

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

JOSEANE CRISTINA GALLO

**AVALIAÇÃO DENDROMÉTRICA E MORFOMÉTRICA DE *Pinus  
elliottii* (Engelm) NO MUNICÍPIO DE DOIS VIZINHOS-PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS  
2013

JOSEANE CRISTINA GALLO

**AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA E DENDROMÉTRICA DE *Pinus  
elliottii* (Engelm) NO MUNICÍPIO DE DOIS VIZINHOS-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR - Campus Dois Vizinhos. Como requisito parcial para obtenção de título de Engenheiro Florestal.

Orientadora: Profa. Elisabete Vuaden

DOIS VIZINHOS  
2013

G172a Gallo, Joseane Cristina.

Avaliação dendrométrica e morfométrica de *Pinus elliottii* (Engelm) no município de Dois Vizinhos-PR / Joseane Cristina Gallo – Dois Vizinhos :[s.n], 2013. 40f.:il.

Orientadora: Elisabete Vuaden  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de  
Engenharia Florestal. Dois Vizinhos, 2013.  
Bibliografia p.38-40

1.Dendrometria-avaliação. 2.*Pinus elliottii* I.Vuaden,  
Elisabete, orient.II.Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná– Dois Vizinhos.III.Título

CDD: 634.95



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Dois Vizinhos  
Curso de Engenharia Florestal



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA E DENDROMÉTRICA DE *Pinus elliottii* (Engelm) NO MUNICÍPIO DE DOIS VIZINHOS-PR

por

JOSEANE CRISTINA GALLO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 22 de fevereiro de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elisabete Vuaden  
Orientadora

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Veridiana Padoin Weber  
Membro titular (UTFPR)

---

Prof. Dr. Marcos Aurélio Mathias  
Membro titular (UTFPR)

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

## **AGRADECIMENTOS**

Eu agradeço em primeiro lugar a Deus, por todas suas bênçãos, toda sua proteção nessa caminhada e por ter sempre me iluminado e me mantido perseverante para conseguir essa conquista.

Agradeço a minha mãe Lucimar Gallo, essencial em minha vida e que sempre esteve ao meu lado me confortando e me fazendo por os pés no chão. Ao meu pai Onorio Gallo que sempre me serviu de exemplo, sempre me incentivou nessa caminhada e me apoiou em todos os momentos.

A minha avó Romilda Gallo, pessoa muitíssimo importante na minha vida, sempre esteve comigo e é uma pessoa maravilhosa, que admiro muito. Meu irmão Alexandre Gallo, que sempre esteve presente na minha vida, compartilhando seu humor e nos divertindo. Enfim, família, eu amo muito vocês, e vocês são a base da minha alegria e felicidade. Também ao meu filho, que embora ainda esteja sendo gerado, ta passando por toda esta fase comigo, me enchendo de alegria e ansiedade a cada dia que passa.

Agradeço a minha orientadora Elisabete Vuaden, por toda a compreensão e paciência oferecida a mim na elaboração deste trabalho. E também a professora Veridiana Padoin, que foi quem deu inicio a este trabalho, e a todos os professores que estiveram participando dessa caminhada ao longo de todos estes anos de faculdade.

A também a todos os meus amigos que me apoiaram, ajudaram e me animaram durante esses anos. Aos meus colegas Ana Paula, Fernando e Douglas, que me auxiliaram na coleta dos dados, e aos demais da turma, por toda a alegria que me proporcionaram nesta jornada, por todas as risadas, todos os apoios, pessoas as quais eu nunca esquecerei.

"Deus nos fez perfeitos e não escolhe os capacitados, capacita os escolhidos.

Fazer ou não fazer algo, só depende de nossa vontade e perseverança."

- Eu sei como ele conseguiu.

Todos perguntaram: - Pode nos dizer como?

- É simples, respondeu o Einstein.

- Não havia ninguém ao seu redor, para lhe dizer que não seria capaz.

(ALBERT EINSTEIN)

## RESUMO

GALLO, Joseane Cristina. Avaliação dendrométrica e morfométrica de *Pinus Elliottii* (Engelm) no município de Dois Vizinhos-Pr. 2013. 39 f. Monografia (Engenharia Florestal) – Trabalho de Conclusão de Curso II, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2013.

Este trabalho objetivou verificar o comportamento das variáveis dendrométricas e morfométricas de *Pinus elliottii* nas diferentes posições sociológicas e níveis de competição, bem como modelar a relação hipsométrica desta espécie e verificar se existe diferença desta relação entre as diferentes condições que as árvores estavam submetidas (posição sociológica e competição). O trabalho foi realizado em um talhão de *Pinus elliottii* com espaçamento 2 x 2 m da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no município de Dois Vizinhos - PR. Em cada árvore, foram medidas suas variáveis dendrométricas e morfométricas. Também foram avaliadas características qualitativas como competição (COM.1: competição baixa; COM.2: competição média; COM3: competição alta) e posição sociológica (PS1: posição sociológica 1 – árvores dominantes; PS2: posição sociológica 2 – árvores co-dominantes; PS3: posição sociológica 3 – árvores dominadas). Pelo programa S.A.S. foi realizado teste de médias (Tuckey), à 5% de probabilidade de erro, para verificar a diferença das variáveis dendrométricas e morfométricas nas condições (competição e posição sociológica) em que os pinus estavam submetidos. Foi realizado também uma análise de correlação de Pearson pelo procedimento PROC CORR para verificar o grau de relação entre as variáveis. Para a modelagem da variável altura total em função do diâmetro, foi utilizado o procedimento STEPWISE. Os parâmetros utilizados para seleção dos modelos foram o  $R^2_{aj}$ , coeficiente de variação (CV), valor de F calculado e o exame dos resíduos. Pode-se observar que o povoamento em estudo apresenta grande heterogeneidade, pois existe grande amplitude de variação entre as variáveis dendrométricas e morfométricas. Fato que pode ser atrelado ao povoamento não ter recebido tratamentos adequados de silvicultura e de manejo. A estimativa da altura em função do dap foi diferente para cada posição sociológica, revelando que as árvores do estrato superior, ou seja, as dominantes (PS 1) apresentam uma relação hipsométrica superior às árvores co-dominantes (PS 2) e às dominadas ou suprimidas (PS 3), tendo assim, que ajustar um modelo para cada posição sociológica. Para a variável competição, houve diferença da relação altura e diâmetro entre a baixa competição (COM.1) e as maiores competições (COM.2 e 3), sendo que as árvores que possuem um menor nível de competição, para um mesmo diâmetro, apresentaram valores mais baixos em altura do que as árvores que se encontram em níveis de competição maiores, necessitando com isso, a separação desses grupos para descrever a relação hipsométrica.

Palavras-chave: Relação hipsométrica. Posição sociológica. Competição. .

## ABSTRACT

GALLO, Joseane Cristina. Dendrometric and morphometric evaluation of *Pinus elliottii* (Engelm) in the town of Dois Vizinhos - Pr. 2013. 39 f. Monograph (Forestry) - Work Completion Course II, Federal Technological University of Parana. Dois Vizinhos, 2013.

This study aimed to investigate the behavior of dendrometric and morphometric variables of *Pinus elliottii* in different positions and sociological levels of competition, as well as modeling the hypsometric relation of this species and to investigate the difference in this respect between the different conditions that the trees were submitted (sociological position and competition). The work was carried out in a stand of *Pinus elliottii* with 2 x 2 m spacing Federal Technological University of Paraná, in the municipality of Two Neighbors - PR. In each tree were measured and their dendrometric morphometric variables. Qualitative characteristics were also evaluated as competition (COM.1: low competition; COM.2: competition average; COM3: high competition) and sociological position (PS1: sociological position 1 - dominant trees; PS2: sociological position 2 - co-dominant trees, PS3: sociological position 3 - dominated trees). Was performed using SAS test medium (Tuckey), the 5% level of probability, to check the difference of the variables dendrometric and morphometric conditions (competition and sociological position) where the pine were submitted. It was also performed a correlation analysis by Pearson CORR procedure to check the degree of relationship between variables. For the modeling of the variable total height by diameter, was used STEPWISE procedure. The parameters used for selection of the models were R2aj, Coefficient of variation (CV), F value calculated and examination of waste. It can be observed that the population under study shows great heterogeneity, as there is wide variation range between dendrometric and morphometric variables. Fact that can be linked to the settlement have not received adequate treatment and forestry management. The estimated height as a function of DAP was different for each position sociological, revealing that the trees of the upper layer, ie the dominant (PD 1) have a ratio higher than hipsometric co-dominant trees (PS 2) and the controlled or deleted (PS 3) and therefore, to set a model for each sociological position. For the competition variable, there were differences of height and diameter between low competition (COM.1) and major competitions (COM.2 and 3), and the trees that have a lower level of competition for the same diameter, had lower height than the trees that are in higher levels of competition, requiring it, the separation of these groups to describe the hypsometric relation.

