

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**ÍRIS CRISTINA BERTOLINI**

**DENDROMETRIA E MORFOMETRIA DA *Araucaria angustifolia*  
(Bertol.) Kuntze SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE MANEJO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**DOIS VIZINHOS**

**2013**

ÍRIS CRISTINA BERTOLINI

**DENDROMETRIA E MORFOMETRIA DA *Araucaria angustifolia*  
(Bertol.) Kuntze SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE MANEJO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Câmpus Dois Vizinhos, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

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

**DOIS VIZINHOS**

**2013**

B546d Bertolini, Íris Cristina.  
Dendrometria e morfometria da *Araucaria angustifolia*  
(Bertol.) Kuntze sob diferentes condições de manejo. /Iris  
Cristina Bertolini – Dois Vizinhos: [s.n], 2013.  
39 f.:il.

Orientadora: Elisabete Vuaden.  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de  
Engenharia Florestal. Dois Vizinhos, 2013.  
Bibliografia p.37-39

1.Dendrometria. 2.Morfometria 3.*Araucaria  
angustifolia* – manejo I.Vuaden,Elisabete, orient.  
II.Universidade Tecnológica Federal do Paraná– Dois  
Vizinhos.III.Título

CDD: 634.95

Ficha catalográfica elaborada por Rosana Oliveira da Silva CRB: 9/1745

Biblioteca da UTFPR-Dois Vizinhos



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

DENDROMETRIA E MORFOMETRIA DA *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze  
SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE MANEJO

por

ÍRIS CRISTINA BERTOLINI

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 03 de abril 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. Claudio Thomas  
Membro titular (UTFPR)

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

Dedico à todos que colaboraram para a realização deste trabalho.

Dedico à minha mãe.

## AGRADECIMENTOS

À Deus por permitir esta conquista e por guiar meus passos.

Agradeço à minha família em especial minha mãe Irene Geteski Bertolini e minha irmã Neide Bertolini, pelo apoio emocional, pelo carinho e amor incondicional.

Aos familiares que contribuíram de uma forma ou outra para que essa conquista se tornasse realidade.

Agradeço a Marilene Aparecida Kothe (*in memoriam*), por ter sido fonte de inspiração, pela excelente e maravilhosa pessoa que foi em vida.

Aos meus amigos Anderson Luiz P. de Lima, Paulo Henrique Jung e Sandra Mara Krefta, pela parceria e auxílio na coleta dos dados.

As amigas inseparáveis Ana Suelem Sgarbi e Joseane Cristina Gallo, pela convivência e amizade verdadeira conquistada ao longo dos anos.

Ao professor Eleandro José Brun por ter sido um excelente “pai científico” no decorrer dos anos de bolsista PET.

A minha orientadora professora Elisabete Vuaden, pela paciência ao orientar e ensinar, por dedicar e dividir seu tempo para a realização deste trabalho.

A professora Veridiana Weber pelo apoio e sugestões.

Ao Sr. Valdomiro Galvan e a empresa Araupel pelo espaço cedido de seus povoamentos para o estudo.

“Que os vossos esforços desafiem as  
impossibilidades, lembrai-vos de que as  
grandes coisas do homem foram  
conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin.

## RESUMO

BERTOLINI, Íris Cristina. **Dendrometria e morfometria da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze sob diferentes condições de manejo**. 2013. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Florestal - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2013.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a dendrometria e a morfometria da *Araucaria angustifolia* em dois povoamentos florestais de mesma idade submetidos a diferentes condições de manejo. As áreas foram classificadas em: Local 1 - sem manejo localizado no município de Dois Vizinhos e Local 2 com manejo situado em Quedas do Iguaçu - PR. Os povoamentos tem 42 anos de idade, onde foram mensuradas 118 árvores de modo aleatório, sendo 60 árvores no Local 1 e 58 árvores no Local 2. As variáveis dendrométricas medidas foram: altura total (h), altura comercial (hc), altura de início da copa (hic), diâmetro à altura do peito (dap) e diâmetro de copa (dc) e as variáveis morfométricas foram: índice de saliência (is), índice de abrangência (ia), formal de copa (fc), proporção de copa (pc) e grau de esbeltez (ge). Os dados foram submetidos a análise de variância e análise de correlação de Pearson para verificar, respectivamente, a diferença e a correlação entre as variáveis morfométricas e dendrométricas dos diferentes locais de estudo. O procedimento Proc STEPWISE foi aplicado para modelar as equações para a relação entre o dc e o dap. Para a escolha da melhor equação, os parâmetros levados em consideração foram: maior valor de coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), menor valor de coeficiente de variação (CV%), maior valor de F calculado e boa distribuição dos resíduos. As variáveis altura total, altura comercial, comprimento de copa e diâmetro de copa foram as variáveis que apresentaram diferença significativa entre os locais de estudo. O diâmetro de copa foi a variável que apresentou maior correlação com o diâmetro à altura do peito, seguido das variáveis grau de esbeltez e índice de abrangência. E a equação que melhor representou essa relação foi  $\sqrt{dc} = 0,6177 + 0,04928 * dap$ . A diferença em nível e inclinação foi testada, mas não apresentou significância entre os locais de estudo, com isso verificou-se que a mesma equação pode ser usada para estimar o dc em ambos os povoamentos.

**Palavras-chave:** manejo florestal. espécie nativa. modelagem.



## ABSTRACT

BERTOLINI, Iris Cristina. **Dendrometry and morphometry of Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze under different management conditions.** 2013. 41 f. Work of Course Completion of Forestry - Federal Technological University of Paraná. Dois Vizinhos, 2013.

This study aimed to evaluate the dendrometry and morphometry of *Araucaria angustifolia* in two forest stands of the same age under different management conditions. The areas were classified as: Site 1 - without management in the city of Dois Vizinhos and Site 2 with management located in Quedas do Iguaçu - PR. The stands have 42 years old, where 118 trees were measured in random order, with 60 trees at Site 1 and Site 2 in 58 trees. Variables dendrometric measures were: total height (h), commercial height (hc), then start at the top (hic), diameter at breast height (dbh) and crown diameter (dc) and the morphometric variables were: index protrusion (s), coverage index (ai), formal canopy (fc), proportion of canopy (pc) and degree of slenderness (g). Data were subjected to analysis of variance and Pearson correlation analysis to assess, respectively, the difference and the correlation between morphometric variables and dendrometric the different study sites. The procedure Proc STEPWISE was applied to model the equations for the relationship between dc and dap. To choose the best equation, the parameters taken into consideration were: high value of determination coefficient ( $R^2_{aj}$ ), the lower value of coefficient of variation (CV%), the highest value of F calculated and good distribution of residuals. The variables height, commercial height, crown length and crown diameter were the variables that showed significant differences between the study sites. The crown diameter was the variable that showed the highest correlation with the diameter at breast height, followed by the variable degree of slenderness ratio and coverage. And the equation that best represents this relationship was  $\sqrt{dc} = 0.6177 + 0.04928 * dap$ . The difference in level and inclination was tested but was not significant among the study sites, it was found that the same equation could be used to estimate both the dc stands.

**Keywords:** forest management. native species. modeling.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ocorrência natural da <i>Araucaria angustifolia</i> .....	15
Figura 2 - Morfometria e características dimensionais de uma árvore.....	17
Figura 3 - Medição da altura com auxílio do hipsômetro Vertex.....	22
Figura 4 - Medida do dap com o uso da suta dendrométrica.....	23
Figura 5 - Medição dos raios de copa para a obtenção do diâmetro de copa .....	24
Figura 6 - Relação entre a variável dap e as variáveis morfométricas e dendrométricas nos diferentes locais de estudo.....	32
Figura 7 - Gráficos dos resíduos das equações.....	34
Figura 8 - Gráficos dos dados observados e estimados para a equação selecionada $\sqrt{dc}=0,61770+0,04988*dap$ .....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de variância, valores mínimos e máximos das variáveis dendrométricas e morfométricas da <i>Araucaria angustifolia</i> sob diferentes condições de manejo.....	27
Tabela 2 - Correlação de Pearson e significância das variáveis dendrométricas e morfométricas do Local 1.....	28
Tabela 3 - Correlação de Pearson e significância das variáveis dendrométricas e morfométricas do Local 2.....	29
Tabela 4 - Estatísticas das melhores equações ajustadas para a relação diâmetro de copa e dap.....	33
Tabela 5 - Análise de covariância do modelo $\sqrt{dc} = 0,61770 + 0,04928 * dap$ para verificar a diferença de inclinação entre os locais com e sem manejo.....	35
Tabela 6 - Análise de covariância do modelo $\sqrt{dc} = 0,61770 + 0,04928 * dap$ para verificar a diferença de nível entre os locais com e sem manejo.....	36

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
2.3 HIPÓTESE.....	12
2.4 JUSTIFICATIVA .....	12
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
3.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE.....	14
3.2 CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS E MORFOMÉTRICAS.....	15
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO .....	19
4.1.1 Local 1: Dois Vizinhos .....	19
4.1.2 Local 2: Quedas do Iguaçu.....	20
4.2 COLETA DE DADOS .....	20
4.2.1 Variáveis Dendrométricas Mensuradas.....	20
4.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS .....	24
4.3.1 Análise de Variância.....	24
4.3.2 Análise de Correlação Simples .....	25
4.3.3 Análise de Regressão Múltipla .....	25
4.3.4 Análise de Covariância.....	25
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>26</b>
5.1 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E MORFOMÉTRICAS .....	26
5.2 RELAÇÃO ENTRE DIÂMETRO DE COPA E DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO.....	32
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze, é uma espécie florestal de grande valor sócio-econômico e ambiental. A redução drástica da área da cobertura florestal foi devido à ocupação territorial para a formação das cidades, aliado a necessidade de novas áreas agrícolas para o abastecimento da população e principalmente devido ao valor econômico da madeira.

