

ANA CLÁUDIA DA SILVEIRA

**RELAÇÕES INTERDIMENSIONAIS E DINÂMICA ESTRUTURAL NO MANEJO
SUSTENTÁVEL DE *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze EM SANTA CATARINA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. André Felipe Hess

LAGES, SC

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC

Silveira, Ana Claudia da
RELAÇÕES INTERDIMENSIONAIS E DINÂMICA ESTRUTURAL
NO MANEJO SUSTENTÁVEL DE *Araucaria angustifolia*
(Bertol) Kuntze EM SANTA CATARINA / Ana Claudia da
Silveira. - Lages , 2017.
91 p.

Orientador: André Felipe Hess
Co-orientador: Veraldo Liesenberg
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação --
Seleção --, Lages, 2017.

1. Araucária. 2. Distribuição diamétrica. 3.
Morfometria. 4. Densidade Máxima. 5. Incremento
diamétrico. I. Hess, André Felipe. II. Liesenberg,
Veraldo . . .III. Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação -- Seleção --. IV. Título.

ANA CLÁUDIA DA SILVEIRA

RELAÇÕES INTERDIMENSIONAIS E DINÂMICA ESTRUTURAL NO MANEJO SUSTENTÁVEL DE *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze EM SANTA CATARINA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal, área de concentração: Produção Florestal.

Banca Examinadora:

Orientador/Presidente:

Prof. Dr. André Felipe Hess
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Lages – SC

Membro externo:

Elisabete Vuaden
Prof.^a Dr.^a Elisabete Vuaden
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Dois Vizinhos – PR

Membro interno:

Thiago Floriani Stepka
Prof. Dr. Thiago Floriani Stepka
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Lages – SC

Lages - SC, 28 de julho de 2017

Dedico esse trabalho à minha família, em especial meus pais Celina e João, pelo apoio, amor e incentivo e por não medirem esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me guiar, iluminar e orientar em todas as etapas de minha caminhada.

Aos meus pais João Ferreira da Silveira e Celina Nuernberg Ferreira da Silveira, pela educação, incentivo e amor incondicional. As minhas irmãs Maria Onilva, Neide, Denize e Sandra Mara e ao meu irmão Marcos Evandro pela compreensão e apoio em todas as minhas escolhas. Aos meus sobrinhos Maria Gabriella, João Gabriel, Pedro Vinícius, Julia Manoella, Ana Clara e João Marcos por trazerem mais alegria a minha vida. Gratidão por mesmo a distância, sempre permanecerem ao meu lado, incentivando e mandando energias positivas.

Ao meu orientador, Prof. Dr. André Felipe Hess, por possibilitar a realização deste trabalho, pela oportunidade de crescimento, pela orientação e pela confiança em mim depositada.

Aos queridos amigos que Lages e o mestrado me proporcionaram encontrar Jéssica Thalheimer Aguiar, Tarik Cuchi e Luis Paulo Baldissera Schorr, pela amizade, encontros, trocas de ideias, carinho, parceria, suporte emocional e incentivo. Foi possível caminhar de forma muito mais leve e alegre com vocês ao meu lado.

Aos colegas do programa de pós-graduação Giselli Moraes, Maycon Thuan, Taize Dreyer, Kemely Atanzio, Isadora Arruda, Tiago Doege, Gustavo Oliveira e Leonardo Kuhn, que compartilharam conversas, experiências e momentos de alegria.

Aos amigos de longa data, Leane Coelho, Denila Coelho, Giceli Schlickmann e Rosane Nava, pela convivência prazerosa, alegria, apoio, carinho e amizade dedicada todos esses anos. Obrigada por mesmo a distância serem amigas tão presentes. Ao grande amigo Paulo Henrique Jung (in memoriam), pela paciência, ensinamentos e parceria na época da graduação e pelo incentivo e apoio para a realização do mestrado.

Aos companheiros de saídas a campo Sandra Krefta, Diego Vinchiguerra, Mushue e Emanuel Costa. Obrigada pela dedicação e por estarem sempre prontos para ajudar.

À Pollyni Ricken pela disponibilidade de dados obtidos na primeira medição da área. Muito obrigada.

Ao proprietário da área Orli Souza, por permitir o desenvolvimento dessa pesquisa em sua propriedade.

Aos membros da banca examinadora Profa. Dra. Elisabete Vuaden e Prof. Dr. Thiag Floriani Stepka, pela disponibilidade e contribuição para o enriquecimento deste trabalho.

À Universidade do Estado de Santa Catarina, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade concedida e, aos professores pelos preciosos ensinamentos.

Ào Fundo de Apoio à Manutenção e ao Desenvolvimento da Educação Superior - FUMDES, pela concessão de bolsa de estudos.

Agradeço também aos que de alguma forma contribuíram, mesmo que indiretamente, para a realização deste trabalho. Obrigada pelos momentos de incentivo, carinho, dedicação, momentos felizes e os não tão felizes, mas que foram verdadeiras lições de vida, perseverança, compreensão, tolerância e paciência e que fizeram parte do meu crescimento.

Gratidão a todos que acreditaram em mim e que se sentem felizes com mais esta conquista em minha vida.

RESUMO

SILVEIRA, Ana Cláudia. **Relações interdimensionais e dinâmica estrutural no manejo sustentável de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze em Santa Catarina.** 2017. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2017.

Para direcionar à um manejo de qualidade se faz necessário um conhecimento básico sobre a dinâmica estrutural da floresta, a morfometria dos indivíduos, bem como suas relações interdimensionais. Os objetivos do trabalho foram descrever a dinâmica da distribuição diamétrica a fim de propor intervenções de manejo utilizando-se o quociente de Liocourt, avaliar as relações morfométricas, ajustar equações para a relação entre a densidade máxima de árvores por hectare em relação às variáveis de copa e verificar se os incrementos diamétricos médios e periódicos de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze somados com o diâmetro a altura do peito mensurado em 2012 são equivalentes aos diâmetros à altura do peito remeidos no ano de 2016. Os dados foram coletados em um fragmento de *A. angustifolia* de 84 ha em Lages, SC, sendo remeidos no ano de 2016 todos os indivíduos de araucária, os ingressos e verificado a ocorrência de mortalidade em 25 unidades amostrais permanentes de 400 m², instaladas no ano de 2012. Foram medidos o diâmetro à altura do peito, a altura total, altura de inserção de copa e quatro raios de copa de todos indivíduos com diâmetro a partir de 10 centímetros e de 121 araucárias obteve-se rolos de incremento. Também foram calculadas a intensidade de corte e a taxa de corte para ciclos de corte de 20, 25 e 30 anos. Os índices morfométricos calculados foram: grau de esbeltez, índice de saliência, índice de abrangência, formal de copa e proporção de copa. Com o conjunto de dados também foi calculado o diâmetro de copa, o fator de competição de copa, a área de superfície de copa, o volume de copa e número de indivíduos por hectare e para a verificação dos incrementos médios somados com o diâmetro a altura do peito mensurados em 2012 eram equivalentes aos diâmetros a altura do peito mensurados na remedição foi considerando o incremento médio obtido de cada árvore em 2012 e o incremento periódico. Para o quociente de Liocourt foi encontrado o valor de 1,32. As taxas de corte foram de 44,89 m³/ha, 63,64 m³/ha e 86,52 m³/ha para os ciclos de corte de 20, 25 e 30 anos respectivamente, dessa forma o volume potencial de madeira que pode ser retirado desse fragmento trariam benefícios econômicos, sociais e ecológicos. O número de árvores por classe diamétrica correlacionou-se positivamente somente com o grau de esbeltez, sendo que com as demais variáveis a correlação foi negativa, refletindo a concorrência por luz ao qual os indivíduos estão sofrendo. Os resultados encontrados para o Fator de Competição de Copa foi superior a 95% evidenciando um alto grau de cobertura do solo pelas copas, onde a densidade máxima por hectare considerando a área de superfície de copa e o volume de copa foi de 171 árvores para um diâmetro médio de 32 cm. O cálculo do diâmetro a altura do peito realizado através do incremento diamétrico foi similar aos dados de mensuração dessa variável obtidos a campo, tornando-se possível utiliza-los para prognose de diâmetros futuros das árvores de araucária.

Palavras-chave: Araucária; Distribuição diamétrica; Morfometria; Densidade máxima; Incremento diamétrico.

ABSTRACT

SILVEIRA, Ana Cláudia. **Interdimensional relations and structural dynamics in the sustainable management of *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze in Santa Catarina.** 2017. 91 f. Dissertation (Master in *Forest Engineering* – Area: *Forest Engineering*) – Santa Catarina State University. Forestry Engineering Graduate Program, Lages, 2017.

A basic understanding of the structural dynamics of the forest, the morphometry of individuals, as well as their interdimensional relationships is required to guide quality management. The objectives of this work were to describe the dynamics of the diametric distribution in order to propose management interventions using the Liocourt quotient, to evaluate the morphometric relationships, to adjust equations for the relation between the maximum density of trees per hectare in relation to the crown variables and to verify if the average and periodic diameter increases of *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze plus the diameter at breast height measured in 2012 are equivalent to the diameters at breast height remeasured in the year 2016. The data were collected in a fragment of A, and the mortality of 25 permanent sample units of 400 m², installed in the year of 2012, were measured in the year 2016. All the araucaria individuals were remeasured in the year of 2016. chest height, total height, crown insertion height, and four crown rays of all individuals with diameter a from 10 centimeters and 121 araucaria were obtained increment rolls. The cut intensity and cutting rate were also calculated for cutting cycles of 20, 25 and 30 years. The calculated morphometric indexes were: degree of slenderness, salience index, coverage index, formal crown and crown ratio. The canopy diameter, canopy competition factor, canopy area, crown volume and number of individuals per hectare were also calculated with the data set and for verifying the mean increments added with the diameter at height of the breast measured in 2012 were equivalent to the diameters of breast height measured in remeasurement was considering the average increment obtained from each tree in 2012 and the periodic increase. For the quotient of Liocourt was found the value of 1.32. The cutting rates were 44.89 m³ / ha, 63.64 m³ / ha and 86.52 m³ / ha for the cutting cycles of 20, 25 and 30 years respectively, in this way the potential volume of wood that can be from this fragment would bring economic, social and ecological benefits. The number of trees per diametric class correlated positively only with the degree of slenderness, and with the other variables the correlation was negative, reflecting the competition for light to which individuals are suffering. The results found for the Cup Competition Factor were higher than 95%, evidencing a high degree of soil cover in the crowns, where the maximum density per hectare considering crown surface area and crown volume was 171 trees for one average diameter of 32 cm. The calculation of the diameter at breast height performed through the diametric increment was similar to the measurement data of this variable obtained in the field, making it possible to use them to prognose the future diameters of araucaria trees.

Keywords: Araucaria; Liocourt's quotient; Diametric distribution; Morphometry; Maximum density; Diametric increase.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1–	Classes de diâmetro, frequências observadas e estimadas, área basal, volume, número de árvores e área basal a remover para um diâmetro máximo de 40 cm e valor de “q” de 1,32, para um povoamento natural de <i>Araucaria angustifolia</i> em Lages, SC.	35
Tabela 2 –	Classes de diâmetro, frequências observadas e estimadas, número de árvores e área basal a remover para um diâmetro máximo de 42,5 cm, com a simulação do valor de “q” de 1,1 e área basal remanescente variando entre 10, 12 e 14 m ² ha ⁻¹ para o fragmento de <i>Araucaria angustifolia</i> em Lages, SC.....	37
Tabela 3 –	Classes de diâmetro, frequências observadas e estimadas, número de árvores e área basal a remover para um diâmetro máximo de 42,5 cm, com a simulação do valor de “q” de 1,3 e área basal remanescente variando entre 10, 12 e 14 m ² ha ⁻¹ para o fragmento de <i>Araucaria angustifolia</i> em Lages, SC.....	38
Tabela 4 –	Classes de diâmetro, frequências observadas e estimadas, número de árvores e área basal a remover para um diâmetro máximo de 40 cm, com a simulação do valor de “q” de 1,5 e área basal remanescente variando entre 10, 12 e 14 m ² ha ⁻¹ para o fragmento de <i>Araucaria angustifolia</i> em Lages, SC.	39
Tabela 5–	Determinação da Taxa de Corte sustentada para o povoamento natural de <i>Araucaria angustifolia</i> , em 1 ha.	40
Tabela 6 –	Análise dos valores médios, mínimos e máximos das variáveis dendrométricas e morfométricas de <i>Araucaria angustifolia</i> no ano de 2016 em Lages, SC.	52
Tabela 7 –	Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis dendrométricas, morfométricas e o número de árvores por classe de diâmetro para <i>Araucaria angustifolia</i> em Lages, SC.	54
Tabela 8 –	Valores médios do número de árvores, diâmetro de copa e grau de esbeltez correspondente à cada classe diamétrica.	56
Tabela 9 –	Parâmetros estimados utilizando a técnica de Modelos Lineares Generalizados (MLG), com seus critérios de ajustes para o Diâmetro de copa (Dc) em função do número de árvores por classe de diâmetro em um fragmento de <i>Araucaria angustifolia</i> em Lages, SC.	57
Tabela 10 –	Parâmetros estimados utilizando a técnica de Modelos Lineares Generalizados (MLG), com seus critérios de ajustes para o Grau de Esbeltez (GE) em função do número de árvores por classe de diâmetro em um fragmento de <i>Araucaria angustifolia</i> em Lages, SC.	57
Tabela 11–	Valores do somatório da área de copa livre (ACL) e do fator de competição de copa (FCC) para cada parcela mensurada do fragmento de <i>Araucaria angustifolia</i> em Lages, SC.....	70
Tabela 12 –	Valores da Correlação de Pearson estabelecida entre as variáveis dendrométricas e morfométricas para <i>Araucaria angustifolia</i> em Lages, SC.....	72
Tabela 13 –	Diâmetro à altura do peito, diâmetro de copa e comprimento de copa calculados, área de superfície de copa, volume de copa e número de árvores por hectare calculados para um fragmento de <i>Araucaria angustifolia</i> em Lages, SC.....	75
Tabela 14 -	Incremento periódico e incremento médio por classe de diâmetro para <i>Araucaria angustifolia</i> em Lages - SC.	87

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

- Figura 1– Frequência observada e estimada para o diâmetro máximo de 40 cm, para *Araucaria angustifolia* em Lages, SC..... 33
- Figura 2 – Distribuição do número de árvores por centro de classe diamétrica na medição de 2012 e na remedição em 2016, para *Araucaria angustifolia* em Lages, SC..... 34
- Figura 3– Distribuição da frequência observada (Freq.Obs.) e da frequência ajustada (Freq.Ajust.) para floresta de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC, visando intervenções silviculturais como proposto por Liocourt, e considerando áreas basais remanescentes de 10; 12 e 14 m² ha⁻¹ com valores do quociente de Liocourt variando de: 1,1; 1,3 e 1,5; para um DAP máximo de 42,5 cm. 36
- Figura 4 – Mapa com a localização do fragmento natural de *Araucaria angustifolia* estudado, no município de Lages, SC. 48
- Figura 5 – Interação do diâmetro de copa (Dc) e do Grau de esbeltez (GE) com o número de árvores por classe de diâmetro e a análise gráfica dos resíduos em função do Dc e GE estimado utilizando as funções MLG que apresentaram melhores critérios estatísticos para um fragmento de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC..... 58
- Figura 6 – Imagem aérea da área de estudo com destaque para a demarcação do local de cada parcela instalada. 67
- Figura 7 – A: Diâmetro de copa observado e estimado com a equação ajustada em função do diâmetro a altura do peito; B: Comprimento de copa observado e estimado com a equação ajustada em função do diâmetro a altura do peito..... 73
- Figura 8 – Distribuição dos resíduos para as equações ajustadas para obtenção do diâmetro de copa e comprimento de copa em função do diâmetro a altura do peito..... 74
- Figura 9 – Densidade máxima de indivíduos considerando diâmetro a altura do peito e as curvas de área de superfície de copa e número de árvores por hectare para um fragmento de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC. 76
- Figura 10 – Densidade máxima de indivíduos considerando diâmetro a altura do peito e as curvas de volume de copa e número de árvores por hectare para um fragmento de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC. 76
- Figura 11 - Valores médios do diâmetro a altura do peito mensurados em 2016 e dos diâmetros a altura do peito no ano de 2012 mais o incremento diamétrico por classe de diâmetro..... 88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FOM	Floresta Ombrófila Mista
S	Sul
O	Oeste
SC	Santa Catarina
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
m	Metros
cm	Centímetros
DAP	Diâmetro à altura do peito
h ou Ht	Altura total
IPAv%	Incremento Periódico Anual em volume
ha	Hectare
hic	Altura de início de copa
rc	Raio de copa
rcm	Raio de copa médio
DC ou Dc	Diâmetro de copa
GE	Grau de Esbeltez
IS	Índice de Saliência
IA	Índice de Abrangência
CC ou Cc	Comprimento de copa
FC	Formal de copa
PC	Proporção de copa
SAS	Statistical Analysis System
MLG	Modelos Lineares Generalizados
AIC	Critério de Informação de Akaike
BIC	Critério de Informação Bayesiano
N ou n	Número de árvores
DCL	Diâmetro de copa livre de competição
ACL	Área de copa livre de competição
FCC	Fator de competição de copa
S	Área da unidade amostral
VC	Volume de copa
ASC	Área de superfície de copa
t	Tempo em anos
Inc	Incremento em diâmetro
IPA	Incremento periódico Anual
IM	Incremento médio

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
CAPÍTULO 1	27
MANEJO DE <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze COM BASE NO QUOCIENTE DE LIOCOURT, EM LAGES, SC.	27
RESUMO	27
ABSTRACT	28
1.1 INTRODUÇÃO	29
1.2 MATERIAIS E MÉTODOS	30
1.2.1 Área de estudo	30
1.2.2 Coleta e processamento dos dados	30
1.2.3 Intensidade e proposição de intervenção para três ciclos de cortes	31
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
1.3.1 Distribuição de frequência	32
1.3.2 Proposição de manejo com base no valor de ‘q’ de Liocourt	35
1.3.3 Intensidade e taxa de corte	39
1.4 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS BIBLIGRÁFICAS	41
CAPÍTULO 2	45
MORFOMETRIA DE <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze EM LAGES, SC.	45
RESUMO	45
ABSTRACT	46
2.1 INTRODUÇÃO	47
2.2 MATERIAIS E MÉTODOS	48
2.2.1 Área de estudo	48
2.2.2 Coleta dos dados	49
2.2.3 Índices Morfométricos	49
2.2.4 Análise de correlação	50
2.2.5 Interações entre características de copa e o número de árvores por classe diamétrica	50
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
2.3.1 Relações morfométricas	51

2.3.2 Análise de correlação	53
2.3.3 Interações entre as características de copa e o número de árvores por classe diamétrica.....	55
2.4 CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
CAPÍTULO 3	63
VARIÁVEIS DE COPA NA DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE MÁXIMA DE <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze, EM LAGES, SC.....	63
RESUMO.....	63
ABSTRACT	64
3.1 INTRODUÇÃO	65
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	66
3.2.1 Caracterização e localização da área de estudo	66
3.2.2 Coleta e processamento dos dados	66
3.2.3 Competição das copas	68
3.2.4 Determinação da densidade máxima por hectare	68
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
3.3.1 Competição das copas	69
3.3.2 Determinação da densidade máxima por hectare	72
3.4 CONCLUSÃO	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
CAPÍTULO 4	83
AFERIÇÃO ENTRE REMEDIÇÃO DO DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO COM MEDIDAS DO INCREMENTO PERIÓDICO EM DIÂMETRO PARA <i>Araucaria angustifolia</i>	83
ABSTRACT	84
4.1 INTRODUÇÃO	85
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	86
4.2.1 Área de estudo e coleta dos dados.....	86
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
4.4 CONCLUSÃO	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91

INTRODUÇÃO GERAL

A Mata Atlântica que é a segunda maior floresta pluvial tropical do continente americano (TABARELLI et al., 2005), abrigando várias formações florestais. No passado cobria mais de 1,5 milhões de km² (GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2003) e atualmente segundo Silva et al. (2016) possui aproximadamente 12,5% da sua cobertura original, na grande maioria em forma de pequenos fragmentos florestais os quais geralmente estão isolados em meio a paisagens antropizadas.

