equação do vigor 2; V 1 e 3: Área de copa estimada pela equação do vigor 1 e 3.

Nascimento et al. (2011) verificaram diferença em área foliar em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) com diferentes níveis de água no solo. O tratamento submetido à stress hídrico de 25% de capacidade de campo, apresentou valores menores com diferença significativa quando comparado ao tratamento com 100% da capacidade de campo, indicando redução do crescimento em função do estresse hídrico (menor vigor).

### 5.5.2 Modelagem matemática para *Cabralea canjerana* (Vell) Mart (Canjerana)

A Canjerana foi a espécie que apresentou a segunda maior média em H, não diferindo estatisticamente da Canafístula, assim foi possível realizar a modelagem matemática para o crescimento e H e AC para a espécie.

#### 5.5.2.1 Modelagem para crescimento em altura total (H)

Os modelos gerados para estimar o crescimento em altura total (H) em função da idade para o Canjerana estão apresentados na Tabela 19. Destes, um foi selecionado, com base na análise dos resíduos, F calculado, R<sup>2</sup>aj e erro padrão.

Tabela 19: Modelos de regressão testados para a seleção de equação para estimar altura de plantas (H) em função da variável idade (meses) para a Canjerana, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Número	Modelo
1	$H = b_0 + b_1 * idade^2$
2	$\sqrt{H} = b_0 + b_1 * idade$
3	$\frac{1}{H} = b_0 + b_1 * \log idade$
4	$H^2 = b_0 + b_1 * idade^3$
5	$\log H = b_0 + b_1 * \ln idade$
6	$\ln H = b_0 + b_1 * idade^5$

Em que: ln: logaritmo neperiano; H: altura total de plantas; b<sub>0</sub>: coeficiente linear; b<sub>1</sub>: coeficiente angular; idade: idade das plantas em meses.

A equação que melhor se ajustou aos dados observados para estimar a altura total da Canjerana foi:

$$H = 0,90593 + 0,00144 * idade^2$$

onde: H: altura total de plantas; idade: idade das plantas em meses.

O F calculado foi de 1010,3,  $R^2_{aj.}$  igual a 0,85, o erro padrão de 1,18 m e  $Syx$  % de 37,92%. Esta equação foi a que apresentou melhor estimativa de crescimento para as plantas, com menores discrepâncias de resíduos.

Romaniuk (2015), também utilizou modelo quadrático para estimar altura de *Pinus Taeda* em função do DAP, com  $R^2_{aj.}$  de 0,74 e  $Syx$  de 9,9%. Mendonça et al (2011), com o mesmo modelo, estimaram a altura total de *Pinus caribaea* em função da idade e obtiveram  $R^2_{aj.}$  de 0,8 e  $Syx$  de 13,04%, com distribuição de resíduos mais homogênea quando comparado com estimativa de altura em função do DAP com o mesmo modelo.

O maior resíduo está aos 24 meses, idade na qual a equação subestima o crescimento em 0,93 m (Tabela 20). Pode-se notar, a maior inclinação da reta (Figura 13), no período de 7 aos 24 meses, indicando maior crescimento, o que aumentou o resíduo aos 24 meses.

Tabela 20: Altura total observada e estimada pela equação geral para Canjerana, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

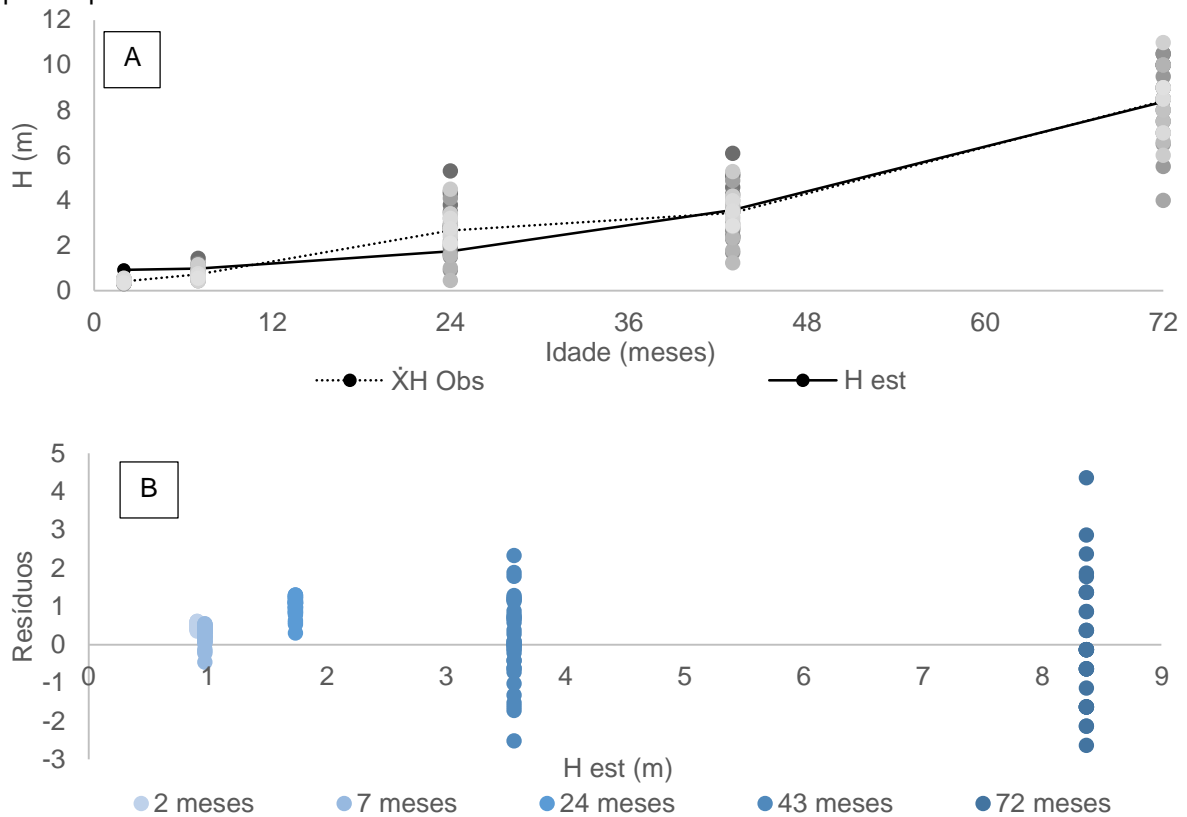
Idade (meses)	H (m)	H est (m)	Resíduo (m)
2	0,41	0,91	0,50
7	0,72	0,98	0,25
24	2,67	1,74	-0,93
43	3,45	3,57	0,12
72	8,42	8,37	-0,05

Onde: Idade: idade em meses, H: altura observada, H est: altura estimada pela equação ajustada.

Esse maior resíduo foi gerado, pela ausência da média observada aos 12 meses, o que representou um salto de 0,72 para 2,67 m em H. Levando em conta que a Canjerana apresenta crescimento moderado (CARVALHO, 1994), a falta de uma avaliação nos períodos iniciais pode gerar maiores discrepâncias de resíduos com relação à média observada e a ajustada.

Uma boa análise pode ser feita graficamente pela curva de crescimento observada e a curva de regressão (Figura 13). No período de 24 aos 43 meses, houve uma leve diminuição no Imm para H (0,04 m), quando se compara com o período anterior (0,11 m). A Canjerana apresentou maior Imm para todas as espécies estudadas no período de 43 a 72 meses com 0,17 m por mês.

Figura 13: A: Altura observada (H), média observada ( $\bar{X}H$  Obs) e altura total estimada (H Est), e B: Distribuição dos resíduos para altura estimada (H est) para a Cajerana, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.



Os valores ajustados pela equação aos 2 e 7 meses são próximos (0,91 e 0,98 m). Percebe-se, que com o aumento da idade, aumentam os resíduos, apontando crescimento desuniforme na população. Figueiredo (2005) afirma que a grande diferença de crescimento inicial em altura e diâmetro das plantas de *Tectona grandis*, advindas de sementes, faz com que o método de regressão não consiga retratar este grau de desuniformidade, uma vez que a regressão gera somente curvas anamórficas.

#### 5.5.2.2 Modelagem para crescimento em área de copa (AC)

Para AC da Canjerana foram testados 4 dos modelos gerados (Tabela 21), sendo um selecionado para gerar a equação geral, com base na análise dos resíduos, F calculado,  $R^2_{aj}$  e erro padrão.



Tabela 21: Modelos de regressão testados para a seleção de equação para estimar área de copa (AC) em função da variável idade (meses) para a Canjerana, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Número	Modelo
1	$AC = b_0 + b_1 * \log idade$
2	$\sqrt{AC} = b_0 + b_1 * \log idade$
3	$\log AC = b_0 + b_1 * \log idade$
4	$\ln AC = b_0 + b_1 * \log idade$

Em que: log: logaritmo de base 10; ln: logaritmo neperiano; AC: área de copa;  $b_0$ : coeficiente linear;  $b_1$ : coeficiente angular; idade: idade das plantas em meses.

A equação que melhor se ajustou para a estimar o crescimento em AC da Canjerana foi:

$$AC = -0,50590 + 1,35133 * \log idade$$

onde: AC: área de copa; log: logaritmo de base 10; idade: idade das plantas em meses

O F calculado foi de 307,07, o  $R^2$  aj. de 0,63, o erro padrão de 0,58 m<sup>2</sup> e Syx % 51,9%. Esta equação foi a que apresentou menores discrepâncias de resíduos, resultando na melhor estimativa de crescimento para as plantas. Durlo (2001), utilizou equações logarítmicas para estimar DC em função de H para a Canjerana em área nativa de Canjerana no Estado do Rio Grande do Sul, com  $R^2$  de 0,63.

No presente estudo, aos dois meses a equação apresentou média negativa, gerando resíduo de -0,16 m<sup>2</sup> (Tabela 22). A baixa média inicial em AC (0,06 m<sup>2</sup>), resultado da avaliação de mudas logo após o plantio a campo (dois meses), e, uma redução na área de copa aos 72 meses, resultou neste ajuste na equação. Isso gerou um coeficiente de variação maior quando comparado ao da equação ajustada para AC na Canafístula.

Tabela 22: Média de área de copa observada ( $\bar{X}AC$  Obs) e estimada (AC Est) pela equação geral para a Canjerana, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Idade (meses)	$\bar{X}AC$ (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )	AC Est (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )	Resíduo (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )
2	0,06	-0,10	-0,16
7	0,30	0,64	0,33
24	1,28	1,36	0,07
43	2,25	1,70	-0,55
72	1,73	2,00	0,27

Onde:  $\bar{X}AC$ : média de área de copa observada, AC Est: área de copa estimada pela equação.