No século XIX as matas com araucária foram gradativamente exploradas, pois a comercialização da madeira era um dos produtos mais rentáveis para a economia brasileira, por ser uma espécie florestal de alto valor comercial, em função da qualidade da madeira. Devido a essa exploração desenfreada, hoje a araucária está na lista de espécies ameaçadas de extinção. Em uma tentativa de amenizar a extração dos fragmentos restantes, elaborou-se um decreto que proibiu o corte de espécies presentes na Mata Atlântica, entre elas a araucária (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS, 1993, p. 3).

Uma das principais razões que levou ao uso irracional da madeira de araucária deve-se ao fato de que as características físicas, químicas e anatômicas são favoráveis a diversos usos. A qualidade da madeira permite uma ampla variedade de utilização tanto de produtos madeireiros e não-madeireiros (Costa, 2011, p.19), dentre os quais se destacam: laminação, compensado, móveis, molduras, celulose e papel, construção civil, resina, óleos, terebintina, breu e outros produtos químicos, e ainda fornece a semente (pinhão) como alimento para a fauna e também para o consumo do ser humano (CARVALHO; MEDRADO; HOEFLICH, 2003, p. 2).

A madeira da araucária é considerada nobre, e altamente atrativa devido as suas características de densidade leve, em média  $0,55 \text{ g/cm}^3$ , com coeficiente de retratibilidade médio de 0,52%, coloração branca - amarelada, superfície lisa ao tato e textura uniforme, ótima trabalhabilidade e fácil manuseio com ferramentas e máquinas, porém apresenta baixa durabilidade e resistência quando exposta ao tempo (CARVALHO; MEDRADO; HOEFLICH, 2003, p. 1).

Por estas características que a madeira da araucária apresenta, é necessário que o manejo florestal sustentável e racional seja promovido, visando o rendimento sustentado dos produtos e a conservação da floresta em um sentido

mais amplo, com benefícios diretos e indiretos para toda a sociedade e principalmente o suprimento para a necessidade da população por papel, madeira, lenha e outros subprodutos, sem esgotar os recursos naturais (SANQUETTA, 2005, p. 4).

O manejo florestal sustentável é uma ferramenta que auxilia na interpretação do desenvolvimento de uma área florestada, tem por princípios garantir a produção e a extração contínua da floresta, através do planejamento e estudos sobre o crescimento e incremento da espécie, para que se possa fazer um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis (COSTA, 2011, p. 19).

Para que o manejo florestal seja feito de forma a maximizar a produção e garantir a perpetuidade das espécies, é importante estudar o comportamento e principalmente as características dendrométricas e morfométricas das árvores. Para isso, utilizam-se modelos matemáticos cujos parâmetros estimam o crescimento e comportamento expressando uma influência positiva e/ou negativa para determinada espécie, no caso a *Araucaria angustifolia*.

Segundo Orellana e Koehler (2008, p. 230) o estudo das relações morfométricas de uma espécie florestal, fornece subsídios básicos para estimativas da biomassa da copa, onde as variáveis dendrométricas, tais como: altura total, altura da copa e o diâmetro da copa podem ser correlacionados com a altura total e o diâmetro à altura do peito (dap).

A necessidade de estudos que contemplem a araucária deve-se ao fato do potencial madeireiro e o alto valor agregado da madeira, principalmente no comércio exterior.

Por ser uma espécie nativa e ameaçada de extinção, há a necessidade de manter a diversidade genética das populações, a importância ecológica para a fauna, e principalmente por ser uma das espécies nativas da região sul do país com o maior incremento volumétrico (ha / ano), aliado ao fato da forma cilíndrica e monopodial, que auxilia no desdobramento da madeira com rendimento superior quando comparada a outras espécies (*Pinus spp*, *Eucalyptus spp* e outras espécies nativas) (BANCO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO DO EXTREMO SUL, 2005, p. 11).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo avaliar as características dendrométricas e morfométricas da *Araucaria angustifolia*, sob diferentes condições de manejo.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar as características dendrométricas e morfométricas da *Araucaria angustifolia*.
- b) Comparar e verificar se existe diferença nas características das árvores pertencentes a povoamentos com e sem manejo.
- c) Descrever a relação entre o diâmetro de copa (dc) e diâmetro a altura do peito (dap) a partir de um modelo matemático.

### 2.3 HIPÓTESE

Têm-se como hipótese que a espécie *A. angustifolia*, apresenta diferença no comportamento das características morfométricas e dendrométricas entre as árvores submetidas a diferentes condições de manejo.

### 2.4 JUSTIFICATIVA

A necessidade de estudos para avaliar a dendrometria e morfometria da *Araucaria angustifolia* sob diferentes condições de manejo são necessários para o

conhecimento do comportamento desta espécie e como isso influencia no seu desenvolvimento. Essas informações são úteis para a preservação, produção e em planos de manejo sustentáveis, devido a sua importância ecológica, biológica e econômica.



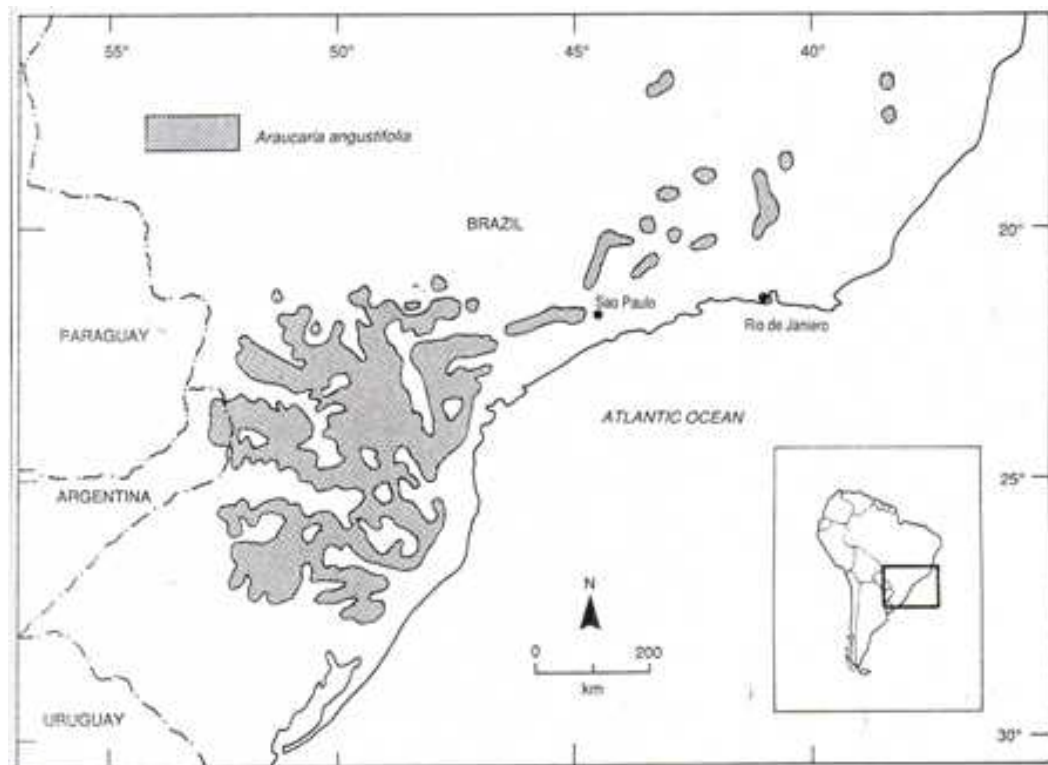
### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

A *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, é popularmente conhecida como pinheiro-brasileiro ou pinheiro-do-paraná, é uma espécie conífera pertencente a família Araucariaceae, encontrada na Floresta Ombrófila Mista (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991, p. 73).

É uma espécie nativa de ampla ocorrência geográfica, principalmente na região sul do Brasil e Argentina, em áreas com altitude de 500 a 800 metros (Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul), e região sudeste do Brasil (Minas Gerais, São Paulo) acima de 900 m de altitude (CARVALHO; CARPANEZZI, 2010, p.1).

Sua ocorrência é limitada entre as latitudes de 15° e 30° Sul e longitudes de 43° 30' e 57° 30' Oeste (Figura 1) (HUECK, 1972, p.20).



**Figura 1 – Ocorrência natural da *Araucaria angustifolia*.**  
 Fonte: Adaptado de Hueck, (1972).

É uma espécie arbórea pioneira, perenifólia, heliófita, dióica, longeva, de grande porte podendo chegar a medir mais de 50 metros de altura e mais de 2,5 metros de diâmetro a altura do peito (dap), seu tronco é cilíndrico e retilíneo, com crescimento monopodial, sendo que na fase juvenil a aparência da copa é piramidal diferente da fisionomia na fase adulta com a copa em formato umbeliforme (HARRI, 2008, p.17).

A principal característica da espécie é a formação de agrupamentos homogêneos, com dominância do dossel florestal e no sub-bosque apresenta espécies arbóreas de menor porte (HARRI, 2008, p.17).

A Mata de Araucária ocorre dentro do Bioma da Mata Atlântica, composta por fragmentos menores que 1000 hectares, que atualmente correspondem a aproximadamente 4% da formação original (GUERRA et al., 2002, p. 86).