Dentre as formações florestais que copõe a mata Atlântica, está a Floresta Ombrófila Mista (FOM), a qual abriga inúmeras espécies endêmicas da fauna e da flora e também e vem passando nos últimos anos por um intenso processo de exploração. Uma das espécies de grande importância na FOM é a *Araucária angustifolia* (Bertol) Kuntze, que devido a alta qualidade de sua madeira (PAULA; ALVES, 2007), apresentando boas características físicas e mecânica em relação à sua densidade básica (CARVALHO; MEDRADO, 2003), foi alvo de intenso processo de exploração predatório, o qual resultou em uma diminuição drástica de indivíduos dessa espécie (MEDEIROS et al, 2005).

Todo esse cenário de exploração sem controle, obrigou os órgãos ambientais brasileiros a criarem leis proibindo o corte ou supressão da araucária (SILVA et al, 2011). Contudo, percebe-se que a legislação atual não favorece e nem incentiva o proprietário a manter e preservar a floresta, tornando-a, sob a ótica dos mesmos, uma área improdutiva e sem possibilidade de rentabilidade econômica. Em virtude disso, os produtores não apresentam interesse em manter área florestada em sua propriedade (JAEGER, 2014).

A proteção via proibição de uso significa uma desvalorização do bem, tendo como consequência, em alguns casos, a perda de interesse na conservação da matéria-prima (NUTTO, 2001). O desmatamento é um dos indícios mais aparentes da falta de um bom uso da floresta, outros que não estão tão aparentes, porém mais extensos, são a degradação da floresta existente e o desaparecimento de espécies (LOUMAN; CAMINO, 2004 apud ROSOT, 2007). McEvoy (2004) apud Rosot (2007), afirmaram que se desejamos manter as florestas na paisagem é imprescindível manejá-las.

Para direcionar à um manejo de qualidade se faz necessário maior conhecimento básico sobre a dinâmica estrutural da floresta, a morfometria dos indivíduos, bem como suas relações interdimensionais. Estudos dessa natureza e grandeza tem adquirido um papel importante, tornando-se um auxílio para um futuro manejo florestal sustentável da araucária, de forma que se possa usar o material excedente que a floresta disponibiliza, e ainda, manter

condições de regeneração e desenvolvimento dos indivíduos remanescentes, garantindo o equilíbrio do ambiente.

Com o aumento da eficiência do manejo florestal sustentável, a Floresta de Araucária poderá ser novamente valorizada pelas populações inseridas na sua região de ocorrência natural. Pois dessa forma, a floresta representará uma fonte de recursos na propriedade rural, pela produção de bens e serviços, além de garantir a conservação da biodiversidade, por proteger à fauna e à flora que abriga, integrar a paisagem de forma permanente, constituindo um elemento vivo e dinâmico e não somente um relicto inativo, mantido na propriedade apenas por força de lei. (ROSOT, 2007).

Dessa forma o objetivo da pesquisa foi descrever a dinâmica da distribuição diamétrica, comparando-a com os resultados da primeira medição na área no ano de 2012, a fim de propor intervenção de manejo utilizando-se o quociente de Liocourt, avaliar a intensidade de corte sustentável para ciclos de corte de 20, 25 e 30 anos, analisar as características morfométricas, ajustar equações para a relação entre a densidade máxima de árvores por hectare em relação com as variáveis de copa de um fragmento natural de *Araucaria angustifolia* localizado em Lages, SC, afim de fornecer subsídios necessários à elaboração de um plano de manejo para a espécie e verificar se os incrementos diamétricos médios e periódicos de *Araucaria angustifolia* somados com o diâmetro à altura do peito mensurado em 2012 equivalem aos diâmetros à altura do peito remeidos no ano de 2016.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

GALINDO-LEAL C.; CAMARA I. G. 2003. The Atlantic Forest of South America: Biodiversity status, threats, and outlook. Washington, DC: Island Press, 488 p.

JAEGER, F. Welche Auswirkungen hat das brasilianische Waldgesetz von 2001 auf das Verhalten der ansässigen Waldbesitzer, in Bezug auf die Waldbehandlung? Sind Veränderungen aufgrund der Novellierung 2012 erkennbar? 2014. 120 p. **Trabalho de conclusão de curso** (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Hochschule Für Forstwirtschaft Rottenburg, Rottenburg.

MEDEIROS, J. D.; SAVI, M.; BRITO, B. F. A. Seleção de áreas para criação de Unidades de Conservação na Floresta Ombrófila Mista. **Biotemas**. v. 18, n. 2, 2005.

NUTTO, L. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, v.11, p.9-25, 2001.

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. **897 madeiras nativas do Brasil: anatomia -dendrologia - dendrometria - produção - uso**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2007. 438 p.

ROSOT, M. A. D. Manejo florestal de uso múltiplo: uma alternativa contra a extinção da Floresta com Araucária? **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 55, p.75-85, dez. 2007. Disponível em: <<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/121/80>> Acesso em 25 de maio de 2015.

SANQUETTA, C. R. **Perspectivas da recuperação e do manejo sustentável das florestas de araucária**. 2005. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/2005/08/sanquetta.htm>>. Acesso em: 25 de maio de 2015.

SILVA, M. N.; BUCK, A. L. B.; LINGNAU, C.; MACHADO, Á. M. L.; MIRANDA, B. P. Varredura com laser terrestre para determinação das variáveis dendrométricas da *Araucaria angustifolia*. In: **Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto**, 15. (SBSR)., 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 5509-5516. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0996.pdf>> Acesso em 25 de maio de 2015.

SILVA, J.M. C.; PINTO, L. P.; HIROTA, M.; BEDÊ, L.; TABARELLI, M. Conservação da Mata Atlântica brasileira: um balanço dos últimos dez anos. IN: CABRAL, D. C.;

BUSTAMANTE A. G. *Metamorfose Florestal: culturas, ecologias e as transformações históricas da Mata Atlântica*. Curitiba: Prismas, 2016.

TABARELLI, M., PINTO, L.P., SILVA, J.M.C., HIROTA, M.M., BEDÊ, L.C. 2005. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade*. 1(1):132-138.

CAPÍTULO 1

MANEJO DE *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze COM BASE NO QUOCIENTE DE LIOCOURT, EM LAGES, SC

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de descrever a dinâmica da distribuição diamétrica a fim de propor intervenção de manejo utilizando-se o quociente de Liocourt em um fragmento de *Araucaria angustifolia* com 84 ha em Lages, SC. No ano de 2012 foram instaladas 25 unidades amostrais permanentes de 400 m² (20 m x 20 m, sendo medidos os diâmetros à altura do peito e a altura total de todos os indivíduos de araucária com diâmetro a partir de 10 centímetros. No ano de 2016 todos os indivíduos foram remedidos, verificando a ocorrência de ingresso e mortalidade. Para o cálculo do quociente “q” de Liocourt os indivíduos foram divididos em classes diamétricas com intervalos de classe de 5 cm. Foi calculada também a intensidade de corte e a taxa de corte para os ciclos de corte de 20, 25 e 30 anos, com base na taxa de incremento diamétrico para cada ciclo obtido por dendrocronologia. O fragmento apresentou distribuição conforme o esperado para florestas nativas, gerando uma curva de distribuição em J-invertido. O valor encontrado para o quociente de Liocourt foi de 1,32, demonstrando que a floresta possui um predomínio de árvores nas classes de menor diâmetro e a ocorrência de poucos indivíduos com grandes dimensões. As taxas de corte foram de 44,89 m³/ha, 63,64 m³/ha e 86,52 m³/ha para os ciclos de corte de 20, 25 e 30 anos respectivamente.

Palavras-chave: Pinheiro do Paraná, Distribuição diamétrica, Manejo Florestal.

CHAPTER 1

MANAGEMENT OF *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze BASED ON THE LIOCOURT QUOTIENT IN LAGES, SC

ABSTRACT

This work was developed with the purpose of describing the dynamics of the diametric distribution in order to propose management intervention using the Liocourt quotient in a fragment of *Araucaria angustifolia* with 84 ha in Lages, SC. In the year of 2012, 25 permanent sample units of 400 m² (20 mx 20 m) were installed, and the diameter at the height of the chest and the total height of all araucaria individuals with a diameter of 10 centimeters were measured. the individuals were remeasured, checking the occurrence of ingress and mortality. To calculate the "q" quotient of Liocourt individuals were divided into diametric classes with class intervals of 5 cm, and the cut intensity and cut rate for the cut cycles of 20, 25 and 30 years, based on the diametric increase rate for each cycle obtained by dendrochronology, the fragment presented distribution as expected for native forests, generating an inverted J-distribution curve. found for the quotient of Liocourt was 1.32, demonstrating that the forest has a predominance of trees in the smaller diameter classes and the occurrence of few individuals. The cutting rates were 44.89 m³ / ha, 63.64 m³ / ha and 86.52 m³ / ha for the cutting cycles of 20, 25 and 30 years, respectively.

Keywords: Pinheiro do Paraná, Diametric distribution, Forest Management.

1.1 INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze, é uma espécie nativa característica e exclusiva da Floresta Ombrófila Mista (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003). Apresentando madeira de alta qualidade e ampla aplicabilidade (PAULA; ALVES, 2007), essa característica aliada ao elevado valor comercial de sua madeira, fez com que a espécie fosse no passado alvo de intenso processo de exploração predatório, o qual resultou em uma diminuição drástica dos indivíduos (MEDEIROS et al, 2005).

Os remanescentes destes fragmentos florestais estão estimados em 2 a 4% da área de cobertura original (GUERRA et al., 2002). A redução da área de floresta com araucária fez com que fossem criadas leis proibindo o corte ou supressão da *A. angustifolia* (SILVA et al, 2011).

Uma medida eficaz contra o avanço da fragmentação da Floresta Ombrófila Mista segundo Rosot (2007) seria o manejo florestal. Sanquetta (2005) destacou que o manejo florestal é um elemento decisivo para perpetuar a sobrevivência da araucária, uma vez, que pode contribuir para estimular a regeneração natural, aumentando também as taxas de crescimento das árvores remanescentes e diminuindo as taxas de mortalidade natural na floresta. Mas para se chegar à um manejo de qualidade se faz necessário obter conhecimentos básicos sobre a dinâmica estrutural da floresta.

A dinâmica de uma floresta pode ser compreendida através da avaliação dos incrementos em diâmetro, em altura e em área basal considerando um intervalo de tempo estabelecido. Outra informação fundamental são o ingresso e a mortalidade de indivíduos, especialmente quando se considera o uso sustentável dos recursos florestais (MELLO, 1999).

A inferência sobre o passado e o futuro das comunidades vegetais pode ser realizada com o uso de algumas ferramentas, dentre elas destaca-se a análise da distribuição diamétrica, a qual sob o ponto de vista de produção permite caracterizar o estoque de madeira disponível antes de uma exploração e fornecer informações que auxiliam na tomada de decisões sobre a necessidade de reposição florestal (SCOLFORO et al., 1998; PULZ et al., 1999).

O Frances F. de Liocourt, em 1898 foi o precursor de estudos relacionados com a estrutura diamétrica de florestas inequidâneas, quando conceituou a distribuição do número de árvores por hectare (N/ha), por classe de diâmetro (MEYER, 1933). Ao comparar o número de fustes de sucessivas classes diamétricas, Liocourt, encontrou uma razão (q) constante para o povoamento florestal em estudo, sendo esta razão denominada de “lei de Liocourt” e chamada de floresta balanceada por Meyer (1933).

Segundo Meyer (1933), na floresta balanceada o número de árvores nas sucessivas classes de diâmetro decrescem em progressão geométrica constante. A distribuição diamétrica de uma floresta inequidiana, é a distribuição do número de árvores por hectare (Y_j) por classe de diâmetro (X_j), a qual segue uma curva decrescente na forma de um J-invertido.

O objetivo do trabalho foi descrever a dinâmica da distribuição diamétrica, comparando os resultados da remedição realizada em 2016, com a primeira medição na área em 2012, a fim de propor intervenção de manejo utilizando-se o quociente de Liocourt e calcular a intensidade de corte sustentável para ciclos de corte de 20, 25 e 30 anos em um fragmento de *Araucaria angustifolia* com 84 ha em Lages, SC.

1.2 MATERIAIS E MÉTODOS

1.2.1 Área de estudo

O local de estudo é um fragmento de *Araucaria angustifolia*, localizado no município de Lages, SC, com área total de 84 ha. Está situado nas coordenadas de 27°49'27"S e 50°06'26"O. O clima é mesotérmico úmido, com verões brandos (Cfb), segundo a classificação climática de Köppen. O município possui uma altitude aproximada de 987 m, com variação da temperatura anual média entre 13,8°C e 15,8°C e precipitação pluviométrica média anual variando de 1360 mm a 1600 mm (EPAGRI, 2002).

1.2.2 Coleta e processamento dos dados

No ano de 2012 foram instaladas na área 25 parcelas (método de área fixa), tendo dimensão de 20 m x 20 m, totalizando 400 m² cada, distribuídas de forma sistemática, onde a distância entre parcelas é de 50 m e entre linhas de 100 m. Os dados biométricos foram coletados de todas as árvores de araucária com diâmetro à altura do peito (DAP) a partir de 10 cm. Em 2016 foram remedidas todas as árvores quanto ao DAP e a altura total (h) e as araucárias ingressantes, ou seja, aquelas que o DAP atingiu 10 cm, para isso utilizou-se a suta e o hipsômetro (trupulse), respectivamente, também foi verificado se houve mortalidade.

Para calcular o quociente “q” de Liocourt, avaliar a estrutura diamétrica e propor o manejo sustentável para o fragmento de araucária, os indivíduos foram divididos em classes diamétricas com intervalos de 5 cm. Os dados de frequência por classe de diâmetro foram ajustados utilizando-se a função de distribuição de Meyer (equação 1):

$$N_i = e^{\beta_0 + \beta_1 \cdot \text{DAP}_i} + \varepsilon_i \quad (1)$$

Onde: N_i = frequência por hectare na classe de diâmetro i ; DAP_i = centro de classe de DAP, em centímetros; β_0 , β_1 = coeficientes de regressão estimados; ε = erro residual.

A partir da função de distribuição ajustada foi obtido o quociente “q”, com o uso da equação 2, onde:

$$q = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 \cdot \text{DAP}_i)}}{e^{(\beta_0 + \beta_1 \cdot \text{DAP}_{i+1})}} \quad (2)$$

Sendo a razão entre as frequências de uma classe de diâmetro qualquer (X_i), pela frequência imediatamente acima (X_{i+1}).

1.2.3 Intensidade e proposição de intervenção para três ciclos de cortes

Para o cálculo do volume utilizou-se a equação ajustada por HESS (2006), para diferentes locais no Rio Grande do Sul, com $R^2_{aj.}$ de 0,99, erro padrão de 0,0254 m³, coeficiente de variação de 4,16% e valor de F de 26277, 8 (equação 3):

$$v = 0,0071 + 0,00005 \cdot d^2 + 0,00003 \cdot d^2 \cdot h + 0,00004 \cdot d \cdot h^2 - 0,0006 \cdot h^2 \quad (3)$$

Sendo:

v = volume em metros cúbicos; d = diâmetro à altura do peito em centímetros; h = altura total em metros.

O incremento periódico percentual anual em volume (IPAv%) para a área é de 1,68%, para um ciclo de corte de 25 anos, conforme Ricken (2014). Considerando esse ciclo de corte foi determinado a intensidade de corte (equação 4) e a taxa de corte utilizando a equação 5.

$$IC = \left[1 - \left(\frac{1}{1,0i_{cc}} \right) \right] * 100 \quad (4)$$

Sendo:

IC: Intensidade de corte, em porcentagem do volume; i : Incremento periódico anual percentual em volume; cc : Ciclo de corte em anos.

$$TC = V_r * \frac{IC}{100} \quad (5)$$

Onde:

TC: Taxa de corte em volume para o ciclo de corte; Vr: Volume real da floresta disponível, em metros cúbicos; IC: Intensidade de corte.

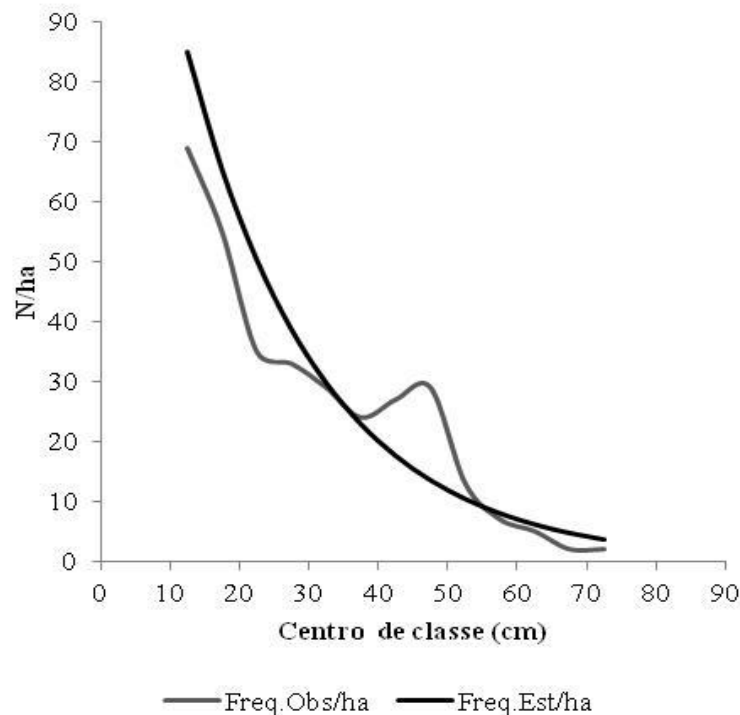
Foram considerados ciclos de corte de 20, 25 e 30 anos, tomando como base estudos realizados na mesma área por Hess (2010), onde obteve um ciclo de corte de 23 anos e Ricken (2014), que estabeleceu um ciclo de corte de 25 anos.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 Distribuição de frequência

A distribuição diamétrica do fragmento de araucária comportou-se como o esperado para florestas inequiâneas (Figura 1), apresentando curvas de distribuição em forma de J-invertido (GUIMARÃES, 2005; ALVES JUNIOR, 2007; HESS et al., 2010; HESS, 2012; RICKEN, 2014). A distribuição do fragmento apresenta estrutura balanceada, o que possibilita a determinação de intervenção com base no modelo para florestas inequiâneas proposto por Liocourt.

Figura 1 – Frequência observada e estimada para o diâmetro máximo de 40 cm, para *Araucaria angustifolia* em Lages, SC.