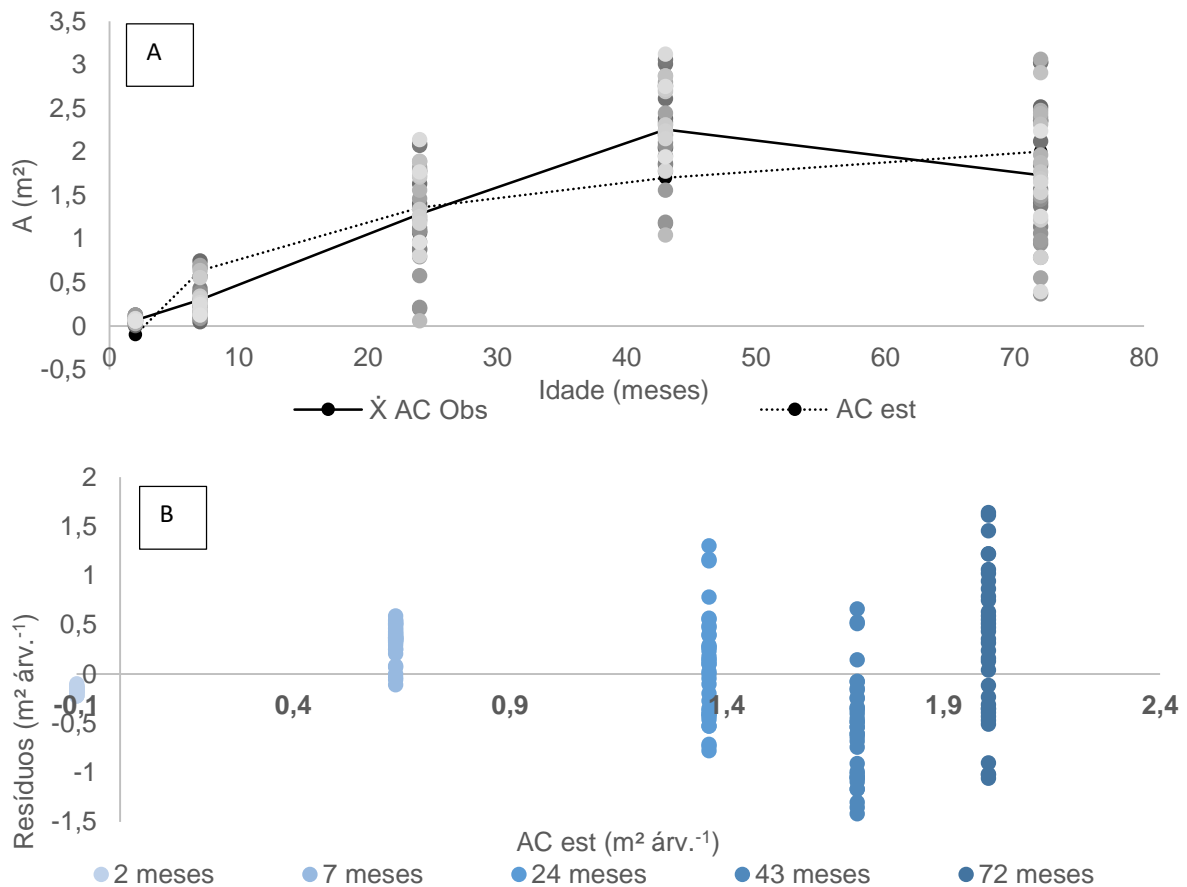
Na Figura 14 estão expressos graficamente a curva de crescimento e a curva de regressão para AC da Canjerana. Aos 43 meses houve um pico de crescimento, seguido de queda na AC aos 72 meses. Isso pode ser explicado pelo período de estiagem que antecedeu a última avaliação, e que por se tratar de uma espécie

semicaducifolia, o início do período vegetativo pode ter sido comprometido por estresse hídrico. Ou seja, a falta de chuvas pode ter retardado a brotação de novos ramos e folhas, diminuindo a área de copa da Canjerana.

A diminuição da área da copa da Canjerana aos 72 meses subestimou os dados aos 43 meses, uma vez que a espécie apresentava lmm pequeno, porém constante. Devido às condições climáticas de junho à setembro de 2017, a espécie não havia entrado em seu período vegetativo, apresentando área de copa menor aos 72 meses quando comparado aos 43 meses.

Outro fator que pode ter contribuído para o maior Syx % é o fato da Canjerana ter apresentado copa rala neste experimento, podendo contribuir para erros amostrais, uma vez que os diâmetros de copa foram medidos perpendicularmente, porém não foi padronizado um ângulo inicial de avaliação.

Figura 14: Área de copa observada (AC Obs), média observada ( $\bar{X}$  AC Obs) e área de copa estimada (AC Est), e B: Distribuição dos resíduos para área de copa estimada para a Canjerana, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.



### 5.5.2.3 Ajuste de equação por influência do vigor e da tortuosidade para altura total (H)

A análise comparativa entre os níveis de vigor e tortuosidade das plantas, avaliadas de forma independente, apontou haver diferença significativa entre eles. Para os níveis de vigor, com relação ao crescimento em H da Canjerana, houve diferença apenas para a inclinação da curva de regressão no nível 1 (Tabela 23).

Para tortuosidade, não houve diferença significativa (Tabela 24), ou seja, não há interferência dos níveis de tortuosidade para o crescimento em H da Canjerana para o teste de covariância. Quanto à interação o teste apontou valor de “t” apenas para Tortuosidade 1.

Tabela 23: Teste de covariância entre níveis de vigor e altura planta (H) em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Parâmetros	Estimativa	Erro padrão	t Valor	Pr >  t
<b>Intercepto</b>	-,0473854241	0,13822349	-0,34	0,7321
<b>VIGOR 1</b>	0,4737406725	1,01610325	0,47	0,6416
<b>VIGOR 2</b>	-,3616453318	0,43270822	-0,84	0,4044
<b>VIGOR 3</b>	0,0000000000	.	.	.
<b>IDADE</b>	0,1132436653	0,00378188	29,94	<,0001
<b>IDADE*VIGOR 1</b>	-,0563086066	0,02195904	-2,56	0,0112*
<b>IDADE*VIGOR 2</b>	-,0003363567	0,01009904	-0,03	0,9735
<b>IDADE*VIGOR 3</b>	0,0000000000	.	.	.

\* significância a nível de 5% de probabilidade de erro; \*\* significância a nível de 1% de probabilidade de erro.

Tabela 24: Teste de hipótese para inclinação e níveis de tortuosidade entre as regressões de crescimento em altura em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

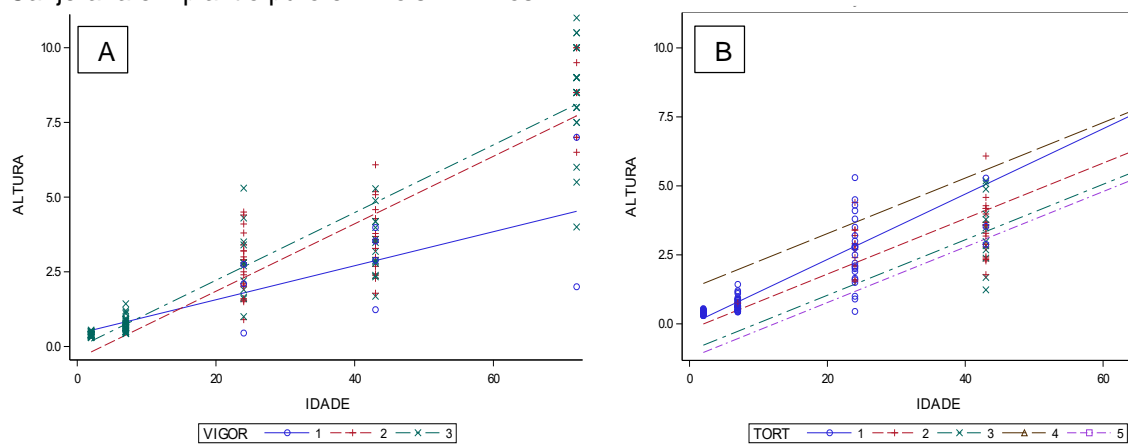
Parâmetros	Estimativa	Erro padrão	t Valor	Pr >  t
<b>Intercepto</b>	-1,238391043	1,26202767	-0,98	0,3278
<b>TORT 1</b>	1,204650122	1,26932743	0,95	0,3439
<b>TORT 2</b>	1,032081255	1,15551375	0,89	0,3730
<b>TORT 3</b>	0,264129725	1,18513457	0,22	0,8239
<b>TORT 4</b>	2,500000000	1,36619817	1,83	0,0690
<b>TORT 5</b>	0,000000000	.	.	.
<b>IDADE</b>	0,100533209	0,00819777	12,26	<,0001
<b>IDADE*TORT 1</b>	0,017879775	0,00909577	1,97	0,0509
<b>IDADE*TORT 2</b>	0,000000000	.	.	.
<b>IDADE*TORT 3</b>	0,000000000	.	.	.
<b>IDADE*TORT 4</b>	0,000000000	.	.	.
<b>IDADE*TORT 5</b>	0,000000000	.	.	.

\* significância a nível de 5% de probabilidade de erro; \*\* significância a nível de 1% de probabilidade de erro.

A espécie apresentou grande frequência nos menores níveis de tortuosidade com conseqüente baixa frequência nos níveis 3, 4 e 5. Na Figura 15 é possível

observar a diferença de inclinação da curva de regressão para o vigor 1 (baixo), onde a curva segue com médias consideravelmente menor do que as plantas representadas pelo vigor 2 e 3. Isso quer dizer que as plantas com menor vigor apresentaram menores médias de H. Já a tortuosidade não apresentou grande variação de inclinação de curva e de intercepto, não sendo um fator significativo para AC da Canjerana.

Figura 15: A: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de vigor e altura planta (H) em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. B: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de tortuosidade e altura planta (H) em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.



Assim, para estimar o crescimento em H da Canjerana foi necessário ajustar uma equação referentes ao nível de vigor 1 e outra para os níveis de vigor 2 e 3.

Para o nível de vigor 1 foram observadas apenas 9 indivíduos com baixo vigor nas 175 observações possíveis, o que resultou em uma regressão não significativa (Tabela 25).

Tabela 25: Coeficientes e parâmetros estatísticos das equações ajustadas por nível de vigor e tortuosidade para estimar a altura de plantas (H) da Canafistula em função da idade (meses).