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS E MORFOMÉTRICAS

Ao estudar as características morfométricas e dendrométricas de uma espécie florestal, é necessário conhecer as particularidades do local da implantação, como as condições climáticas (temperatura, precipitação, luminosidade), regeneração e competição (presença de sub-bosque), crescimento (altura, dap, incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA)), a topografia e o tipo de solo (nutrição, características químicas, físicas, microrganismos). Estes fatores são fundamentais e interferem no crescimento e desenvolvimento das árvores, que ainda dependem das características da espécie, influência da genética, e da interação com o ambiente em que ela está inserida (ZANON, 2007, p. 28).

As variáveis altura total, dap, diâmetro e comprimento da copa, são importantes para a prognose do comportamento das árvores dentro de um determinado local, seja área nativa ou plantada, pois são medidas que determinam quanto ao espaço necessário para a vitalidade, vigor, crescimento e desenvolvimento adequado da espécie. Estes dados correlacionados nos auxiliam na obtenção de estimativas para que seja possível calcular outras relações, como por exemplo, volume, incrementos (ICA e IMA), etc, (DURLO, 2001, p. 143).

As dimensões morfométricas de uma árvore são obtidas por meio de medidas e das relações entre as variáveis. São importantes quando se deseja saber a concorrência e o crescimento do povoamento, sendo possível devido a formulação de modelos matemáticos e estatísticos que possibilitam chegar a resultados mais próximos da realidade (DURLO; DENARDI, 1998, p. 56). Estas características morfométricas podem ser observadas com suas respectivas características dimensionais e variáveis denotadas abaixo (Figura 2).

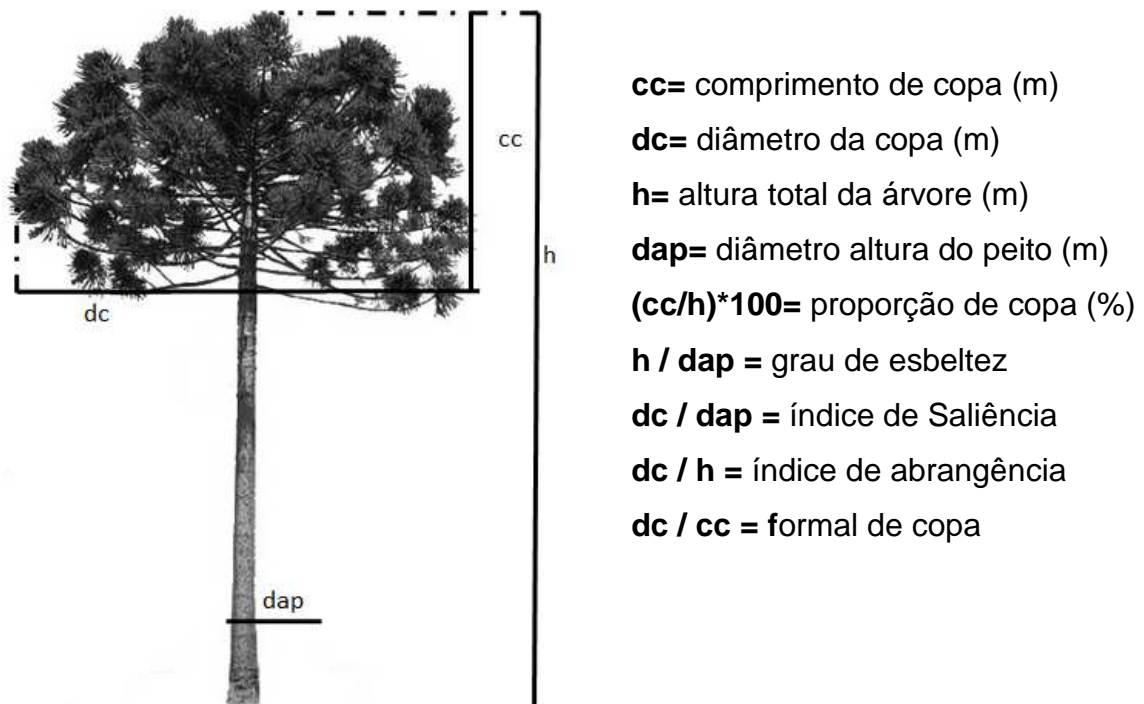


Figura 2 - Morfometria e características dimensionais de uma árvore.  
 Fonte: Modelo adaptado de Durlo e Denardi (1998).

De acordo com Orellana e Koehler (2008, p. 230), as variáveis altura total e dap, são as que estão diretamente correlacionadas com a morfometria da copa como: proporção de copa (pc), índice de saliência (is), índice de abrangência (ia), formal de copa (fc) e grau de esbeltez (ge), as quais fornecem dados importantes sobre o crescimento e a vitalidade da espécie.

A proporção de copa (pc) é a relação entre o comprimento da copa (cc) e a altura total da árvore (h), expresso em porcentagem (%). Esta variável se refere a abrangência da copa em relação a árvore que, segundo Durlo e Denardi (1998, p. 57), quanto maior esta relação da porcentagem da copa, esta indica a qualidade, vitalidade e potencial de produção da árvore.

A razão entre o diâmetro da copa e o dap é denominada de índice de saliência (is). Este índice indica quantas vezes a copa é maior que o diâmetro, sendo essa correlação importante para determinar o número máximo de árvores de um povoamento em uma respectiva área de copa (ORELLANA; KOEHLER, 2008, p. 230). O índice de saliência pode ser utilizado como indicador de desbaste, pois determina o espaço a ser liberado em torno de uma árvore, para que ela cresça sem concorrência (TONINI; ARCO-VERDE, 2005, p. 634).

O índice de abrangência (ia) é a relação entre o diâmetro da copa (dc) e a altura total da árvore (h). Quando há correlação entre o índice de abrangência e a altura das árvores, este índice pode ser utilizado como indicador de desbaste ao longo da vida do povoamento (DURLO; DENARDI, 1998, p. 58).

A relação entre o diâmetro de copa e a altura da copa é chamado de formal de copa (fc), sendo que, quanto menor essa relação, melhor a produtividade da árvore. Este índice também pode ser utilizado para a marcação de desbaste (DURLO; DENARDI, 1998, p. 58).

O grau de esbeltez (ge) caracteriza a estabilidade das árvores, sendo a relação entre a altura total da árvore (h) e o dap. Este grau indica que, quanto mais alta a relação mais instável é a árvore, pois as árvores são mais altas e mais finas. Do contrário, quanto menor a relação mais estável é a árvore, são mais baixas, porém mais grossas (COSTA, 2011, p. 83).

Assim, a importância em obter informações sobre a dendrometria e a morfometria da copa da araucária está relacionada às técnicas adequadas de tratamentos silviculturais e do manejo florestal, de acordo com as características e necessidades da espécie (COSTA, 2011, p. 19). O manejo de florestas visa a produção sustentável de madeira e de seus subprodutos e está associado com o planejamento do povoamento. A execução das técnicas silviculturais efetuadas no momento adequado, permitem a manipulação da luz no processo fotossintético, sendo notados pelo incremento da floresta ao longo do tempo, o qual está condicionado ao clima, solo, água, espécie, idade, entre outros fatores.

O manejo florestal aliado a produção sustentável da floresta, busca interferir no crescimento volumétrico da madeira, no crescimento em altura e diâmetro, os quais são expressos pelo incremento e pelas modificações ocasionadas na forma das copas através da desrama. Esses parâmetros são fundamentais para conhecer as exigências do espaço vital da espécie, para a modelagem da concorrência e para

o crescimento da floresta ou de árvores singulares (DURLO; SUTILI; DENARDI, 2004, p. 80).

Segundo Spathelf e Nutto (2000, p. 12), para que a modelagem de uma variável seja feita corretamente ela deve seguir alguns conceitos quanto a acurácia, a flexibilidade e o sentido biológico. Além de que as variáveis dependentes do modelo são escolhidas antes de selecionar o modelo adequado onde as variáveis que influenciam as variáveis independentes são testadas, e estas também devem seguir critérios como a facilidade de coleta do dado, acuracidade na medição e causalidade que é relação de causa e efeito ou vice-versa.

Os modelos de crescimento e produção florestal existentes e mais utilizados são: modelos em nível de povoamento; modelos de distribuição diamétrica; e modelos de árvores individuais (DAVIS; JOHNSON, 1987, p.539).

Os modelos em nível de árvores individuais levam em consideração uma única árvore como unidade básica para a modelagem. Fornece informações detalhadas sobre a dinâmica do crescimento e a estrutura do povoamento (CASTRO, 2011, p.6).

Estes modelos são importantes para o planejamento florestal, pois fornece estimativas de crescimento e rendimento da floresta (BURKHART, 1979, p. 2). Esse método oferece uma grande flexibilidade, tanto na modelagem, como no desenvolvimento de ferramentas de decisão, pois requer informações que são indispensáveis para o manejo florestal (NUTTO, 2001, p. 10).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Os dados foram coletados em dois povoados com 42 anos de idade, em dois municípios localizados na região Sudoeste e Centro-Oeste do Paraná.

Nos dois locais o clima segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa subtropical úmido mesotérmico com verão quente, com temperatura média do mês mais frio, inferior a 18°C com geadas pouco frequentes, e o mês mais quente com temperatura acima de 22°C, chuvas concentradas no verão e sem estação seca definida (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 2000, p. 1).