Keywords: hypsometric relation. Sociological position. Competition.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição geográfica natural do Pinus elliotti nos EUA.....	15
Figura 2 - Modelo de uma árvore e suas características dimensionais.....	17
Figura 3 - Gráficos dos resíduos.....	30
Figura 4 - Estimativa da altura em função do diâmetro para as árvores de Pinus elliotti em diferentes posições sociológicas (PS1= posição socioológica 1 - dominantes; PS2= posição socioológica 2 - codominantes; PS3= posição socioológica 3 - dominadas) no município de Dois Vizinhos, PR.....	33
Figura 5 - Estimativa da altura em função do diâmetro para as árvores de Pinus elliotti em diferentes níveis de competição (COM. 1= competição 1 - baixa; COM. 2= competição 2 - média; COM. 3= competição 3 - alta) no município deDois Vizinhos, PR.....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios, máxios e mínimos das variáveis dendrométricas e morfométricas do povoamento de <i>Pinus ellioti</i> aos nove anos de idade.....	22
Tabela 2 - Teste de comparação de médias (tukey) entre diferentes posições sociológicas dentro de um povoamento de <i>Pinus ellioti</i> aos nove anos de idade.....	23
Tabela 3 - Teste de comparação de médias (tukey) entre diferentes níveis de competição dentro de um povoamento de <i>Pinus ellioti</i> aos nove anos de idade.....	25
Tabela 4 - Matriz de correlações entre as variáveis dendrométricas e morfométricas em um povoamento de <i>Pinus ellioti</i> aos nove anos de idade.....	27
Tabela 5 - Modelos de regressão obtidos pelo procedimento stepwise para descrever a altura total (H) em função do diâmetro à altura do peito (DAP) para um povoamento de <i>Pinus ellioti</i> com nove anos de idade.....	29
Tabela 6 - Análise de covariância do modelo $1/H = 1/DAP^2$ para verificar diferença de inclinação entre as diferentes posições sociológicas.....	31
Tabela 7 - Análise de covariância do modelo $LN 1/H = 1/DAP^2$ para verificar a diferença de nível entre as diferentes posições sociológicas.....	32
Tabela 8 - Equações reajustadas para a relação hipsométrica nas diferentes posições sociológicas.....	32
Tabela 9 - Análise de covariância do modelo $1/H = 1/DAP^2$ para verificar a diferença de inclinação entre as diferentes competições.....	34
Tabela 10 - Análise de covariância do modelo $LN 1/H = 1/DAP^2$ para verificar a diferença de nível entre as diferentes competições.....	34
Tabela 11 - Equações reajustadas para a relação hipsométrica nos diferentes níveis de competição.....	35

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
<b>3 HIPÓTESES</b> .....	<b>12</b>
<b>4 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>13</b>
<b>5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
5.1 <i>Pinus elliottii</i> .....	14
5.2 COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E MORFOMÉTRICAS .....	15
<b>6 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
6.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL .....	19
6.2 COLETA DE DADOS .....	19
6.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS .....	20
<b>7 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>22</b>
7.1 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS E MORFOMÉTRICAS .....	22
7.2 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS .....	26
7.3 MODELAGEM DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA .....	29
<b>8 CONCLUSÕES</b> .....	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>3238</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil, por meio de produtos como madeira serrada, celulose, papel e outros possui uma posição de destaque na exportação destes perante o mundo. Com o intuito de satisfazer esta crescente demanda, iniciou a implantação de florestas, com árvores que possuíssem um crescimento demasiadamente rápido em relação às espécies nativas.

Desde então, existem estudos e pesquisas sobre inúmeras espécies florestais. Na região sul do país, as espécies que mais se destacam e se adaptam ao clima são as de *Pinus sp.* e *Eucaliptus sp.* A madeira de pinus exerce importante papel abastecendo a indústria de celulose, laminados e de madeira serrada.

O Brasil possui 6.310.450 ha de pinus e eucalipto plantados. Do total, 1.794.720 correspondem ao pinus e 4.515.730 ao eucalipto. O Paraná é o terceiro estado com mais florestas plantadas, com 853 mil ha. Desse total, 695 mil hectares correspondem a florestas de pinus, a maior do país. Porém mesmo o estado tendo a maior área, o cultivo de pinus diminuiu em 18.500 ha nos últimos anos (FAEP, 2010).

As condições de plantio, tais como espaçamento inadequado com alta densidade e áreas impróprias podem afetar as características dimensionais das árvores, ocasionando irregularidades no povoamento florestal. No entanto, se utilizadas técnicas adequadas de manejo florestal, haverá contribuição para o uso racional dos recursos florestais e conseqüentemente para uma produção contínua ao longo dos anos. O manejo consiste em um planejamento estratégico, de forma a maximizar a produção de madeira e nortear o administrador para as tomadas de decisões, garantindo assim maiores lucros, devido a valorização dos produtos.

Levando em conta a importância de informações sobre pinus na nossa região e a importância econômica de tal espécie, é nítida a necessidade de estudos para maior entendimento do seu crescimento, gerando assim, subsídios para seu correto manejo.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho objetivou avaliar a influência das variáveis qualitativas competição e posição sociológica nas características dendrométricas e morfométricas de *Pinus elliottii* no município de Dois Vizinhos - Paraná.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Verificar o comportamento das variáveis dendrométricas e morfométricas de *Pinus elliottii* nas diferentes posições sociológicas e níveis de competição;
- b) Modelar a relação hipsométrica desta espécie e verificar se existe diferença desta relação entre as diferentes condições que as árvores estavam submetidas (posição sociológica e competição).

### 3 HIPÓTESES

Têm-se como hipótese a existência de diferenças dendrométricas e morfométricas entre as árvores de *Pinus elliottii* sob diferentes condições dentro de uma população, como árvores de borda, árvores com maior ou menor competição, árvores dominantes, dominadas e suprimidas..

#### 4 JUSTIFICATIVA

Com o crescente aumento da demanda de madeira no Brasil e em todo mundo, faz-se necessário estudos sobre as características das espécies em cada região, principalmente sobre a dendrometria e a morfometria do *Pinus elliottii*, pois estas são ferramentas básicas para a realização de planos silviculturais, de manejo florestal, de exploração madeireira, e da política e economia florestal, e também pela espécie ser muito utilizada em plantios, devido a seu crescimento rápido e a grande procura por sua madeira. Este estudo relaciona as características da espécie, para avaliar seu comportamento perante variáveis qualitativas como competição e posição sociológica.

## 5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 5.1 *Pinus elliotti*

Segundo Gilman e Watson (1994, p.1), o gênero *Pinus* pertence à família *Pinaceae*, ordem *Coniferales* e classe *Gymnospermae*. É uma árvore de grande porte, variando de 18 à 30 metros. Sua casca é marrom escura, levemente acinzentada, com sulcos e escamas.

O gênero *Pinus* possui crescimento bom tanto a sol pleno quanto à meia sombra, em solos argilosos e até arenosos, bem drenados e com umidade, sendo tolerante à solos pobres. Apresenta desrama natural dos galhos, e uma copa aberta, formando sombra clara. A queda de suas acículas é freqüente e forma uma generosa camada de serrapilheira em seus povoamentos. Possui raízes competitivas com as plantas ao seu redor. As sementes espalham-se com facilidade, tornando-a uma invasora (GILMAN; WATSON, 1994, p.3).

Sua madeira possui o cerne e alburno branco-amarelado, medianamente brilhoso, cheiro e gosto distintos e característicos, com textura fina, uma densidade considerada baixa, e considerada macia ao corte. É uma madeira de boa trabalhabilidade e de fácil secagem, porém susceptível ao ataque de patógenos (IPT, 2013, p.1).

As espécies do gênero *Pinus* plantadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil tiveram seu início por volta de 1954, objetivando substituir a madeira da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, pois seus povoamentos naturais já se encontravam em grande disseminação (ELESBÃO, 2011, p. 25).

As plantações de pinus foram intensificadas a partir da década de 70, com a promulgação da lei dos incentivos fiscais para a atividade florestal. Há alguns anos as plantações desta madeira desempenham papel preponderante no suprimento de madeira, fornecendo, por exemplo, mais de 90% do total de madeira consumida no estado do Paraná (FERREIRA; SILVA, 2008, p. 34).

O *Pinus elliottii* (Engelm) é vulgarmente conhecido como pinheiro da Flórida ou pinheiro americano. A Figura 1 demonstra a região nativa desta espécie, na América do Norte.





**Figura 1 – Distribuição geográfica natural do *Pinus elliottii* nos EUA.**

**Fonte: USDA (2010).**

Esta espécie apresenta muitas vantagens econômicas, também se sobressaindo em relação às espécies nativas de nossa região, pelo rápido crescimento e alta tolerância ao frio e a solos de baixa fertilidade ou degradados (FOELKER; FOELKER, 2008, p. 3).

No Brasil, uma das espécies mais plantadas nas Regiões Sul e Sudeste é o *Pinus elliottii*, sendo este utilizado na produção de madeira para processamento mecânico e na extração de resina (SHIMIZU, 2005, p. 1).

## 5.2 COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E MORFOMÉTRICAS

Sempre que se pretende implantar, em determinada região, um empreendimento florestal é necessário um grande conhecimento da espécie a ser introduzida, e também as características e produtividade do local (SELLE, 1993, p. 14). A qualidade da madeira é também um fator essencial a ser levado em conta ao planejar sua implantação.

Por muitas décadas, a produção de madeira com rotações curtas era mantida como objetivo, porém este objetivo está se alterando para a busca de árvores com maiores dimensões, com rotações mais longas, buscando agregar mais valor a floresta e aumentar a sua rentabilidade (SCHNEIDER; FINGER, 2000, p. 44).