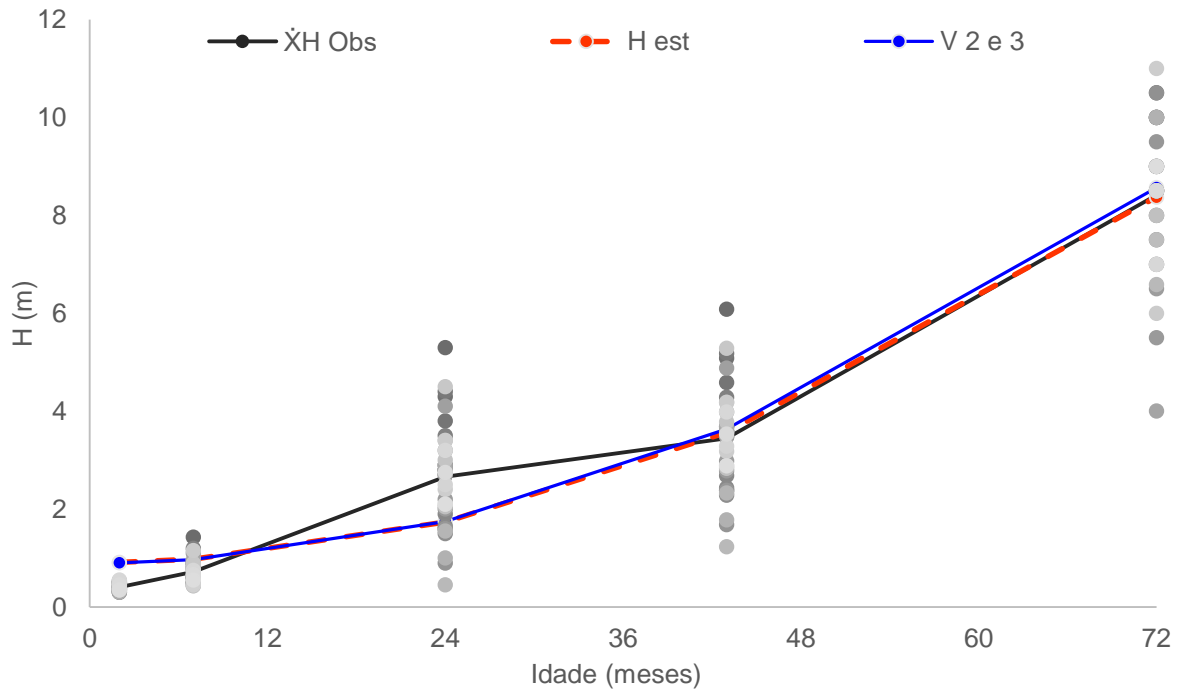
Equação	N	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	$\bar{X}H$ Est (72) (m)	R <sup>2</sup> aj.	Syx (m)	Syx %
Geral	175	0,90593	0,00144	3,11	0,85	1,18	37,92
Vigor 1	9	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Vigor 2 e 3	166	0,89774	0,00148	3,12	0,88	1,07	34,37
$\bar{X}AC$ obs (72) (m)				3,13			

Em que:  $\bar{X}H$  Obs (72): média de área de copa observada aos 72 meses; b<sub>0</sub>: coeficiente linear; b<sub>1</sub>: coeficiente angular; AC Est (72) (m): área de copa estimada em metros aos 72 meses; R<sup>2</sup>aj: coeficiente de determinação ajustado; Syx: erro padrão; Syx %: coeficiente de variação em percentagem; ----- = regressão não significativa.

Já a equação ajustada para os níveis de vigor 2 e 3, não apresentou grande diferença em relação a equação geral para a média de H. Com relação à média de H observada, as duas equações apresentam superestimação aos 7 meses e

subestimação aos 12 meses (Figura 16). Porém, entre as equações geral e V 2 e 3, por representar o total de plantas, e pela diferença ser mínima, a equação geral é a mais indicada para estimar H da Canjerana.

Figura 16: Altura observada e médias de alturas estimadas para as diferentes equações, para plantios puros de Canjerana em Dois Vizinhos-PR.



Onde:  $\bar{X}H$ : Média de altura observada; H Est: Altura estimada pela equação geral; V2 e 3: Altura estimada pela equação do vigor.

#### 5.5.2.4 Ajuste de equação por influência do vigor e da tortuosidade para área de copa (AC)

Para a variável AC, a análise de covariância mostrou que houve diferença significativa, a 1% de probabilidade de erro, para os três níveis de vigor em intercepto e inclinação da curva de regressão (Tabela 26).

Para a variável tortuosidade, houve diferença apenas para os níveis 2 e 3, indicando necessidade de ajuste para o intercepto da equação (Tabela 27). Para os níveis de tortuosidade 4 e 5, a baixa frequência de indivíduos torna baixa a sua influência sobre a média.

Tabela 26: Teste de hipótese para inclinação e níveis de vigor entre as regressões de crescimento em área de copa em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Parâmetros	Estimativa	Erro padrão	t Valor	Pr >  t
Intercepto	0,191527277	0,07615831	2,51	0,0128
VIGOR 1	1,474122619	0,55985206	2,63	0,0092**
VIGOR 2	1,097117098	0,23841336	4,60	<,0001**
VIGOR 3	0,000000000	.	.	.
IDADE	0,026997394	0,00208374	12,96	<,0001
IDADE*VIGOR 1	-0,032048551	0,01209898	-2,65	0,0088**
IDADE*VIGOR 2	-0,015455301	0,00556436	-2,78	0,0061**
IDADE*VIGOR 3	0,000000000	.	.	.

\* significância a nível de 5% de probabilidade de erro; \*\* significância a nível de 1% de probabilidade de erro.

Tabela 27: Teste de hipótese para inclinação e níveis de vigor entre as regressões de crescimento em área de copa em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

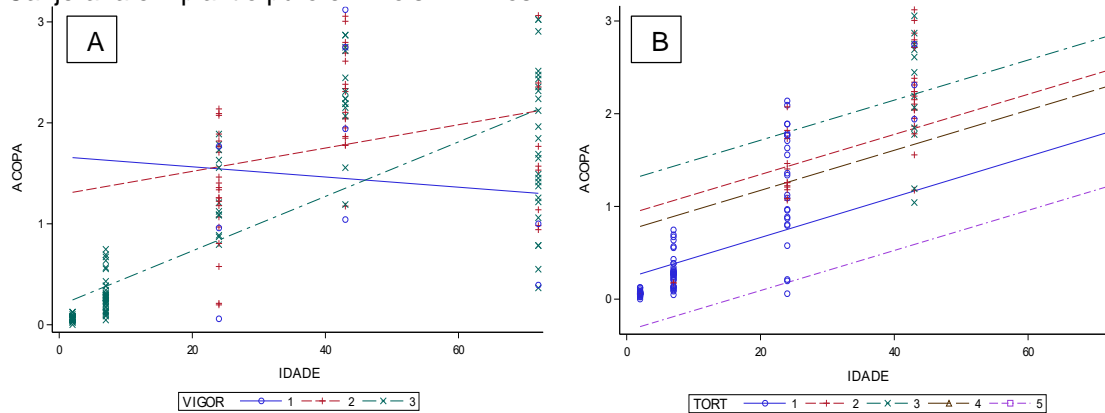
Parâmetros	Estimativa	Erro padrão	t Valor	Pr >  t
Intercepto	-0,339795479	0,67057487	-0,51	0,6130
TORT 1	0,567474223	0,67445358	0,84	0,4013
TORT 2	1,251834936	0,61397900	2,04	0,0430*
TORT 3	1,621375957	0,62971794	2,57	0,0109*
TORT 4	1,080500000	0,72592558	1,49	0,1385
TORT 5	0,000000000	.	.	.
IDADE	0,021622159	0,00435586	4,96	<,0001
IDADE*TORT 1	0,000220701	0,00483301	0,05	0,9636
IDADE*TORT 2	0,000000000	.	.	.
IDADE*TORT 3	0,000000000	.	.	.
IDADE*TORT 4	0,000000000	.	.	.
IDADE*TORT 5	0,000000000	.	.	.

\* significância a nível de 5% de probabilidade de erro; \*\* significância a nível de 1% de probabilidade de erro.

A covariância representada de forma gráfica (Figura 17), evidencia a diferença significativa entre os níveis de vigor, com relação ao intercepto e a inclinação da curva de regressão (A) e a diferença significativa apenas de intercepto para os níveis de tortuosidade 2 e 3 (B). Os indivíduos de vigor 1 apresentam intercepto maior e uma inclinação negativa, já para vigor 3 o intercepto é o menor, porém apresenta bom incremento ao longo do tempo.

Para tortuosidade, os níveis 2 e 3 apresentam os maiores interceptos, diferindo significativamente dos demais.

Figura 17: A: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de vigor e área da copa (AC) em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. B: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de tortuosidade e área da copa (AC) em função da idade para Canjerana em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.



De acordo com o teste de covariância, há a necessidade de ajustar três novas equações para os diferentes níveis de vigor e outras três para os níveis de tortuosidade (Tabela 28).

Tabela 28: Coeficientes e parâmetros estatísticos das equações ajustadas por nível de vigor e tortuosidade para estimar a área de copa (AC) da Canjerana em função da idade (meses).

Equação	N	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	XAC Est (72) (m <sup>2</sup> arv <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup> aj.	Syx (m)	Syx %
<b>Geral</b>	175	-0,50590	1,35133	2,00	0,75	0,58	51,99
<b>Vigor 1</b>	8	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>Vigor 2</b>	47	-0,51033	1,44596	2.17	0,12	0,66	37,48
<b>Vigor 3</b>	120	-0,49503	1,30002	1.92	0,71	0,50	58,62
<b>Tort. 2</b>	46	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>Tort. 3</b>	12	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>Tort. 1 4 e 5</b>	117	-0,38467	1,09733	1.65	0,61	0,51	68,73
<b>AC obs.</b>				1,73			

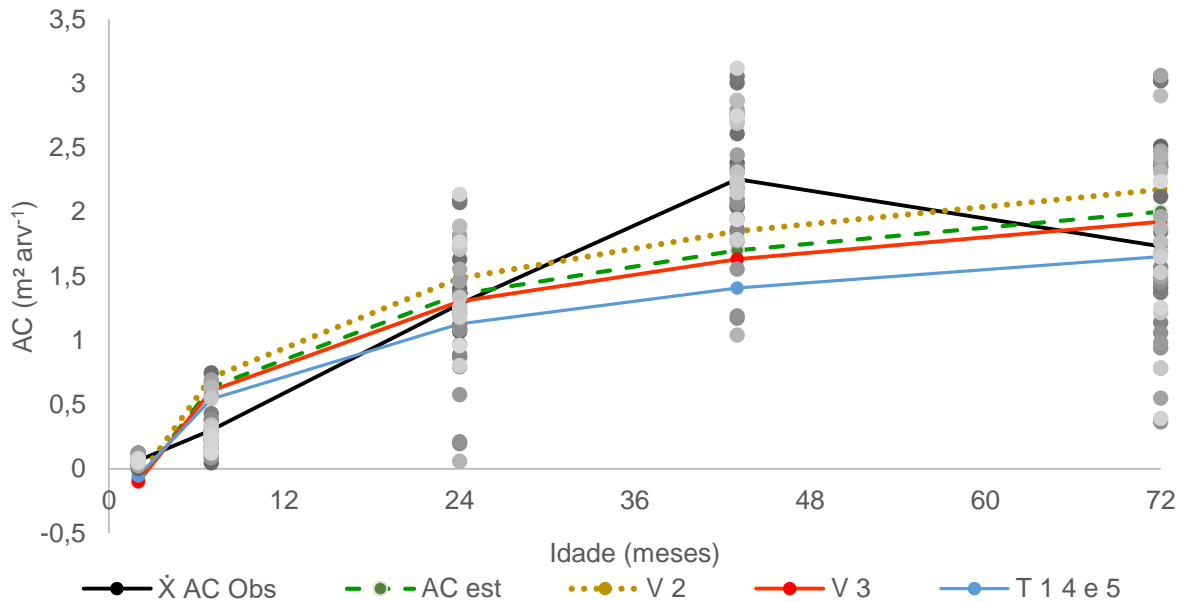
Em que:  $\bar{X}AC$  obs (72) (m<sup>2</sup> avr<sup>-1</sup>): Área de copa média observada aos 72 meses em metros por árvore; b<sub>0</sub>:coeficiente linear; b<sub>1</sub>:coeficiente angular; AC est: média estimada a partir da equação; R<sup>2</sup> aj: coeficiente de determinação ajustado; Syx: erro padrão; Syx %: coeficiente de variação em percentagem.