A vegetação original é classificada como Floresta Estacional Semidecidual, com áreas em transição para Floresta Ombrófila Mista, essa última ocorrendo em locais com altitudes mais elevadas.

#### 4.1.1 Local 1: Dois Vizinhos

O local 1 está situado no município de Dois Vizinhos, região Sudoeste do Paraná, a uma latitude de 25° 45' 00" Sul, longitude 53° 03' 25" Oeste e altitude de 520 metros em relação ao nível do mar. O povoamento tem 42 anos de idade, possui espaçamento de 5 x 5 m, sem a realização de qualquer tipo de manejo (adubação, limpeza da mata-competição inicial, desbaste seletivo, etc).

O solo da região Sudoeste é classificado como Nitossolo vermelho, com coloração vermelho escuro tendendo a coloração arroxeadada, composto por solos minerais derivados da rocha basáltica, rica em mineral ferromagnésico. O solo é caracterizado pela classe B textural, presença de blocos, poros e cerosidade na estrutura, característica típica desse solo e teor de ferro e óxido superior a 15% (SILVA et al., 2009, p. 1).

#### 4.1.2 Local 2: Quedas do Iguaçu

O local 2 está situado no município de Quedas do Iguaçu, região Centro-Oeste do Paraná, a uma latitude de 25° 27' 0" Sul, Longitude 52° 54' 28" Oeste e altitude de 630 metros. O povoamento tem 42 anos de idade com espaçamento inicial de 3 x 2 m, sendo realizado desbaste seletivo e tratamentos silviculturais como limpeza da mata competição.

O solo da região de Quedas do Iguaçu é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, típico a moderado, textura apresentando alto teor de argila, e relevo levemente ondulado com 5% de declividade. Solo normalmente profundo (> 2 m), alta porosidade e bem drenados, friáveis a muito friáveis, com horizonte B latossólico, sendo a cor vermelho-escuro dominante, indicando a forte presença da hematita na mineralogia da argila (BOGNOLA et al., 2011, p. 19).

## 4.2 COLETA DE DADOS

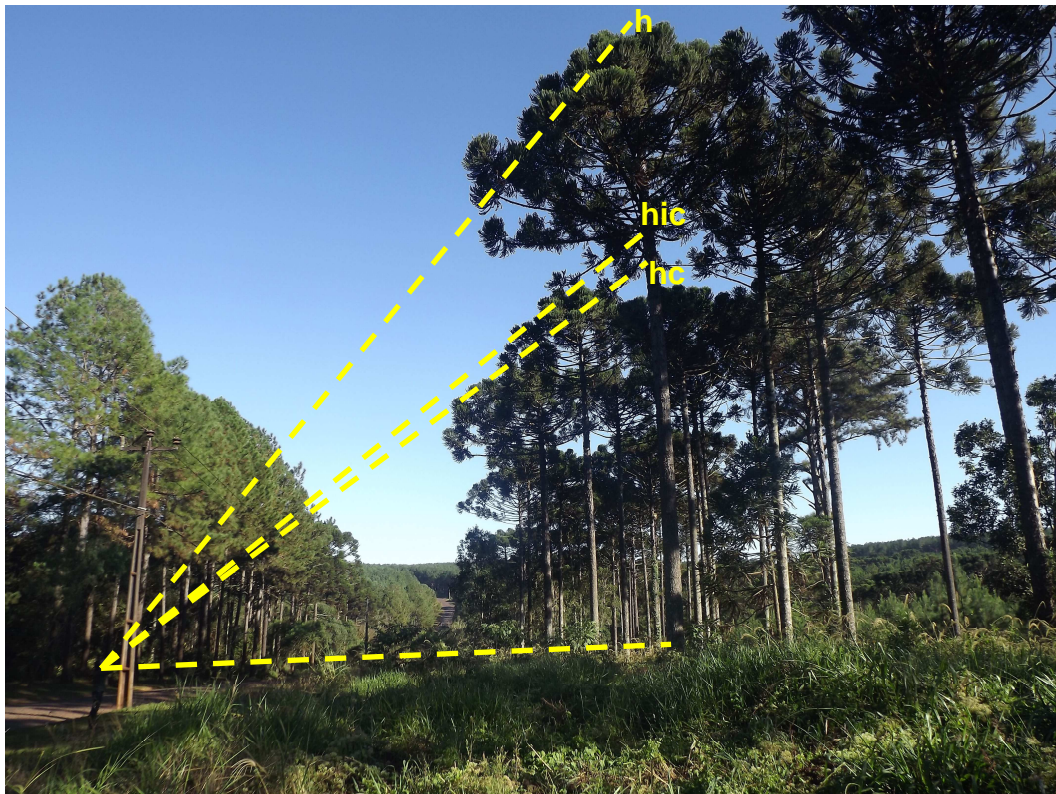
Para o estudo da morfometria e dendrometria da *Araucaria angustifolia*, as árvores individuais foram selecionadas de modo aleatório para que os dados amostrados representassem a variabilidade dos dados de toda a população.

As medições foram realizadas no período de maio a agosto de 2012, totalizando 118 árvores, sendo 60 árvores no local sem manejo (Local 1) e 58 árvores no local com manejo (Local 2).

### 4.2.1 Variáveis Dendrométricas Mensuradas

Para cada árvore selecionada foram tomadas as medidas das seguintes variáveis dendrométricas:

- a) Altura total ( $h$ ) medida com hipsômetro Vertex IV, em metros, considerando a distância do solo até o topo da árvore.
- b) Altura de início da copa ( $hic$ ) medida com hipsômetro Vertex IV, em metros, considerando a distância do solo até o ponto de inserção de copa.
- c) Altura comercial ( $hc$ ) medida com hipsômetro Vertex IV, em metros, considerando a distância do solo até o primeiro galho vivo. Conforme pode ser observado na Figura 3.



**Figura 3 – Medição da altura com auxílio do hipsômetro Vertex.  
Fonte: O autor (2013).**

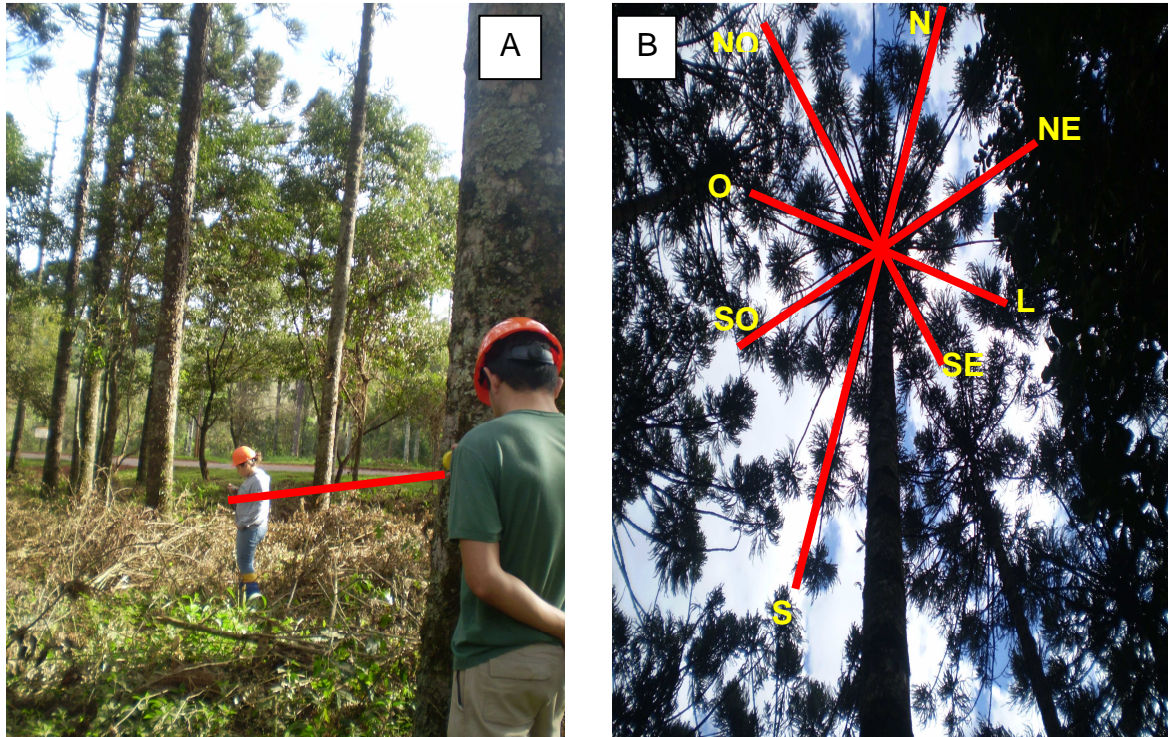
- d) Diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) medida com o uso de suta dendrométrica a 1,30 m da superfície do solo, para cada árvore o  $dap$  foi medido em duas posições formando um ângulo de  $90^\circ$  entre elas (Figura 4).





**Figura 4 – Medida do dap com o uso da suta dendrométrica.  
Fonte: O autor (2013).**

e) Diâmetro da copa (dc) calculado pela média aritmética de oito raios, os quais foram medidos com o auxílio da função DME do Vertex IV, baseando-se nos pontos cardeais (N, S, L, O, NO, NE, SE, SO) utilizando uma bússola como referência, conforme pode ser visto na Figura 5.



**Figura 5 – Medição dos raios de copa para a obtenção do diâmetro de copa.**

**Fonte: O autor (2013).**

Nota: (A) Medição da projeção dos raios de copa. Distribuição dos raios na copa da *Araucaria angustifolia* (B).