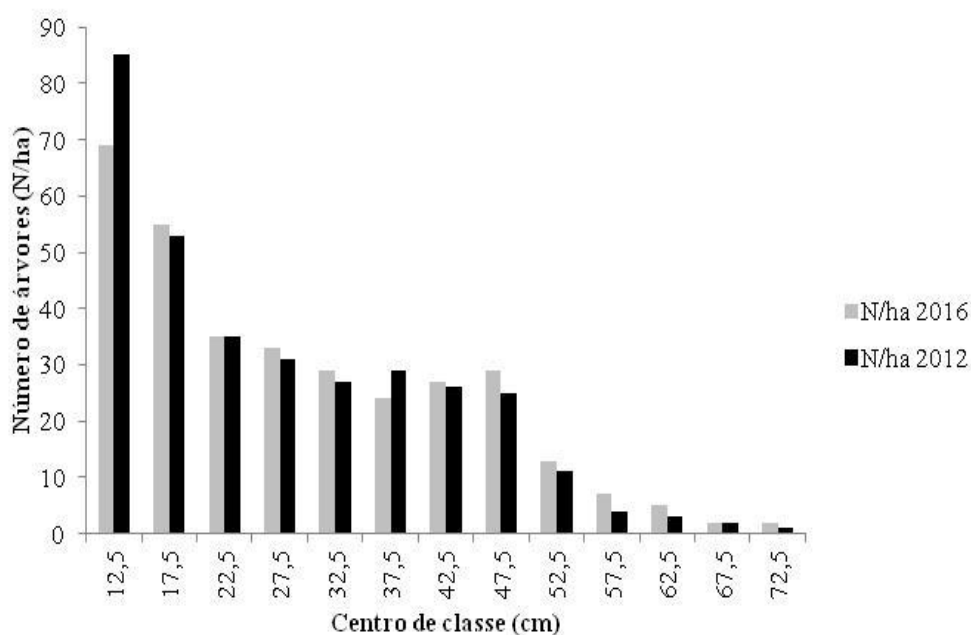


Fonte: produção do próprio autor, 2017.

O valor do Quociente “q” de Liocourt para o fragmento estudado foi de 1,32, enquanto que em 2012 no primeiro levantamento desse fragmento o valor encontrado por Ricken foi de 1,4. Hess et al. (2010); Hess (2012) e Hess et al (2014), em outras pesquisas utilizando o quociente de Liocourt como proposta para o manejo de *A. angustifolia* na serra Catarinense, encontraram valores de “q” de 1,33, 1,32 e 1,1 respectivamente. Valores de Liocourt assemelhando-se a 1 indicam que há maior concentração de indivíduos nas classes iniciais de diâmetro e baixa frequência nas classes de maiores diâmetros (ALVES JUNIOR et al., 2010).

O valor menor de “q” encontrado nessa remedição (2016), comparado com o levantamento em 2012, deve-se ao fato da diminuição de indivíduos na primeira classe de diâmetro (10 a 14,9 cm), pois devido ao crescimento esses estão recrutando para as classes superiores (Figura 2) e o número de indivíduos que recrutaram para essa classe foi baixo.

Figura 2 - Distribuição do número de árvores por centro de classe diamétrica na medição de 2012 e na remedição em 2016, para *Araucaria angustifolia* em Lages, SC.



Fonte: produção do próprio autor, 2017.

Na primeira medição (2012) foram mensurados 328 indivíduos e em 2016 esse número passou para 330, decorrente da taxa de ingresso maior que a taxa de mortalidade, sendo de três ingressos e uma mortalidade.

O centro de classe de 12,5 cm teve uma diminuição de 18,82% no número de indivíduos quando comparado com 2012 (Figura 2), demonstrando assim que a taxa de ingressos na floresta esta baixa, resultante da competição sofrida pelos indivíduos de menores diâmetros. As demais classes de diâmetros tiveram aumento inexpressivo de indivíduos, sendo que os centros de classes de 22,5 cm e 67,2 cm mantiveram o número de árvores, indicando estagnação do crescimento e competição.

Quando comparado com o levantamento realizado em 2012, somente a classe de 12,5 cm representou um ingresso significativo para as classes posteriores de diâmetro. Contudo, essa redução de número de árvores na menor classe de diâmetro, compromete a dinâmica de uma estrutura futura da floresta, indicando a necessidade de intervenções silviculturais para conservação da estrutura da floresta.

O manejo por Liocourt consiste no estabelecimento de um diâmetro máximo, para esse estudo estipulou-se o manejo para o diâmetro máximo de 40 cm. Para a obtenção do número de árvores a ser removido em cada classe de diâmetro, subtraiu-se a frequência observada da frequência estimada (Tabela 1). A tabela também apresenta a quantidade de área basal para os

indivíduos que podem ser retirados em cada classe, bem como o volume comercial, considerando o diâmetro máximo de 42,5 cm.

Tabela 1 – Classes de diâmetro, frequências observadas e estimadas, área basal, volume, número de árvores e área basal a remover para um diâmetro máximo de 40 cm e valor de “q” de 1,32, para um povoamento natural de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC.

Centro de classe (cm)	FO (ha ⁻¹)	FE (ha ⁻¹)	G (m ² ha ⁻¹)	V (m ³ ha ⁻¹)	NR	G (m ² ha ⁻¹)
12,5	69	85	0,846	3,687	-	
17,5	55	65	1,322	9,244	-	
22,5	35	50	1,391	11,390	-	
27,5	33	39	1,960	18,623	-	
32,5	29	30	2,405	25,589	-	
37,5	24	23	2,650	27,471	1	0,110
42,5	27	18	3,830	43,681	9	1,269
47,5	29	14	5,138	57,119	15	2,658
52,5	13	10	2,814	33,958	3	0,649
57,5	7	8	1,817	21,926	-	
62,5	5	6	1,533	17,010	-	
67,5	2	5	0,715	7,762	-	
72,5	2	4	0,825	10,590	-	
Total	330		27,246	288,51	28	4,686
Volume comercial m³			192,05			

Onde: FO = frequência observada; FE= frequência estimada; G = área basal em metros quadrados por hectare; V = volume em metros cúbicos por hectare; NR = número de árvores a retirar por centro de classe de diâmetro.

Fonte: produção do próprio autor, 2017.

De acordo com a Tabela 1, poderão ser removidas araucárias das classes de diâmetro 37,5 a 52,5 cm para o diâmetro máximo desejado de 42,5 cm, representando 28 árvores por hectare e aproximadamente 4,69 m² ha⁻¹ em área basal. Considerando que a área de estudo tem 84 hectares, poderiam ser removidos 394 m², evitando assim a estagnação do povoamento.

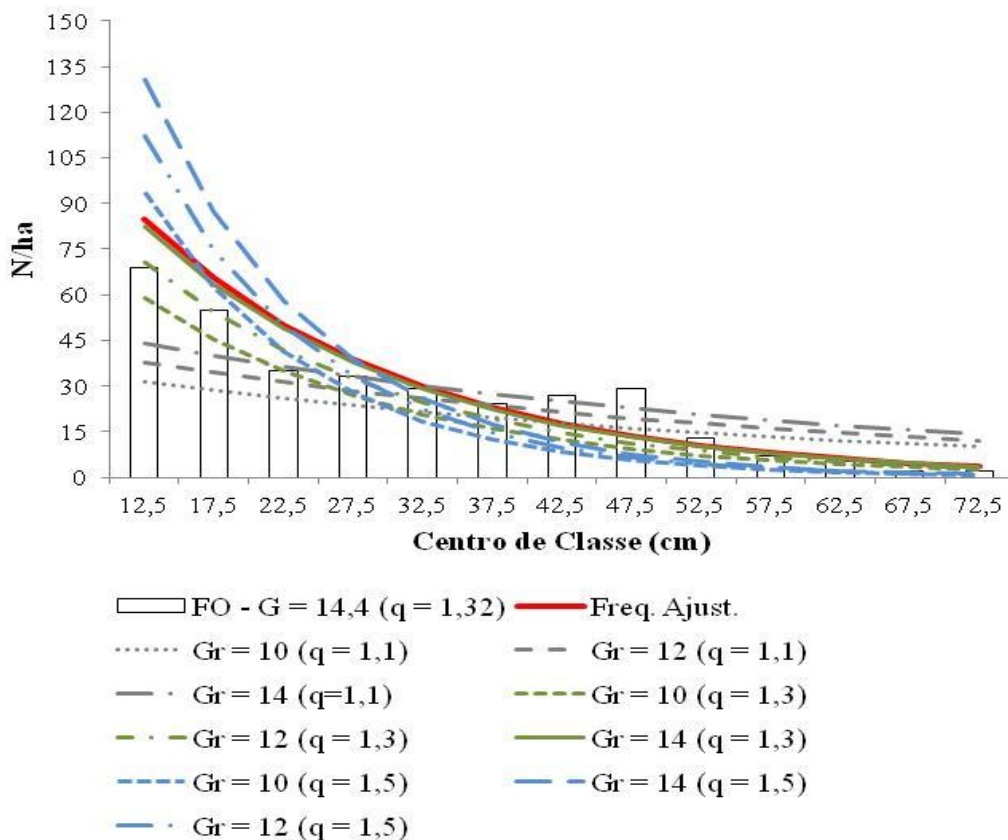
O total de volume encontrado foi de 288,51 m³ha⁻¹. O volume comercial foi de 192,05 m³ha⁻¹, considerando as classes acima de 40 cm, representando para os 84 hectares um volume comercial de 16.132,2 m³.

1.3.2 Proposição de manejo com base no valor de ‘q’ de Liocourt

Considerando os valores para o quociente ‘q’ encontrado de 1,32, área basal total observada de 27,3 m²/ha e área basal remanescente para DAP máximo de 42,5 cm de 14,4 m²/ha, foi realizada a proposta de intervenção silvicultural, a qual consistiu em variar o valor do quociente de Liocourt em (q= 1,1; 1,3; 1,5), estabelecendo assim, nove cenários,

considerando o DAP máximo de 42,5 cm e áreas basais remanescentes de 10, 12 e 14 m² ha⁻¹ (Figura 3).

Figura 3– Distribuição da frequência observada (Freq.Obs.) e da frequência ajustada (Freq.Ajust.) para floresta de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC, visando intervenções silviculturais como proposto por Liocourt, e considerando áreas basais remanescentes de 10; 12 e 14 m² ha⁻¹ com valores do quociente de Liocourt variando de: 1,1; 1,3 e 1,5; para um DAP máximo de 42,5 cm.



Fonte: Produção do próprio autor, 2017.

Conforme observa-se na Figura 3, com o aumento do valor de “q” tem-se uma permanência no número de indivíduos de menores diâmetros por hectare, e uma diminuição do número de árvores com maiores diâmetros, fato também evidenciado por Costa (2015). Enquanto que a medida que se aumenta a área basal remanescente, tem-se um aumento no número de indivíduos de todas as classes.

Na Tabela 2, é possível observar a frequência esperada, o número de árvores a retirar e a área basal a retirar por centro de classe, para a simulação do quociente de Liocourt de 1,1 e variando a área basal remanescente em 10, 12 e 14 m² ha⁻¹.

Tabela 2 – Classes de diâmetro, frequências observadas e estimadas, número de árvores e área basal a remover para um diâmetro máximo de 42,5 cm, com a simulação do valor de “q” de 1,1 e área basal remanescente variando entre 10, 12 e 14 m²ha⁻¹ para o fragmento de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC.

Centro de classe (cm)	FO (ha ⁻¹)	“q” = 1,1 Gr = 10			“q” = 1,1 Gr = 12			“q” = 1,1 Gr = 14		
		FE (ha ⁻¹)	NR	G(m ² ha ⁻¹)	FE (ha ⁻¹)	NR	G (m ² ha ⁻¹)	FE (ha ⁻¹)	NR	G (m ² ha ⁻¹)
12,5	69	32	37	0,454	38	31	0,243	44	25	0,307
17,5	55	29	26	0,625	34	21	0,371	40	15	0,361
22,5	35	26	9	0,358	31	4	0,126	37	-	
27,5	33	24	9	0,535	28	5	0,245	33	-	
32,5	29	22	7	0,581	26	3	0,212	30	-	
37,5	24	20	4	0,442	24	-		27	-	
42,5	27	18	9	1,277	21	6	0,754	25	2	0,251
47,5	29	16	13	2,303	19	10	1,590	23	6	0,954
52,5	13	15	-		18	-		21	-	
57,5	7	13	-		16	-		19	-	
62,5	5	12	-		15	-		17	-	
67,5	2	11	-		13	-		15	-	
72,5	2	10	-		12	-		14	-	
Total	330	114	114	6,575	80	80	3,541	48	48	1,873

Onde: FO = frequência observada; FE= frequência estimada; NR = número de árvores a retirar por centro de classe de diâmetro e G= área basal em metros quadrados por hectare a retirar por centro de classe de diâmetro.

Fonte: produção do próprio autor, 2017.

Nota-se que para um “q” de 1,1 e área basal remanescente de 10 m²ha⁻¹ a frequência esperada para os centros de classe variando de 12,5 a 47,5 cm está consideravelmente abaixo da frequência observada, gerando assim um valor alto de árvores a serem retiradas, principalmente nos menores diâmetros. Conforme aumenta-se a área basal remanescente, há também um aumento no número de árvores em todas as classes diamétricas, uma diminuição no número de árvores a retirar do fragmento e conseqüentemente a diminuição da área basal a se retirar.

Essa mesma tendência do aumento do número de árvores em todas as classes diamétricas conforme aumenta-se a área basal remanescente é observada para a simulações do quociente de Liocourt de 1,3 (Tabela 3) e 1,5 (Tabela 4).

Tabela 3 – Classes de diâmetro, frequências observadas e estimadas, número de árvores e área basal a remover para um diâmetro máximo de 42,5 cm, com a simulação do valor de “q” de 1,3 e área basal remanescente variando entre 10, 12 e 14 m²ha⁻¹ para o fragmento de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC.

DAP Médio (cm)	FO (ha ⁻¹)	“q” = 1,3 Gr = 10			“q” = 1,3 Gr = 12			“q” = 1,3 Gr = 14		
		FE (ha ⁻¹)	NR	G(m ² ha ⁻¹)	FE (ha ⁻¹)	NR	G (m ² ha ⁻¹)	FE (ha ⁻¹)	NR	G (m ² ha ⁻¹)
12,5	69	59	10	0,122	71	-		83	-	
17,5	55	45	10	0,240	54	1	0,024	64	-	
22,5	35	35	-		42	-		49	-	
27,5	33	27	6	0,356	32	1	0,059	38	-	
32,5	29	21	8	0,663	25	4	0,331	29	-	
37,5	24	16	8	0,883	19	5	0,552	22	2	0,220
42,5	27	12	15	2,128	15	12	1,702	17	10	1,418
47,5	29	9	20	3,424	11	18	3,189	13	16	2,835
52,5	13	7	6	1,299	9	4	0,866	10	3	0,649
57,5	7	6	1	0,259	7	-		8	-	
62,5	5	4	1	0,306	5	-		6	-	
67,5	2	3	-		4	-		5	-	
72,5	2	3	-		3	-		4	-	
Total	330		85	9,68		45	6,723		31	5,122

Onde: FO = frequência observada; FE= frequência estimada; NR = número de árvores a retirar por centro de classe de diâmetro e G = área basal em metros quadrados por hectare a retirar por centro de classe de diâmetro.

Fonte: produção do próprio autor, 2017.

Considerando o “q” 1,3 as árvores a serem retiradas passam a se concentrar nas classes diamétricas de 12,5 a 62,5 cm (Tabela 3), apresentam uma diminuição do NR quando comparado com o “q” 1,1, mas um aumento na área basal total à ser retirada, em consequência dos maiores diâmetros das árvores a serem retiradas. Enquanto que na simulação do “q” 1,5 o NR fica nas classes de 27,5 a 72,5 cm (Tabela 4), aumentando também a área basal total a ser retirada por hectare do fragmento.

Tabela 4 – Classes de diâmetro, frequências observadas e estimadas, número de árvores e área basal a remover para um diâmetro máximo de 40 cm, com a simulação do valor de “q” de 1,5 e área basal remanescente variando entre 10, 12 e 14 m²ha⁻¹ para o fragmento de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC.

DAP Médio (cm)	FO (ha ⁻¹)	“q” = 1,5 Gr = 10			“q” = 1,5 Gr = 12			“q” = 1,5 Gr = 14		
		FE (ha ⁻¹)	NR	G(m ² ha ⁻¹)	FE (ha ⁻¹)	NR	G (m ² ha ⁻¹)	FE (ha ⁻¹)	NR	G (m ² ha ⁻¹)
12,5	69	93	-		112	-		131	-	
17,5	55	62	-		75	-		87	-	
22,5	35	42	-		50	-		58	-	
27,5	33	28	5	0,296	33	-		39	-	
32,5	29	18	11	0,912	22	7	0,580	26	3	0,248
37,5	24	12	12	1,325	15	9	0,865	17	7	0,773
42,5	27	8	19	2,695	10	17	2,411	11	16	2,269
47,5	29	5	24	4,252	7	22	3,899	8	21	3,721
52,5	13	4	9	1,948	4	9	1,948	5	8	1,731
57,5	7	2	5	1,298	3	4	0,950	3	4	0,950
62,5	5	2	3	0,920	2	3	0,920	2	3	0,920
67,5	2	1	1	0,357	1	1	0,357	2	-	
72,5	2	1	1	0,412	1	1	0,412	1	1	0,412
Total	330	90	90	14,415	73	73	12,342	63	63	11,024

Onde: FO = frequência observada; FE= frequência estimada; NR = número de árvores a retirar por centro de classe de diâmetro e G = área basal em metros quadrados por hectare a retirar por centro de classe de diâmetro.

Fonte: produção do próprio autor, 2017.

Analisando as simulações que alteram os valores do quociente de Liocourt em 1,1, 1,3 e 1,5 (Tabela 2, 3 e 4), pode-se afirmar que o ‘q’ de 1,5 e área basal remanescente de 12 ou 14 m²ha⁻¹ seriam o melhor para o fragmento de araucária, visto que as árvores a serem retiradas estariam nas classes de maiores diâmetros e as classes com diâmetros menores teriam um maior número de árvores, proporcionando assim uma estabilidade ao fragmento.

Contudo para esse fragmento ter o ‘q’ de 1,5 e uma área basal remanescente de 12 ou 14 m²ha⁻¹ seriam necessário o plantio de araucárias nas classes de diâmetros variando de 12,5 á 27,5 cm, conforme observa-se na tabela 4. Onde para área basal remanescente de 12 m²ha⁻¹ será preciso plantar 78 mudas de araucária e para área basal remanescente de 14 m²ha⁻¹ 123 mudas.

1.3.3 Intensidade e taxa de corte

Com base no Incremento Periódico Anual em Volume (%) para o ciclo de corte de 25 anos foi ponderado o IPAV% para os demais ciclos de cortes. Na Tabela 5 apresenta-se a taxa de corte sustentada para o povoamento de araucária considerando os ciclos de corte de 20, 25 e 30 anos.

Tabela 5 – Determinação da Taxa de Corte sustentada para o povoamento natural de *Auracaria angustifolia*, em 1 ha.

IPAv%	Ciclo de Corte (ano)	Intensidade de Corte (%)	Volume Comercial com Casca (m³/ha)	Taxa de Corte (m³/ha)
1,34	20	23,37		44,89
1,68	25	33,14	192,05	63,64
2,016	30	45,05		86,52

Onde: IPAv% = Incremento Periódico percentual em volume.

Fonte: produção do próprio autor, 2017.

Os valores de intensidade de corte e taxa de corte na Tabela 5 variaram de acordo com o valor estabelecido para o ciclo de corte. Onde aplicando-se um ciclo de corte maior, consequentemente maior será a intensidade e a taxa de corte.