O desenvolvimento das árvores, além de sua idade, depende de diversos fatores atrelados a várias pré-disposições, como disponibilidade dos recursos ambientais, do espaço físico e das características edáficas, topográficas e dos fatores de competição, como a influência de outras espécies, tamanho, constituição genética da árvore, e também sua história de desenvolvimento (POORTER; BONGERS, 1993 *apud* CUNHA, 2009, p. 20). Estes fatores podem afetar no crescimento da árvore tanto individualmente quanto em conjunto.

A análise da influência que exerce o ambiente no crescimento das árvores, baseando-se por variações no seu tamanho e na sua forma, bem como o comportamento passado da taxa de crescimento são de grande importância para a execução de planos de manejo florestal, pois demonstram respostas relacionadas às variações do crescimento, auxiliando na prescrição de práticas de manejo e facilitando a avaliação dos seus efeitos sobre a sustentabilidade florestal (CUNHA, 2009, p. 17).

Segundo Scheeren, Schneider e Finger (2004, p. 111), conforme as árvores crescem, cresce também a necessidade das copas e raízes por maiores espaços, tanto aéreo quanto físico, para dar continuidade ao seu crescimento em diâmetro. Não havendo tal espaço, instala-se o processo de concorrência entre estes indivíduos, que caso não haja intervenções silviculturais e de manejo, acarretará na morte dos indivíduos dominados.

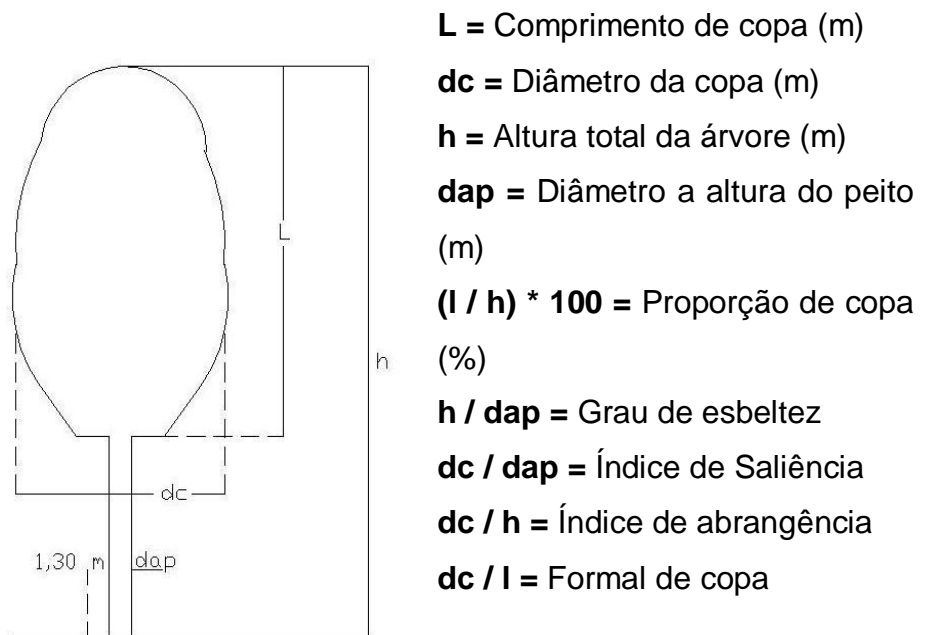
Hoje, no meio florestal acadêmico, conceitos como o diâmetro à altura do peito, a área basal, a altura (total, comercial, dominante), a área de projeção de copa e o volume de copa são essencialmente conhecidos (DURLO; DENARDI, 1998, p. 56).

Para Durlo e Denardi (1998, p. 57), o diâmetro da copa é uma variável básica para a obtenção de outras características da árvore, ela relata o comprimento da linha de projeção entre os pontos extremos da copa. O diâmetro da copa, em grande parte dos casos, é estimado por medições de raios da copa e quanto mais raios são medidos, mais se aproxima à verdadeira largura da copa (NUTTO et al., 2001, p. 126).

Durlo e Denardi (1998, p. 57) ainda afirmam que a medição da área de copa, consome muito tempo, e é necessário utilizar diâmetro à altura do peito (dap) e a altura (h), como variáveis independentes nas equações de regressão.

A forma das copas está diretamente relacionada com a sua produtividade por unidade de área. As copas com vários níveis, com tronco central, produzem mais do que copas largas, com muitos galhos e um só nível, por unidade de área (SCHNEIDER, 1993; Wadsworth, 2000 *apud* TONINI; ARCO-VERDE, 2005, p. 633).

Na Figura 2 é possível observar as variáveis mais utilizadas em estudos dendrométricos e morfométricos, como altura total, altura de copa, diâmetro a altura do peito (à 1,30m do solo) e diâmetro de utilizando-se o modelo de uma árvore.



**Figura 2: Modelo de uma árvore e suas características dimensionais.**  
**Fonte: Adaptado de Durlo e Denardi (1998).**

A razão entre o diâmetro da copa e a altura total da árvore é conhecida como índice de abrangência. Tal relação alerta para a necessidade de espaço da árvore, pois com o crescimento em altura, a árvore necessita de mais espaço para crescer. Tonini e Arco-Verde (2005, p. 635-636) citam que este índice tende a diminuir com o

crescimento da árvore, uma vez que o aumento da altura não é acompanhado, proporcionalmente, pelo aumento em diâmetro de copa.

A análise do formal de copa demonstra a relação entre o diâmetro da copa e o comprimento da copa. Esse índice indica a forma geométrica que a árvore mais se assemelha. Valores baixos de formal de copa indicam copas mais esbeltas (longas e estreitas) que são mais desejáveis, enquanto valores maiores definem copas mais arredondadas (curtas e largas) (DURLO; DENARDI, 1998, p. 58).

A relação entre o diâmetro de copa e o dap, é denominada índice de saliência, o qual revela quantas vezes o diâmetro de copa é maior que o dap. Se existir uma correlação significativa entre este índice e o dap, pode ser realizado o manejo de uma determinada área, também podendo ser utilizada como marcador de desbaste, definindo o espaço que necessita ser liberado no entorno da árvore para que ela cresça livre de concorrência (DURLO; DENARDI, 1998, p. 58).

O grau de esbeltez, uma variável definida pela relação  $h/dap$ , expressa a estabilidade das árvores. Quanto mais alto este grau for, tanto mais instável será a árvore (DURLO; DENARDI, 1998, p. 57).

## 6 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL

O trabalho foi realizado em um povoamento de *Pinus elliottii* da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - campus Dois Vizinhos, localizado nas coordenadas 25°41'30"S e 53°06'04"W com altitude variando de 475 a 510 m (GORENSTEIN et al., 2010).

O município está inserido no 3° Planalto Paranaense, com constituição geológica de basalto da formação Serra Geral, apresenta fragmentos de mata nativa e está inserido em um ecótono da floresta ombrófila mista e estacional semidecidual. Conforme a classificação de Koeppen, o clima regional é Cfa, significando um clima pluvial temperado (mesotérmico), sempre úmido, com verões e invernos acentuados e freqüentes geadas (IAPAR, 2000).

A floresta estudada apresenta árvores dispostas em um espaçamento de 2 x 2 m, em uma área de aproximadamente 0,25 ha, com nove anos de idade

### 6.2 COLETA DE DADOS

Para o estudo, foram coletadas variáveis quantitativas de 285 árvores, como diâmetro à altura do peito (dap), altura total (h), altura comercial (hc), altura de início de copa (hic), comprimento de copa (cc), diâmetro de copa (dc). A partir destes dados, foram calculados o índice de saliência, índice de abrangência, grau de esbeltez, porcentagem de copa e formal de copa.

Também foram analisadas características qualitativas como competição (COM 1: baixa; COM 2: média; COM 3: alta), onde adotou-se a seguinte denominação: COM. 1: árvores de borda ou do meio do povoamento em que as linhas ou entrelinhas de seu entorno possuíam duas ou mais falhas; COM. 2:

árvores que em haviam uma falha na linha ou entrelinha do seu entorno, ou também árvores que se encontravam no estrato superior, apenas tocando a parte inferior de sua copa nas demais árvores; COM. 3: árvores em que possuíam todas as árvores nas linhas e entrelinhas do seu entorno, porém não apresentando diferença nos níveis de estrato com as demais. Já para a posição sociológica, seguiu-se a seguinte classificação: PS1= posição sociológica 1 – árvores dominantes; PS2= posição sociológica 2 – árvores co-dominantes; PS3= posição sociológica 3 – árvores dominadas ou suprimidas, a qual foi classificada baseando-se na observação das copas das árvores, sendo denominada como PS1 quando a copa estará totalmente exposta à luz superior e lateral, PS2 para copas com iluminação somente superior e PS3 quando haverá alguma iluminação superior na copa.

Para a coleta dos dados foi utilizado fita métrica, onde se obteve as medidas de diâmetro a altura do peito (em cm); Vertex IV, para as medições de altura total da árvore e altura de copa (em m), bem como para a obtenção dos oito raios da copa, através da função DME, medidos nos pontos cardeais (N, S, L, O, NO, NE, SE, SO), com ângulo fixo, utilizando uma bússola como referência. Após, calculou-se a média aritmética dos oito raios da copa.