#### 4.1.2 Variáveis Morfométricas

As variáveis morfométricas foram obtidas através das relações entre as variáveis dendrométricas, com o intuito de verificar o comportamento da espécie. Neste caso, as variáveis morfométricas avaliadas foram:

a) Índice de saliência, calculado a partir da relação diâmetro de copa e dap:

$$is = dc / dap \quad (1)$$

b) Índice de abrangência, calculado pela relação entre o diâmetro de copa e a altura total:

$$ia = dc / h \quad (2)$$

c) grau de esbeltez, calculado pela relação entre a altura total e o dap:

$$ge = h / dap \quad (3)$$

d) formal de copa, calculado pela relação entre o diâmetro de copa e o comprimento da copa:

$$fc = dc / cc \quad (4)$$

e) proporção de copa, calculado pela relação entre o comprimento da copa e a altura total em porcentagem:

$$pc = cc / h * 100 \quad (5)$$

### 4.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os dados foram analisados com o auxílio dos softwares Microsoft Office Excel 2010 e Statistical Analysis System (SAS), versão 9.2 (SAS Institute Inc., 1999), pelas seguintes análises:

#### 4.3.1 Análise de Variância

Foram realizadas análises de variância pelo procedimento PROC GLM, para averiguar o efeito do manejo nas características dendrométricas e morfométricas da espécie. As diferenças estatísticas entre as médias foram determinadas a 5% de probabilidade de erro.

#### 4.3.2 Análise de Correlação Simples

Foram estabelecidas correlações lineares simples de Pearson ( $r$ ), pelo procedimento PROC CORR, entre todas as variáveis dendrométricas e morfométricas das araucárias com e sem manejo, considerando-se significâncias de 5% de probabilidade de erro.

#### 4.3.3 Análise de Regressão Múltipla

A modelagem foi realizada pela análise de regressão linear múltipla pelo procedimento PROC STEPWISE. A variável dependente diâmetro de copa ( $dc$ ), por apresentar alta correlação com o diâmetro à altura do peito ( $dap$ ), foi testada na forma aritmética, logarítmica, exponencial e inversa, enquanto que a variável independente  $dap$  foi testada nas formas: aritmética, logarítmica, quadrática, suas respectivas inversas e inversas quadráticas.

Para selecionar o melhor modelo de regressão, foi analisado o ajuste de cada equação comparativamente, observando-se os seguintes critérios estatísticos: menor coeficiente de variação ( $CV\%$ ), o maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), o maior valor de  $F$  e melhor distribuição dos resíduos sem tendência.

#### 4.3.4 Análise de Covariância

A análise de covariância foi aplicada para verificar a diferença de nível e tendência da equação selecionada para estimar a relação entre o  $dc$  em função do  $dap$ , entre as araucárias com e sem manejo. Com isso, verificou-se a necessidade ou não do uso de funções independentes, indicando assim a existência ou não de diferentes padrões de comportamento do  $dc$  em função do  $dap$ . A inclinação e o nível das curvas foram verificados utilizando o procedimento PROC GLM com significância de 5%.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS E MORFOMÉTRICAS

A análise de variância juntamente com os valores médios, mínimos e máximos das variáveis dendrométricas e morfométricas para *Araucaria angustifolia* demonstram o comportamento desta espécie conduzida sem manejo (Local 1) e com manejo (Local 2), como pode ser observado na Tabela 1.

**Tabela 1 – Análise de variância, valores mínimos e máximos das variáveis dendrométricas e morfométricas da *Araucaria angustifolia* sob diferentes condições de manejo.**

Variáveis	FV	Média	Min.	Máx.	F	Prob. > F
dap	Local 1	41,17	18,80	55,75	0,26	0,6082
	Local 2	40,47	30,0	57,70		
h	Local 1	21,22	13,20	27,70	4,88	0,0292
	Local 2	20,21	15,80	23,90		
hic	Local 1	15,02	7,90	22,70	0,14	0,7124
	Local 2	15,19	8,50	19,30		
hc	Local 1	11,57	4,40	15,90	24,83	0,0001
	Local 2	13,96	7,40	18,30		
dc	Local 1	7,53	1,63	13,70	3,92	0,0502
	Local 2	6,69	2,26	10,45		
cc	Local 1	6,37	2,1	12,87	9,16	0,0030
	Local 2	5,01	1,6	11,6		
is	Local 1	0,18	0,06	0,27	3,21	0,0759
	Local 2	0,17	0,06	0,24		
ia	Local 1	0,36	0,09	0,86	1,43	0,2345
	Local 2	0,33	0,13	0,52		
ge	Local 1	0,54	0,31	0,93	2,69	0,1039
	Local 2	0,50	0,35	0,74		
pc	Local 1	29,40	10,77	57,6	5,16	0,0250
	Local 2	24,94	8,60	57,71		
fc	Local 1	1,32	0,51	4,89	3,84	0,0525
	Local 2	1,58	0,55	4,02		

Onde: dap: diâmetro a altura do peito; h: altura total; hic: altura de início da copa; hc: altura comercial; dc: diâmetro da copa; cc: comprimento de copa; is: índice de saliência; ia: índice de abrangência; ge: grau de esbeltez; pc: proporção de copa; fc: formal de copa.

Analisando os dados da Tabela 1, nota-se que a variável diâmetro a altura do peito (dap) não apresentou diferença significativa entre as médias dos locais sem manejo (Local 1) e com manejo (Local 2). Porém, apesar de possuírem idades semelhantes, as árvores do local sem manejo apresentaram maior variação de dap para os valores mínimos e máximos em relação ao local com manejo.

Ao analisar a variável altura total (h) nota-se uma diferença significativa a 5% de probabilidade de erro entre as médias dos locais de estudo. As árvores do local sem manejo apresentaram em média um metro a mais quando comparadas ao local com manejo, apresentando também maior variação dos valores mínimos e máximos. Essa diferença na altura pode ser explicada em função da qualidade do sítio de cada local, pois o crescimento em altura é influenciado por fatores genéticos (origem) e pelas condições (biológicas, edáficas e climáticas) (CALDEIRA et al., 1996, p.3).

A variável altura de início da copa (hic) não obteve diferença entre as médias dos locais de estudo. Porém, para a variável altura comercial (hc) houve diferença significativa a 5% de probabilidade de erro. Nota-se que no local com manejo as árvores apresentaram em média 2 m a mais em relação ao local sem manejo. É importante destacar a importância do manejo para esta espécie, pois apesar de não diferenciarem em dap, nos locais com manejo, as árvores apresentaram maior altura comercial, ou seja, um maior comprimento do fuste, implicando com isso, um maior e melhor aproveitamento da madeira.

Analisando a variável diâmetro de copa (dc), houve diferença significativa a 5% de probabilidade de erro entre as médias dos diferentes locais de estudo. Nota-se que para esta variável no local sem manejo obteve valores de amplitude menores e maiores do que o local com manejo. Essa diferença pode estar relacionada a densidade do povoamento, visto que no local sem manejo, houve grande mortalidade na fase inicial do povoamento, então, as árvores tinham mais espaço para se desenvolver e expandir horizontalmente suas copas.

A variável comprimento de copa (cc) apresentou diferença significativa a 5% de probabilidade de erro entre as médias. No local sem manejo, as copas foram relativamente maiores comparando com as copas do local com manejo. Visto que as árvores do local sem manejo tiveram menor competição inicial, devido à falhas presentes no povoamento, o que favoreceu o desenvolvimento de galhos e diminuiu o efeito da desrama natural, ocasionando um maior comprimento de copa.

Ao analisar os índices morfométricos, o índice de saliência, abrangência, grau de esbeltez e formal de copa não apresentaram diferença significativa entre as árvores dos diferentes locais de estudo, já a proporção de copa apresentou média significativamente maior para o local sem manejo.

Costa (2011, p 1-148) estudou as relações morfométricas da *Araucaria angustifolia* em condições de floresta nativa, e verificou para a variável proporção de

copa valor médio de 30,07%, e valores mínimo e máximo entre 5% a 75%. Verificou para a variável formal de copa valor médio de 2,31, mínimo de 0,6 e máximo de 5,97. Verificou para a variável índice de abrangência o valor médio de 0,57, mínimo de 0,16 e máximo de 1,14. Para a variável índice de saliência o valor encontrado foi de 23,66, e para a variável grau de esbeltez o valor encontrado foi de 44,72.

Para Koehler (2009, p. 1-142), que estudou a morfometria em povoamentos jovens (7,3 anos) de *Araucaria angustifolia*, encontrou para a proporção de copa valores médios de 78%, mínimo de 59,5% e máximo de 86,8%. Para a variável índice de abrangência, verificou valores com média de 0,5, e para o formal de copa em média 0,7. E a variável índice de saliência apresentou valores de 39,0 em média.

Após verificar a existência ou não de diferença entre as médias das variáveis dendrométricas e morfométricas da *Araucaria angustifolia*, foram estabelecidas correlações lineares simples entre as mesmas, para analisar o grau de relação destas com o dap no local 1 (Tabela 2) e local 2 (Tabela 3).