O volume potencial de madeira que pode ser retirado desse povoamento com o emprego do manejo sustentável trariam benefícios econômicos, sociais e ecológicos para toda a sociedade. No âmbito econômico seria uma renda extra para o proprietário da área, enquanto para o social, os produtores deixariam de ver a espécie como algo inerte e sem benefícios e passariam a protegê-la e conservá-la de forma mais eficaz, por reconhecer o grande potencial e importância da espécie e não somente por força da lei. E ecologicamente segundo Yared e Souza (1993), clareiras em dimensões semelhantes as naturais, propiciariam um aumento da luminosidade e temperatura ativando inúmeros processos biológicos e bioquímicos, gerando assim, uma dinâmica de sucessão e de crescimento e produção florestal nas áreas manejadas.

1.4 CONCLUSÃO

A diminuição no número de indivíduos na classe de menor diâmetro observado na medição realizada em 2016, e consequentemente a inserção desses indivíduos nas classes de maior diâmetro foi responsável pela diminuição no valor de “q”, o qual passou de 1,4 para 1,32.

O quociente de Liocourt como técnica de manejo florestal, indicou a possibilidade de exploração da floresta com retiradas de volumes variando de 44,89 m³/ha a 86,52m³/ha, em ciclos variando de 20 a 30 anos.

O manejo desse povoamento de forma sustentável, retirando-se os indivíduos de maiores diâmetros, proporcionará maior espaço para os remanescentes, melhorando dessa forma seu desenvolvimento, visto que diminuiria a competição por espaço, luz e nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES JÚNIOR, F. T. Utilização do quociente de De Liocourt na avaliação da distribuição diamétrica em fragmentos de Floresta Ombrófila em Pernambuco. 2007. 45 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- ALVES JÚNIOR, F. T.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A. da; MARANGON, L. C.; COSTA JÚNIOR, R. F.; SILVA, S. de O. Utilização do quociente de De Liocourt na avaliação da distribuição diamétrica em fragmentos de Floresta Ombrófila Aberta em Pernambuco. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 307-319, abr./jun. 2010.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies florestais brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo-PR: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.
- COSTA, E. A. Modelagem biométrica de árvores com crescimento livre e sob competição em floresta de araucária. 2015. 235 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- GUERRA, M. P.; SILVEIRA, V.; REIS, M. S. & SCHNEIDER, L. Exploração, manejo e conservação da araucária (*Araucaria angustifolia*). In: SIMÕES, L.L. & LINO, C.F. Sustentável Mata Atlântica: A exploração de seus recursos florestais. São Paulo, SENAC, 2002. p.85-102.
- GUIMARÃES, F. J. P. Avaliação da estrutura de um fragmento florestal no município de Catende, PE. 2005. 68 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- HESS, A. F; Inter-relações no crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em diferentes locais do Rio Grande do Sul. 2006. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- HESS, A. F.; CALGAROTTO, A. R.; PINHEIRO, R.; WANGINIÁK, T. C. R. Proposta de manejo de *Araucaria angustifolia* utilizando o quociente de Liocourt e análise de incremento, em propriedade rural no município de Lages, SC. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 30, n. 64, p. 337-345, nov./dez. 2010.
- HESS, A. F; Manejo de araucaria angustifolia pelo quociente de de liocourt em propriedade rural no Município de Painel, SC. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 32, n.70, p. 227-232, abr./jun. 2012.

HESS, A. F.; MINATTI, M.; FERRARI, L.; PINTRO, B. A.; Manejo de floresta ombrófila mista pelo método de liocourt, município de Painel, SC. *Cerne*, v. 20, n. 4, p. 575-580, 2014.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. v.1. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 368 p.

MEDEIROS, J. D.; SAVI, M.; BRITO, B. F. A. Seleção de áreas para criação de Unidades de Conservação na Floresta Ombrófila Mista. *Biotemas*. v. 18, n. 2, 2005.

MELLO, A.A. Estudo silvicultural e da viabilidade econômica do manejo da vegetação do cerrado. Lavras: UFLA, 1999. 187p. Dissertação Mestrado.

MEYER, H. A. Eine mathematisch-statisch Untersuchung uber den Aufbau des Plentterwaldes, *Scuwez. Ztschr. f. Forstw*, v.84, 1933.

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. 897 madeiras nativas do Brasil: anatomia - dendrologia - dendrometria - produção - uso. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2007. 438 p.

PULZ, F.A.; SCOLFORO, J.R.; OLIVEIRA, A.D.; MELLO, J.M.; OLIVEIRA-FILHO, T. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequiânea com a matriz de transição. *Revista Cerne*, v.3, n.1, p.77-96, 1999.

RICKEN, P.; Incremento, espaço horizontal e competição em povoamento natural de *Araucaria angustifolia* no planalto catarinense. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade do Estado Santa Catarina, Lages. 2014.

ROSOT, M. A. D. Manejo florestal de uso múltiplo: uma alternativa contra a extinção da Floresta com Araucária? *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 55, p.75-85, dez. 2007. Disponível em: <<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/121/80>> Acesso em 25 de novembro de 2016.

SANQUETTA, C. R. Perspectivas da recuperação e do manejo sustentável das florestas de araucária. 2005. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/2005/08/sanquetta.htm>>. Acesso em: 25 de novembro de 2016.

SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M.; PULZ, F.A. Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e a análise estrutural. In: J.R.S. Scolforo, (Org.). *Manejo Florestal*. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998, p.189-246.

SILVA, M. N.; BUCK, A. L. B.; LINGNAU, C.; MACHADO, Á. M. L.; MIRANDA, B. P. Varredura com laser terrestre para determinação das variáveis dendrométricas da *Araucaria angustifolia*. In: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 15. (SBSR)., 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 5509-5516. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0996.pdf>> Acesso em 25 de novembro de 2016.

YARED, J. A. G., & SOUZA, A. D. (1993). Análise dos impactos ambientais do manejo de florestas tropicais. Viçosa, MG: SIF.

CAPÍTULO 2

MORFOMETRIA DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze EM LAGES, SC

RESUMO

Estudar as relações morfométricas é essencial para avaliar as mudanças na forma e estrutura de acordo com a distribuição diamétrica de árvores de *Araucaria angustifolia* no conjunto da floresta. Assim este trabalho teve como objetivo avaliar as relações morfométricas de um fragmento natural da espécie em Lages, SC, afim de fornecer subsídios necessários à elaboração de intervenções silviculturais de acordo com as mudanças da forma e o desenvolvimento da estrutura diamétrica. Para tanto, foram remedidos o diâmetro a altura do peito, a altura total e quatro raios de copa de todos os indivíduos a partir de 10 cm de diâmetro, em 25 parcelas de 400 m², instaladas em uma área de 84 hectares em 2012. Com os dados foram calculados os índices morfométricos e estabelecidas correlações lineares simples entre as variáveis dendrométricas, morfométricas e o número de árvores por classe de diâmetro. Os resultados mostraram valores médios de DAP, altura total e diâmetro de copa de 29,06 cm, 16,24 m e 5,57 m respectivamente. O fragmento de araucária encontra-se sob competição prejudicando significativamente o desenvolvimento dos indivíduos, sendo que os índices morfométricos calculados podem auxiliar na determinação de quais árvores devem ser retiradas em uma futura intervenção de manejo. O número de árvores por classe diamétrica só não apresentou correlação significativa com a proporção de copa, sendo que com o Grau de Esbeltez a correlação foi positiva e com as demais variáveis negativa.

Palavras-chave: Variáveis morfométricas, Número de árvores, Intervenção silvicultural.

CHAPTER 2

MORPHOMETRY OF *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze IN LAGES, SC

ABSTRACT

Studying the morphometric relationships is essential to evaluate changes in shape and structure according to the diameter distribution of *Araucaria angustifolia* trees in the forest. The objective of this work was to evaluate the morphometric relationships of a natural fragment of the species in Lages, SC, in order to provide the necessary support for the elaboration of silvicultural interventions according to the shape changes and the development of the diametric structure. For this, the diameter at breast height, total height and four crown rays of all individuals from 10 cm in diameter were measured in 25 plots of 400 m², installed in an area of 84 hectares in 2012. With the data were calculated the morphometric indices and established simple linear correlations between the dendrometric variables, morphometric and the number of trees per diameter class. The results showed mean values of DBH, total height and crown diameter of 29.06 cm, 16.24 m and 5.57 m respectively. The araucaria fragment is under competition, significantly impairing the development of the individuals, and the calculated morphometric indices may help in determining which trees should be removed in a future management intervention. The number of trees per diameter class only showed no significant correlation with crown ratio, and with the Slenderness Degree the correlation was positive and with the other variables negative.

Keywords: Morphometric variables, Number of trees, Silvicultural intervention.

2.1 INTRODUÇÃO

Reconhecer os fatores que influenciam no processo de crescimento das florestas é importante, sobretudo os que se relacionam com a forma da copa das árvores (SANQUETTA, 2002). Segundo Durlo e Denardi (1998), a morfometria de uma árvore e as variáveis derivadas são usadas para transmitir uma ideia das relações interdimensionais, reconstituir o espaço ocupado para cada árvore, julgar o grau de concorrência de um povoamento ou de um fragmento florestal e permitir, também, o estabelecimento de inferências sobre a estabilidade, a vitalidade e a produtividade de cada indivíduo. Servindo como instrumento prático em intervenções silviculturais, especialmente quando não se conhece a idade das plantas (DURLO, 2001).

Uma variável básica para a dedução de outras características das árvores é o diâmetro de copa, o qual corresponde à distância entre as linhas de projeção dos pontos mais externos da copa (DURLO; DENARDI, 1998). Para definir a quantidade de árvores a permanecer ao final de uma rotação, pressupõe-se conhecer o espaço necessário para que cada árvore desenvolva-se até o período de corte (CURTO, 2015), sendo que o diâmetro da copa de árvores é, pois, a variável que permite deduzir o espaço a ser reservado para cada árvore, revelando assim, o número de indivíduos a serem selecionados e conduzidos até o final da rotação (DURLO; DENARDI, 1998).

A superfície coberta pela projeção vertical da copa de uma árvore denomina-se área de projeção da copa, onde normalmente é calculada a partir da medição de um determinado número de raios de projeção da copa (DURLO; DENARDI, 1998). Permitindo que se conheça o espaço ocupado por uma árvore, a área de projeção de copa quando aliada a dados do incremento, também permite obter a produção e a produtividade da mesma (MITSCHERLICH, 19786, apud DURLO; DENARDI, 1998).

O estudo das relações morfométricas de uma espécie florestal fornece subsídios básicos para estimar a biomassa de copa (ORELLANA; KOEHLER, 2008), onde índices obtidos entre as dimensões da copa e do tronco buscam descrever a capacidade de crescimento e produção das árvores e da floresta. As relações entre diâmetro de copa, altura, comprimento de copa e diâmetro da árvore, são de grande relevância para estudos de competição em fragmentos florestais, podendo auxiliar futuras decisões sobre desbaste, concretizando, dessa forma, a importância da determinação das dimensões de copa para fins de manejo sustentável (PADOIN; FINGER, 2010).

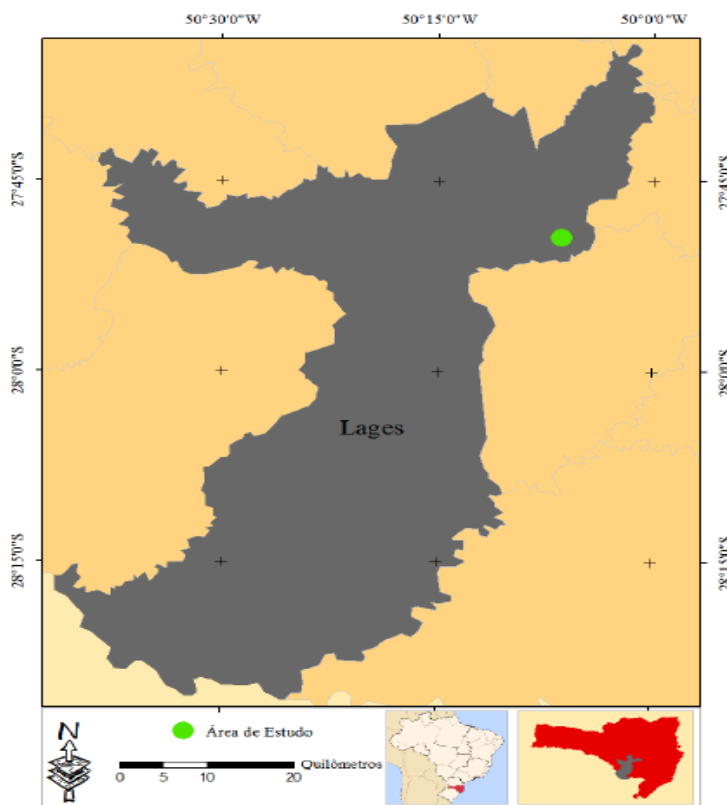
Quando se trata de uma espécie florestal nativa e de grande importância como a *Araucaria angustifolia*, ter-se o conhecimento de suas relações morfométricas é essencial para avaliar o crescimento dos indivíduos, e assim, propor um plano de manejo sustentável adequado para a floresta. Dessa forma o objetivo do trabalho foi avaliar as características morfométricas de um fragmento natural de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC, afim de fornecer subsídios necessários à elaboração de um plano de manejo para a espécie.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em um fragmento de floresta natural com predominância de *Araucaria angustifolia*, localizado em uma propriedade rural no município de Lages, SC (Figura 4). O remanescente apresenta uma área total de 84 ha, situado entre as coordenadas 27°49'27" de latitude sul e 50°06'26" de longitude oeste.

Figura 4 – Mapa com a localização do fragmento natural de *Araucaria angustifolia* estudado, no município de Lages, SC.



Fonte: Ricken, 2014.

O clima da região segundo a classificação climática de Köeppen é Cfb, ou seja, úmido e com verões quentes. A altitude do município é de aproximada de 987 m, com temperatura média anual entre 13,8°C e 15,8°C (Epagri, 2002).

2.2.2 Coleta dos dados

Os dados biométricos foram coletados no ano de 2016 de 25 parcelas permanentes de 400 m² cada, instaladas em 2012.

As araucárias com diâmetro à altura do peito a partir de 10 cm foram mensuradas quanto ao diâmetro à altura do peito (DAP), com suta; a altura total (h), altura de início de copa (hic) e o raio de copa médio (rcm), com o auxílio do trupulse. Para o raio de copa médio foram obtidos 4 raios de copa, com a ajuda de uma bússola no sentido de cada ponto cardinal Norte, Leste, Sul e Oeste e com o trupulse em cada ponto foram obtido a medida do extremo da projeção de copa até o tronco da árvore, e em seguida calculou-se a média destes raios.

2.2.3 Índices Morfométricos

Com os raios de copa obtidos a campo foi calculado o diâmetro de copa, duplicando o valor do raio médio da copa:

$$DC = rcm2$$

Onde: rcm=raio de copa médio, em metros.

Os índices morfométricos calculados foram:

- Grau de Esbeltez (GE): razão entre a altura total (h) (m) e o diâmetro à altura do peito (DAP) (cm).

$$GE = \frac{h}{DAP}$$

- Índice de Saliência (IS): obtido através da razão entre o diâmetro de copa (DC) (m) e o diâmetro à altura do peito (DAP) (cm).

$$IS = \frac{DC}{DAP}$$

- Índice de Abrangência (IA): é a razão entre o diâmetro de copa (DC) (m) e a altura total (h) (m).

$$IA = \frac{DC}{h}$$

- Formal de copa (FC): a razão entre o diâmetro de copa (DC) (m) e o comprimento de copa (CC) (m), esse obtido através da subtração da altura de início de copa (hic) (m) da altura total (h) (m).

$$FC = \frac{DC}{CC}$$

- Proporção de copa (PC): Obtido a partir da razão entre comprimento de copa (CC) (m) e altura total (h) (m), em porcentagem.

$$PC = \frac{CC}{h}$$

2.2.4 Análise de correlação

Entre as variáveis dendrométricas, morfométricas e o número de árvores por classe de diâmetro das araucárias avaliadas, foram estabelecidas correlações lineares simples de Pearson, considerando-se significância de 5% de probabilidade de erro. Para a análise dos dados foi utilizado o Software Statical Analysis System (SAS), versão 9.2 (SAS Institute Inc., 1999).

2.2.5 Interações entre diâmetro de copa e grau de esbeltez com o número de árvores por classe diamétrica

Considerando as variáveis morfométricas que apresentaram maior correlação com o DAP, foram estabelecidas interações entre elas e o número de árvores por classe diamétrica.

Primeiramente os dados foram analisados quanto ao cumprimento dos condicionantes para ajuste da análise de regressão: normalidade, independência e homogeneidade da variância, como os dados não atenderam aos condicionantes, empregou-se o ajuste através dos

modelos lineares generalizados (MLG), os quais foram testados em três campos aleatórios *Gamma*, *Normal* e *Poisson*, com as funções de ligação identidade (μ) e logarítmica $\ln(\mu)$. O modelo utilizado foi definido por:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_i + \varepsilon$$

Onde: y : características de copa; x_i : número de árvores por classe de diâmetro; β_0 e β_1 : coeficientes estimados; ε : erro residual.

As estatísticas utilizadas para selecionar o melhor ajuste MLG foram o Critério de Informação de Akaike (AIC) e o Critério de Informação Bayesiano (BIC), sendo considerado o melhor modelo o que apresentou menor valor em ambos os critérios (AIC e BIC). Também utilizou-se a análise gráfica dos resíduos como critério para seleção do melhor ajuste. Para realizar os ajustes e posterior a análise dos dados foi utilizado o Software Statical Analysis System (SAS), versão 9.2 (SAS Institute Inc., 1999).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Relações morfométricas

Nas 25 parcelas amostradas no fragmento de araucária foram mensuradas 331 árvores, dessas, três eram ingressos, ou seja, atingiram o diâmetro à altura do peito de 10 cm e também teve uma mortalidade no tempo transcorrido entre a primeira medição realizada em 2012, para a segunda em 2016.

Os valores médios, mínimos e máximos das variáveis dendrométricas e morfométricas de *A. angustifolia* remeidas em 2016 são apresentados na Tabela 6. Os diâmetros à altura do peito encontrados variaram de 10,15 a 88,49 cm, com média de 29,06 cm e a altura total variou de 6,4 a 26,5 m, tendo como média 16,24 m. No primeiro levantamento realizado no ano de 2012, onde foram instaladas as parcelas e feitas as primeiras medições, Ricken (2014), constatou que a amplitude dos diâmetros variou de 10 a 87,6 cm, com média de 27,8 cm e a altura variou de 5,3 a 21 m, com média de 12,9 m. Demonstrando que as árvores do povoamento cresceram em média 1,26 cm em DAP e 3,34 m em altura no decorrer dos 4 anos.

O comprimento de copa médio encontrado foi de 5,23 m, e o diâmetro de copa teve uma grande amplitude indo de 0,45 a 14,35 m, tendo uma média de 5,57 m.

Tabela 6 – Análise dos valores médios, mínimos e máximos das variáveis dendrométricas e morfométricas de *Araucaria angustifolia* no ano de 2016 em Lages, SC.

Variável	Média	Mínimo	Máximo	σ
Diâmetro a altura do peito (cm)	29,06	10,15	88,49	14,61
Altura total (m)	16,24	6,4	26,5	4,28
Comprimento de copa (m)	5,23	0,7	14,9	2,53
Diâmetro de Copa (DC) (m)	5,57	0,45	14,35	2,85
Grau de Esbeltez (GE)	65,7	20,8	134,7	23,3
Índice de Saliência (IS)	20,00	3,0	62,0	7,0
Índice de Abrangência (IA)	0,34	0,03	0,83	0,14
Formal de Copa (FC)	1,26	0,08	8,06	0,89
Proporção de Copa (PC) %	32,60	3,51	70,81	14,1

σ : desvio padrão da amostra.