### 6.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Após a coleta, os dados foram analisados no programa SAS (*Statistical Analysis System*) versão 9.2. No programa foi realizado o teste de médias (Tuckey), com significância à 5% de probabilidade de erro, para descrever e verificar a diferença entre as condições (competição e posição sociológica) em que os pinus estavam submetidos.

A análise de correlação de Pearson foi realizada pelo procedimento PROC CORR para verificar o grau de relação linear entre as variáveis. Para a modelagem da variável altura total em função do diâmetro, foi utilizado o procedimento STEPWISE, onde a variável dependente e independente foram transformadas para a forma logarítmica, inversa, quadrática e exponencial, com intuito de selecionar a variável de melhor ajuste no modelo linear. Os parâmetros utilizados para seleção

dos modelos foram o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ), coeficiente de variação (CV %), valor de F calculado e o exame da distribuição gráfica dos valores dos resíduos.

A análise de covariância foi aplicada para verificar a diferença de nível e tendência das equações hipsométricas selecionadas entre as diferentes posições sociológicas e níveis de competição. Com isso, verificou-se a necessidade ou não do uso de funções independentes, indicando assim a existência ou não de diferentes padrões de comportamento da altura em função do diâmetro. A inclinação e o nível das curvas foram verificados utilizando o procedimento PROC GLM, considerando a significância com probabilidade de erro de 5 %.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS E MORFOMÉTRICAS

Após serem realizadas as análises dos dados, verificou-se que o povoamento apresenta heterogeneidade relativamente alta, pois como podem ser observadas na Tabela 1, todas as variáveis apresentaram grande amplitude entre seus valores mínimos e máximos, destacando-se, as variáveis diâmetro à altura do peito, altura total e porcentagem de copa.

**Tabela 1: Valores médios, máximos e mínimos das variáveis dendrométricas e morfométricas do povoamento de *Pinus elliottii* Engelm em um povoamento de nove anos.**

Variável	N	Média (cm)	Desvio-Padrão (m)	Mínimo (m)	Máximo (m)
dap	282	16,90	4,24	5,40	26,40
h	282	12,43	1,91	4,90	17,00
hic	282	5,31	1,24	2,50	9,30
cc	282	7,12	1,78	1,50	11,40
dc	282	3,78	1,17	0,70	7,19
is	282	0,23	0,06	0,05	0,46
ia	282	0,31	0,09	0,06	0,62
ge	282	0,76	0,15	0,45	1,23
pc	282	56,84	9,69	20,00	72,61
fc	282	0,55	0,17	0,16	1,67

Legenda: dap= diâmetro a altura do peito; h= altura total; hic= altura de início de copa; cc= comprimento de copa; dc= diâmetro de copa; is= índice de saliência; ia= índice de abrangência; ge= grau de esbeltez; pc= porcentagem de copa; fc= formal de copa.

Esta grande variação entre os valores mínimos e máximos de cada variável em estudo está correlacionada ao fato do povoamento estar sob diferentes níveis concorrência, devido à falhas existentes no mesmo e também por não ter recebido tratos adequados de silvicultura e de manejo, resultando assim, em alta heterogeneidade.



De acordo com o teste de médias da Tabela 2, foi possível verificar o comportamento das médias das variáveis dendrométricas e morfométricas para diferentes posições sociológicas.

**Tabela 2: Teste de comparação de médias (Tukey) entre diferentes posições sociológicas dentro de um povoamento de *Pinus elliottii* aos 9 anos de idade.**

PS	N.	Médias dap (cm)		PS	N.	Médias h (m)		PS	N.	Médias hic (m)	
1	109	20,10	a	1	109	13,64	a	1	109	5,65	a
2	115	16,19	b	2	115	12,24	b	2	115	5,20	b
3	58	12,29	c	3	58	10,54	c	3	58	4,89	b
PS	N.	Médias cc (m)		PS	N.	Médias dc (m)		PS	N.	Médias is	
1	109	7,98	a	1	109	4,24	a	2	115	0,24	b
2	115	7,04	b	2	115	3,84	b	3	58	0,22	a b
3	58	5,65	c	3	58	2,78	c	1	109	0,21	a
PS	N.	Médias ia		PS	N.	Médias ge		PS	N.	Médias pc (%)	
1	109	0,31	a	1	109	0,69	a	1	109	58,32	a
2	115	0,31	a	2	115	0,78	b	2	115	57,33	a
3	58	0,26	b	3	58	0,87	c	3	58	53,08	b
PS	N.	Médias fc									
2	115	0,55	a								
1	109	0,55	a								
3	58	0,51	a								

Legenda: dap= diâmetro a altura do peito; h= altura total; hic= altura de início de copa; cc= comprimento de copa; dc= diâmetro de copa; is= índice de saliência; ia= índice de abrangência; ge= grau de esbeltez; pc= porcentagem de copa; fc= formal de copa; PS= posição sociológica.

Conforme o teste da Tabela 2, constatou-se que as médias do diâmetro a altura do peito (dap), da altura total (h), do comprimento de copa (cc), do diâmetro de copa (dc) e do grau de esbeltez (ge) são diferentes entre as árvores dominantes, co-dominantes e as suprimidas ou dominadas, sendo que as árvores que estão no estrato superior, as dominantes, apresentaram as maiores médias para estas variáveis, exceto para o grau de esbeltez, .

Silva (2007, p. 60), ao realizar um estudo sobre *Peltophorum dubium* (Spreng.)Taub., verificou também que os maiores valores para o dap estão diretamente relacionados com as árvores dominantes, e com menores densidades populacionais.

Wadt et al. (2005, p. 380), em um estudo realizado na Amazônia sobre a Castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*), observaram que quanto maior era o diâmetro do tronco, melhor a posição sociológica e a forma da copa.

Padoin e Finger (2010, p. 99) em seu estudo sobre as relações entre as dimensões da copa e a altura das árvores dominantes em povoamentos de *Pinus taeda* L, no estado do Rio Grande do Sul, verificaram que árvores com maior altura dominante apresentaram maior diâmetro de copa, permitindo afirmar que nos povoamentos mais velhos, as copas são mais largas e necessitam de maior espaço de crescimento.

O índice de abrangência (ia) e a porcentagem de copa (pc) também se comportaram de forma semelhantes, onde as árvores dominantes e co-dominantes não apresentaram diferenças entre si, somente para as árvores suprimidas ou dominadas. Quanto maior a porcentagem de copa, tanto mais vital e produtiva é a árvore, e visto que as árvores dominantes e codominantes apresentaram valores superiores as árvores dominadas, por isso houve diferença significativa entre essas posições sociológicas.

Segundo Sterba (2006 *apud* Padoin, 2007, p.28), a porcentagem de copa não é determinada pela posição sociológica em povoamentos que possuem mesma idade, e sim pela altura total das árvores.

Na variável altura de início de copa (hic), as árvores dominantes apresentaram diferença em relação às árvores codominantes e dominadas, que não diferiram entre si. Já para a variável índice de saliência (is), houve diferença apenas entre as árvores dominantes e as árvores co-dominantes

A variável formal de copa foi a única que não apresentou diferença entre os níveis de posição sociológica avaliados. Este fato demonstra que a relação entre o comprimento da copa e seu diâmetro, em diferentes estratos, não foi alterada.

Durlo (2001, p. 148) em seu trabalho sobre *Cabralea Canjerana* (Well.) Mart. em uma Floresta Estacional Decidual do RS, no município de São João do Polêsine, constatou que em qualquer posição sociológica, a altura da inserção da copa, o diâmetro da copa e a porcentagem de copa crescem à medida que a árvore cresce em altura.

Analisando estas mesmas variáveis em relação à variável discreta competição, na Tabela 3, nota-se que as variáveis se comportaram de maneira diferente do que em relação à posição sociológica.

As variáveis diâmetro à altura do peito (dap) e grau de esbeltez (ge) foram as únicas que apresentam diferença entre os três níveis de competição avaliados, sendo portanto, as únicas em que a competição agiu de maneira significativa nos três níveis avaliados. As árvores com menor competição apresentaram maiores diâmetros à altura do peito e, conseqüentemente menores valores para o grau de esbeltez, indicando que quanto maior a competição, mais alongadas e esbeltas são as árvores.

Para as variáveis altura total (h), comprimento de copa (cc) e índice de saliência (is), não foi obtido diferença significativa entre os três níveis de competição, constatando que a competição ou alta densidade populacional não apresenta influência sobre estas variáveis neste povoamento.