**Tabela 2 – Correlação de Pearson e significância das variáveis dendrométricas e morfométricas do Local 1.**

Var	dap	h	hic	hc	dc	cc	is	ia	ge	fc	pc
dap	-	0,43	0,05	-0,26	0,83	0,46	0,44	0,67	-0,78	0,27	0,41
h	,0006	-	0,42	0,32	0,31	0,69	0,14	-0,09	0,16	-0,39	0,44
hic	0,520	,0009	-	0,36	-0,19	-0,18	-0,26	-0,37	0,37	0,03	-0,47
hc	0,041	0,013	0,005	-	-0,26	0,02	-0,15	-0,37	0,48	-0,25	-0,11
dc	,0001	0,015	0,13	0,045	-	0,43	0,84	0,90	-0,68	0,44	0,40
cc	,0002	,0001	0,15	0,882	,0005	-	0,79	0,91	-0,64	-0,50	0,94
is	,0005	0,271	0,04	0,258	,0001	,0001	-	0,83	-0,40	0,44	0,31
ia	,0001	0,476	0,003	0,003	,0001	,0001	,0001	-	-0,77	0,68	0,21
ge	,0001	0,218	0,003	,0001	,0001	,0001	,0014	,0001	-	-0,53	-0,18
fc	,0001	0,584	,0001	0,664	,0001	,0001	,0001	,0001	0,076	-	-0,47
pc	,0002	,0003	,0001	0,002	,0003	0,004	0,003	0,027	,0001	,0001	-

Onde: dap: diâmetro a altura do peito; h: altura total; hic: altura de início da copa; hc: altura comercial; dc: diâmetro da copa; cc: comprimento da copa; is: índice de saliência; ia: índice de abrangência; ge: grau de esbeltez; pc: proporção de copa; fc: formal de copa. A diagonal superior mostra os valores de t e a inferior as probabilidades.

**Tabela 3 – Correlação de Pearson e significância das variáveis dendrométricas e morfométricas do Local 2.**

Var	dap	h	hic	hc	dc	cc	is	ia	ge	fc	pc
dap	-	0,33	-0,10	-0,05	0,75	0,36	0,43	0,66	-0,79	0,01	0,29
h	0,010	-	0,56	0,48	0,24	0,05	0,15	-0,06	0,28	0,05	-0,15
hic	0,454	,0001	-	0,86	-0,16	-0,80	-0,18	-0,34	0,44	0,65	-0,90
hc	0,678	,0001	,0001	-	-0,09	-0,69	-0,15	-0,24	0,37	0,61	-0,76
dc	,0001	,076	,240	,501	-	0,36	0,84	0,95	-0,61	0,19	0,32
cc	0,005	0,723	,0001	,0001	0,005	-	0,78	0,93	-0,61	-0,74	0,97
is	,0007	0,254	0,178	0,246	,0001	,0001	-	0,82	-0,39	0,15	0,30
ia	,0001	0,638	0,008	0,068	,0001	,0001	,0001	-	-0,70	0,16	0,39
ge	,0001	0,031	,0005	,0035	,0001	,0001	0,002	,0001	-	0,02	-0,39
fc	,0001	0,274	,0001	,0001	,0001	,0001	,0001	,0001	,0001	-	-0,75
pc	0,022	0,272	,0001	,0001	0,015	0,0273	0,022	0,002	0,0026	,0001	-

Onde: dap: diâmetro a altura do peito; h: altura total; hic: altura de início da copa; hc: altura comercial; dc: diâmetro da copa; cc: comprimento da copa; is: índice de saliência; ia: índice de abrangência; ge: grau de esbeltez; pc: proporção de copa; fc: formal de copa. A diagonal superior mostra os valores de t e a inferior as probabilidades.

Observando as Tabelas 2 e 3, verifica-se que a variável dap teve correlação significativa com todas as variáveis, exceto altura de início da copa e altura comercial. Todas essas correlações significativas foram positivas, exceto para o grau de esbeltez, em que à medida que o diâmetro aumenta esta variável tende a diminuir, como pode ser constatado na Figura 6 (H).

O grau de esbeltez caracteriza a estabilidade das árvores, quando a relação é alta, indica que a árvore possui menor dap e maior crescimento em altura, sendo a árvore menos estável, do contrário, quanto menor esta relação, ela indica que as árvores são mais estáveis. Este comportamento foi encontrado por (COSTA, 2011, p. 91) estudando as relações morfométricas da *Araucaria angustifolia* em condições de floresta nativa, e essa mesma tendência foi observada por Durlo (2001, p. 146), ao estudar a *Cabralea canjerana*.

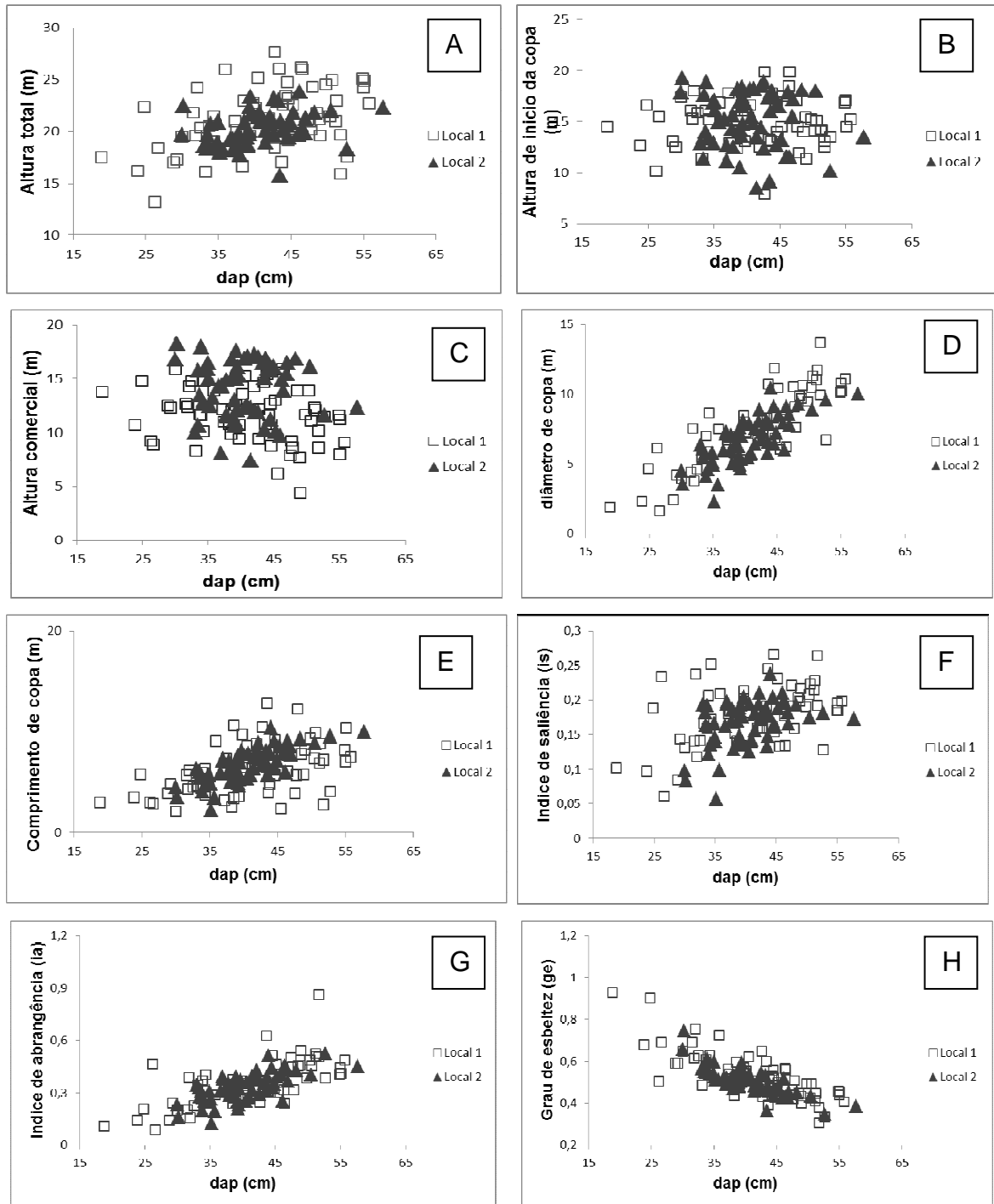
Verifica-se ainda que para os dois locais de estudo o diâmetro de copa seguido pelas variáveis grau de esbeltez e índice de abrangência tiveram maior correlação com o dap.

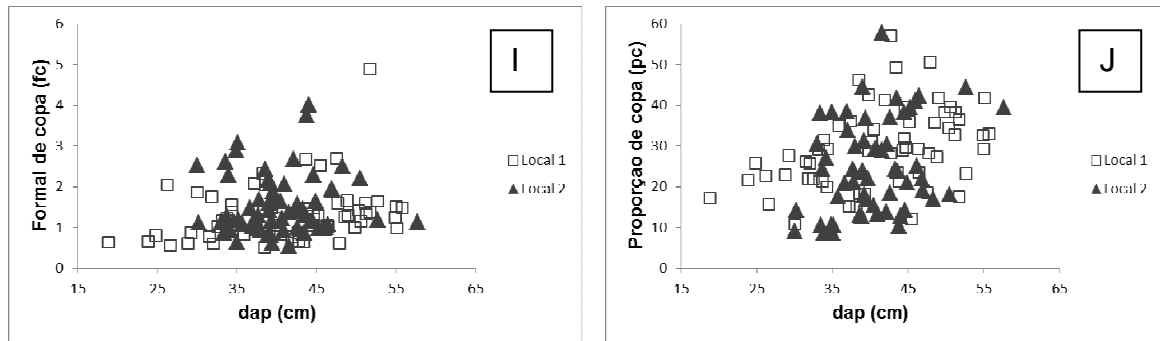
A variável índice de abrangência tende a aumentar com o crescimento em diâmetro da árvore, como pode ser observado na Figura 6 (G). Este comportamento foi semelhante ao encontrado por Roman et al., (2009, p. 477), em estudos com



louro-pardo (*Cordia trichotoma*) plantado e por Zanon (2007, p. 71), em estudos com *Araucaria angustifolia* aos 40 e 60 anos.