Dentre as equações ajustadas, a que mais diferiu, com relação a equação geral e a média observada, foi a vigor 2, apresentando o menor valor de R<sup>2</sup> aj. Nota-se que as equações de vigor e tortuosidade diminuíram o R<sup>2</sup> aj, e as equações Vigor 3 e Tortuosidade 1, 4 e 5, aumentaram o Syx %. As equações Geral, Vigor 2 e Vigor 3 superestimaram a média aos 72 meses, devido aos baixos valores de AC mensurados na avaliação (Figura 18).

Para os níveis de tortuosidade, a Canjerana apresentou baixa frequência de observações para as tortuosidades 2, 3, 4 e 5. Estas ainda foram observadas nas últimas avaliações, o que, somado a baixa frequência, dificulta o ajuste de equação

por regressão. O uso de 5 níveis de tortuosidade resulta em estratificação demasiada para a Canjerana.

Figura 18: Área de copa observada e médias de área de copa estimadas para as diferentes equações para plantios puros de Canjerana em Dois Vizinhos-PR.



Nota-se que a estimativa da equação de vigor 2 supera a de vigor 3. Antonelli et al. (2015) notaram, em sistema silvipastoril com Louro-pardo, uma queda significativa na frequência de plantas com alto vigor, aumentando a frequência de plantas com baixo vigor ao longo da idade. Assim, torna-se mais visível a perda de vigor das plantas quanto maior o crescimento em AC.

### 5.5.3 Modelagem matemática para *Parapitadenia rígida* (Bent.) Brenan (Angico-vermelho).

Após análise da correlação, a qual comprova a relação positiva entre idade e crescimento em H e AC, realizou-se a modelagem matemática para ajustar equação, com intuito de estimar o crescimento em H e AC a partir da idade do plantio. O Angico-vermelho apresentou maiores médias de crescimento, aos 72 meses, para AC, não diferindo da Canafístula.



### 5.5.3.1 Modelagem para crescimento em altura total (H)

Foram testados 5 modelos para estimar o crescimento em H para do Angico-vermelho (Tabela 29), destes um foi selecionado. A equação que melhor se ajustou aos dados observados para estimativa de H para o Angico-vermelho foi:

$$H = 0,04554 + 0,80166 * \sqrt{idade}$$

onde: H: altura total de plantas; idade: idade das plantas em meses.

O valor de F calculado para a regressão foi de 756,72, o valor de R<sup>2</sup> aj. foi de 0,78, com erro padrão de 1,01 m e Syx % de 27,15. Esta equação foi a que apresentou menores discrepâncias de resíduos, resultando na melhor estimativa de crescimento em H para as plantas da espécie.

Tabela 29: Modelos de regressão testados para a seleção de equação para estimar altura (H) em função da variável idade (meses) para o Angico-vermelho, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Número	Modelo
1	$H = b_0 + b_1 * \sqrt{idade}$
2	$\sqrt{H} = b_0 + b_1 * \left(\frac{1}{idade}\right)$
3	$H^2 = b_0 + b_1 * idade^2$
4	$\log H = b_0 + b_1 * \left(\frac{1}{idade}\right)$
5	$\ln H = b_0 + b_1 * \left(\frac{1}{idade}\right)$

Em que: log: logaritmo de base 10; ln: logaritmo neperiano; H: altura total de plantas; b<sub>0</sub>: coeficiente linear; b<sub>1</sub>: coeficiente angular; idade: idade das plantas em meses.

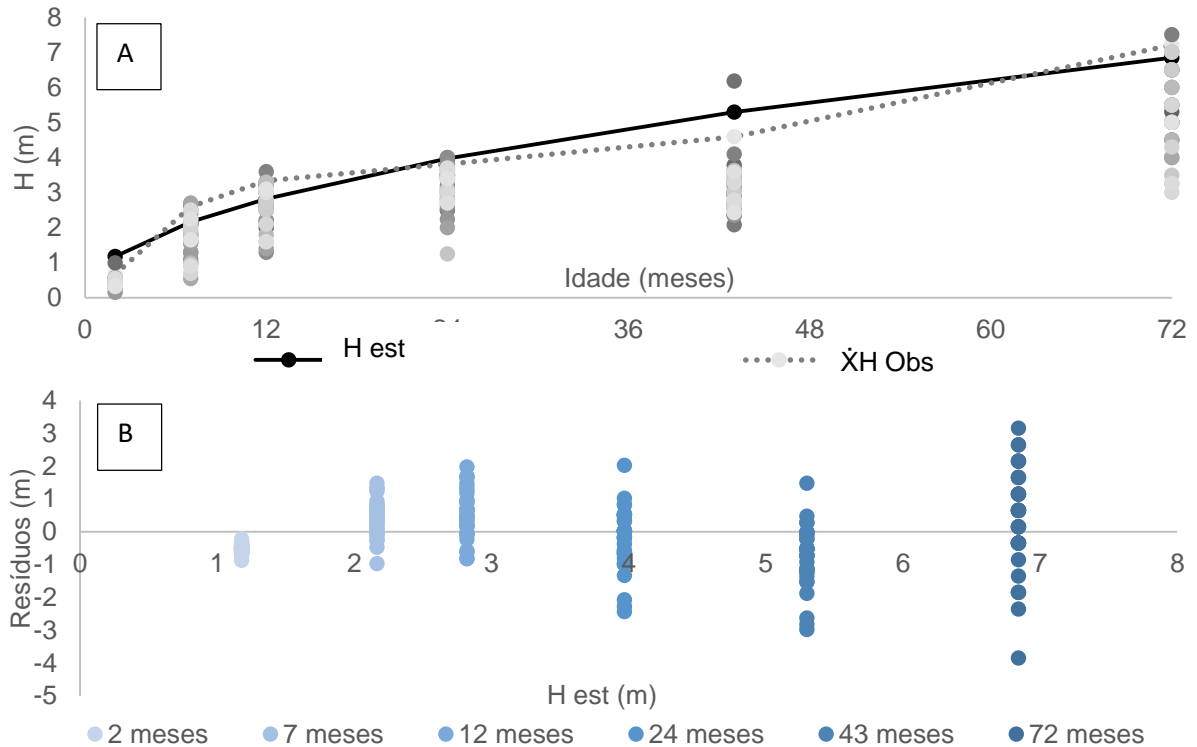
A equação subestima a média de crescimento em H aos 7, 12 e 72 meses, e superestima aos 2, 24 e 43 meses (Tabela 30 e Figura 19). O que é resultado do crescimento desuniforme das plantas, e, por se tratar de mudas de origem seminal, pequenas variações de crescimento e o efeito da perda de folhas no período de inverno resulta em diferenças significativas na média de H.

Tabela 30: Média de altura total observada ( $\bar{X}H$  Obs) e estimada (H Est) pela equação geral para o Angico-vermelho, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Idade (meses)	$\bar{X}H$ (m)	H Est (m)	Resíduo (m)
2	0,66	1,18	0,51
7	2,60	2,17	-0,43
12	3,34	2,82	-0,52
24	3,81	3,97	0,16
43	4,59	5,30	0,71
72	7,21	6,84	-0,36

Onde: Idade: idade em meses;  $\bar{X}H$  Obs: altura observada; H Est: altura estimada pela equação ajustada.

Figura 19: A: Altura observada (H), média observada ( $\bar{X}H$  Obs) e altura total estimada (H Est), e B: Distribuição dos resíduos para altura estimada (H est) para o Angico-vermelho, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.



O maior resíduo foi observado aos 43 meses, onde a equação superestimou o crescimento em H (0,71m). Ao longo do tempo as diferenças fenotípicas ficam aparentes, em se tratando de um plantio de mudas providas de sementes, o que é esperado.

### 5.5.3.2 Modelagem para crescimento em área de copa (AC)

Os modelos testados para estimar o crescimento em área de copa para o Angico-vermelho, gerados pela modelagem foram 5 (Tabela 31). A escolha do melhor modelo foi a partir da análise dos resíduos, F calculado,  $R^2$ aj e erro padrão.

Tabela 31: Modelos de regressão testados para a seleção de equação para estimar área de copa (AC) em função da variável idade (meses) para o Angico-vermelho, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Número	Modelo
1	$AC = b_0 + b_1 * idade^2 + b_2 * \frac{1}{idade}$
2	$\sqrt{AC} = b_0 + b_1 * \log idade + b_2 * \frac{1}{idade}$
3	$\frac{1}{AC} = b_0 + b_1 * \frac{1}{idade}$
4	$\log AC = b_0 + b_1 * \log idade$
5	$\ln AC = b_0 + b_1 * \log idade$

Em que: log: logaritmo de base 10; ln: logaritmo neperiano; AC: área de copa; b<sub>0</sub>: coeficiente linear; b<sub>1</sub> e b<sub>2</sub>: coeficientes angulares; idade: idade das plantas em meses.

Os modelos acima não apresentaram uma regressão significativas, com boa distribuição de resíduos, ou não se ajustaram aos dados observados. Desta forma, a equação ajustada para a estimar o crescimento em AC, do Angico-vermelho, foi a partir do modelo não linear de Richard, com dois parâmetros, uma vez que o modelo de Chapman-Richard com três parâmetros não resultou em uma boa distribuição dos resíduos. Sendo a equação ajustada:

$$AC = 4,0101(1 - e^{0,0371*idade})$$

onde: AC: área de copa; e: logaritmo de base 10; idade: idade das plantas em meses

O valor de F calculado foi de 318,71, o R<sup>2</sup> igual a 0,75, erro padrão de 0,63 m<sup>2</sup> e Syx % de 31,66%. Tonini et al. (2009), em estudo de crescimento de Teca, em plantio com 78 meses, utilizou o modelo não linear de três parâmetros de Chapman-Richards para estimar o crescimento em H em função da idade, obtendo R<sup>2</sup> de 0,77 e erro padrão de 20,94 m para parcela em Roraima. Já Drescher (2014), em estudo com Teca no Mato Grosso, utilizou mesmo modelo para estimar H em função da idade encontrou R<sup>2</sup> de 0,69 e erro padrão de 9,5 m.

Na Tabela 32 estão apresentados os dados de AC observada e estimada pela equação geral, sendo possível observar que a equação subestima as medias, exceto aos 24 e 43 meses.