**Tabela 3: Teste de comparação de médias (Tukey) entre diferentes níveis de competição dentro de um povoamento de *Pinus elliottii* aos 9 anos de idade.**

COM	N.	Médias dap (cm)	COM	N.	Médias h (m)	COM	N.	Médias hic (m)
1	47	19,47 a	1	47	12,43 a	2	162	5,51 a
2	162	17,00 b	2	162	12,58 a	3	73	5,10 a b
3	73	15,01 c	3	73	10,07 a	1	47	4,95 b
COM	N.	Médias cc (m)	COM	N.	Médias dc (m)	COM	N.	Médias is (m)
1	47	7,48 a	1	47	4,33 a	3	73	0,23 a
2	162	7,07 a	2	162	3,80 b	2	162	0,22 a
3	73	7,00 a	3	73	3,37 b	1	47	0,22 a
COM	N.	Médias ia (m)	COM	N.	Médias ge (m)	COM	N.	Médias pc (%)
1	47	0,35 a	3	73	0,83 a	1	47	60,10 a
2	162	0,30 b	2	162	0,76 b	3	73	56,60 a b
3	73	0,28 b	1	47	0,65 c	2	162	56,00 b
COM	N.	Médias fc (m)						
1	47	0,58 a						
2	162	0,55 a b						
3	73	0,51 b						

Legenda: dap= diâmetro a altura do peito; h= altura total; hic= altura de inicio de copa; cc= comprimento de copa; dc= diâmetro de copa; is= índice de saliência; ia= índice de abrangência; ge= grau de esbeltez; pc= porcentagem de copa; fc= formal de copa; COM= competição.

A variável formal de copa (fc) apresentou diferença do nível de competição 1 para o nível de competição 3, revelando que o nível de competição 2 comporta-se de maneira semelhante tanto com o nível 1 quanto com o nível 3. Este fato indica

que, para esta variável, não houve uma diferença significativa entre os níveis em si, somente do nível de competição 1 para o nível de competição 3, onde as árvores codominantes se assemelham tanto com as dominantes quanto com as dominadas.

As variáveis altura de início de copa (hic), e porcentagem de copa (pc) apresentaram diferença somente do nível 1 para o 2, revelando que em árvores com menor competição, a altura de início de copa e porcentagem de copa são maiores, tendo assim árvores com comprimento de fustes maiores. O índice de abrangência (ia) e o diâmetro de copa (dc) também se comportaram de forma semelhante, onde somente as árvores que se encontravam no nível 1 de competição apresentaram diferença significativa com as demais, apresentando maiores diâmetros de copa.

Aliado a isso Spiecker (1981), ao analisar os fatores que determinam o crescimento de uma árvore, citou que o fator competição apresentava influências sobre desenvolvimento da copa das árvores.

Durlo e Denardi (1998, p. 62), em seu trabalho sobre a *Cabralea Canjerana*, relataram que a amplitude da porcentagem de copa pode ser atribuída aos diferentes graus de concorrência a que estão submetidas as árvores, mas também pode estar ligada às dimensões dos indivíduos.

## 7.2 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS

Observando a análise de correlação da Tabela 4, verifica-se que o diâmetro à altura do peito (dap) apresentou maior correlação com o grau de esbeltez (ge), com - 79%, sendo este inversamente proporcional, ou seja, à medida que o dap das árvores aumentam o grau de esbeltez diminui.

Roman, Bressan e Durlo (2009), em um trabalho realizado com o louro-pardo (*Cordia trichotoma*) com o intuito de conhecer as características morfológicas e as relações morfométricas para árvores no município de Santa Maria, no RS, também observaram que o grau de esbeltez apresenta uma correlação negativa com o dap. À medida que as árvores engrossam, o grau de esbeltez diminui, evidenciando que, proporcionalmente, há maior aumento de diâmetro (cm) que de altura (m). As árvores tendem a tornarem-se mais estáveis. Durlo (2001, p. 146) também relatou que a diminuição do grau de esbeltez, com o aumento da altura das árvores,

significa que estas, a cada metro que crescem em altura, crescem mais que um centímetro em dap, tornando-se mais robustas e estáveis.

As demais variáveis que apresentaram altos índices de correlação linear com o diâmetro a altura do peito (dap) são a posição sociológica (ps), com 68% e a altura total (h) e diâmetro de copa (dc), ambos com 66%, indicando que a posição sociológica, a altura total e o diâmetro de copa possuem valores maiores a medida que o diâmetro à altura do peito é maior.

As variáveis que menos apresentaram correlação linear com o dap foram altura de início de copa (hic), índice de saliência (is) e o formal de copa (fc), todos com níveis inferiores a 18%, indicando que estas variáveis não estão significativamente relacionadas com a variação do diâmetro à altura do peito.

**Tabela 4: Matriz de correlações entre as variáveis dendrométricas e morfométricas em um povoamento de *Pinus elliottii* aos nove anos de idade.**

Var	dap	h	hic	cc	dc	is	ia	ge	pc	fc	COM	PS
dap	-											
h	0.66**	-										
hic	0.11	0.42**	-									
cc	0.64**	0.77**	-0.23**	-								
dc	0.66**	0.35**	-0.24**	0.55**	-							
is	-0.17*	-0.20	-0.41**	0.06	0.59**	-						
ia	0.35**	-0.12*	-0.47**	0.19	0.86**	0.74**	-					
ge	-0.79**	-0.12*	0.18	-0.26**	-0.58**	0.08	-0.56**	-				
pc	0.36**	0.27**	-0.73**	0.81**	0.52**	0.29**	0.41**	-0.27**	-			
fc	0.10	-0.31**	0.01	-0.34**	0.50**	0.55**	0.70**	-0.37**	-0.27**	-		
COM	-0.33**	-0.07*	0.00	-0.08	-0.25**	0.04	-0.23**	0.38**	-0.09	-0.12*	-	
PS	-0.68**	-0.60**	-0.23**	-0.47**	-0.44**	0.11	-0.16**	0.46**	-0.18**	-0.05	0.44**	-

Legenda: dap= diâmetro a altura do peito; h= altura total; hic= altura de início de copa; cc= comprimento de copa; dc= diâmetro de copa; is= índice de saliência; ia= índice de abrangência; ge= grau de esbeltez; pc= porcentagem de copa; fc= formal de copa; COM= competição; PS= posição sociológica; \*= significância a 5% e \*\*= significância a 1%.

Roman, Bressan e Durlo (2009, p. 478) relataram também que o comprimento de copa e a porcentagem de copa também crescem à medida que cresce o dap. Tal resultado revela que a velocidade do crescimento apical é maior que a velocidade de mortalidade dos ramos na base da copa.

Em relação à variável altura, as que mais apresentaram correlação com esta foram o comprimento de copa e a posição sociológica, ambos com 77% e 60% respectivamente. As variáveis competição, índice de abrangência e grau de esbeltez não apresentaram boas correlações em relação a altura total, com níveis inferiores a - 12%.

Tonini e Arco-Verde (2005, p. 635) em seu trabalho sobre castanha-do-pará ou castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), a andiroba (*Carapa guianensis*), o ipê-roxo (*Tabebuia avellaneda*) e o jatobá (*Hymenaea courbaril*), plantadas em plantios homogêneos no Estado de Roraima, citam dizem que o índice de abrangência tende a diminuir com o crescimento da árvore.

A variável altura de início de copa apresentou alta correlação somente com a variável porcentagem de copa, com - 73%, indicando que à medida que uma aumenta, a outra diminui. Apresentou também baixíssima correlação com o formal de copa e competição, com valores de 1,4 % e 0,5% respectivamente, revelando que não há relações significativas entre estas variáveis e a altura de início de copa.

Para a variável comprimento de copa, a que apresentou maior correlação foi em relação a porcentagem de copa, com 81%. As menores correlações ficaram com as variáveis índice de saliência e competição, com 6,7% e - 8,4%.

Para Tonini et al. (2008, p. 1514), no estudo realizado sobre a castanheira, notaram que a proporção de copa aumenta conforme o diâmetro do tronco. Tal resultado corrobora com o trabalho de com Durlo e Denardi (1998, p. 57), que consideraram a proporção de copa como sendo bom indicador da capacidade da árvore em utilizar os recursos disponíveis para o crescimento.

De todas as análises, a que apresentou maior correlação na Tabela 4 foi com a variável diâmetro de copa em relação ao índice de abrangência, com 86%. Este índice tende a ir diminuindo com o crescimento da árvore, visto que o crescimento em altura não é acompanhado pelo crescimento do diâmetro da copa. A menor correlação desta foi com a variável competição, com valor de - 25%.

O índice de saliência apresentou 74% de correlação com o índice de abrangência, e as menores correlações ficaram com o grau de esbeltez, com 8,8% e em relação a competição, com 4%.

O índice de saliência, quando elevado ao quadrado, nos leva ao índice de espaço vital da árvore. Quanto menor for esse valor, maior será a sua área basal e, também o seu volume por hectare (DURLO; DENARDI, 1998, p. 57).

O índice de abrangência apresentou alta correlação com o formal de copa, com 70%, demonstrando que o diâmetro de copa tem grande relação com a altura total da árvore quanto com a altura da copa da árvore. A menor correlação encontrada foi com a posição sociológica, com - 16%, mostrando que a posição sociológica não tem grande interferência em relação ao índice de abrangência.

As variáveis grau de esbeltez, porcentagem de copa, formal de copa, competição e posição sociológica não apresentaram valores elevados (nenhum acima de 50%) de correlação com as demais variáveis.

Tonini e Arco-Verde (2005, p 635) observaram que as correlações positivas do diâmetro e comprimento da copa com o dap e a altura indicam que os mesmos crescem à medida que aumenta o dap e a altura das árvores.

Resultados semelhantes também foram obtidos por Einspieler (2002 *apud* Durlo, Sutili e Denardi, 2004, p. 80) para o Cedro (*Cedrela fissilis*), no Rio Grande do Sul.