Fonte: produção do próprio autor, 2016.

A relação h/DAP expressa pelo grau de esbeltez (GE), indica a estabilidade da árvore, sendo que quanto maior o valor, maior é crescimento em altura do que em diâmetro da mesma. Tonini e Arco-Verde (2005) salientaram que uma relação h/DAP superior a 100 pode indicar a necessidade de desbaste, já que, o crescimento em diâmetro é reduzido em relação à altura. Nesse caso as árvores do povoamento encontram-se instáveis, com uma amplitude do GE de 20,8 a 134,7, mostrando que alguns indivíduos estão investindo mais em altura do que em diâmetro, fator esse devido ao alto grau de concorrência que os mesmos estão expostos.

As araucárias apresentaram uma copa aproximadamente 20 vezes o seu DAP, considerando o índice de saliência, o qual, explica a relação entre o diâmetro de copa e o DAP. Este índice pode ser usado como indicador do espaço necessário para cada árvore, quando atingir determinado diâmetro (ROVEDA et al., 2012). DAWKINS (1963), citado por WADSWORTH (2000) apud TONINI E ARCO-VERDE (1995), afirmou que em florestas naturais tropicais a razão DC/DAP varia entre 14 e 28 e que as espécies de maior crescimento volumétrico apresentam valores entre 15 e 20. Roveda et al. (2012), em estudo de copa com araucária e Durlo e Dernardi (1998), com *Cabrlea canjerana* encontraram valores médios do índice de saliência de 23,72 e 21,70, respectivamente. Enquanto Koehler e Orellana (2008), em estudo da copa de árvores de *Ocotea odorifera* obtiveram que em média a copa é 39,2 vezes a dimensão do DAP.

O índice de abrangência médio encontrado foi de 0,34. Orellana et al (2008) e Roveda et al. (2012), indicam a utilização do índice de abrangência, como indicador de desbastes quando o manejo de um fragmento for realizado considerando a altura das árvores (altura-objetiva). Considerando o valor médio do IA (0,34) e supondo-se que o mesmo não varia com a altura, araucárias com 20 m de altura teriam uma copa com diâmetro de 6,8 m (20 m x

0,34). Assim, haveria espaço disponível para aproximadamente 216 araucárias por hectare, sem que houvesse concorrência entre elas. O índice de abrangência para araucária em estudos de Roveda et al. (2012), teve uma média de 0,45, com amplitude variando de 0,21 a 0,96.

O formal de copa que é a relação DC/CC, indica o grau de achatamento das copas, valores igual a 1,0 indicam que a copa é redonda, já valores abaixo de 1,0 caracterizam copas esbeltas e valores acima de 1,0 caracterizam copas achatadas. As araucárias amostradas apresentaram valor médio do formal de copa de 1,26, com valores de mínimo e máximo variando 0,08 a 8,06, indicando uma grande diferença entre os indivíduos, onde existem tanto árvores com copas esbeltas, quanto com copas achatadas. Orellana e Koehler (2008), encontrou para *Ocotea odorifera* formal de copa médio de 1,3. Enquanto e Durlo e Dernardi (1998), encontraram para *Cabralea canjerana* valor médio de 0,74 para FC. Roveda et al. (2012), estudando araucária encontrou valor médio do FC de 2,15.

A proporção de copa média foi de 32,6%, com valores variando de 3,51% a 70,81%, a grande variação entre o mínimo e máximo segundo Durlo e Dernardi (1998) pode ser atribuída aos diferentes graus de concorrência, a que as árvores estão submetidas. Tonini e Arco-Verde (1995) encontraram valores de proporção de copa média para andiroba de 61,7%; para castanheira de 72,7%, 58,4% para ipê-roxo e 60,8% para jatobá. Durlo e Denardi (1998) estudando *Cabralea canjerana* encontraram valor médio de PC de 50%, valor próximo ao encontrado por Orellana e Koehler (2008) em *Ocotea odorifera*, a qual apresentou proporção média de copa de 55,2%. O povoamento de araucária estudado por Roveda et al (2012), apresentou PC média de 23,19%, os valores de proporção de copa menores para a araucária em relação as outras espécies nativas estudadas, destaca seu elevado interesse no setor madeireiro e justifica a realização do manejo sustentável nesses povoamentos.

2.3.2 Análise de correlação

Analisando a variável diâmetro à altura do peito, observa-se que ela não apresentou correlação somente com a variável proporção de copa (PC), tendo uma alta correlação com a altura total, diâmetro de copa, grau de esbeltez, índice de saliência, formal de copa e o número de árvores (Tabela 7).

Tabela 7 – Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis dendrométricas, morfométricas e o número de árvores por classe de diâmetro para *Araucaria angustifolia* em Lages, SC.

	DAP	Ht	Cc	Dc	GE	IA	IS	FC	PC
DAP	1								
Ht	0,94152 [*]	1							
Cc	0,77312 [*]	0,88879 [*]	1						
Dc	0,99343 [*]	0,91903 [*]	0,77241 [*]	1					
GE	-0,90694 [*]	-0,97235 [*]	-0,91505 [*]	-0,88058 [*]	1				
IA	0,98350 [*]	0,91882 [*]	0,75721 [*]	0,99040 [*]	-0,87325 [*]	1			
IS	0,64691 ^{**}	0,53259 ^{ns}	0,36499 ^{ns}	-0,65787 ^{ns}	-0,41598 ^{ns}	0,73979 [*]	1		
FC	0,85079 [*]	0,70547 [*]	0,57340 ^{**}	0,86929 [*]	-0,71941 [*]	0,85432 [*]	0,58166 ^{**}	1	
PC	-0,07504 ^{ns}	0,08328 ^{**}	0,51185 ^{ns}	-0,04354 ^{ns}	-0,19259 ^{ns}	-0,05658 ^{ns}	-0,10755 ^{ns}	-0,11283 ^{ns}	1
N	-0,93795 [*]	-0,93447 [*]	-0,85119 [*]	-0,93771 [*]	0,91769 [*]	-0,94286 [*]	-0,67739 ^{**}	-0,78847 [*]	-0,14555 ^{ns}

Onde: DAP: diâmetro a altura do peito (cm); Ht: altura total (m); Hic: altura de início de copa (m); Cc: comprimento de copa (m); dc: diâmetro de copa (m); GE: grau de Esbeltez; IA: Índice de abrangência; IS: Índice de Saliência; FC: Formal de copa; PC: Proporção de copa; N: Número de árvore por classe diamétrica; *: Significância a 1%; **: Significância a 5%; ns: Não significativo.

Fonte: produção do próprio autor, 2017.

O grau de esbeltez e o número de árvores apresentam uma correlação negativa com o DAP, conforme o esperado, à medida que as araucárias incrementam em diâmetro o GE e o N diminui. A mesma tendência da relação ente o DAP e o grau de esbeltez foi observado por Istchuk et al (2016), ao estudar *Parapiptadenia rígida* e *Peltophorum dubium* e também por Romam et al (2009), com *Cordia trichotoma*.

Quando analisado o número de árvores por classe diamétrica, esse apresentou correlação negativa com todas as variáveis, exceto, o grau de esbeltez, entende-se dessa maneira que conforme aumenta o valor de N, o grau de esbeltez também é maior, relação essa que para as demais variáveis é ao contrário, ou seja, com o aumento do número de árvores o valor da variável diminui.

2.3.3 Interações entre diâmetro de copa e grau de esbeltez com o número de árvores por classe diamétrica

Quando analisados os dados para o teste de normalidade realizado através do teste de Kolmogorov-Smirnov apresentaram estatística de 0,175 e P-valor de 0,410 para o Dc, comprovando que os dados para essa variável seguem uma normalidade e de 1,426 e p-valor de 0,396 para o GE rejeitando-se assim hipótese de normalidade dos resíduos. O teste de Durbin-Watson (DW) acusou um valor de 0,49 para o DC e de 0,50 para o GE, comprovando que os resíduos são dependentes e o teste de White apresentou um valor de qui-quadrado de 4,56 ($p=0,0005$) para Dc e de 6,72 ($p=0,0007$), refletindo a heterogeneidade da variância. Embora o Dc apresentou normalidade dos resíduos o não cumprimento das demais condicionantes indicam a necessidade de transformação ou ajuste dos dados por outra técnica de regressão (SCHNEIDER et al., 2009).

A medida que as árvores de araucária incrementam em diâmetro evidencia-se um aumento no diâmetro de copa e em contra partida uma diminuição no grau de esbeltez (GE), ou seja a relação h/d. Na Tabela 8, observa-se a média dos valores do número de árvores, do diâmetro de copa e do grau de esbeltez para cada classe diamétrica do fragmento de araucária estudado.

Tabela 8 – Valores médios do número de árvores, diâmetro de copa e grau de esbeltez correspondente à cada classe diamétrica.

Classe diamétrica (cm)	N	Dc (m)	GE
12,5	69	2,2	88
17,5	55	3,8	78
22,5	35	4,6	76
27,5	33	5,3	62
32,5	29	6,0	50
37,5	24	6,7	52
42,5	27	7,6	50
47,5	29	9,0	45
52,5	13	10,6	42
57,5	7	11,9	42
62,5	5	12,8	37
67,5	2	13,6	46
72,5	2	14,2	37

Onde: n: número de árvores por classe diamétrica; Dc: Diâmetro de copa em metros; GE: Grau de esbeltez.
Fonte: produção do próprio autor, 2017.

Com os dados das características morfométricas, diâmetro de copa (Dc) e grau de esbeltez (GE), os quais apresentaram alta correlação com o número de árvores foi possível realizar ajustes MLG nos três campos aleatórios, *Gamma*, *Normal* e *Poisson* nas funções de ligação identidade (μ) e logarítmica $\ln(\mu)$, tendo como variável independente o número de árvores por classe diamétrica (n) e variáveis dependentes as características de copa (Dc e GE).

Considerando os critérios de ajustes (AIC e BIC), utilizados para selecionar o melhor ajuste, o campo aleatório *Normal* na função de ligação logarítmica $\ln(\mu)$ foi o que apresentou os menores valores de AIC e BIC para o ajuste da variável diâmetro de copa (Dc), conforme observa-se na Tabela 9.

Tabela 9 – Parâmetros estimados utilizando a técnica de Modelos Lineares Generalizados (MLG), com seus critérios de ajustes para o Diâmetro de copa (Dc) em função do número de árvores por classe de diâmetro em um fragmento de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC.

MLG	FL	Parâmetros estimados		Critérios de ajuste	
		β_0	β_1	AIC	BIC
<i>Gamma</i>	(μ)	11,7284 (<0,0001)	-0,1413 (<0,0001)	51,6	53,3
	ln(μ)	2,6785 (<0,0001)	-0,0268 (<0,0001)	41,1	42,8
<i>Normal</i>	(μ)	12,9909 (<0,0001)	-0,1836 (<0,0001)	50,4	52,1
	ln(μ)	2,6842 (<0,0001)	-0,0271 (<0,0001)	38,5	40,17
<i>Poisson</i>	(μ)	12,2504 (<0,0001)	-0,1544 (<0,0001)	57,6	58,7
	ln(μ)	2,6822 (<0,0001)	-0,0269 (<0,0001)	55,5	56,6

Onde: MLG = Modelo Linear Generalizado; FL = Função de ligação; AIC = Critério de Informação de Akaike e BIC = Critério de Informação Bayesiano.

Fonte: produção do próprio autor, 2017.

O melhor ajuste para a variável grau de esbeltez se deu com campo aleatório *Poisson* na função de ligação logarítmica ln(μ), apresentando os menores valores de AIC (Tabela 10).

Tabela 10 – Parâmetros estimados utilizando a técnica de Modelos Lineares Generalizados (MLG), com seus critérios de ajustes para o Grau de Esbeltez (GE) em função do número de árvores por classe de diâmetro em um fragmento de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC.

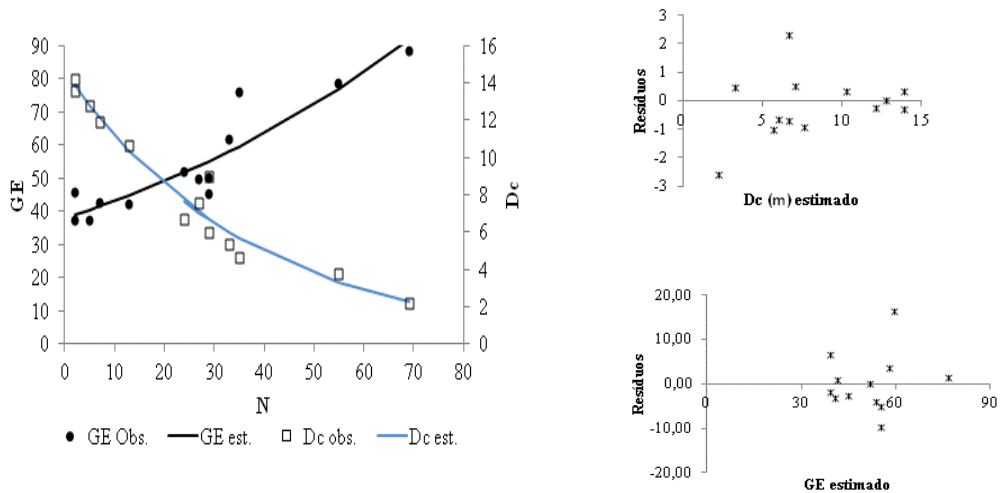
MLG	FL	Parâmetros estimados		Critérios de ajuste	
		β_0	β_1	AIC	BIC
<i>Gamma</i>	(μ)	36,6227 (<0,0001)	0,6914 (<0,0001)	89,9	91,6
	ln(μ)	3,6370 (<0,0001)	0,0128 (<0,0001)	88,4	90,1
<i>Normal</i>	(μ)	35,2528 (<0,0001)	0,7508 (<0,0001)	90,9	92,6
	ln(μ)	3,6426 (<0,0001)	0,0126 (<0,0001)	90,2	91,9
<i>Poisson</i>	(μ)	35,9903 (<0,0001)	0,7218 (<0,0001)	88,9	90,03
	ln(μ)	3,6381 (<0,0001)	0,0128 (<0,0001)	88,05	89,1

Onde: MLG = Modelo Linear Generalizado; FL = Função de ligação; AIC = Critério de Informação de Akaike e BIC = Critério de Informação Bayesiano.

Fonte: produção do próprio autor, 2017.

O ajuste do Diâmetro de copa ($Normal \ln(\mu) = 2,6842 - 0,0271.n$) e Grau de esbeltez ($Poisson \ln(\mu) = 3,6381 + 0,0128.n$) observado na Figura 2, demonstra que quanto maior número de árvores menor é o valor para o diâmetro de copa e inversamente proporcional para o grau de esbeltez.

Figura 5 - Interação do diâmetro de copa (Dc) e do Grau de esbeltez (GE) com o número de árvores por classe de diâmetro e a análise gráfica dos resíduos em função do Dc e GE estimado utilizando as funções MLG que apresentaram melhores critérios estatísticos para um fragmento de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC.



Onde: Dc: Diâmetro de copa em metros; GE: Grau de esbeltez, N: número de árvores por classe diamétrica. Fonte: produção do próprio autor, 2017.

Quanto maior o número de árvores, menor é o diâmetro de copa (Figura 2), pois essas árvores estão sujeitas a um maior grau de concorrência por espaço e luminosidade, nessas condições a tendência dos indivíduos é se desenvolverem menos em diâmetro e mais em altura, buscando atingir o estrato dominante, onde a competição é menor e assim, posteriormente desenvolver suas copas. Reitz e Klein (1996), afirmaram que árvores jovens de araucária apresentam copa em forma cônica, devido ao crescimento em altura ser maior que o crescimento lateral dos galhos. Com a diminuição do crescimento em altura, a copa toma forma elipsoidal e quando essas atingem a maturidade a forma de copa é quase plana ou de umbrela, apresentando um grande formal de copa.

A relação inversa ao Dc é observada na relação h/d (GE), indicando que o acréscimo no número de árvores ocasionará um maior GE, pois as árvores quando em competição priorizam primeiramente o incremento em altura do que em diâmetro, buscando melhores condições de luminosidade.

2.4 CONCLUSÃO

Os valores médios das variáveis morfométricas em conjunto com a análise da interação das variáveis de copa com o número de árvores por classe de diâmetro indicaram que o fragmento de *Araucaria angustifolia* está em competição, a qual prejudica de forma significativa o desenvolvimento dos indivíduos. Assim, é necessária intervenção silvicultural com a retirada das árvores de maiores diâmetros, abrindo espaço para entrada de luz e propiciando o crescimento das árvores com menores diâmetros, evitando dessa forma que as mesmas sejam suprimidas.

O número de árvores por classe de diâmetro apresentou correlação significativa com todas as demais variáveis, exceto proporção de copa. A variável GE apresentou correlação positiva com N, onde, com o aumento de N aumenta-se o valor da relação h/DAP, enquanto as demais variáveis tiveram correlação negativa com N.

Os MLG's no campo aleatório *Normal* e função de ligação logarítmica $\ln(\mu)$ e *Poisson* também função de ligação logarítmica $\ln(\mu)$, obtiveram os melhores ajustes para as variáveis de copa diâmetro de copa e grau de esbeltez, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DURLO, M.A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. Ciência Florestal, v.11, p.141-149, 2001.
- DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana* em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. Ciência Florestal, Santa Maria, v.8,n.1.p55-66,1998.
- CURTO, R. A. Avaliação do crescimento e potencial de manejo em plantio superestocado de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. 2015. 251 f. Tese (Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR. 2015.
- EPAGRI. Dados e Informações Biofísicas da Unidade de Planejamento Regional Planalto Sul Catarinense – UPR, Florianópolis: EPAGRI/CIRAM, 2002, 70p.
- ISTCHUK, A. N.; DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Estimativa das relações interdimensionais em povoamentos homogêneos de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. e *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. Scientia Agraria Paranaensis, v. 15, n. 4, p. 401-407, 2016.
- ORELLANA, E.; KOEHLER, A. B. Relações morfométricas de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba, v. 6, n. 2, p. 229-237, 2008.
- PADOIN, V.; FINGER, C. A. G. 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, 2010.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M. Flora ilustrada catarinense: Araucariáceas. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 63 p.
- RICKEN, P. Incremento, espaço horizontal e competição em povoamento natural de *Araucaria angustifolia* no planalto catarinense. 2014. 105 f. Dissertação (Engenharia Florestal) Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages – SC, 2014.
- ROMAN, M.; BRESSAN, D. A.; ANTÃO DURLO, M. Variáveis morfométricas e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. Ciência Florestal, vol. 19, núm. 4, p. 473-480, 2009.
- ROVEDA, M.; DALGALLO, B.; DIAS, A. N.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MULLER, C. S. Morfometria de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na Floresta Nacional de São

Francisco de Paula-RS. In: 4º Congresso Florestal Paranaense, 2012, Curitiba. Anais 4º Congresso Florestal Paranaense, 2012.

SANQUETTA, C.R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C.R. (Ed.). As florestas e o carbono. Curitiba: UFPR, 2002. p.119-140.

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

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. R. P.; SOUZA, C. A. M. de. Análise de regressão aplicada à engenharia florestal. 2. ed. Santa Maria, RS: RS: Universidade Federal de Santa Maria, Faculdade de Ciências da Comunicação, 2009. 249 p.

TONINI, H. & ARCO-VERDE, M.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, 2005.