Tabela 32: Média de área de copa observada ( $\bar{X}AC$  Obs) e estimada (AC Est) pela equação geral para a Canafístula, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Idade (meses)	$\bar{X}AC$ (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )	AC est (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )	Resíduo (m <sup>2</sup> árv. <sup>-1</sup> )
2	0,05	0,29	0,24
7	0,18	0,92	0,73
12	0,81	1,44	0,63
24	2,97	2,36	-0,60
43	3,87	3,20	-0,67
72	3,22	3,73	0,51

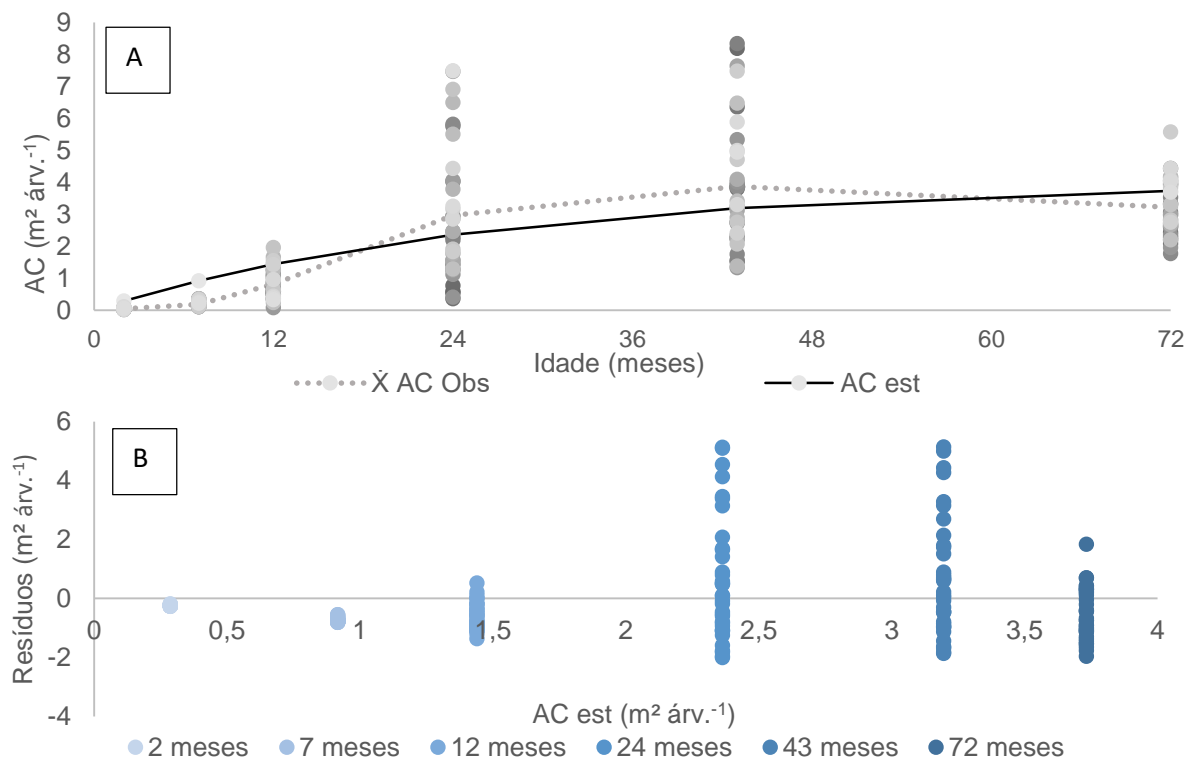
Onde:  $\bar{X}AC$ : média de área de copa observada, AC Est: área de copa estimada pela equação.

Quanto ao fator AC, deve-se considerar o fato de que o experimento foi avaliado em diferentes períodos, e que o Angico-vermelho é uma espécie semicaducifólia (CARVALHO, 1994), o que pode ter influenciado na média de AC nas diferentes avaliações, principalmente aos 72 meses, período no qual a espécie manteve seu crescimento em DAP, H.

Na Figura 20 é possível observar a distribuição da área de copa entre as plantas observadas, a linha de tendência da média geral observada e a curva de regressão ajustada pela equação geral para o crescimento em AC do Angico-vermelho. Na mesma figura os dados observados apontam maior variação aos 24 e 43 meses, reduzindo aos 72 meses.

A equação apresentou menores discrepâncias dos resíduos nos primeiros anos, aumentando aos 24 e 43 meses e diminuindo novamente aos 72 meses. Na Tabela 4 percebe-se valores de Syx % acima de 50% nas avaliações dos 12, 24 e 43 meses. O Syx % diminuiu aos 72 meses, o que indica redução da área de copa observada devido à época de avaliação e a redução da variação entre as plantas e consequente menor distribuição dos resíduos.

Figura 20: A: Área de copa observada (AC Obs), média observada ( $\bar{X}$  AC Obs) e área de copa estimada (AC Est), e B: Distribuição dos resíduos para área de copa estimada para o Angico-vermelho, até os 72 meses de idade, em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.



### 5.5.3.3 Ajuste de equação por influência do vigor e da tortuosidade para altura total (H)

Os diferentes níveis de vigor e tortuosidade foram analisados em teste de covariância para o crescimento em H e AC. A análise comparativa entre os níveis de vigor e tortuosidade das plantas, avaliadas de forma independente, para as variáveis H e AC, apontou haver diferença significativa (Tabela 33 e Tabela 34).

Tabela 33 :Teste de covariância entre níveis de vigor e altura planta (H) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Parâmetros	Estimativa	Erro padrão	t Valor	Pr >  t
Intercepto	1.612.275.275	0.11247641	14.33	<.0001
VIGOR 1	1.923.202.281	125.090.783	1.54	0.1257
VIGOR 2	-0.192665627	0.54800340	-0.35	0.7255
VIGOR 3	0.000000000	.	.	.
IDADE	0.080026841	0.00344333	23.24	<.0001
IDADE*VIGOR 1	-0.058921996	0.02775564	-2.12	0.0349*
IDADE*VIGOR 2	-0.001325363	0.01102719	-0.12	0.9044
IDADE*VIGOR 3	0.000000000	.	.	.

\* significância a nível de 5% de probabilidade de erro; \*\* significância a nível de 1% de probabilidade de erro.

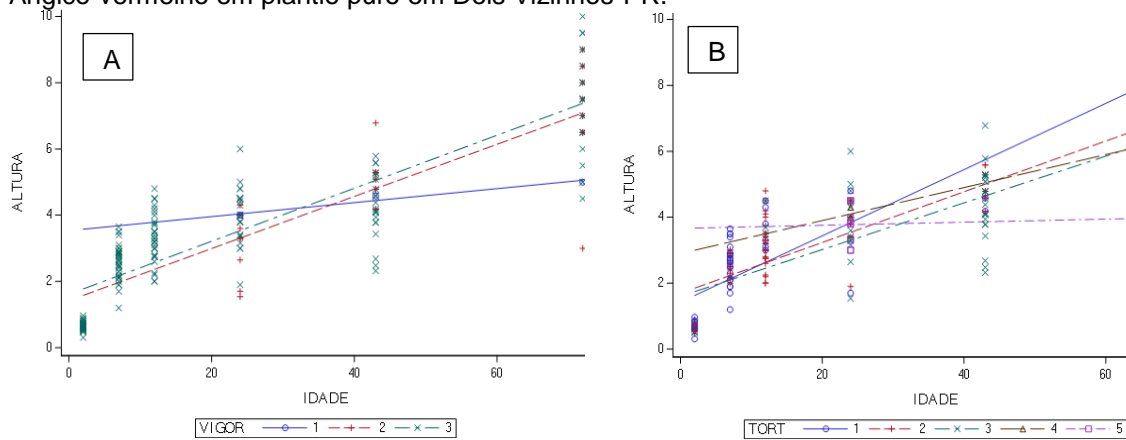
Tabela 34: Teste de covariância entre níveis de tortuosidade e altura planta (H) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Parâmetros	Estimativa	Erro padrão	t Valor	Pr >  t
Intercepto	3.662.500.000	0.58421704	6.27	<.0001
TORT 1	-2.235.569.632	0.60924598	-3.67	0.0003**
TORT 2	-1.966.547.108	0.60116012	-3.27	0.0013**
TORT 3	-2.058.344.199	0.65245325	-3.15	0.0018**
TORT 4	-0.762500000	106.472.310	-0.72	0.4747
TORT 5	0.000000000	.	.	.
IDADE	0.004687500	0.01593583	0.29	0.7689
IDADE*TORT 1	0.095776502	0.01676227	5.71	<.0001**
IDADE*TORT 2	0.072250099	0.01649186	4.38	<.0001**
IDADE*TORT 3	0.066126115	0.01754660	3.77	0.0002**
IDADE*TORT 4	0.045312500	0.02237961	2.02	0.0542
IDADE*TORT 5	0.000000000	.	.	.

\* significância a nível de 5% de probabilidade de erro; \*\* significância a nível de 1% de probabilidade de erro.

Pode-se observar que, houve diferença significativa apenas para a inclinação da reta para o Vigor 1. Os níveis de tortuosidade 1, 2 e 3 apresentaram diferença estatística para o intercepto e inclinação da curva de regressão (Figura 21).

Figura 21: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de vigor e altura planta (H) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. B: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de tortuosidade e altura planta (H) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.



Desta forma, para estimar o crescimento em H para o Angico-vermelho, fez-se necessário ajustar a equação, conforme os níveis de vigor separando vigor 1 dos níveis 2 e 3, com o ajuste de duas equações. Para a tortuosidade, é necessário ajustar uma equação para o nível de tortuosidade 1, outra para o nível 2, uma para o nível 3 e outra para os níveis 4 e 5 (Tabela 35).

Tabela 35: Coeficientes e parâmetros estatísticos das equações ajustadas por nível de vigor e tortuosidade para estimar a altura de plantas (H) da Angico-vermelho em função da idade (meses).

Equação	N	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	H Est (72) (m)	R <sup>2</sup> aj.	Syx (m)	Syx %
Geral	216	0,04554	0,80116	6,84	0,78	1,01	27,15
Vigor 1	34	2,63435	0,28359	5,04	0,98	0,072	1,65
Vigor 2 e 3	182	-0,01058	0,81363	6,89	0,79	1,01	27,51
Tort. 1	55	-0,46477	1,05062	8,45	0,90	0,89	25,42
Tort. 2	92	0,03239	0,82189	7,00	0,86	0,78	22,56
Tort. 3	52	0,05749	0,71883	6,16	0,64	1,03	25,39
Tort. 4 e 5	17	1,36839	0,50656	5,67	0,37	1,08	24,44
H obs.				7,21			

Em que:  $\bar{X}H$  Obs (72): média observada aos 72 meses; b<sub>0</sub>: coeficiente linear; b<sub>1</sub>: coeficiente angular; H Est (72) (m): altura estimada em metros aos 72 meses; R<sup>2</sup>aj: coeficiente de determinação ajustado; Syx: erro padrão; Syx %: coeficiente de variação em porcentagem.