### 7.3 MODELAGEM DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

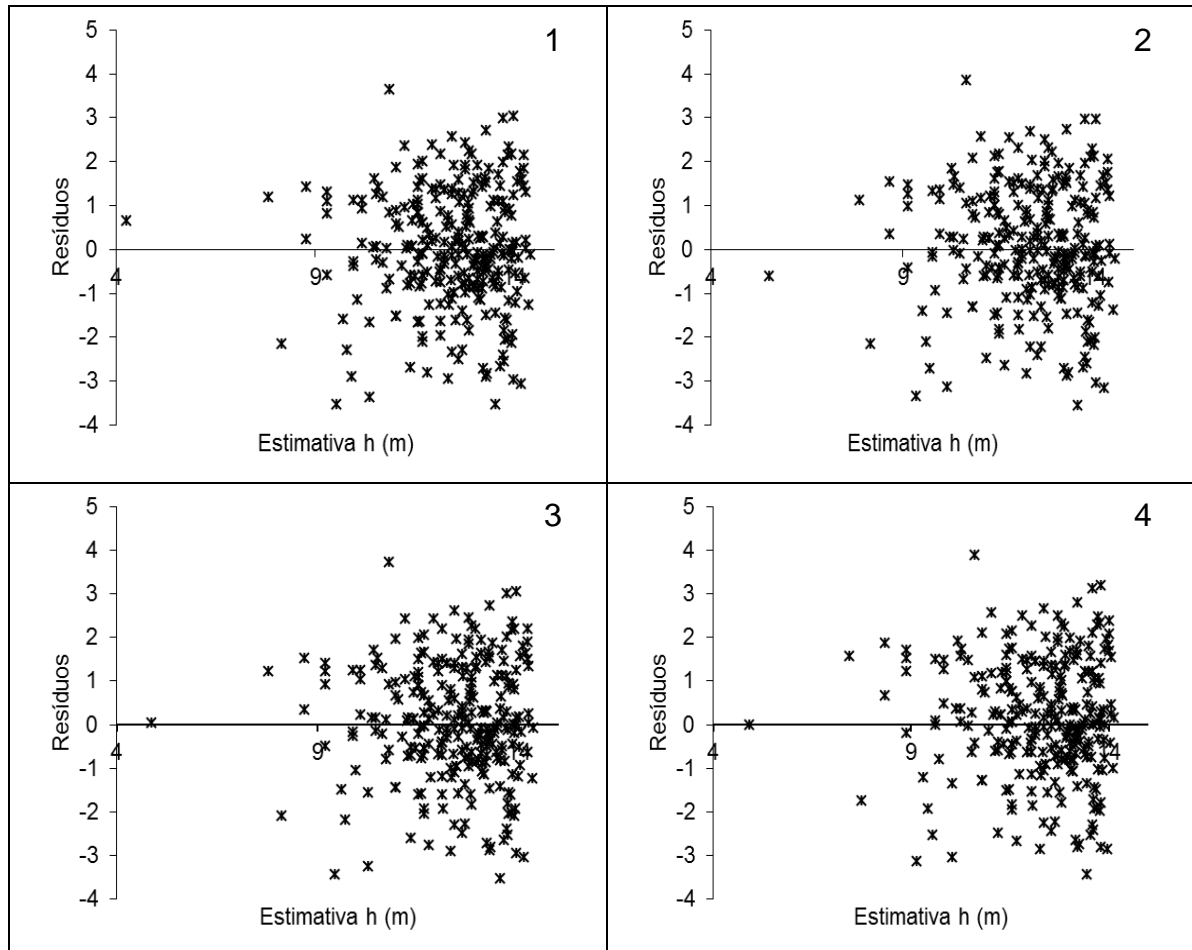
A modelagem realizada pelo procedimento PROC STEPWISE para descrever a relação hipsométrica resultou em 4 equações, onde as mesmas estão representadas na Tabela 5, juntamente com as estatísticas utilizadas para comparar os modelos hipsométricos testados, para determinação do modelo de melhor ajuste.

**Tabela 5: Modelos de regressão obtidos pelo procedimento PROC STEPWISE para descrever a altura total (h) em função do diâmetro a altura do peito (dap) para um povoamento de *Pinus elliottii* Engelm. com 9 anos de idade.**

N	Modelo	Parâmetros	R <sup>2</sup> aj.	CV %	F
1	$h=1/\ln \text{dap}$	$b_0= 25,2328$ $b_1= -35,4163$	0,5	10,87	281,06
2	$\ln h= 1/\text{dap}$	$b_0= 2,9251$ $b_1= -6,5823$	0,54	4,59	325,69
3	$\sqrt{h}= 1/\text{dap}$	$b_0=4,1989$ $b_1= -10,7739$	0,52	5,55	304,51
4	$1/h= 1/\text{dap}^2$	$b_0= 0,0649$ $b_1= 4,0587$	0,59	12,73	403,25

Legenda: h= altura total; dap = diâmetro a altura do peito (1,30m); b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub> = parâmetros das equações; R<sup>2</sup> aj. = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em porcentagem; F = teste de F.

Ao analisar a Tabela 5, observou-se que os modelos 2 e 4 foram os que melhor descreveram a relação hipsométrica. A partir de tal fato foram analisados os gráficos dos resíduos dos modelos, representados na Figura a seguir.



**Figura 3: Gráficos dos resíduos das equações.**

**Fonte: O autor.**

Nota: (1) Resíduo da equação 1:  $h = 25,2328 - 35,4163 \cdot 1/\ln \text{dap}$ . (2) Resíduo da equação 2:  $\ln h = 2,9251 - 6,58231 / \text{dap}$ . (3) Resíduo da equação 3:  $\sqrt{h} = 4,1989 - 10,77391 / \text{dap}$ . (4) Resíduo da equação 4:  $1/h = 0,0649 + 4,05871 / \text{dap}^2$ .

Observou-se nas Figuras que a dispersão gráfica dos resíduos teve comportamento semelhante em todos os casos, não apresentando diferenças significativas em suas distribuições.

O modelo 4 foi o escolhido para explicar a relação hipsométrica, pois o mesmo apresentou maior valor de  $R^2$  aj, maior valor de F e uma boa distribuição dos valores negativos e positivos dos resíduos para todo conjunto de dados.

A análise de covariância apresentada na Tabela 6 demonstra que a covariável posição sociológica apresenta interação significativa (valor de F igual a 7,43) com a variável independente diâmetro à altura do peito da relação hipsométrica, indicando que há diferença de inclinação entre as diferentes posições sociológicas.



**Tabela 6 – Análise de covariância do modelo  $1/h = 1/dap^2$  para verificar a diferença de inclinação entre as diferentes posições sociológicas.**

FV	GL	SQ	QM	F	Prob, > F
<b>Modelo</b>	5	0,04747122	0.00949424	91.90	<.0001
<b>1/dap<sup>2</sup></b>	1	0.00745404	0.00745404	72.15	<.0001
<b>PS</b>	2	0.00114166	0.00057083	5.53	0.0044
<b>1/dap<sup>2</sup> PS</b>	2	0.00153551	0.00076776	7.43	0.0007
<b>Resíduo</b>	276	0.02851322	0.00010331		
<b>Total</b>	281	0.07598445			
<b>Parâmetro</b>	<b>Valor estimado</b>		<b>Erro</b>	<b>Valor de t</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>1/dap<sup>2</sup> PS1</b>	-0.144232140		0.97988802	-0.15	0.8831
<b>1/dap<sup>2</sup> PS2</b>	-2.424503506		0.63171728	-3.84	0.0002
<b>1/dap<sup>2</sup> PS3</b>	-		-	-	-

Em que: dap = diâmetro a altura do peito; PS1 = posição sociológica 1; PS2 = posição sociológica 2; PS3 = posição sociológica 3; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de  $F$  calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro.

Observando o teste t da mesma tabela, verifica-se que a equação que descreve a relação hipsométrica das árvores suprimidas (PS3) não diferem em tendência das dominantes (PS1), porém diferem das árvores co-dominantes (PS2), revelando que as árvores dominantes e as árvores dominadas possuem a mesma tendência de crescimento a 1% de probabilidade de erro.

Observando a análise de covariância do modelo sem interação na Tabela 7, pode-se dizer que há diferença significativa ( $F = 5,04$ ) de nível entre a relação hipsométrica das árvores pertencentes às diferentes posições sociológicas. Pelo teste “t”, a relação hipsométrica das árvores dominadas (PS3) das árvores dominantes (PS1), no entanto não diferem das árvores co-dominantes (PS2) à 1% de probabilidade de erro.

**Tabela 7 – Análise de covariância do modelo  $\ln 1/h = 1/dap^2$  para verificar a diferença de nível entre as diferentes posições sociológicas.**

FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
<b>Modelo</b>	3	0.04593571	0.01531190	141.66	<.0001
<b>1/dap<sup>2</sup></b>	1	0.02182597	0.02182597	201.93	<.0001
<b>PS</b>	2	0.00109008	0.00054504	5.04	0.0071
<b>Resíduo</b>	278	0.03004874	0.00010809		
<b>Total</b>	281	0.07598445			
<b>Parâmetro</b>	<b>Valor estimado</b>		<b>Erro</b>	<b>Valor de t</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
<b>PS1</b>	-0.006674764		0.00213558	-3.13	0.0020
<b>PS2</b>	-0.003772341		0.00190937	-1.98	0.0492
<b>PS3</b>	-		-	-	-

Em que: dap = diâmetro a altura do peito; PS1 = posição sociológica 1; PS2 = posição sociológica 2; PS3 = posição sociológica 3; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de *F* calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro.