CAPÍTULO 3

VARIÁVEIS DE COPA NA DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE MÁXIMA DE *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze, EM LAGES, SC

RESUMO

A ocupação do espaço individual máximo com base no tamanho da copa é um critério coerente para a definição do momento ideal para realizar intervenções na floresta. O objetivo do trabalho foi ajustar equações entre a densidade máxima de árvores por hectare em relação com as variáveis de copa, visando propor intervenções silviculturais e o manejo florestal. O estudo foi realizado em uma floresta nativa com 84 hectares localizada no município de Lages, SC com predominância de *Araucaria angustifolia*. Os dados foram medidos de 25 parcelas permanentes de 400m², onde de todas as árvores foram mensuradas o diâmetro à altura do peito a partir de 10 cm, a altura total, a altura de inserção de copa (hic) e quatro raios de copa (rc). Com o conjunto de dados foi calculado o diâmetro de copa, o fator de competição de copa, a área de superfície de copa, o volume de copa e número de indivíduos por hectare. A média de Fator de Competição de Copa foi superior a 95% evidenciando um alto grau de cobertura do solo pelas copas e fechamento do dossel, dificultando a regeneração da espécie, competição e crescimento de árvores individuais caracterizando a necessidade de intervenção silvicultural. A densidade máxima por hectare considerando a área de superfície de copa e o volume de copa foi de 171 árvores para um diâmetro médio de 32 cm.

Palavras chave: Manejo florestal, Área de Superfície de Copa, Morfometria, Mensuração florestal.

CHAPTER 3

VARIABLES OF CUP IN THE DETERMINATION OF MAXIMUM DENSITY OF *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze, IN LAGES, SC

ABSTRACT

The occupation of the maximum individual space based on the canopy size is a coherent criterion for the definition of the ideal time to carry out interventions in the forest. The objective of this work was to adjust equations between the maximum density of trees per hectare in relation to canopy variables, aiming to propose silvicultural interventions and forest management. The study was carried out in a native forest with 84 hectares located in the municipality of Lages, SC, with predominance of *Araucaria angustifolia*. The data were measured from 25 permanent plots of 400 m², where from all the trees were measured the diameter at the height of the chest from 10 cm, the total height, the crown insertion height (hic) and four crown rays (rc). With the data set was calculated crown diameter, crown competition factor, crown surface area, crown volume and number of individuals per hectare. The average Cup Competition Factor was higher than 95%, evidencing a high degree of canopy cover and canopy closure, hindering the regeneration of the species, competition and growth of individual trees characterizing the need for silvicultural intervention. The maximum density per hectare considering the crown surface area and crown volume was 171 trees for an average diameter of 32 cm.

Keywords: Forest management, Cup surface area, Morphometry, Forest measurement.

3.1 INTRODUÇÃO

Determinar o espaço horizontal nas florestas e também a sua relação com as dimensões das árvores é objeto de estudo de vários pesquisadores (NUTTO, 2001; NUTTO et al., 2001; SCHNEIDER, 2004; DURLO et al., 2004; PADOIN et al., 2010; COSTA, 2015; CURTO, 2015). Considerando principalmente as relações estabelecidas entre as variáveis: diâmetro de copa, altura e diâmetro da árvore e diâmetro e comprimento de copa, as quais são de grande relevância nos estudos de competição em povoamentos florestais.

A determinação das dimensões de copa para fins de manejo florestal é de grande importância. Onde uma das variáveis é a densidade de copa ou porcentagem de cobertura (PRODAN et al., 1997) que pode ser determinada considerando o comprimento da copa e o diâmetro de copa, o qual pode ser determinado através da medida de quatro a oito raios sendo o diâmetro médio expresso pelo dobro do raio médio (PADOIN et al., 2010).

O conceito de densidade segundo Prodan et al. (1997), está ligado às condições de concorrência, ocupação da superfície e fechamento do dossel. Larson (1963), afirma que em povoamentos fechados, as árvores do subdossel no decorrer do tempo, vão sendo sombreadas e cobertas pelas copas dos indivíduos vizinhos, sendo que o aumento progressivo da competição provoca uma diminuição no tamanho da copa e na eficiência dos ramos, o que resulta em declínios diamétrico e conseqüentemente na produção de madeira.

Grande parte das espécies arbóreas segundo Guilherme (2000), necessitam da abertura do dossel para terem um melhor desenvolvimento e assim atingir a maturidade reprodutiva. De acordo com estudos Caldato et al., (1996); Narvaes et al. (2005); Kanieski et al., (2012) nos estágios iniciais de desenvolvimento da Floresta Ombrófila Mista (FOM) encontraram um baixo número de indivíduos de *Araucaria angustifolia*, e sugerem que sejam realizadas intervenções silviculturais para aumentar a incidência luminosa e a disponibilidade de água e nutrientes, favorecendo dessa forma, o desenvolvimento dos indivíduos de araucária em estágio inicial

Considerada como variável de decisão em intervenções silviculturais, a densidade também pode ser utilizada em modelos simuladores de crescimento e na prognose de produção (CHASSOT et al., 2011). A partir dessas afirmações, a ocupação do espaço individual máximo com base no tamanho da copa, é um critério coerente para a definição do momento ideal de realizar intervenções na floresta. O objetivo do trabalho foi ajustar equações para a relação entre a densidade máxima de árvores por hectare em relação com as

variáveis de copa visando propor intervenções silviculturais e o manejo florestal para um fragmento de araucária em Lages, SC.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização e localização da área de estudo

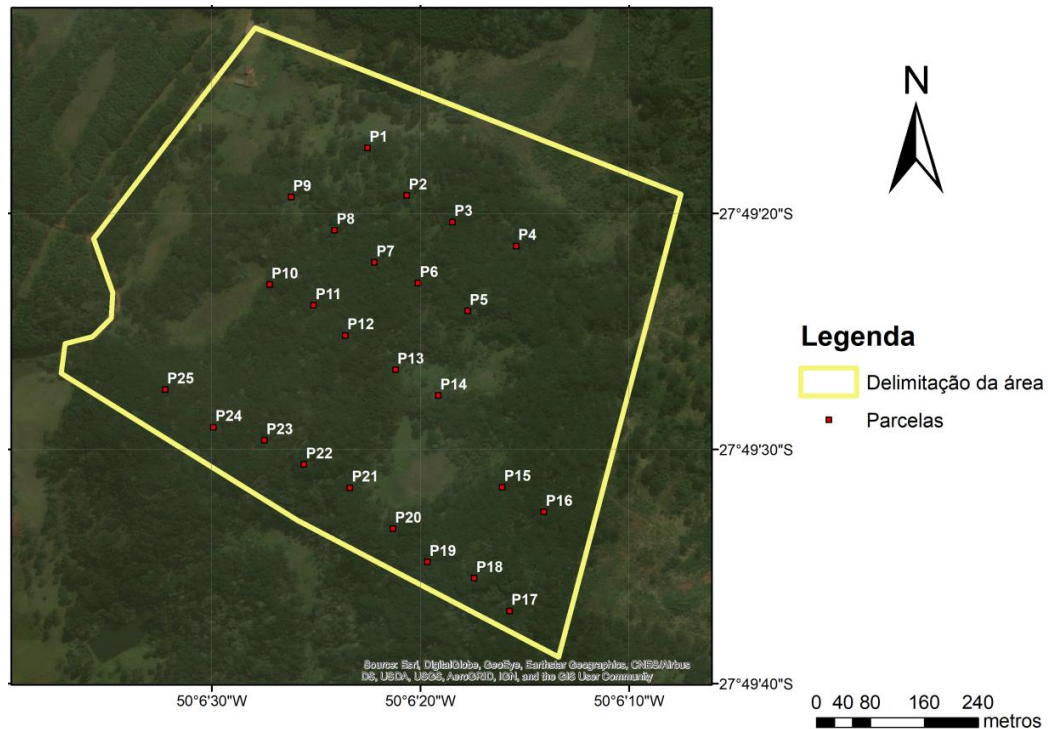
O estudo foi realizado em uma floresta nativa com predominância de *Araucaria angustifolia*, com área total de 84 ha, situado nas coordenadas de 27°49' S e 50°06' O, no município de Lages - SC. Segundo a classificação de Köppen o clima é Cfb, ou seja, subtropical úmido, sem estação seca definida. A temperatura média anual é de 15,2 °C, a precipitação média anual é de 1684,7 mm e a altitude média é de 987,0 m (ALVARES et al., 2013).

O fragmento na medição do ano de 2016 apresentava 330 árvores de araucária por hectare, sendo que as mesmas estavam distribuídas em classes de diâmetro que variavam de 10 a 70 cm. O diâmetro médio das árvores era de 29 cm, com altura média de 16,2 m e média de 5,5 m para o diâmetro de copa.

3.2.2 Coleta e processamento dos dados

Foram instaladas no ano de 2012 vinte e cinco (25) parcelas no fragmento com dimensão de 20 x 20 m (400m²). Para alocação das parcelas foi utilizado o método de amostragem sistemático, considerando uma distância entre parcelas de 50 m e entre linhas de 100 m (Figura 6).

Figura 6 - Imagem aérea da área de estudo com destaque para a demarcação do local de cada parcela instalada.



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor (2017).

No ano de 2016, todas as árvores de araucária dentro de cada parcela, com diâmetro à altura do peito (DAP) ≥ 10 cm foram mensuradas quanto ao DAP, altura total (h), altura de início de copa (hic) e o raio de copa médio (rcm). Para obtenção do rcm foram medidos 4 raios de copa, considerando o sentido de cada ponto cardinal: Norte, Leste, Sul e Oeste, com o auxílio de uma bússola e do hipsômetro laser TruPulse, adquirindo assim a medida do extremo da projeção de copa até o tronco da árvore e em seguida calculou-se a média destes raios.

Com os raios de copa obtidos calcularam-se as variáveis de copa, duplicando o valor do raio médio da copa:

$$DC = \overline{rcm} * 2$$

Onde: DC= diâmetro de copa, em metros; \overline{rcm} = raio médio de copa, em metros.

Através da altura total e da altura de início de copa calculou-se o comprimento de copa (cc), considerando a diferença entre as duas medidas:

$$cc = h - hic$$

Onde: cc= Comprimento de copa, em metro; h= Altura total, em metro; hic= Altura de início de copa, em metro.

3.2.3 Competição das copas

O Fator de Competição da Copa (FCC) foi calculado considerando as estimativas das áreas de copa potencial das árvores de araucárias.

Para a obtenção do diâmetro de copa potencial (DCpotencial), utilizou-se um modelo linear, onde o DAP foi considerado como variável independente. Onde, segundo Costa (2015), as árvores de araucária crescendo livres e sob competição em floresta natural considerando diferentes locais do sul do Brasil não apresentaram diferenças significativas para essa relação.

$$DC_{\text{potencial}} = \beta_0 + \beta_1 * DAP$$

Onde: DCP= Diâmetro de copa potencial, em metros; DAP= Diâmetro a altura do peito, em centímetros.

Através do diâmetro de copa potencial estimado, calculou-se a Área de copa potencial (ACpotencial) utilizando a equação 6:

$$AC_{\text{potencial}} = \frac{\pi * DC_{\text{potencial}}^2}{4} \quad (6)$$

Onde: ACpotencial= Área de copa potencial, em metros quadrados; DCpotencial= Diâmetro de copa potencial, em metros.

Após obter a área de copa potencial foi possível calcular o FCC através da equação 7:

$$FCC = \frac{\sum AC_{\text{potencial}}}{S} * 100 \quad (7)$$

Onde: FCC= Fator de competição de copa; ACpotencial= Área de copa potencial, em metros quadrados na unidade amostral; S= Área da unidade amostral, em metros quadrados.

3.2.4 Determinação da densidade máxima por hectare

Considerando o diâmetro de copa e comprimento da copa, pode-se calcular a Área de Superfície de Copa (ASC) e o Volume de Copa, assumindo que a copa é um sólido

geométrico regular. Para o cálculo da ASC foi utilizada a equação 8, conforme citada por Burkhardt; Tomé (2012).

$$ASC = \frac{\pi D_c}{2} \sqrt{cc^2 + \left(\frac{D_c}{2}\right)^2} \quad (8)$$

Onde: ASC = Área de superfície de copa, em metro quadrado; D_c= Diâmetro de copa, em metro; cc = Comprimento de copa, em metro.

E para o volume de copa utilizou-se a Equação 9, descrita por Burkhardt; Tomé (2012).

$$VC = \frac{\pi * D_c * cc}{12} \quad (9)$$

Onde: VC = Volume de copa, em metro cúbico; D_c= Diâmetro de copa, em metro; cc = Comprimento de copa, em metro.

Assim o número de árvores por hectare foi estabelecido em função da área de superfície de copa, conforme a equação 10:

$$N/ha = \frac{10000}{ASC} \quad (10)$$

Onde: N/ha = número de árvores por hectare; ASC = área de superfície de copa.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Competição das copas

A equação para o diâmetro de copa potencial foi $DC_{potencial} = 0,92703 + 0,15794 * dap$, a qual apresentou valor para o coeficiente de determinação (R²) de 0,64 e erro padrão da estimativa de 31,88%. Costa (2015) destaca que apesar da grande variabilidade presente nas dimensões das copas de araucária, o DAP pode ser utilizado em modelo linear simples para descrever o diâmetro de copa com grande precisão.

Os resultados quanto à área de copa potencial, bem como o FCC em porcentagem para cada parcela, pode ser analisado na Tabela 11.

Tabela 11 – Valores do somatório da área de copa livre (ACL) e do fator de competição de copa (FCC) para cada parcela mensurada do fragmento de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC.

Parcelas	ΣACL (m²)	S (m²)	FCC (%)
1	359,03	400	89,76
2	333,25		83,31
3	531,62		132,90
4	389,23		97,31
5	475,84		118,96
6	430,18		107,50
7	445,94		111,49
8	208,67		52,17
9	233,78		58,44
10	301,39		75,35
11	240,92		60,23
12	560,09		140,02
13	317,01		79,25
14	375,06		93,77
15	576,63		144,16
16	571,46		142,86
17	344,63		86,16
18	150,63		37,66
19	446,38		111,59
20	292,03		73,00
21	382,20		95,55
22	347,27		86,82
23	448,72		112,18
24	327,93		81,98
25	520,96		130,24
Média	384,43		96,11

Onde: Σ ACL= Somatório da área de copa livre da unidade amostral em metros quadrados; S=Área da unidade amostral em metros quadrados; FCC= Fator de competição de copa da unidade amostral em porcentagem.

Fonte: produção do próprio autor, 2017.

Observa-se que a parcela 18 foi a que apresentou o menor valor de FCC (37,66%), o que se explica por nessa parcela ter somente duas árvores de araucária. Embora as araucárias dessa parcela tenham uma grande dimensão, com DAP superior a 50 cm e diâmetros de copa de 10,3 e 9,3 m, suas copas ainda tem espaço para se desenvolverem sem concorrência uma com a outra.

Enquanto que, as parcelas 3, 5, 6, 7, 12, 15, 16, 19, 23 e 25 apresentaram valores para o Fator de Competição de Copa maior que 100%. Conforme Schneider; Schneider (2008), o valor 100 para FCC indica que as copas das árvores fecharam completamente o dossel e valores acima sugerem que o espaço não é suficiente para que as copas se desenvolvam, caracterizando uma alta competição entre as mesmas.

As parcelas que apresentaram valores de FCC acima de 100 se caracterizam por apresentar araucárias que no passado obtiveram um maior desenvolvimento e que agora compõe o dossel da floresta, ou seja, são árvores dominantes. De acordo com Paiva et al. (2001), árvores dominantes tem sua copa acima do nível geral da cobertura das copas da floresta, recebendo portanto luz direta de cima e conseqüentemente são árvores mais vigorosas, com melhor desenvolvimento e normalmente tem melhores chances de sobreviver à competição pelos fatores de crescimento. Com base nisso essas parcelas destacam-se das demais por suas árvores apresentarem maior incremento diamétrico e uma maior área de copa, o que ocasiona o fechamento do dossel. De acordo com os autores Günter (2001); Finkeldey, (2011), as florestas com maiores áreas basais apresentam um maior fechamento no dossel, dificultando desta forma a penetração da luminosidade e gerando sombreamento no sub-bosque.

As posições de copa mais baixas e sombreadas além de terem uma diminuição na quantidade de luz também tem uma alteração na sua qualidade (GONÇALVES et al. 2010). Sendo que a baixa incidência de luz nos estratos inferiores das florestas exerce influência sobre todos os estágios de desenvolvimento das árvores (RICHARDSON et al., 2000), inibindo seu crescimento, influenciando dessa forma, significativamente o incremento em altura dos regenerantes (NASCIMENTO, 2009).

Quando considera-se a média de FCC de todas as parcelas (96,11%), é possível perceber que o dossel desse fragmento encontra-se quase que fechado, o que caracteriza uma floresta em competição. Onde as árvores que se encontram no subdossel estão limitadas quanto à luminosidade que incide até elas. De acordo com Seitz (1976), as copas de araucária apresentam uma absorção da radiação solar de aproximadamente 80%, em consequência disso plantas heliófilas, como é o caso da araucária, as quais apresentam exigências ecológicas requerendo luminosidade para que a regeneração ocorra (AVILA et al., 2013) não encontram condições para um crescimento adequado.

Também sofrem uma grande competição quanto a captação de nutrientes, o que pode resultar em um crescimento diamétrico inferior as árvores emergentes, corroborando com isso Chassot et al. (2011), afirmou que árvores de araucárias emergentes apresentam maior incremento diamétrico e maior taxa de crescimento quando comparadas as intermediárias e as do subdossel.

3.3.2 Determinação da densidade máxima por hectare

As variáveis mensuradas a campo (DAP, Ht, Hic), juntamente com o diâmetro de copa (Dc) e o comprimento de copa (Cc) foram correlacionadas e o resultado pode-se observar na tabela 12.

Tabela 12 – Valores da Correlação de Pearson estabelecida entre as variáveis dendrométricas e morfométricas para *Araucaria angustifolia* em Lages, SC.

	DAP	Ht	Hic	Dc	Cc
DAP	1	0,73787	0,49272	0,80239	0,51941
ht	-	1	0,80787	0,54889	0,49776
hic	-	-	1	0,33099	-0,10904
dc	-	-	-	1	0,46868
cc	-	-	-	-	1

Onde: DAP: diâmetro a altura do peito, em centímetros; Ht: altura total, em metro; Hic: altura de início de copa, em metros; Dc: diâmetro de copa, em metros; Cc: comprimento de copa, em metros.