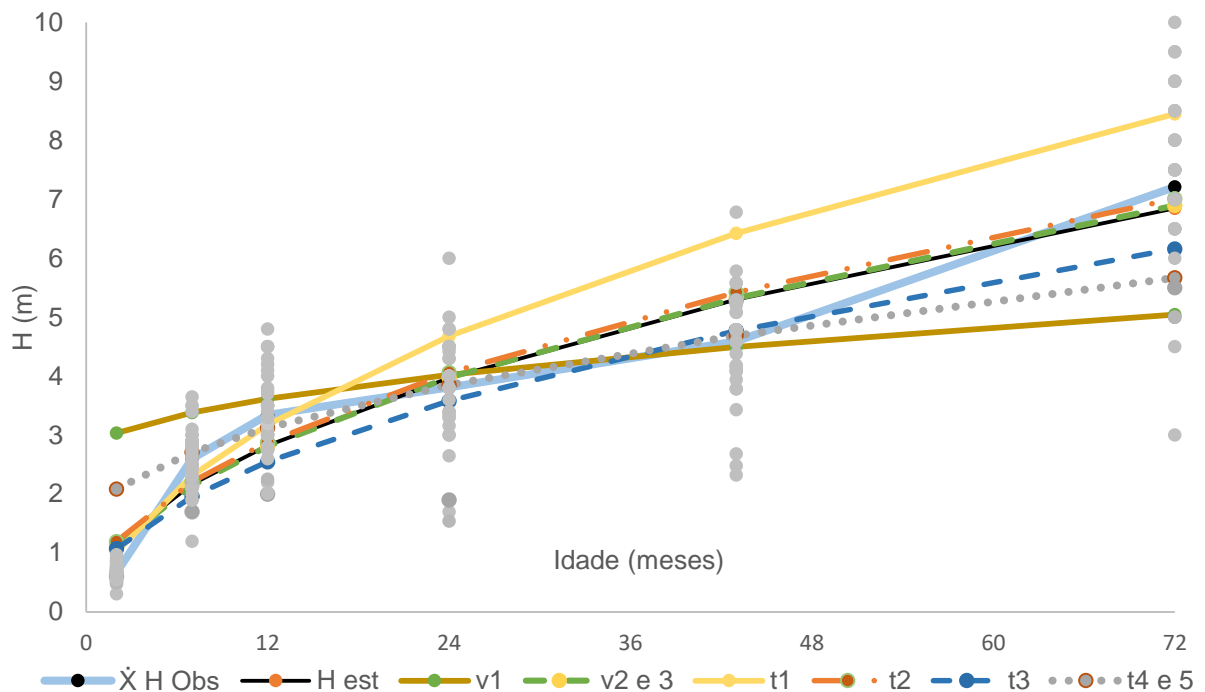
A equação Vigor 1 apresentou bons parâmetros para a regressão, porém possui baixa frequência de indivíduos no plantio. Nota-se também que as árvores com vigor 1, crescem menos quando comparadas aos vigor 2 e 3.

As maiores médias observadas para as menores tortuosidades indicam que, para a espécie a maior tortuosidade gera menor H. Já para o vigor, nota-se que indivíduos mais vigorosos tendem à crescer mais, sendo isso esperado. Dobner Júnior et al. (2008), avaliando os danos de geada no crescimento de *Eucalyptus dunnii* observam-se que, quanto mais intensa a classe de dano na qual a planta foi

enquadrada, menor foi seu incremento em altura após a ocorrência de geadas. Nascimento et al (2011), também indica maior crescimento de mudas de Jatobá, à medida que o stress hídrico é menor.

Pode-se observar que a equação que mais se aproximou da equação geral foi a equação ajustada para os níveis de vigor 2 e 3 (Figura 22). Isso reflete que a média geral de crescimento em H está representada pelos indivíduos com melhores vigor, níveis estes que representam a maioria dos indivíduos, como já visto na tabela de frequência em níveis de vigor e tortuosidade (Tabela 7).

Figura 22: Altura observada e médias de alturas estimadas para as diferentes equações, para plantios puros de Angico-vermelho em Dois Vizinhos-PR.



Onde:  $\bar{X}H$  Obs: Média da altura observada; H Est: Altura estimada pela equação geral; v1: Altura estimada pela equação do vigor 1; v 2 e 3: Altura estimada pela equação do vigor 2 e 3; t1: Altura estimada pela equação da tortuosidade 1; t2: Altura estimada pela equação da tortuosidade 2; t3: Altura estimada pela equação da tortuosidade 3, t 4 e 5: Altura estimada pela equação da tortuosidade 4 e 5.

#### 5.5.3.4 Ajuste de equação por influência do vigor e da tortuosidade para área de copa (AC)

Para a variável AC, a análise de covariância mostrou que houve diferença significativa, entre os níveis de vigor e tortuosidade. Os três níveis de vigor diferem entre si em intercepto e inclinação da curva de regressão (Tabela 36).

Tabela 36: Teste de covariância entre níveis de vigor e área de copa (AC) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	t Valor	Pr >  t
Intercepto	0.340648526	0.15321212	2.22	0.0273
VIGOR 1	4.998797755	1.70395051	2.93	0.0037**
VIGOR 2	1.986606220	0.74647439	2.66	0.0084**
VIGOR 3	0.000000000	.	.	.
IDADE	0.054326210	0.00469040	11.58	<.0001
IDADE*VIGOR 1	-0.097797284	0.03780793	-2.59	0.0104*
IDADE*VIGOR 2	-0.035497528	0.01502092	-2.36	0.0190*
IDADE*VIGOR 3	0.000000000	.	.	.

\* significância a nível de 5% de probabilidade de erro; \*\* significância a nível de 1% de probabilidade de erro.

Os valores indicam a necessidade de ajustar três equações, uma para cada nível de vigor. Houve ainda, diferença para os níveis de tortuosidade, onde diferem as tortuosidades 1 e 2 para o intercepto. Quanto a inclinação da curva de regressão, os níveis de tortuosidade diferem nos níveis de tortuosidade 1, 2 e 3. (Tabela 37).

Tabela 37: Teste de covariância entre níveis de tortuosidade e área de copa (AC) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.

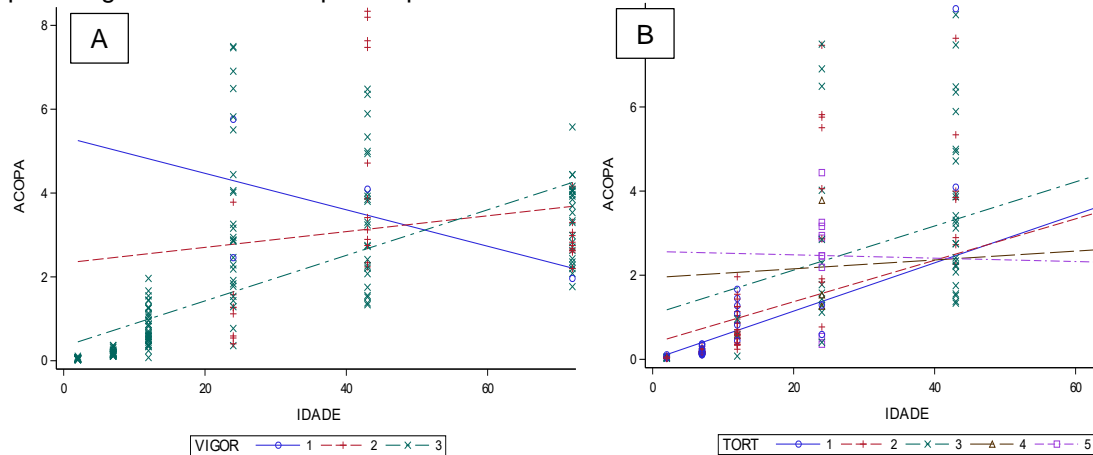
Parâmetros	Estimativa	Erro padrão	t Valor	Pr >  t
Intercepto	2.564450000	0.86099464	2.98	0.0032
TORT 1	-2.565476278	0.89788125	-2.86	0.0047**
TORT 2	-2.179629371	0.88596465	-2.46	0.0147*
TORT 3	-1.492454273	0.96155832	-1.55	0.1222
TORT 4	-0.623325000	1.56914438	-0.40	0.6916
TORT 5	0.000000000	.	.	.
IDADE	-0.003985417	0.02348555	-0.17	0.8654
IDADE*TORT 1	0.061358487	0.02470353	2.48	0.0138*
IDADE*TORT 2	0.053241579	0.02430501	2.19	0.0296*
IDADE*TORT 3	0.056445297	0.02585944	2.18	0.0302*
IDADE*TORT 4	0.014521875	0.03298213	0.44	0.6602
IDADE*TORT 5	0.000000000	.	.	.

\* significância a nível de 5% de probabilidade de erro; \*\* significância a nível de 1% de probabilidade de erro.

Assim para a tortuosidade serão ajustadas quatro equações: Tortuosidade1, Tortuosidade 2, Tortuosidade 3 e Tortuosidade 4 e 5. Para o nível de vigor 1, o intercepto é bem superior aos níveis 2 e 3, contudo, apresenta inclinação negativa, entre os níveis 2 e 3, há grande diferença de intercepto e inclinação (Figura 23). Já para os níveis de tortuosidade 4 e 5, a diferença de inclinação ao longo do tempo é pequena, refletindo a baixa frequência de indivíduos observados nestes níveis, e por eles ficarem mais representativos nas últimas avaliações.



Figura 23: A: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de vigor e área de copa (AC) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR. B: Representação gráfica para teste de covariância entre níveis de tortuosidade e área de copa (AC) em função da idade para Angico-vermelho em plantio puro em Dois Vizinhos-PR.



Em resumo, para estimar a AC do Angico-vermelho, levando em consideração os diferentes níveis de vigor e tortuosidade apresentados pelas plantas ao longo da idade, foram necessárias 7 equações. Na Tabela 38 estão expressas as equações ajustadas.

Tabela 38: Parâmetros estatísticos das equações ajustadas por nível de vigor e tortuosidade para estimar a área de copa das plantas de Angico-vermelho em função da idade (meses).

Equação	N	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	AC Est (72)	R <sup>2</sup> aj.	Syx (m)	Syx %
<b>Geral</b>	216	4,0100	0,0370	3,73	0,75	0,63	31,66
<b>Vigor 1</b>	4	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>Vigor 2</b>	30	3,8858	0,0454	3,74	0,73	0,99	46,92
<b>Vigor 3</b>	182	4,1063	0,0337	3,74	0,75	0,75	38,66
<b>Tort. 1</b>	55	5,7621	0,0163	3,98	0,81	0,63	35,80
<b>Tort. 2</b>	92	3,8806	0,0361	3,59	0,74	0,72	37,80
<b>Tort. 3</b>	52	4,0100	0,0523	3,88	0,75	0,83	36,24
<b>Tort. 4 e 5</b>	17	-----	-----	-----	-----	-----	-----
$\bar{X}AC$ obs (72) (m)				3,22			

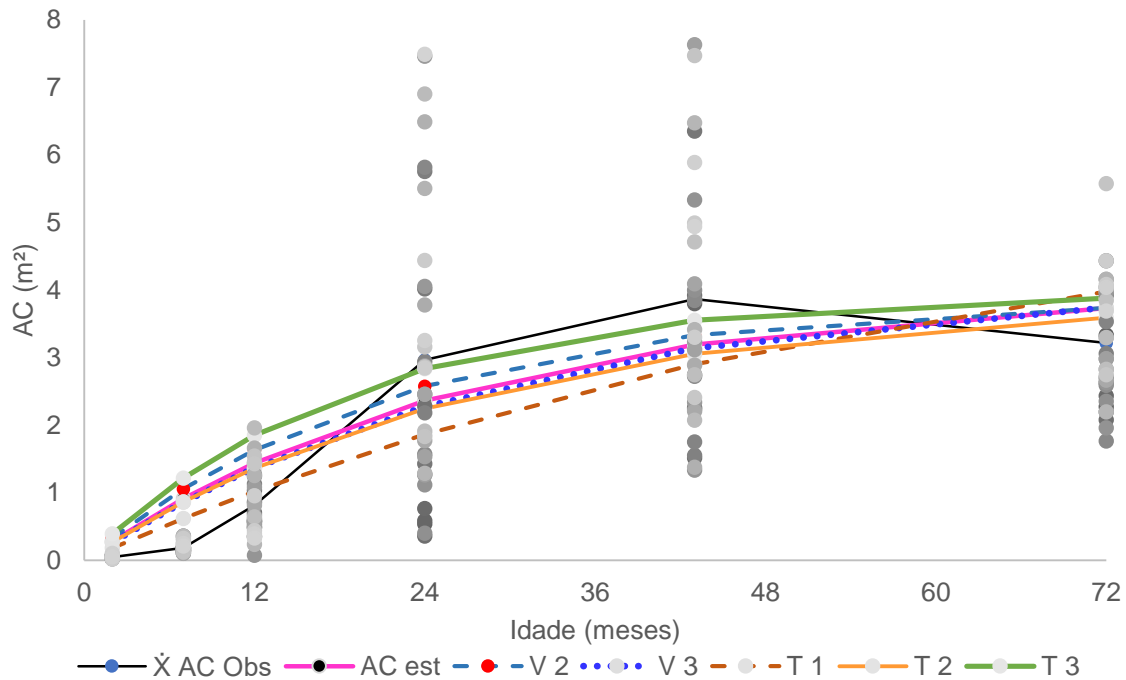
Em que:  $\bar{X}AC$  obs (72) (m): Área de copa média observada em metros aos 72 meses; b<sub>0</sub>:coeficiente linear; b<sub>1</sub>:coeficiente angular; AC est: média estimada a partir da equação; R<sub>2</sub> aj: coeficiente de determinação ajustado; Syx: erro padrão; Syx %: coeficiente de variação em porcentagem; ----: equação não ajustada ou não significativa.