Na Figura 6 abaixo mostra a relação entre a variável dap com as demais variáveis morfométricas e dendrométricas.





**Figura 6– Relação entre a variável dap e as variáveis morfométricas e dendrométricas nos diferentes locais de estudo.**

**Fonte: O autor (2013)**

Nota: A - Relação altura e diâmetro. B - Relação altura de início da copa e diâmetro. C - Relação entre a altura comercial e o diâmetro. D - Relação entre o diâmetro de copa e o diâmetro. E - Relação entre o comprimento da copa (m) e o dap. F - Relação índice de saliência (is) e dap. G - Relação entre o índice de saliência e o dap. H - Relação entre o grau de esbeltez e o dap. I - Relação entre o grau de esbeltez e o dap. J - Relação entre a proporção de copa e o dap.

Na Figura 6, é comprovado maior heterogeneidade dos dados do local sem manejo, com maior dispersão e variação dos dados, enquanto que para o local com manejo estes valores são mais homogêneos.

A homogeneidade dentro de um povoamento florestal é um fator positivo, que permite maximizar a produção, pois o crescimento apresenta semelhança entre os indivíduos, agregando valor ao produto final (madeira).

A relação entre o diâmetro de copa e o dap segue na mesma tendência para ambos os locais, relação esta positiva e significativa, como pode ser visualizado na Figura 6 (D). A determinação dessa relação é fundamental para realizar a projeção do espaço vital ocupado por uma árvore para ter bom desenvolvimento. O conhecimento desse espaço permite antecipar o número de indivíduos selecionados e conduzidos até o final da rotação, quando se tem o diâmetro como objetivo (ROMAN, et al., 2009 p. 478).

O índice de saliência mostra quantas vezes o diâmetro de copa é maior que o dap, esta tendência é evidenciada na Figura 6 (F).

## 5.2 RELAÇÃO ENTRE DIÂMETRO DE COPA E DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO

Segundo Nutto (2001, p. 1-18) o diâmetro de copa é uma variável que auxilia no entendimento de outras características das árvores e está intimamente relacionado com o crescimento em diâmetro do tronco. Sendo assim, como a variável que apresentou maior correlação com o dap foi o diâmetro de copa, e para descrever essa relação, ajustou-se alguns modelos matemáticos, tendo como variável dependente o diâmetro de copa e variável independente o dap.

A Tabela 4, mostra a estatística das equações encontradas para descrever a relação entre diâmetro de copa e dap.

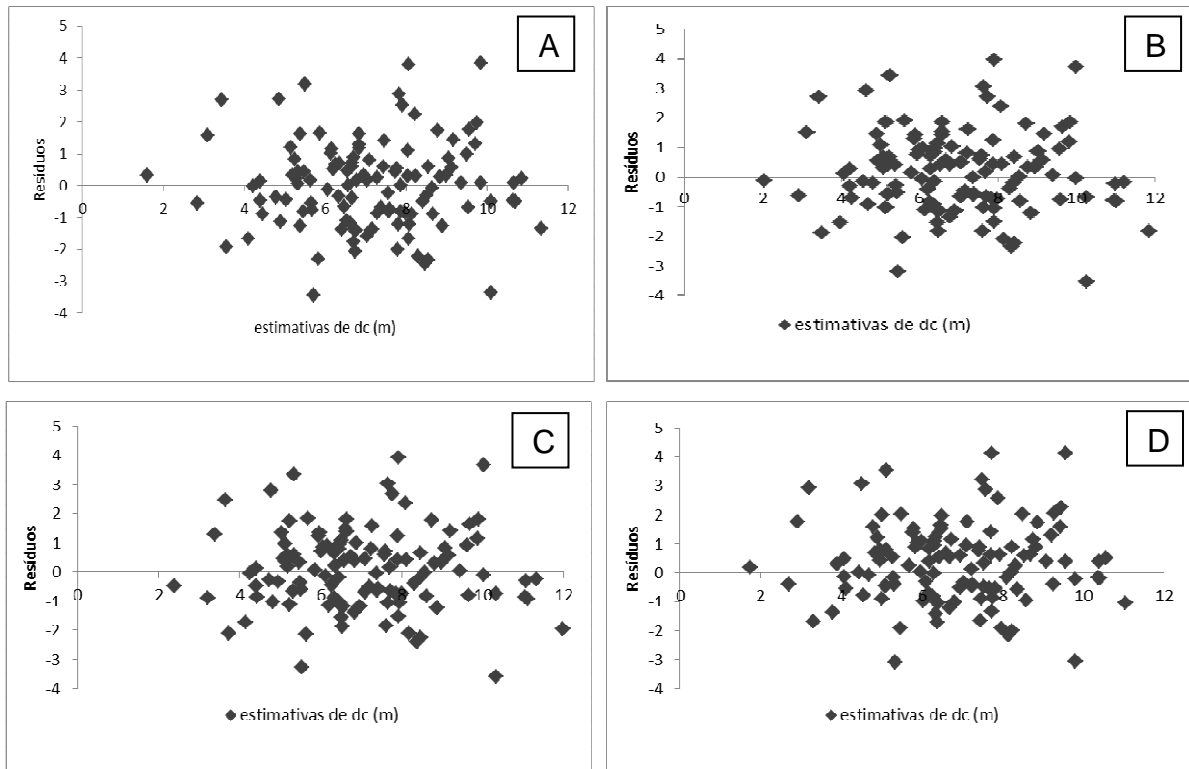
**Tabela 4 - Estatísticas das melhores equações ajustadas para a relação diâmetro de copa e dap.**

Equação	Coeficientes		$R^2_{aj}$	CV%	F
	b0	b1			
(1) $dc = b_0 + b_1 \cdot dap$	- 3,11201	0,25054	0,64	19,25	212,19
(2) $\ln dc = b_0 + b_1 \cdot \ln dap^2$	- 3,90109	0,78582	0,65	11,76	213,39
(3) $\sqrt{dc} = b_0 + b_1 \cdot dap$	0,61770	0,04928	0,65	10,16	215,96
(4) $1/dc = b_0 + b_1 \cdot 1/dap^2$	0,03305	191,40954	0,59	32,36	170,26

Em que: dap = diâmetro a altura do peito; dc = diâmetro da copa;  $R^2_{aj}$ : coeficiente de determinação ajustado; CV%: coeficiente de variação; F = valor de f calculado.

Observa-se que todos os modelos testados se comportaram de forma semelhante, com valores de coeficiente ajustado ( $R^2_{aj}$ ), coeficiente de variação (CV%) e valor de F com pouca variação, exceto para o modelo 4 que obteve valores um tanto discrepantes dos demais.

Na figura 7, verifica-se nos gráficos dos resíduos de cada equação boa distribuição dos mesmos entre os valores positivos e negativos, sendo considerados não tendenciosos.



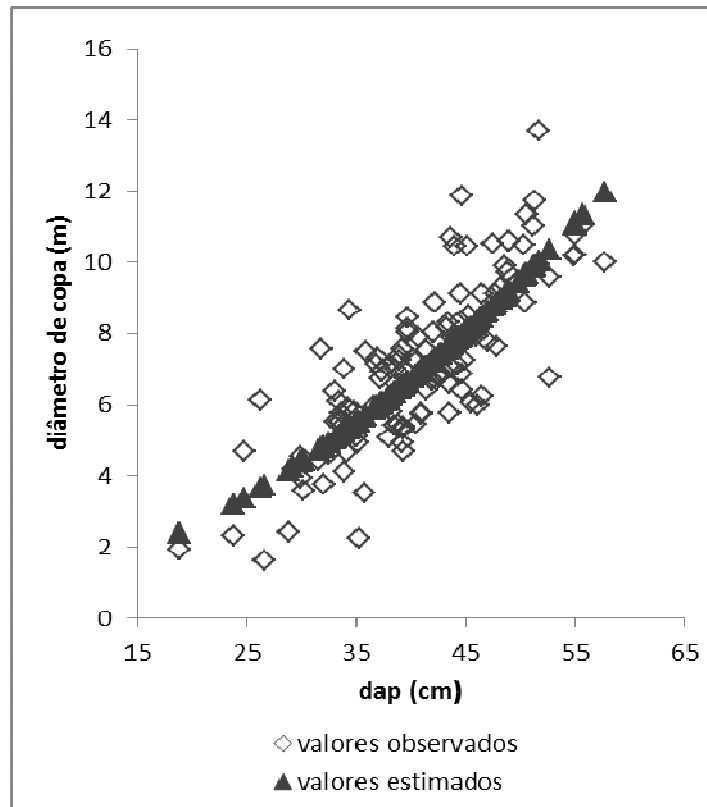
**Figura 7– Gráficos dos resíduos das equações.**

**Fonte: O autor (2013).**

Nota: (A) Resíduo da equação 1:  $dc = -3,11201 + 0,25054 * dap$ . (B) Resíduo da equação 2:  $\ln dc = -3,90109 + 0,78582 * \ln dap^2$ . (C) Resíduo da equação 3:  $\sqrt{dc} = 0,61770 + 0,04928 * dap$ . (4) Resíduo da equação 4:  $1/dc = 0,03305 + 191,40951 * 1/dap^2$ .