Devido às diferenças de inclinação e nível, faz-se necessário o ajuste de equações separadas para descrever a relação hipsométrica em cada posição sociológica do povoamento em estudo. A Tabela 8 apresenta as equações descritas para cada posição sociológica, bem como seus valores estatísticos de  $R^2$  aj., CV e de *F* calculado.

**Tabela 8: Equações reajustadas para a relação hipsométrica nas diferentes posições sociológicas.**

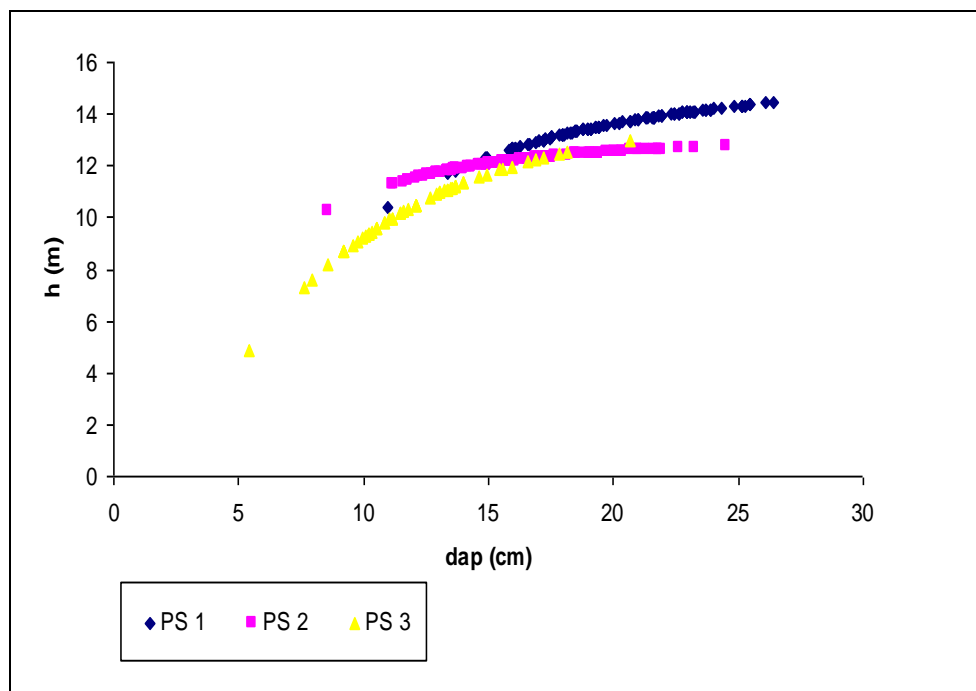
PS	Equação	$R^2_{aj}$	CV%	F
<b>1</b>	$1/h = 0,06363 + 3,91180 * 1/dap^2$	0,24	9,6	35,03
<b>2</b>	$1/h = 0,0757 + 1,63153 * 1/dap^2$	0,11	0,09	12,48
<b>3</b>	$1/h = 0,06746 + 4,05603 * 1/dap^2$	0,60	16,55	76,43

Legenda: h = altura total; dap = diâmetro a altura do peito; PS1 = posição sociológica 1; PS2 = posição sociológica 2; PS3 = posição sociológica 3;  $R^2$  aj= coeficiente de determinação ajustado; CV%= coeficiente de variação; F= valor de *F* calculado.

Apesar do coeficiente de determinação ajustado não ter melhorado após a estratificação dos dados para a PS1, PS2 e PS3, diminuindo o grau de ajuste dos modelos, ressalta-se a importância da separação das árvores de acordo com suas posições sociológicas para descrever a relação hipsométrica, a que a mesma apresenta diferença de comportamento entre árvores dominantes das codominadas e suprimidas.

Na Figura 7, as árvores do estrato superior, ou seja as dominantes (PS 1) apresentam uma relação hipsométrica superior às árvores co-dominantes (PS 2) e às dominadas ou suprimidas (PS 3). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de

as árvores dominantes ter maior parte da sua copa exposta a luz solar, já as árvores que se encontram nos níveis sociológicos inferiores não tem suas copas com tanto acesso à luz solar, não tendo portanto tanta luminosidade quanto as outras, realizando menos fotossíntese e consequentemente apresentando um crescimento menor, por isso apresentam uma relação hipsométrica inferior.



**Figura 4:** Estimativa da altura em função do diâmetro para as árvores de *Pinus elliottii* em diferentes posições sociológicas (PS1= posição sociológica 1 - dominantes; PS2= posição sociológica 2 - codominantes; PS3= posição sociológica 3 - dominadas) no município de Dois Vizinhos, PR. Fonte: O autor.

Avaliando a competição, na análise de covariância que segue apresentada na Tabela 9, verifica-se que a co-variável competição não apresentou interação significativa (valor de F igual a 2,17) com a variável independente diâmetro a altura do peito da relação hipsométrica, indicando que há diferença de inclinação entre as diferentes níveis de competição. Observando o teste t da mesma tabela, verifica-se que a equação que descreve a relação hipsométrica das árvores com maior competição (COM. 3) não diferem em tendência das árvores com menores níveis de competição (COM. 2 e 1), a 1% de probabilidade de erro.

**Tabela 9 – Análise de covariância do modelo  $1/h = 1/dap^2$  para verificar a diferença de inclinação entre as diferentes competições.**

FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
Modelo	5	0.04665790	0.00933158	87.82	<.0001
$1/dap^2$	1	0.01305183	0.01305183	122.83	<.0001
COM	2	0.00043306	0.00021653	2.04	0.1323
$1/dap^2$ COM	2	0.00046162	0.00023081	2.17	0.1159
Resíduo	276	0.02932655	0.00010626		
Total	281	0.07598445			
Parâmetro	Valor estimado	Erro	Valor de t	Pr >  t	
$1/dap^2$ COM1	0.393476609	1.23302743	0.32	0.7499	
$1/dap^2$ COM2	-0.870039038	0.45647326	-1.91	0.0577	
$1/dap^2$ COM3	-	-	-	-	

Em que: dap = diâmetro a altura do peito; COM. 1 = competição 1; COM. 2 = competição 2; COM. 3 = competição 3; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de  $F$  calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro.

A seguir está representada na Tabela 10, a análise de covariância do modelo sem interação, do qual pode-se dizer que há diferença significativa ( $F = 6,30$ ) de nível entre a relação hipsométrica das árvores pertencentes aos diferentes níveis de competição, sendo que, pelo teste “t”, verifica-se que a diferença está entre as árvores dos níveis de competição 3 e 1, à 1% de probabilidade de erro.

**Tabela 10 – Análise de covariância do modelo  $\ln 1/h = 1/dap^2$  para verificar a diferença de nível entre as diferentes competições.**

FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
Modelo	3	0.04619628	0.01539876	143.71	<.0001
$1/dap^2$	1	0.04493106	0.04493106	419.32	<.0001
COM	2	0.00135065	0.00067532	6.30	0.0021
Resíduo	278	0.02978817	0.00010715		
Total	281	0.07598445			
Parâmetro	Valor estimado	Erro	Valor de t	Pr >  t	
COM1	0.006522703	0.00201133	3.24	0.0013	
COM2	0.000807440	0.00148544	0.54	0.5872	
COM3	-	-	-	-	

Em que: dap = diâmetro a altura do peito; COM. 1 = competição 1; COM. 2 = competição 2; COM. 3 = competição 3; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de  $F$  calculado para a variável dependente; Prob.>F = nível de probabilidade de erro.

Sendo assim, como o modelo que descreve a relação hipsométrica não diferiu em inclinação e em nível entre os níveis de competição 2 e 3, pode-se assim ajustar uma única equação para descrever a relação  $h/dap$  destes dois níveis de competição (2 e 3) e outra para descrever a relação  $h/dap$  do nível de competição 1.

Na Tabela 11 estão representadas as novas equações que descrevem os diferentes níveis de competição.