Para os níveis de Vigor 1 não houve ajuste da equação devido à baixa frequência dos dados e a não regularidade dos mesmo ao longo das seis avaliações. A equação Tortuosidade 4 e 5, não apresentou regressão significativa. Nota-se que as equações Vigor 2 e Vigor 3, se aproximam dos valores estimados pela equação geral, todavia houve aumento do erro padrão e do coeficiente de variação.

As equações de tortuosidade indicam que quanto menor a tortuosidade mais AC terá a árvore. A equação Tortuosidade 1 tem R<sup>2</sup>aj de 0,81 e maior estimativa para

AC aos 72 meses. O Angico-vermelho apresenta grande inclinação de crescimento entre os 7 e 24 meses, apresentando queda entre os 43 e 72 meses (Figura 24). Já as curvas estimadas pela equação geral, pela equação de vigor 3 e de tortuosidade 2 se apresentam muito próximas, representando uma média entre as demais equações.

Figura 24: Altura observada e médias de área de copa estimadas para as diferentes equações para plantios puros de Angico-vermelho em Dois Vizinhos-PR.



Onde:  $\bar{X}$  AC Obs: Área de copa observada; AC Est: Área de copa estimada pela equação geral; V2: Área de copa estimada pela equação do vigor 2; V 3: Área de copa estimada pela equação do vigor 3; T1: Área de copa estimada pela equação da tortuosidade 1; T2: Área de copa estimada pela equação da tortuosidade 2; T3: Área de copa estimada pela equação da tortuosidade 3.

Assim como para a Canafístula e para a Canjerana, a equação geral, por apresentar maior representatividade da população, é a mais confiável, uma vez que apresentam maior grau de liberdade dos erros. E todas apresentaram boa estimativa para o crescimento em H e AC das espécies.

## 6 CONCLUSÕES

As espécies que apresentaram maiores médias de crescimento foram a Canafístula, Canjerana e o Angico-vermelho. As espécies que apresentaram menores médias de crescimento foram a Peroba e a Cabreúva.

Os diferentes níveis de vigor e tortuosidade apresentaram ação significativa sobre o crescimento, a nível de covariância, para Canafístula, Canjerana e Angico-vermelho.

Para estimar o crescimento em altura e área de copa para Canafístula, Canjerana e Angico-vermelho, a equação geral deve ser considerada como a melhor opção de estimativa, pois apresenta o maior grau de liberdade dos erros.

As espécies classificadas como secundárias iniciais apresentaram bom desenvolvimento, sendo estas potenciais para uso em plantios puros. O crescimento da copa, para a Canafístula, Canjerana e Angico-vermelho, acompanhou o crescimento em altura, mesmo que, em 6 anos, a projeção de copa não tenha formado dossel fechado. O espaçamento de 3 x 2 m ainda permitiu que as características de tortuosidade naturais das espécies fossem expressas pelo fenótipo.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a Canjerana seja classificada como secundário inicial a tardia, a espécie apresentou bom potencial de desenvolvimento em plantio puro, com espaçamento amplo (6 m<sup>2</sup> por planta).

Para espécies com características de tortuosidade natural de fuste, testes com espaçamentos adensados podem resultar em melhores condições de fuste comercial.

Testes com diferentes níveis de adubação, além da adubação de plantio, podem aumentar o potencial de crescimento das mudas, principalmente para as que já apresentam bom crescimento inicial.

O tutoramento inicial das mudas, principalmente as que apresentam tendência a maior tortuosidade, pode auxiliar no desenvolvimento inicial das mudas. Assim como a prática de desrama, realizada corretamente, auxilia no desenvolvimento de um fuste limpo e com maior potencial comercial.

A partir da identificação do potencial de crescimento das espécies, estudos com mudas selecionadas e/ou clones, tornam-se viáveis e necessários, para dar continuidade ao desenvolvimento de tecnologias silviculturais e para viabilizar a plantios em larga escala.

## 8 REFERÊNCIAS

- ABREU, R. L. **Image:Parana MesoMicroMunicip.svg**, own work, CC BY 2.5. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1361783>>. Acesso em 20/11/2015.
- AGUIAR, F. F. A.; KANASHIRO, S.; TAVARES, A. R.; PINTO, M. M.; STANCATO, G. C.; AGUIAR, J.; NASCIMENTO, T. D. R. Germinação de sementes e formação de mudas de *caesalpinia echinata* lam. (Pau-Brasil): efeito de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.871-875, 2005.
- ALVARES, C. A. et al. Köppe's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. V. 22, n. 6, p. 711-728. 2013. 717 p.
- ANTONELLI, P. V.; BRUN, E. J.; SANTOS, M. A. B. dos; SARTOR, L. R.; BRUN, F. G. K. Desenvolvimento de *Cordia trichotoma* em função da adubação, em sistema silvipastoril no Sudoeste do Paraná-Brasil. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v.3, n.3, p.59-70, set./dez., 2015
- ANTONANGELO, A.; BACHA, C.J.C. As fases da silvicultura no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 1, p. 207-209, 1998.
- ARAÚJO, V. A. et al. Importância da madeira de florestas plantadas para a indústria de manufaturados. **Revista Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 37, n. 90, 189-200. Abr./jun. 2017.
- Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente - ABRAF. **Estudo Setorial 2013: ano base 2012**. Curitiba, 2013. 127 p.
- BERTOLINI, Í.C.; KREFTA, S.M.; PEREIRA, P.H.; SALLA, V.P.; BRUN, E.J. Crescimento inicial em altura de 16 espécies florestais nativas plantadas na região Sudoeste do Paraná. In: **IV CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE**, 2012, Curitiba, **Anais...** Curitiba, 2012, p.1-8.
- BERTOLINI, I. C. et al. Caracterização silvicultural da canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). **Scientia Agraria Paranaensis – SAP**, Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 2, p. 67-76abr./jun., 2015.
- BRANCALION, P. H. S.; VIANI, R.A.G.; STRASSBURG, B.B.N.; RODRIGUES, R.R. Finding the money for tropical forest restoration, **Unasyiva**, Roma, v. 63, n. 239, p. 41-

50, 2012/1.

BRASIL. **Plano nacional de silvicultura com espécies nativas e sistemas agroflorestais – PENSAF.** 2006. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/pnf/\\_arquivos/pensaf\\_v1.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/pnf/_arquivos/pensaf_v1.pdf). Acesso em 27/10/2017

BRASIL. Decreto nº 8.375, de 11 de dezembro de 2014: **Política Agrícola para Florestas Plantadas.** Brasília. 2014.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Balança comercial tem superávit recorde de janeiro a outubro.** Brasília, DF: 2016. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/component/content/article?id=2069>>. Acesso em: 19 mar. 2017.

CALEGARI, L.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; MARTINS, S. V.; AGNES, C. C.; DURLO, M. A. Caracterização de povoamentos de *Myrocarpus frondosus* M. Allemão na região central do Rio Grande do Sul. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal.** n. 14, p.18-28, 2009.

CARVALHO A. de S.; SILVA M. V. da; GOMES F.S.; PAIVA P.M. Purification, characterization and antibacterial potential of a lectin isolated from *Apuleia leiocarpa* seeds. **International Journal of Biological Macromolecules – Elsevier.** n. 75, p. 402-408, 2015.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003, 1039 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Brasília: EMBRAPA/CNPQ, 1994. 640 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies nativas para fins produtivos.** Brasília, EMBRAPA, 1998. 103-125 p.

CARVALHO, P. E. R. **Marmeleiro-bravo: Taxonomia e nomenclatura.** Brasília, EMBRAPA, nº 122. 2006. 8 p.

CARVALHO, P. E. R. **Pau-Marfim - *Balfourodendron riedelianum*.** Brasília, EMBRAPA, nº 94. 2004. 11 p.

CHIAMOLERA, L. de B.; ÂNGELO, A. C.; BOEGER, M. R. Crescimento e sobrevivência de quatro espécies florestais nativas plantadas em áreas com diferentes estágios de sucessão no reservatório Iraí-PR. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 41, n. 4, p. 2011. p. 765-778.

CNCFLORA. Centro Nacional de Conservação da Flora. **Lista Vermelha - 2012**. Disponível em <<http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Dalbergia%20nigra>>. Acesso em 22 de outubro de 2017.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; CUNHA, A. C. M. C. M.; NEVES, J. C. L. Macronutrientes na produção de mudas de canafístula em Argissolo Vermelho Amarelo da região da Zona da Mata, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 445 - 457, 2011.

DOBNER JUNIOR, M; HIGA, A. R; SEITZ, R. A. Efeito da cobertura de *Pinus taeda* L. na proteção contra geadas e no crescimento de plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* maiden. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 4, p. 807-823, out./dez. 2009.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A.O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2ª Ed. São Paulo: Páginas e Letras Editora e Gráfica, 2, 2002. 65p.

DURIGAN, G.; LEITÃO FILHO, H. de F. Florística e fitossociologia de matas ciliares do oeste paulista. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.7, n.2, p.197-239, 1995.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J.C.B. **Recomposição de matas ciliares**. São Paulo: Instituto Florestal, 1990. 14 p.

DRESCHER, R et al. Equações volumétricas para *Tectona grandis* Linn F. em povoamentos jovens no estado de Mato Grosso. **Advanced Forestry Science**, Cuiabá, v.1, n.2, p.65-70, 2014.

DURLO, M. A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 141-149, 2001.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Florestas. **Cultivo da erva-mate**. Sistema de Produção. 2ª Ed. Colombo: 2014, v.1.  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de reconhecimento dos solos do sudoeste do Paraná**, 2007. Disponível em: <

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/doc/339505/16/MI511.pdf>>. Acesso em 05 de janeiro de 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed. Brasília, DF. 2007.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Planted forest in sustainable forest management: A statement of principles**. Roma: 2010. 16 p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations **State of the world's forests**. Roma: 2011.

FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Avaliação do Crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do rio Grande, na usina hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 177 - 185, 2007.

FIGUEIREDO, E. O. **Avaliação de modelos pelo método da curva média para a construção de curvas de índice de sítio para *Teca grandis* L. f.** Rio Branco: Embrapa Acre, n. 42, p. 49. 2005.