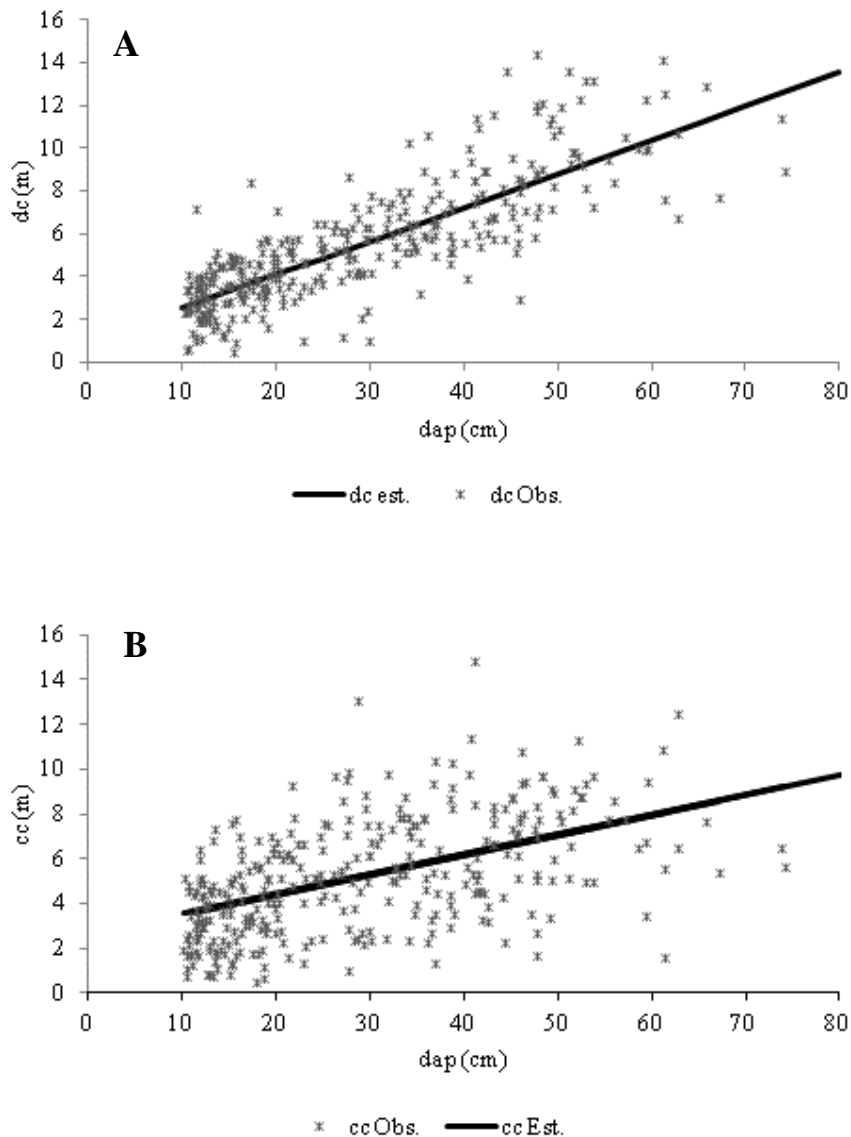
Fonte: produção do próprio autor, 2017.

Todas as variáveis apresentaram correlação positiva com o diâmetro à altura do peito, sendo que para a variável diâmetro de copa e comprimento de copa a maior interdependência foi com o dap. Curto (2015), também destaca uma maior correlação do Dc (0,87) e Cc (0,42) com o DAP para araucária no estado do Paraná.

Tonini; Arco-Verde (2005), afirmaram que existem relações significativas entre o diâmetro à altura do peito com o diâmetro de copa e o comprimento da copa, uma vez que essas variáveis tendem a aumentarem à medida que o DAP incrementa.

Considerando a alta relação entre essas variáveis, concomitante ao modelo linear ajustado para o diâmetro de copa em função do dap (Figura 7A), foi modelado o comprimento de copa também tendo como variável independente o DAP, onde $Cc = 2,63978 + 0,08872 \cdot DAP$, com R^2 de 0,2698 e $Sy_x\% = 41,88$ conforme apresentado na Figura 7B.

Figura 7 - A: Diâmetro de copa observado e estimado com a equação ajustada em função do diâmetro a altura do peito; **B:** Comprimento de copa observado e estimado com a equação ajustada em função do diâmetro a altura do peito.



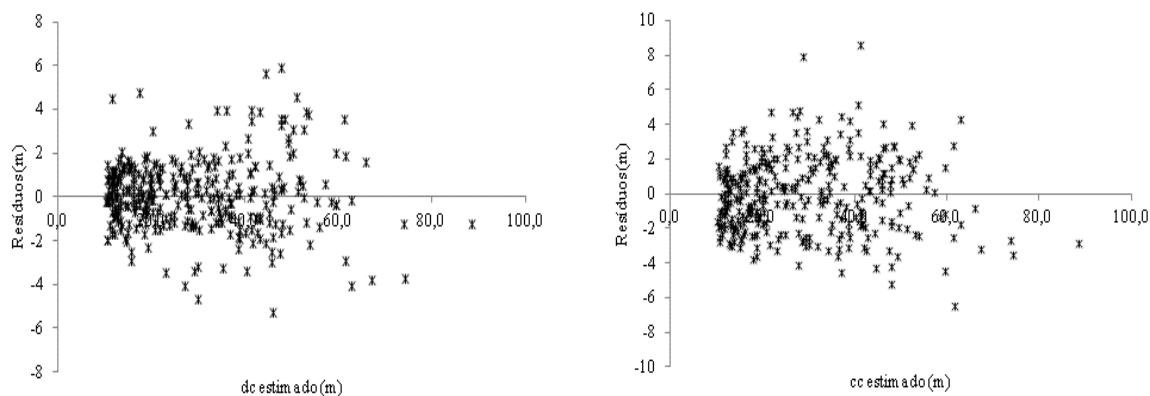
Onde: Dc: Diâmetro de copa em metros; Cc: Comprimento de copa, em metros; DAP: Diâmetro à altura do peito, em centímetros.

Fonte: produção do próprio autor, 2017.

Segundo Tonini e Arco-Verde (2005), utilizam-se na maioria das vezes ajustes com variáveis independentes de fácil obtenção, como o diâmetro à altura do peito, em equações de regressão, buscando diminuir o tempo a campo com as medições das demais variáveis.

Analisando a distribuição gráfica dos resíduos em função dos valores estimados para os modelos ajustados (Figura 8), nota-se que os erros distribuíram-se de maneira regular, não apresentando tendências sistemáticas, que superestimassem ou subestimassem os valores.

Figura 8 - Distribuição dos resíduos para as equações ajustadas para obtenção do diâmetro de copa e comprimento de copa em função do diâmetro a altura do peito.



Onde: Dc: Diâmetro de copa, em metros; Cc: Comprimento de copa, em metros.

Fonte: produção do próprio autor, 2017.

A partir do ajuste dos modelos e com base nos diâmetros os quais variaram de 10 a 80 cm, com intervalos de 5 cm foi possível estimar as variáveis diâmetro de copa e comprimento de copa. Na Tabela 13, observam-se os resultados de diâmetro de copa, comprimento de copa, área de superfície de copa, volume de copa e o número de árvores por hectares em função da área de superfície de copa.

Tabela 13 – Diâmetro à altura do peito, diâmetro de copa e comprimento de copa calculados, área de superfície de copa, volume de copa e número de árvores por hectare calculados para um fragmento de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC.

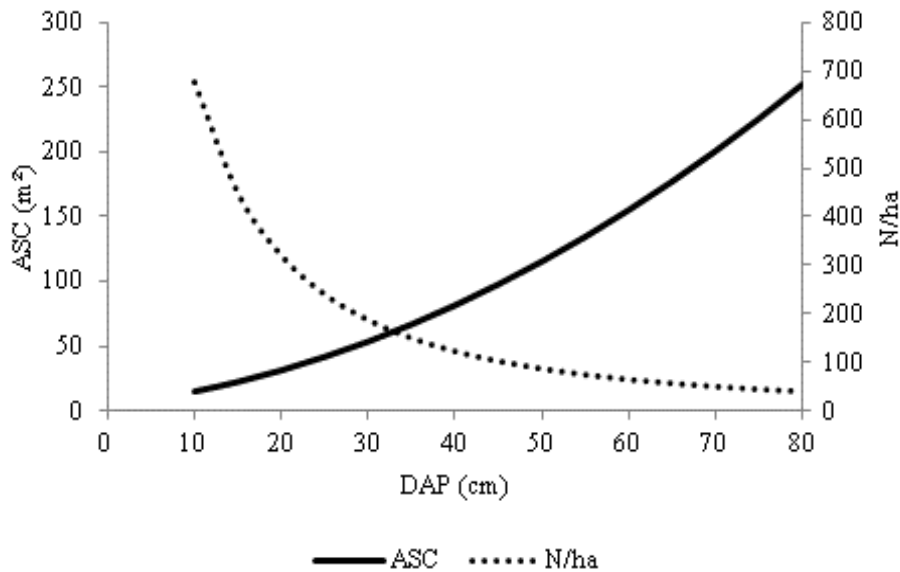
DAP (cm)	Dc (m²)	Cc (m)	ASC (m²)	VC (m³)	N/ha
10	2,51	3,53	14,74	2,31	679
15	3,30	3,97	22,26	3,43	449
20	4,09	4,41	31,22	4,72	320
25	4,88	4,86	41,62	6,20	240
30	5,67	5,30	53,49	7,86	187
35	6,45	5,74	66,81	9,71	150
40	7,24	6,19	81,60	11,74	123
45	8,03	6,63	97,86	13,95	102
50	8,82	7,08	115,58	16,35	87
55	9,61	7,52	134,77	18,93	74
60	10,40	7,96	155,43	21,69	64
65	11,19	8,41	177,56	24,63	56
70	11,98	8,85	201,17	27,76	50
75	12,77	9,29	226,24	31,08	44
80	13,56	9,74	252,79	34,57	40

Onde: dap = Diâmetro à altura do peito, em centímetros; dc = Diâmetro de copa, em metros quadrados; cc = Comprimento de copa, em metros; ASC = Área de Superfície de Copa, em metros quadrados; VC = Volume de Copa, em metros cúbicos; N/ha = Número de árvores por hectare, considerando a Equação 10.

Conforme o DAP aumenta também observa-se um aumento da área de superfície de copa e do volume de copa (Tabela 13), indicando que quanto maior o diâmetro das araucárias, maior também será suas dimensões de copa. Em contra partida, o número de árvores por hectare tem uma relação negativa com as essas variáveis, tendo em vista que quanto maior for a copa da araucária, maior será o espaço requerido pela mesma e assim menor o número de árvores comportado por hectare.

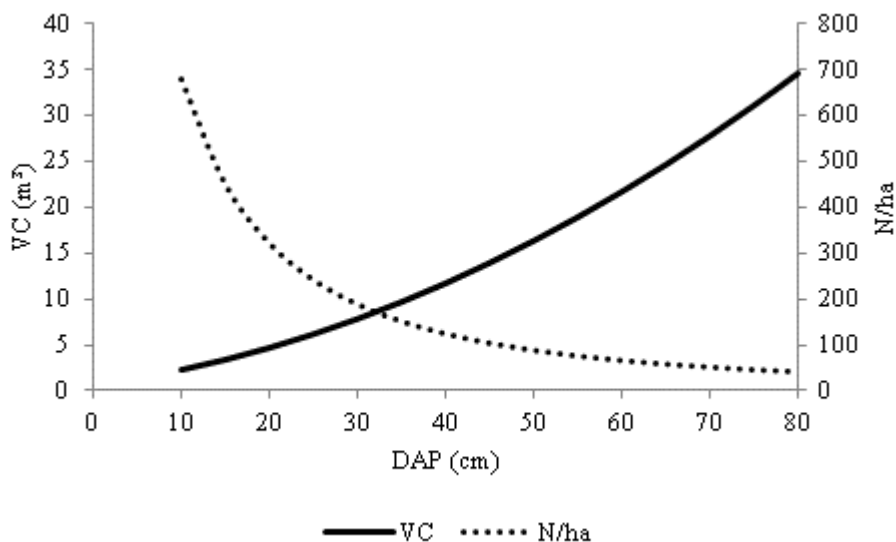
Através da determinação do número de árvores por hectare considerando o DAP, a ASC e o VC foi possível estabelecer a densidade máxima por hectare para a floresta de araucária avaliada (Figura 9 e 10). Segundo Schneider; Schneider, (2008), a densidade florestal pode ser obtida através da área basal, volume, número de árvores ou superfície das copas por unidade de área.

Figura 9 - Densidade máxima de indivíduos considerando diâmetro a altura do peito e as curvas de área de superfície de copa e número de árvores por hectare para um fragmento de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC.



Onde: ASC = Área de Superfície de Copa, em metros quadrados; dap = diâmetro a altura do peito, em centímetros; N/ha = Número de árvores por hectare.
Fonte: produção do próprio autor, 2017.

Figura 10 - Densidade máxima de indivíduos considerando diâmetro a altura do peito e as curvas de volume de copa e número de árvores por hectare para um fragmento de *Araucaria angustifolia* em Lages, SC.



Onde: VC = Volume de Copa, em metros cúbicos; DAP = diâmetro a altura do peito, em centímetros; N/ha = Número de árvores por hectare.
Fonte: produção do próprio autor, 2017.

Para a definição da densidade máxima de indivíduos por hectare, pode ser utilizada a intersecção das linhas, ou seja, o ponto em que ASC e número de árvores por hectare ou VC e

número de árvores por hectare se encontram. Com base nisso e verificando as Figuras 9 e 10, tem-se no ponto de encontro um diâmetro médio de 32 cm, resultando em um número máximo de 171 árvores por hectare para esse fragmento.

De acordo com Assmann (1970), o espaço médio disponível para o desenvolvimento de uma árvore em uma floresta é inversamente proporcional ao número de árvores por hectare e diretamente proporcional ao DAP dos indivíduos, pois, com o aumento do diâmetro das árvores, conseqüentemente requer um aumento no tamanho médio das copas, requerendo dessa forma, um espaço maior para o crescimento.

Atualmente, o fragmento de araucária em estudo possui 330 indivíduos por hectare, com um diâmetro médio de 29 cm. Considerando a densidade máxima estabelecida pela ASC ou VC, verifica-se que esse valor encontra-se acima do ideal estimado (171 árvores/ha), embora o diâmetro médio das árvores do fragmento ainda esteja abaixo do calculado. O número de árvores acima do comportado por hectare causa efeitos negativos consideráveis no incremento das mesmas devido à competição exercida pelas árvores vizinhas (CONTRERAS et al., 2011; AAKALA et al., 2013) e também influencia na interceptação de luz, na capacidade fotossintética, no crescimento e na sobrevivência (PACALA et al., 1996). Portanto, sugere-se a redução do número de indivíduos por meio do manejo florestal sustentável, a fim de favorecer o crescimento das árvores remanescentes.

Com base nas estimativas de densidade seria necessário a redução de 53% no número de indivíduos por hectare, para que as copa tivessem espaço adequado e suficiente para desenvolverem-se. Conforme Curto et al. (2015), a primeira intervenção de indivíduos de araucária deve ser realizada nas classes intermediárias (30 a 50 cm), tendo em vista que a exploração dessas árvores não prejudicará a questão ecológica do fragmento e ainda possibilitará um retorno financeiro, devido ao seu alto valor comercial.

Com a retirada das árvores da classe intermediária, ocorrerá a abertura de clareiras, fato que acelera o incremento das araucárias com menores diâmetros e que permite o desenvolvimento da regeneração natural. Consolidando isso, Reis et al. (2015), destaca que a abertura do dossel em decorrência de intervenção silvicultural de forma sustentável, faz com que tenha um aumento no crescimento das árvores remanescentes.

Destacado por Venturoli (2008), o manejo florestal sustentável também visa o aproveitamento de madeiras de espécies florestais importantes nesse setor, como é o caso da araucária, tornando-se imprescindível para manter as florestas em pé, bem como, para conservar a biodiversidade, a cobertura do solo e gerar renda às propriedades rurais.

Curto et al. (2015), salientaram que para uma boa prática de manejo além das dimensões e a classe social das árvores, deve ser utilizada a distribuição espacial das árvores remanescentes, com o objetivo de evitar clareiras extensas e concentração irregular desta vegetação.

3.4 CONCLUSÃO

Dentre as 25 parcelas mensuradas 10 apresentaram valores para o Fator de Competição de Copa acima de 100%, onde a média para o fragmento foi superior à 95%, indicando que o dossel desse fragmento encontra-se quase que fechado, o que caracteriza que o mesmo está em competição.

Todas as variáveis apresentaram correlação positiva com o diâmetro à altura do peito, onde para as variáveis diâmetro de copa e comprimento de copa essa foi a maior correlação, o que justifica a utilização DAP no ajuste das mesmas.

A área de superfície de copa ou volume de copa possibilitaram definir a densidade máxima de 171 indivíduos por hectare para esse fragmento, com um diâmetro médio de 32 cm, sendo necessário a redução de 53% no número de indivíduos por hectare, visando um espaço suficiente para o desenvolvimento das copas de araucária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAKALA, T.; FRAVER, S.; D'AMATO, A. W.; PALIK, B. J. Influence of competition and age on tree growth in structurally complex old-growth forests in northern Minnesota, USA. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 308, p. 128-135, 2013.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, p. 711 - 728, 2013.
- ASSMANN, E. *The principles of forest yield study*. Oxford: Pergamon Press, 1970. 506 p.
- AVILA, A. L. de; ARAÚJO, M. M.; GASPARIN, E.; LONGHI, S. J. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil. *Cerne*, Lavras, v. 19, n. 4, p. 621- 628, 2013.
- BURKHART, H. E.; TOMÉ, M. *Modeling forest trees and stands*. Springer Science, p. 85-106, 2012.
- CALDATO, S. L.; FLOSS, P.A.; CROCE, D. M. LONGHI, S. J. Estudo da regeneração natural, banco de sementes e chuva de sementes na reserva genética florestal de Caçador, SC. *Ciência Florestal*, v. 6 (1), p. 27-38, 1996.
- CHASSOT, T.; FLEIG, F.D.; FINGER, C.A.G.; LONGHI, S.J. Modelos de crescimento em diâmetro de árvores individuais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na Floresta Ombrófila Mista. *Ciência Florestal*, v.21, p.303-313, 2011.
- CONTRERAS, M. A.; AFFLECK, D.; CHUNG, W. Evaluating tree competition índices as predictors of basal área increment in western Montana forests. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 262, p. 1939-1949, 2011.
- COSTA, E. A. Modelagem biométrica de árvores com crescimento livre e sob competição em floresta de araucária. 2015. 235 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- CURTO, R. A. Avaliação do crescimento e potencial de manejo em plantio superestocado de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. 2015. 251 f. Tese (Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR. 2015.

CURTO, R. A.; ZACHOW, R.; BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P.; PÉLLICO NETTO, S. Alternativas para o manejo da Floresta Nacional de Açungui. (Documentos). Colombo : Embrapa Florestas, 30 p., 2015.

DURLO, M. A.; SUTILI, F. J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. *Ciencia Florestal*, vol. 14, n.º. 2, p. 79–89, 2004.

FINKELDEY, R. Management of Forest Genetic Resources. In: GÜNTER et al. (eds.), *Silviculture in the Tropics, Tropical Forestry*. 2011.

GONÇALVES, D. A.; SCHWARTZ, G.; POKORNY, B.; ELDIK, T. V. O uso da classificação de copa de Dawkins como indicador do comportamento ecológico de espécies arbóreas tropicais. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 40, n. 1, p. 175-182, 2010.

GUILHERME, F. A. G. Efeitos da cobertura de dossel na densidade e estatura de gramíneas e da regeneração natural de plantas lenhosas em mata de galeria, Brasília –DF. *Cerne*, Lavras, v. 6, n. 1, p. 60-66, 2000.

GÜNTER, S. Impacto de los Factores Ecológicos em La Regeneración de la Mara (*Swietenia macrophylla* King) en Bosques Naturales de Bolivia. IN: MOSTACEDO, B. e T.S. FREDERICHSEN, T.S. (Eds.). "Regeneración y Silvicultura de Bosques Tropicales en Bolivia". Editora El País. Santa Cruz, Bolívia. 2001.

LARSON, P. R. Evaluating the environment for studies of the inheritance of wood properties. In: *WORLD CONSULTATION ON FOREST AND TREE IMPROVEMENT*, 1., 1963, Stockholm. Proceedings. Rome: FAO, p. 1-6, 1963.

KANIESKI, M. R.; LONGHI-SANTOS, T.; GRAF NETO, J.; SOUZA, T.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C. V. Influência da precipitação e da temperatura no incremento diamétrico de espécies florestais aluviais em Araucária-PR. *Floresta e Ambiente*, v. 19(1), p. 17-25, 2012.