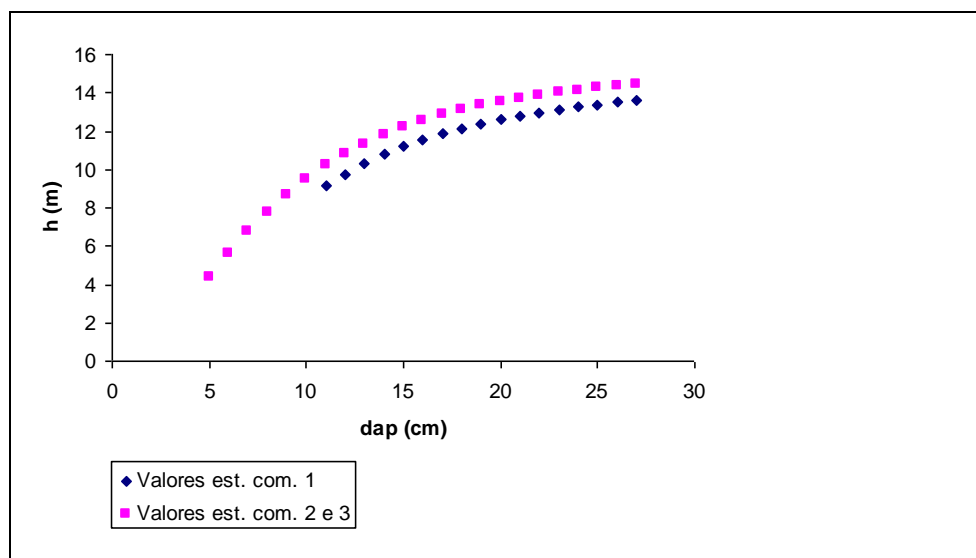
**Tabela 11: Equações reajustadas para a relação hipsométrica nos diferentes níveis de competição.**

COM	Equação	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	CV%	F
1	$1/h = 0,06633 + 5,19961 * 1/dap^2$	0,39	10,34	29,23
2 e 3	$1/h = 0,0635 + 4,1747 * 1/dap^2$	0,62	12,85	387,31

Legenda: h = altura total; dap = diâmetro a altura do peito; COM.1 = competição 1; COM.2 = competição 2; COM.3 = competição 3; R<sup>2</sup><sub>aj</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação; F = valor de F calculado.

O valor do coeficiente de determinação ajustado para os níveis de competição 2 e 3 aumentou após a estratificação dos dados e o coeficiente de variação diminuiu após a separação do nível de competição 1 (Tabela 11).

A Figura 8 representa a estimativa das alturas em função do diâmetro a altura do peito para os diferentes níveis de competição, no qual o nível de competição 1 segue isolado, e os níveis de competição 2 e 3 estão agrupados, representados com a mesma equação.



**Figura 5: Estimativa da altura em função do diâmetro para as árvores de *Pinus elliottii* em diferentes níveis de competição (COM.1= competição 1 - baixa; COM.2= competição 2 - média; COM.3= competição 3 - alta) no município de Dois Vizinhos, PR.**

Fonte: O autor.

Observa-se que as árvores que possuem um menor nível de competição, ou seja, estão com maiores espaços livres para crescerem, apresentaram valores mais baixos em altura do que as árvores que se encontram em níveis de competição mais altos. Isto pode ser explicado pelo fato de que, já que o pinus é uma espécie heliófila, as árvores que se localizam em maiores níveis de competição cresceram mais em altura, pois as mesmas foram em busca de maior intensidade de luz solar para se desenvolverem.

Sendo assim, como esse povoamento não sofreu nenhuma forma de manejo, é interessante demonstrar como se comporta a relação entre a altura e o diâmetro para diferentes estratos na floresta e níveis de competição, servindo de ferramenta para o manejo da mesma, como por exemplo a realização de desbastes, já que as árvores dominadas apresentaram as menores dimensões quando comparadas com as demais árvores.

## 9 CONCLUSÕES

As árvores apresentaram grande heterogeneidade no povoamento. As variáveis altura total, diâmetro à altura do peito e porcentagem de copa apresentaram as maiores variações, provavelmente ocasionado pela falta de tratamentos silviculturais, bem como de manejo.

A estimativa da altura em função do dap foi diferente para cada posição sociológica, revelando que as árvores do estrato superior, ou seja, as dominantes (PS 1) apresentam uma relação hipsométrica superior às árvores co-dominantes (PS 2) e às dominadas ou suprimidas (PS 3), tendo assim, que ajustar um modelo para cada posição sociológica.

Para a variável competição, houve diferença da relação altura e diâmetro entre a baixa competição (COM.1) e as maiores competições (COM.2 e 3), sendo que as árvores que possuíam um menor nível de competição, para um mesmo diâmetro, apresentaram valores mais baixos em altura do que as árvores que se encontravam em níveis de competição maiores, necessitando com isso, a separação desses grupos para descrever a relação hipsométrica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUNHA, Thiago Augusto da. **Modelagem do incremento de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na floresta amazônica.** 2009. 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2009.

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

DURLO, Miguel A.; DENARDI, Luciano. Morfometria de *Cabralea canjerana* em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal.** Santa Maria, v.8, n.1, p.44-55, 1998.

DURLO, Miguel, A.; SUTILI, Fabrício J.; DENARDI, Luciano. MODELAGEM DA COPA DE *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal.** Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 79-89, 2004.

ELESBÃO, Luiz Ernesto G. **Performance do *Pinus elliottii* Engelm e *Pinus taeda* L. em áreas arenizadas e degradadas no oeste do Rio Grande do Sul.** 2011. 155p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2011.

FERREIRA, Carlos A.; SILVA, Helton D. **Formação de povoamentos florestais.** Colombo: Embrapa Florestas, 2008.

FOELKER, Ester; FOELKER, Celso. Os Pinus no Brasil: *Pinus elliottii*. **Pinusletter.** 4.ed. S.l. s.n. Abr. 2008. Disponível em: <[http://www.celso-foelkel.com.br/pinus\\_04.html#um](http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_04.html#um)>. Acesso em 13 de Setembro de 2012.

GILMAN, Edward. F.; WATSON, Dennis. G. *Pinus elliottii*. **Departamento de horticultura do Serviço Florestal Americano. Nota técnica ST-463,** 1994.

GORENSTEIN, Mauricio R.; BECHARA, Fernando C.; ESTEVAN, Daniela A.; SGARBI, Ana S.; GALLO, Íris C. Estrutura e diversidade da comunidade arbórea na trilha ecológica da UTFPR, *campus* Dois Vizinhos através do método de quadrantes. **Sistemas de Produção Agropecuária - Ciências Agrárias, Animais e Florestais.** Dois Vizinhos, 2010.



IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná (Londrina). João Henrique Caviglone et al. Cartas Climáticas do Paraná: Classificação climática. 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 22 abril 2012.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Informações sobre Madeiras. São Paulo – SP, 2013. 1p. Disponível em:<[http://www.ipt.br/informacoes\\_madeiras3.php?madeira=7](http://www.ipt.br/informacoes_madeiras3.php?madeira=7)>. Acesso em 20 de Abril de 2013.

NUTTO, Leif; TONINI, Helio; BORSOI, Geedre A.; MOSKOVICJ, Favio A.; SPATHELF, Peter. Utilização dos parâmetros da copa para avaliar o espaço vital em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. **Bolsa de pesquisa florestal**. Colombo, n.42, p. 123-138, Jun. 2001.

PADOIN, Veridiana. **Diretrizes para desbaste de *Pinus Taeda* L. em função da altura dominante**. 2007. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

PADOIN, Veridiana; FINGER, Cesar Augusto Guimarães. Relações entre as dimensões da copa e a altura das árvores dominantes em povoamentos de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 95-105, jan.-mar., 2010.

ROMAN, Maína; BRESSAN, Delmar A.; DURLO, Miguel A. Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma* (vell.) arrab. ex steud. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 473-480, dez., 2009.

SAS. The SAS System for Windows. Copyright (c) 1999-2001 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 1999.

SCHEEREN, L. W.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento e produção de povoamentos monoclonais de *Eucalyptus saligna* Smith. manejados com desbaste, na região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**. Santa Maria. v.14, n. 12, p. 111-122, 2004.

SELLE, Gerson L. **Influência de fatores ambientais na classificação de sítio para *Pinus taeda* L., na região de Cambará do Sul, RS**. 1993. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1993.

SHIMIZU, Jarbas Y. Cultivo do Pinus. **Embrapa Florestas**. Nov.n 2005. Disponível em:<[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/03\\_1\\_pinus\\_elliotti.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/03_1_pinus_elliotti.htm)>. Acesso em: 13 de Setembro de 2012.

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

SCHNEIDER, Paulo R.; FINGER, Cesar Augusto G. DETERMINAÇÃO DE REGIMES DE DESBASTE PARA POVOAMENTOS DE *Pinus elliottii* E. DO PLANALTO OCIDENTAL NO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Ciência Florestal**. Santa Maria. v.4, n.1, p. 43-59, 1994.

\_\_\_\_. **Manejo Sustentado de Florestas Inequiâneas Heterogêneas**. Santa Maria: UFSM, 2000. 195 p.

SILVA, Lorenzo T. M. **Morfometria, qualidade do tronco e da copa de *Peltophorum dubium* (Spreng.)Taub. em povoamento experimental no estado do Rio Grande do Sul**. 2007. 76p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

SPIECKER, Heinrich. **Análise do crescimento florestal: a concorrência e sua importância no desbaste**. Curitiba: FUPEF, 1981. 62 p. (Série técnica; n.8).

TONINI, Helio; ARCO-VERDE, Marcelo f. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.40, n.7, p.633-638, jul. 2005

TONINI, Helio; CAMINSKI, Paulo E.; COSTA, Patricia. Relação da produção de sementes de castanha-do-Brasil com características morfométricas da copa e índices de competição. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, vol.43, n.11, p.1509-1516, nov. 2008.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Plants profile: *Pinus elliottii* Engelm.** 2010. Disponível em: <<http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=PIEL>>. Acesso em: 23 de Setembro de 2012.

WADT, L.H.O.; KAINER, K.A.; GOMES-SILVA, D.A.P. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. **Forest Ecology and Management**. Gainesville, v.211, p.371-384, 2005.