FISCHER, A. O fomento florestal como alternativa de suprimento de matéria-prima na indústria brasileira de celulose. **Revista Eletrônica de Administração**. Porto Alegre, Ed. 72 - nº 2, p. 494-520, maio/agosto. 2012.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: Período 2015-2016. São Paulo. 2017. Disponível em: <[https://www.sosma.org.br/link/Atlas\\_Mata\\_Atlantica\\_2015-2016\\_relatorio\\_tecnico\\_2017.pdf](https://www.sosma.org.br/link/Atlas_Mata_Atlantica_2015-2016_relatorio_tecnico_2017.pdf)>. Acesso em: 18 de outubro de 2017.

GEBIOMET, Grupo de Estudos em Biometeorologia. **Boletim agrometeorológico**. Disponível em: < <http://www.gebiomet.com.br/boletins.php>>. Acesso em 16 de dezembro de 2017.

GOLFARI, L.; CASER, R.L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil**: 2ª aproximação. Belo Horizonte: Centro de Pesquisas Florestal da Região do Cerrado, 1975. 66 p.



GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de biomassa e sistema radicular de espécies de diferentes estágios sucessionais. **Revista do Instituto Florestal**, Piracicaba, v.4, p.363-367, 1992.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W; JACOVINE, L, A, G. Avaliação qualitativa de mudas destinadas à arborização urbana no Estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.4, p. 479-486, Ago. 2004.

GUARIZ, H. R. et al. Avaliação do crescimento em diâmetro e altura de mudas de canela (*Posoqueira acutifolia* mart.) sob diferentes níveis de radiação solar. **Revista UNIVAP**. São José dos Campos, SP, v. 13, n 24, p. 2828-2830, out. 2006.

IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná. Agrometeorologia: **Desvios de precipitação e temperatura**. Disponível em:< <http://www.iapar.br/pagina-984.html>>. Acesso em 18 de dezembro de 2017.

IAP. INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Lista oficial de espécies da flora em extinção**. 2008. 11 p.

IBA. Instituto Brasileiro de Árvores. **Relatório Iba 2016**. Brasília, DF, 2016. 96 p. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da extração vegetal e da silvicultura** - PEVS, 2014. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Producao\\_da\\_Extracao\\_Vegetal\\_e\\_da\\_Silvicultura\\_\[anual\]/2013/xls/brasil\\_xls.zip](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_da_Extracao_Vegetal_e_da_Silvicultura_[anual]/2013/xls/brasil_xls.zip)>. Acesso em: 14 de setembro de 20157.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2012. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>>. Acesso em 20/11/2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS (IPEF). **Identificação de espécies florestais**. 2012. Disponível em: < <http://www.ipef.br/publicacoes/>> Acesso em: 18 de outubro de 2017.

IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **Cambridge University Press**, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp. 2012.

IUCN. UNIÃO INTERNACIONAL PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DOS RECURSOS NATURAIS. **Lista da flora ameaçada**. 2003. 15p. Disponível em: [http://www.biodiversitas.org.br/cepf/edital/flora\\_iucn.pdf](http://www.biodiversitas.org.br/cepf/edital/flora_iucn.pdf). Acesso em: 23 ago. 2015.

JANUÁRIO, S. R.; SILVÉRIO-LOPES, S. O Poder Terapêutico do Ipê-roxo e seu Uso na Terapia Complementar ao Tratamento de Neoplasias. **Revista Brasileira Terapia e Saúde**, 5(1): p. 9-14, 2014.

KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. Piracicaba: **Revista do IPEF**, Piracicaba, v. 41, n. 42, p. 88-93. 1989.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan S. A, 2004. 470 p.

LENCIANA, K. H. Genetics analysis of *Apuleia leiocarpa* as revealed by random amplified polymorphic DNA markers: prospects for population genetic studies. **Genetics and Molecular Research**. Ribeirão Preto, v. 15, n. 4, p. 1-15. 2016.

LONGHI, R. A. **Livro das árvores: árvores e arvoretas do Sul**. 2ª Ed. Porto Alegre: L & PM, 1995. 176 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa-Sp: Instituto Plantarum, 2008, 1. Ed.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil nativas e exóticas**. São Paulo: Instituto Plantarum de estudos da flora, 2002. 512 p.

LÜBECK, W., **O Poder Terapêutico do Ipê-roxo – a árvore divina dos xamãs da América do Sul**. São Paulo, SP: Madras, 2001.

LUDVICHAK, A. A.; TOPANOTTI, L. R.; JUNG, P. H.; BRUN, E. J. Comportamento inicial da área de copa de espécies nativas do Paraná em plantio homogêneo. In: **IV CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE**. Curitiba, **Anais...** Curitiba, 2012, p.1-7.

MACIEL, M. de N. M. et al. Classificação ecológica das espécies arbóreas. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 69-78, abr./jun. 2003.

MATTOS R. B. et al. Possibilidade de ganho de fuste em espécies euxilóforas nativas da região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 111-120. 2003.

MELLO, Natália Girão Rodrigues de; ARTAXO, Paulo. Evolução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, Brasil, n. 66, p. 108-129, abr. 2017

MELO, E. Estudo taxonômico de *Ruprechtia* C.A. Mey. (Polygonaceae) no Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v. 10, n. 3, p. 471-490, set-dez. 2015.

MELOTTO, A. M. et al. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas do Brasil Central plantadas em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Revista Brasileira Biociências**, Porto alegre, v. 5, supl. 1, p.288-290, jul. 2007.

MENDONÇA, A. R. et al. Modelos hipsométricos e de crescimento em altura das árvores dominantes e co-dominantes para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p.151-160. 2011.

NASCIMENTO, H. H. C. et al. Análise de crescimento de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 617-626, 2011.

NIERI, E. M. et al. Ocorrência e evolução da sobrevivência e tortuosidade do tronco de espécies nativas plantadas em Dois Vizinhos - Paraná. In: **IV CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE**, 4, 2012, Curitiba, **Anais...** Curitiba, 2012. p.1-7.

ORELLANA, E.; KOEHLER, A.B. Relações morfométricas de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 229-237, abr./jun. 2008.

REIS FILHO, W. R.; SANTOS, F.; STRAPASSON, P.; NICKELE, M. A. Danos causados por diferentes níveis de desfolha artificial para simulação de ataque de formigas cortadeiras em *Pinus taeda* e *Eucaliptus grandis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 1, n. 65, p. 37-42. 2011.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira de Santa Catarina**. *Sellowia*, Itajaí, SC, Herbário Barbosa Rodrigues, v. 30, n 28-30. 1978. 320 p.

REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1988, 525 p

REYES, A. E. L. **Trilhas da ESALQ**. 2003. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/trilhas>. Acesso em: 03 de outubro de 2017.

ROMAN, M.; BRESSAN, D. A.; DURLO, M. A. Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 473-480, 2009.

ROMANIUK, D. S. Modelagem de crescimento e da produção em plantios de Pinus Taeda L. na região centro-sul do Paraná. 2015. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), UNICENTRO, Irati – PR, 2015.

RUSCHEL, A. R. et al. Evolução do uso e valorização das espécies madeiráveis da floresta estacional decidual do Alto-Uruguai, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 153-166. 2003.

SANTOS, J. H. da S. et al. Distinção de grupos ecológicos de espécies florestais por meio de técnicas multivariadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 387-396. 2004.

SANQUETTA, C. R. **Zoneamento para fins de uso sustentável e conservação dos recursos da floresta ombrófila mista no estado do Paraná**. Curitiba: IAP - Instituto Ambiental do Paraná, 2002. 134 p. (Relatório técnico-científico final IAP).

SAS. **The SAS edition Student for Windows**. Copyright (c) 2017 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2017.

SATO A. S. et al. 2008. Crescimento e sobrevivência de duas procedências de *Aspidosperma polyneuron* em plantios experimentais em Bauru, SP. **Revista do Instituto Florestal**, Piracicaba, v. 20, p. 23-32, 2008.

SCHEEREN, L. W. et al. Crescimento do louro-pardo, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., na depressão central do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 169-176, 2002.

SILVA, C. C. Potencial de espécies nativas para a produção de madeira serrada em plantios de restauração florestal. 2013. 99 p. **Dissertação** (Mestrado em ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2013.

SILVA, L.N. et al. Anti-infective effects of Brazilian Caatinga plants against pathogenic bacterial biofilm formation. **Journal of Pharmaceutical and Biological Sciences**. n. 53, p. 464-46, 2015.

TONINI, H. et al. Crescimento da Teca (*Tectona grandis*) em reflorestamento na Amazônia Setentrional. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 59, p.05-14, 2009.

UNEP. United Nations Environment. Forests in a green economy: a synthesis. St-Martin: **United Nations Environmental Programme**, França. 24 p, 2011.

VACCARO, S.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Aspectos da composição florística e categorias sucessionais do estrato arbóreo de três subseres de uma floresta estacional decidual, no Município de Santa Tereza - RS. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p.1 -18, 1999.

WISCH, E. N.; MELO, A. C. G. Análise do crescimento de cinco espécies nativas do cerrado no oeste do estado de São Paulo. **Revista científica eletrônica de Engenharia Florestal**, n. 5, p. 1-8, Janeiro, 2005.

WWF. **Florests for a living planet: Chapter 1**. Gland, Suíça. 2011. Disponível em: <[http://www.wwf.pt/o\\_que\\_fazemos/florestas\\_vivas/relatorio\\_florestas\\_vivas\\_cap\\_1/](http://www.wwf.pt/o_que_fazemos/florestas_vivas/relatorio_florestas_vivas_cap_1/)>. Acesso em 20 de outubro de 2017.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Laudo de análise de solo.

	Ministério da Educação		Governo do Estado do Paraná
	Universidade Tecnológica Federal do Paraná		Secretaria de Agricultura e Abastecimento
	Campus Pato Branco		Instituto Agrônomo do Paraná
	Coordenação de Agronomia		

### Laudo de Análise de Solo

Solicitante : Prof. Eleandro Brun	Laudo : 1327	Amostra: 1495
Endereço:	Data: 26/08/2011	
Propriedade: - Dois Vizinhos - PR		
Talhão: 1 - LINHA S. LUIZ	Profundidade: 0 a 20 cm	
Técnico: ....	Nº Matrícula: 0	

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	26,80	2,73	0,10	4,71	39,57	8,03	64,70	4,50
	MO gdm <sup>-3</sup>	P mgdm <sup>-3</sup>	K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Cu mgdm <sup>-3</sup>	Fe mgdm <sup>-3</sup>	Zn mgdm <sup>-3</sup>	Mn mgdm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>




OBS: K(mgdm<sup>3</sup>): 39,10

Alto								
Médio								
Baixo								
Resultados	5,80	0,48	5,76	2,27	1,80	4,17	41,99	10,32
	Índice SMP	Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	V (%)	Sat. Al (%)

Metodologias: M.O. por digestão úmida; P,K,Cu,Fe,Zn e Mn extraídos com solução de Mehlich - I; pH em<sub>2</sub>Ca.Cl 1:2,5  
Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>

#### Porcentagem dos valores em relação ao CTC

Valor do CTC = 9,93

K: 1,01 %   
Mg: 18,13 %   
Ca: 22,86 %   
H+Al: 58,01 % 