NARVAES, I. S.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Estrutura da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. *Ciência Florestal*, v.15(4), p.331-342, 2005.

NASCIMENTO, H. C. S. Influência da luminosidade do sub-bosque no crescimento e características foliares de espécies arbóreas da Amazônia na fase juvenil. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Biologia e Recursos Naturais – INPA/UFAM. 2009.

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

NUTTO, L.; TONINI, H.; BORSOI, G. A.; MOSKOVICH, F. A.; SPATHELF, P. Utilização dos parâmetros da copa para avaliar o espaço vital em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, v. 42, p. 110-122, 2001.

PACALA, S. W.; CANHAM, C. D.; SAPONARA, J.; SILANDER JR., J. A.; KOBE, R. K.; RIBBENS, E. Forest models defined Field measurements: estimation, error analysis and dynamics. *Ecological Monographs*, v. 66, n. 1, p. 1-43, 1996.

PADOIN, V.; FINGER, G.; AUGUSTO, C. Relações entre as dimensões da copa e a altura das árvores dominantes em povoamentos de *Pinus taeda* L. *Ciência Florestal*, Santa Maria, RS, v. 20, n. 1, p. 95-105, 2010.

PAIVA, H. N.; JACOVINE, L. A. G.; RIBEIRO, G. T.; TRINDADE, C.; Cultivo de Eucalipto em Propriedades Rurais. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 138p.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. Mensura forestal. San José – Costa Rica: GTZ-IICA, 1997. 586p.
REIS, L.P., RUSCHEL, A.R., COELHO, A.A., LUZ, A.S. DA, MARTINS-DA-SILVA, R.C.V. Avaliação do potencial madeireiro na Floresta Nacional do Tapajós após 28 anos da exploração florestal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v.30, n. 64, p. 265–281, 2010.

RICHARDSON, A. D.; BERLYN, G. P.; ASHTON, P. M. S.; THADANI, R.; CAMERON, I. R. Foliar plasticity of hybrid spruce in relation to crown position and stand age. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v. 78, M. 3, p. 305-317, 2000.

SCHNEIDER, P. R. Manejo Florestal: Planejamento da Produção Florestal. Santa Maria: UFSM, 2004. 492 p.

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

SEITZ, R.A. Estudo da variação da radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar no interior de uma mata de *Araucaria angustifolia* em relação ao terreno livre. *Floresta* v. 7, p. 36-45. 1976.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. 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.

VENTUROLI, F. (2008). Manejo de Floresta Estacional Semidecídua Secundária em Pirenópolis, Goiás (186f). Tese de Doutorado, Publicação PPGEFL.TD, Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Brasília, DF, Brasil.

CAPÍTULO 4

AFERIÇÃO ENTRE REMEDIÇÃO DO DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO COM MEDIDAS DO INCREMENTO PERIÓDICO EM DIÂMETRO PARA *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze

RESUMO

Para análise da distribuição diamétrica, obtenção de volume e da produção florestal é de suma importância que as medidas de diâmetros sejam corretas. O trabalho teve como objetivo verificar se os incrementos diamétricos médios e periódico de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze somados com o diâmetro a altura do peito mensurado em 2012 em um fragmento de araucária em Lages – SC são equivalentes aos diâmetros à altura do peito remediados no ano de 2016. O estudo foi realizado em uma floresta natural de araucária com área total de 84 ha. No ano de 2012 foi realizado na área um inventário com 25 parcelas de 400 m² de distribuição sistemática. Nessa ocasião todas as araucárias com diâmetro maior ou igual a 10 cm foram mensuradas quanto a diâmetro a altura do peito e obteve-se de 121 árvores rolos de incremento, extraídos radialmente. Em 2016 as 121 araucárias foram remediadas quanto ao diâmetro à altura do peito e considerando o incremento médio obtido de cada árvore em 2012 e o incremento periódico nos últimos 5 anos (2008-2012), foram verificados se os incrementos médios somados com o diâmetro a altura do peito mensurado em 2012 eram equivalentes aos diâmetro a altura do peito mensurados na remedição. Verificando que os diâmetros calculados através dos incrementos médios apresentaram valores similares aos mensurados a campo, demonstrando que o incremento diamétrico pode ser utilizado na realização de prognóstico dos diâmetros a altura do peito de araucária no fragmento estudado.

Palavras-chave: Araucária, Crescimento, Diâmetro.

CHAPTER 4

BREEDING BETWEEN REMEDANCING THE DIAMETER THE BREAST HEIGHT WITH PERIODIC DIEMETRIC INCREASE MEASURES FOR *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze

ABSTRACT

In order to analyze the diameter distribution, volume production and forest production, it is very important that the diameter measurements are correct. The objective of this study was to verify if the mean and periodic diameter increases of *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze, added with the diameter at breast height measured in 2012 in a fragment of Araucária in Lages - SC are equivalent to the diameters to the height of the breast remediated in the year of 2016. The study was conducted in a natural araucaria forest with a total area of 84 ha. In the year 2012 an inventory was carried out in the area with 25 parcels of 400 m² of systematic distribution. At that time all the araucarias with diameter greater or equal to 10 cm were measured as to the diameter of the chest height and 121 trees of increment were obtained, radially extracted. In 2016, the 121 *Araucaria* were remeasured for diameter at breast height and considering the average increment obtained for each tree in 2012 and the periodic increment in the last 5 years (2008-2012), it was verified if the average increments added with the diameter a height of the chest measured in 2012 were equivalent to the diameter the height of the chest measured in remeasurement. Verifying that the diameters calculated through the mean increments presented values similar to those measured in the field, demonstrating that the diametric increment can be used in the prognosis of the diameters of the height of the araucaria chest in the studied fragment.

Keywords: *Araucaria*, Growth, Diameter.

4.1 INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia* caracteriza a Floresta Ombrofila Mista (FOM) ou Floresta com Araucárias, sendo a principal espécie dessa formação florestal, não somente pela dominância fitossociológica em relação as demais espécies arbóreas, mas também, pelo valor econômico que possui (MATTOS et al., 2010).

A dinâmica de crescimento de uma floresta apresenta alta complexidade, heterogeneidade e lentidão em ecossistemas com a FOM, sendo a sua compreensão de suma importância para a elaboração de um plano de manejo (SCHAAF et al., 2005).

Quando se pretende conhecer a dinâmica de uma floresta, entende-se como um dos melhores procedimentos a realização de avaliações do crescimento e incremento das árvores, o qual se dá, principalmente, pelo incremento diamétrico ou incremento em área basal. Onde o aumento do diâmetro do tronco pode ser expresso como uma função de produção, capaz de estimar diâmetros futuros, ou como uma função de crescimento, que estima o incremento durante um período específico (VANCLAY, 1994).

Lamprecht, (1990), afirmou que o crescimento das árvores é definido pela composição genética da espécie e pode ser influenciado pelas características desta interagindo com o ambiente. Onde inúmeros são os fatores que influenciam no desenvolvimento de uma árvore, sendo que as influências ambientais incluem fatores climáticos, pedológicos, características geomorfológicas e competição entre as árvores (HUSCH et al., 1982; ANDRADE et al., 2007).

Considerando que para conhecer como tais características influenciam no crescimento de uma espécie, é necessário realizar o acompanhamento da mesma com medições periódicas por todo o seu ciclo de vida, o que acarreta um longo período de observações, ou então valer-se de técnicas como análise de tronco (FINGER et al., 1996).

A análise de tronco é uma alternativa rápida e precisa e a partir da contagem e medição dos anéis anuais de crescimento obtidos das árvores, podem-se obter dados sobre parâmetros biométricos importantes, como o diâmetro, o qual fornecerá informações sobre o potencial de desenvolvimento das espécies, permitindo quantificar o tempo necessário para que a árvore alcance uma determinada dimensão, bem como, planejar melhor o manejo sustentável da floresta (FINGER et al., 1996). O trabalho teve como objetivo verificar se os incrementos diamétricos médios e periódicos de *Araucaria angustifolia* somados com o diâmetro a altura do peito mensurado em 2012 em um fragmento de araucária em Lages – SC são equivalentes aos diâmetros à altura do peito remeidos no ano de 2016.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1 Área de estudo e coleta dos dados

O estudo foi realizado no município de Lages/SC, em um povoamento natural de *Araucaria angustifolia* com uma área total de 84 ha.

No ano de 2012 foi realizado na área um inventário contendo 25 parcelas de 400 m² (20m x 20m) com distribuição sistemática. Nessa ocasião todas as araucárias com diâmetro maior ou igual a 10 cm foram identificados com plaquetas numeradas e mensuradas quanto a diâmetro a altura do peito. Também obteve-se rolos de incremento de 121 araucárias, extraídos radialmente de cada árvore, com o Trado de Presler, sendo o primeiro à altura do peito e o segundo a 90° do primeiro. Com auxílio de um microscópio estereoscópio realizou-se a marcação dos anéis de crescimento e a medição do incremento foi realizado em mesa de mensuração de anéis (LINTAB 6.0 – *Frank Rinn Distributors, Alemanha*).

Em 2016 as 121 araucárias foram remeidas quanto ao DAP, com o auxílio de suta dendrométrica e considerando o incremento médio obtido de cada árvore em 2012 e o incremento periódico anual dos últimos 5 anos (2008-2012), foram verificados se os incrementos médios somados com o diâmetro a altura do peito mensurado em 2012 eram equivalentes aos DAP mensurados na remedição, para isso utilizou-se a Equação 11:

$$\text{DAP 2016} = t * \text{Inc} + \text{DAP2012}$$

Onde: DAP 2016 = Diâmetro a altura do peito em 2016, em centímetros; t = número de anos entre a primeira medição e a segunda, no caso 4 anos; Inc = Média do Incremento diamétrico, em centímetros; DAP = Diâmetro à altura do peito mensurado em 2012, em centímetros.

Com os diâmetros calculados a partir do incremento médio obtido de cada árvore em 2012 e o incremento periódico anual dos últimos 5 anos foi realizada uma comparação de médias, através do Teste t.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As araucárias avaliadas para o estudo de incremento tiveram no ano de 2012 diâmetros a altura do peito variando de 10 a 71,1 cm, enquanto em 2016, ano em que foi realizada a remedição dos DAP, esses variaram de 10,6 a 74,1 cm.

Os incrementos periódicos anuais (IPA), o qual foi considerado os incrementos dos últimos 5 anos e os incrementos médios (IM) de cada árvore por classe de diâmetro apresentaram valores distintos, onde os valores de IPA foram menores que o IM, conforme pode ser analisado na Tabela 14.

Tabela 14 - Incremento periódico e incremento médio por classe de diâmetro para *Araucaria angustifolia* em Lages - SC.

Classe diamétrica (cm)	IPA (cm/ano)	IM (cm/ano)
10 - 14,9	0,268	0,408
15 - 19,9	0,363	0,499
20 - 24,9	0,372	0,598
25 - 29,9	0,374	0,640
30 - 34,9	0,413	0,627
35 - 39,9	0,348	0,635
40 - 44,9	0,298	0,628
45 - 49,9	0,386	0,671
50 - 54,9	0,405	0,583
55 - 59,9	0,408	0,626
60 - 64,9	0,335	0,718
65 - 79,9	0,395	0,608
70 - 74,9	0,412	0,570

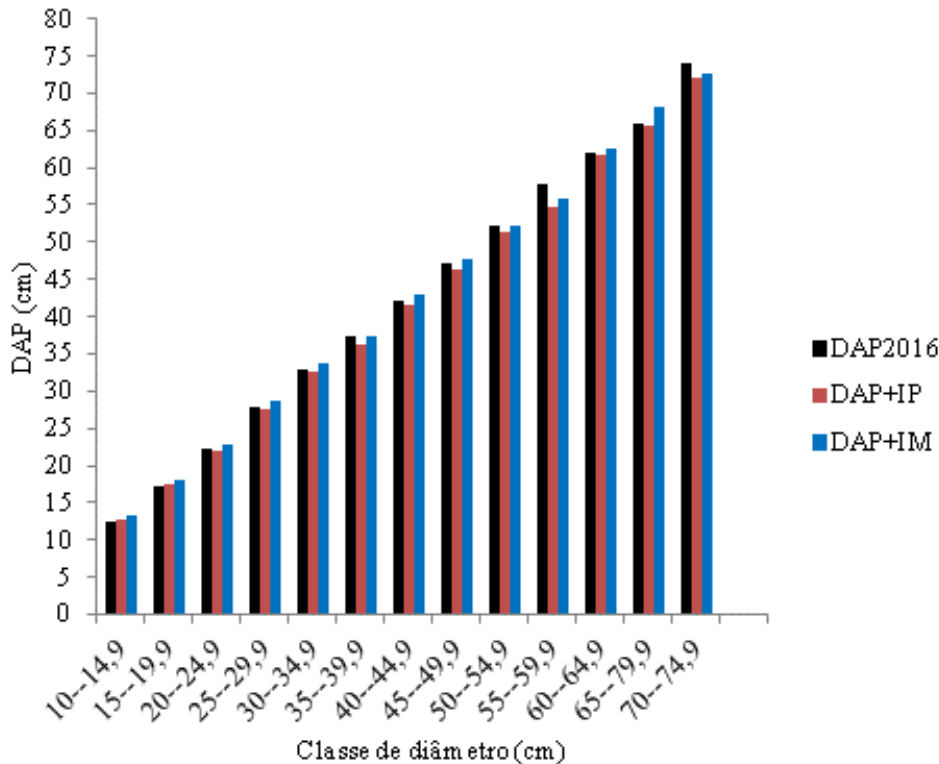
Onde: IP: Incremento periódico anual em diâmetro dos últimos 5 anos, em centímetros por ano; IM: Incremento médio em diâmetro de cada árvore, em centímetros por ano.

O IM tem um aumento gradativo dos seus valores da primeira classe de diâmetro (10 – 14,9 cm) até a classe 25 – 29,9 cm, sendo que essa tendência também é observada no IPA, indo da primeira classe até a classe de 30 – 34,9 cm, a partir desses pontos os incrementos diminuem e aumentam, variando sem seguir um padrão.

Os maiores valores para o IPA foram registrados na classe de 30 a 34,9 com 0,413 cm/ano seguido da classe de 70 a 74,9 cm, com 0,412 cm/ano. Enquanto que para o IM os maiores valores foram nas classes 45 a 49,9 cm (0,671 cm/ano) e na classe de 60 a 64,9 (0,718 cm/ano).

Os valores de DAP obtidos através da mensuração das árvores em 2016 e também os valores calculados para o DAP através do incremento médio anual por classe de diâmetro podem ser observados na Figura 11.

Figura 11 - Valores médios do diâmetro a altura do peito mensurados em 2016 e dos diâmetros a altura do peito no ano de 2012 mais o incremento diamétrico por classe de diâmetro.



Onde: DAP2016 = Diâmetro a altura do peito mensurado em 2016, em centímetros; DAP+IPA = Diâmetro a altura do peito mensurado em 2012 mais o incremento periódico anual dos últimos 5 anos*4, em centímetros; DAP+IM = Diâmetro a altura do peito mensurado em 2012 mais o incremento médio de cada árvore*4, em centímetros;

Fonte: produção do próprio autor, 2017.

Os DAP calculados através do IPA e IM apresentaram valores similares aos obtidos a campo. Obtendo uma diferença maior entre o diâmetro calculado através do incremento e o diâmetro mensurado a campo, somente nas classes de 55 a 59,9 cm e 70 a 74,9 cm. Não descartando a hipótese de essa diferença estar associada a erros aleatórios, onde de acordo com PRESTON; DIETZ (1991), as possíveis fontes desses erros são observacionais, ou seja, erros do observador quando lendo uma escala de um equipamento ou erros de anotações.

Nota-se contudo, que os valores de DAP obtidos através da soma do DAP de 2012 e o incremento periódico dos últimos 5 anos (2008-2012) ficaram mais próximos aos obtidos na mensuração de 2016. A maior proximidade entre os valores de DAP 2016 e o DAP+IPA

possivelmente ocorreram em decorrência das araucárias estarem passando por características climáticas e também de perturbações antrópicas semelhantes nos últimos anos, não havendo alterações significativas no seu incremento diamétrico.

Enquanto que os valores de DAP+IM por fazerem uma média de todo o incremento de cada árvore, podem apresentar períodos em que o crescimento diamétrico foi maior ou menor em consequência de algum fator ambiental e por isso quando calculado o valor de DAP através do mesmo, os valores tiveram uma maior diferença dos valores mensurados a campo.

Embora a obtenção do diâmetro a altura do peito com base na média dos incrementos dos últimos 5 anos de medição (IPA) e na média geral de todos os incrementos de cada árvore (IM), tenha apresentado melhores resultados para o dap a partir dos IPA, o teste de médias não apresentou diferença significativa entre os mesmos ($t= 1,6495$; $p\text{-valor}= 0,0974$). Sendo assim o incremento diamétrico tanto periódico anual como médio apresentam potencial para realização de prognóstico dos diâmetro a altura do peito de araucária para o fragmento estudado.

4.4 CONCLUSÃO

O cálculo do diâmetro a altura do peito realizado através do incremento diamétrico foi similar aos dados de mensuração dessa variável obtidos a campo, tornando-se possível utilizá-los para prognose de diâmetros futuros das árvores de araucária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE CM, FINGER CAG, THOMAS C, SCHNEIDER PR. Variação do incremento anual ao longo do fuste de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e densidades populacionais. *Ciência Florestal*, v. 17, n.3, p. 239-246, 2007.

FINGER, C.A.G.; ELEOTÉRIO, J.R.; BERGER, R.; SCHNEIDER, P.R. Crescimento diamétrico do pau-ferro (*Astronium balansae*) em reflorestamento no município de São Sepé, RS. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.6, n.1, p.101-108. 1996.

HUSCH B, MILLER CI, BEERS TW. *Forest Mensuration*. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons; 1982.

LAMPRECHT H. *Silvicultura nos trópicos*. Eschborn: GTZ; 1990

MATTOS, P. P. de; OLIVEIRA, M. F.; AGUSTINI, A. F.; BRAZ, E. M.; RIVERA, H. OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Aceleração do crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 319-326, 2010. DOI: 10.4336/2010.pfb.30.64.319.

PRESTON, D. W.; DIETZ, E.R.. *The Art of Experimental Physics*. Ed: John Wiley & Sons. Nova York, 1991. 448 p.

SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; SANQUETTA, C. R.; GALVÃO, F. Incremento diamétrico e em área basal no período 1979-2000 de espécies arbóreas de uma floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Paraná. *Floresta*, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 271 - 290, 2005.

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

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da distribuição diamétrica, das relações morfométricas e da densidade máxima de árvores por hectare para a araucária desenvolvidas nesse trabalho, tem o papel de auxiliar na determinação de quais árvores devem ser retiradas numa intervenção de manejo, possibilitando dessa forma, regular a densidade de indivíduos e sua distribuição no tempo e espaço.

Visto que as pesquisas indicam que o fragmento de *Araucaria angustifolia* necessita de uma intervenção silvicultural de forma sustentável, retirando-se os indivíduos de maiores diâmetros, proporcionando dessa maneira maior espaço para os remanescentes, melhorando de forma considerável seu desenvolvimento, visto que diminuirá a competição por espaço, luz e nutrientes.

Embora a legislação vigente não permita o uso dessa espécie, o monitoramento desse fragmento deve ter continuidade, buscando a aquisição de maiores informações sobre a estrutura e dinâmica das Florestas com araucária, para que no futuro essas florestas possam ser manejadas de forma sustentável com a manutenção do equilíbrio ambiental, associado ao desenvolvimento social e econômico regional e assim garantir a sua existência nas gerações futuras.