A equação selecionada que melhor representou a relação  $dc$  e  $dap$  foi a equação 3, notada por:  $\sqrt{dc} = 0,61770 + 0,04928 * dap$ , que obteve um dos maiores valores de coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), menor valor de coeficiente de variação (CV%), maior valor de F calculado e uma boa distribuição dos resíduos.

A Figura 8 mostra a distribuição dos valores observados de diâmetro de copa e  $dap$  juntamente com as estimativas da equação selecionada:  $\sqrt{dc} = 0,61770 + 0,04928 * dap$ .



**Figura 8– Gráfico dos dados observados e estimados para a equação selecionada  $\sqrt{dc} = 0,61770 + 0,04928 * dap$ .  
Fonte: O autor (2013).**

Na Tabela 5 mostra a análise de covariância do modelo escolhido (equação 3) a fim de verificar a diferença de inclinação entre os locais de estudo com e sem manejo para *Araucaria angustifolia*.

**Tabela 5 – Análise de covariância do modelo  $\sqrt{dc} = 0,61770 + 0,04928 * dap$  para verificar a diferença de inclinação entre os locais com e sem manejo.**

FV	GL	SQ	QM	F	Prob, > F
Modelo	3	15,6787	5,2262	74,37	<0,0001
Dap	1	11,3278	11,3278	161,19	<0,0001
Local	1	0,0019	0,0019	0,030	0,8682
dap Local	1	0,0154	0,0154	0,220	0,6405
Resíduo	114	8,0115	0,0702		
Total	117	23,6902			

Em que: dap = diâmetro a altura do peito; Local; 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.

Pela Tabela 5, nota-se que não houve diferença de tendência do modelo que descreve a relação dc x dap entre os locais de estudo, pois a interação apresentou valor de F igual a 0,030 não significativo.

Na Tabela 6, tem-se a análise de covariância para o modelo escolhido, a fim de verificar a diferença de nível entre os locais de estudo.

**Tabela 6 – Análise de covariância do modelo  $\sqrt{dc} = 0,61770 + 0,04928 * dap$  para verificar a diferença de nível entre os locais com e sem manejo.**

FV	GL	SQ	QM	F	Prob. > F
Modelo	2	15,6633	7,8316	112,20	<0,0001
Dap	1	15,1899	15,1899	217,62	<0,0001
Local	1	0,2514	0,2514	3,60	0,0602
Resíduo	115	8,0269	0,06979		
Total	117	23,6903			

Em que: dap = diâmetro à altura do peito; Local; 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 análise de covariância não mostrou diferença significativa de nível do modelo que descreve a relação dc x dap nos locais de estudo, com valor de F para o local igual 3,60 não significativo. Isso demonstra que o modelo que descreveu a relação entre o diâmetro de copa e o dap não diferiu estatisticamente em inclinação e em nível entre os locais de estudo com e sem manejo.

Verificou-se que este modelo possui a mesma tendência e nível, portanto a mesma equação pode ser utilizada para descrever o diâmetro de copa em relação ao diâmetro a altura do peito em ambos os locais.

## 6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem concluir que:

a) verifica-se maior heterogeneidade nos valores das variáveis dendrométricas e morfométricas da *Araucaria angustifolia* para o local sem manejo em comparação ao local com manejo.

b) existem relações estatísticas significativas entre diversas variáveis morfométricas e dendrométricas nos locais submetidos a diferentes condições de manejo; as variáveis dendrométricas diâmetro de copa e comprimento da copa e as variáveis morfométricas índice de saliência, abrangência e proporção de copa aumentam na medida em que aumenta o dap.

c) o diâmetro de copa foi a variável que obteve maior correlação significativa e positiva com o dap, seguido das variáveis grau de esbeltez e índice de abrangência em ambos os locais de estudo.

d) o grau de esbeltez obteve correlação alta e negativa com o dap, pois tende a diminuir com o aumento do diâmetro da árvore.

e) as árvores submetidas ao manejo tem altura comercial maior do que as árvores sem manejo, permitindo maior aproveitamento do fuste.

f) a equação selecionada para representar a relação entre o diâmetro de copa e o dap não diferiu em tendência e em nível entre os povoamentos dos locais com e sem manejo, podendo ser utilizada a mesma em ambos os povoamentos.

g) com estes resultados conclui-se que o manejo é uma ferramenta importante que permite ao gestor florestal analisar o comportamento do povoamento e realizar intervenções que maximizem a produção e melhorem a qualidade final desejada dos produtos florestais.

## REFERÊNCIAS

BOGNOLA, Itamar A.; FRITZSONS, Elenice; GRABIAS, Jennifer; AGUIAR, Ananda V. Caracterização dos solos experimentais com grevília, no Estado do Paraná. **Documentos**. Embrapa Florestas, n. 228, p.1-33, 2011.

BRDE. Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul. **Cultivo da Araucária angustifolia viabilidade econômico-financeira e alternativas de incentivo**. Florianópolis: BRDE, 2005.

BURKHART, Harold E. **Growth and yield of Southern pines**. 1979. Disponível em: < <http://sofew.cfr.msstate.edu/papers/8009Burkhart.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2012.

CALDEIRA, Marcos Vinicius W.; TONINI, Hélio; HOPPE, Juarez Martins; WATZLAWICK, Luciano Farinha; SELLE, Gerson Luiz. Definição de sítios em povoamentos de *Pinus elliottii Engelm.* na região de Encruzilhada do Sul, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.6, n.1, p.1-13, 1996.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho; CARPANEZZI, Antonio Aparecido. **Cultivo da Araucária**. 2010. Disponível em:< [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Araucaria/CultivodaAraucaria\\_2ed/Ocorrencia\\_Natural\\_Especie.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Araucaria/CultivodaAraucaria_2ed/Ocorrencia_Natural_Especie.htm)>. Acesso em: 20 set. 2012.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho; MEDRADO, Moacir José Sales; HOEFLICH, Vitor Afonso. **Cultivo do pinheiro-do-paraná**. 2003. Disponível em:< [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Araucaria/CultivodaAraucaria/16\\_produtos\\_e\\_utilizacoes.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Araucaria/CultivodaAraucaria/16_produtos_e_utilizacoes.htm)>. Acesso em: 22 set. 2012.

CASTRO, Renato Vinicius Oliveira. **Modelagem do crescimento em nível de árvores individuais utilizando redes neurais e autômatos celulares**. 2011. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em ciência Florestal. Viçosa. 2011.

COSTA, Emanuel A. **Influência de variáveis dendrométricas e morfométricas da copa no incremento periódico de Araucária angustifolia (Bertol.) Kuntze, Lages, SC**. 2011. 148 f. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal). Centro de Ciências Rurais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2011.

DAVIS, Lawrence S.; JOHNSON, Kirk N. **Forest Management**. 3ª ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1987.



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. 55-66, 1998.

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.; SUTILI, Fabricio, J.; DENARDI, Luciano. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 79-89. 2004.

GUERRA, Miguel P; SILVEIRA, Vanildo; REIS, Mauricio S; SCHNEIDER, Lineu. Exploração, manejo e conservação da araucária (*Araucaria angustifolia*). In: Simões, Luciana L.; Lino, Clayton F. (Eds.). **Sustentável Mata Atlântica: A exploração de seus recursos florestais**. São Paulo: SENAC, 2002. p.85-102.

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

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. **Decreto nº 750**, 1993. Disponível em: < [http://www.ibama.gov.br/flora/decretos/750\\_93.pdf](http://www.ibama.gov.br/flora/decretos/750_93.pdf)>. Acesso em: 28 março 2012.

HARRI, Lorenzi. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5ª ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.

HUECK, Kurt. **As florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica**. São Paulo, SP: Editora Polígono, 1972.

KOEHLER, Alexandre B. **Modelagem biométrica e morfometria em povoamentos jovens de *Araucaria angustifolia* (Bert.) KTZE., em Tijucas do Sul, estado do Paraná**. 2009. 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

NUTTO, Leif. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Berto.) O. Ktze. baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n.2, p. 9-25, 2001.

ORELLANA, Enrique; KOEHLER, Alexandre B. Relações morfométricas de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 229-237, 2008.

ROMAN, Maína; BRESSAN, Delmar A.; DURLO, Miguel 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.

SANQUETTA, Carlos R. **Perspectivas da recuperação e do manejo sustentável das florestas de araucária.** 2005. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/2005/08/09.shtml>>. Acesso em: 22 set. 2012.

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

SILVA, Luana; EMER, Aquélis A.; BORTOLONI, Camila. E.; ARRUDA, Josicléia H. Estudo de um Nitossolo vermelho com evidencia de caráter coeso da região sudoeste do Paraná. **Synergismus Scientifica** UTFPR, Pato Branco, v.4, n.1, 2009.

SPATHELF, Peter; NUTTO, Leif. **Modelagem aplicada ao Crescimento e Produção Florestal.** 2000. Disponível em:<<http://www.ufsm.br/dcf/seriestecnicas/serie2.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2012.

TONINI, Helio; ARCO-VERDE, Marcelo F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.40, n.7, p.633-638, 2005.

VELOSO, Henrique P.; RANGEL FILHO, Antonio L. R.; LIMA, Jorge C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro, IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1991.

ZANON, Magda Lea Bolzan. **Crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze diferenciado por dioicia.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2007.