

KEMELY ALVES ATANAZIO

**RELAÇÕES MORFOMÉTRICAS E QUANTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE
PINHAS DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze NO SUL DO BRASIL**

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 a obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. André Felipe Hess

Co-orientador: Prof. Dr. Geedre Adriano Borsoi

**LAGES
2018**

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

Alves Atanazio, Kemely

Relações morfométricas e quantificação da produção
de pinhas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.)
Kuntze no sul do Brasil / Kemely Alves Atanazio. -
Lages , 2018.
97 p.

Orientador: Andre Felipe Hess

Co-orientador: Geedre Adriano Borsoi

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, Lages, 2018.

1. Produção. 2. Modelagem. 3. Climatologia. 4.
Manejo Florestal. I. Hess, Andre Felipe. II.
Borsoi, Geedre Adriano. , .III. Universidade do
Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal. IV. Título.

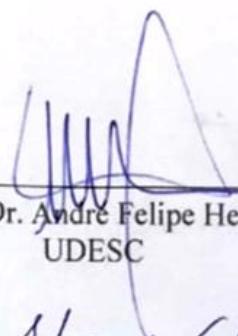
KEMELY ALVES ATANAZIO

**RELAÇÕES MORFOMÉTRICAS E QUANTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE
PINHAS DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze NO SUL DO BRASIL**

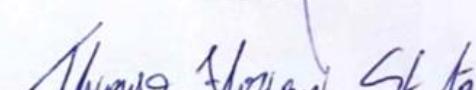
Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Mestre em Engenharia Florestal, Área de concentração: Produção Florestal.

Banca examinadora:

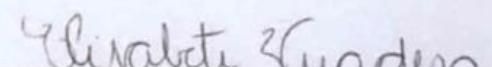
Orientador:


(Prof. Dr. André Felipe Hess)
UDESC

Membro:


(Prof. Dr. Thiago Floriani Stepka)
UDESC

Membro:


(Prof. Dr. Elisabete Vuaden)

UTFPR

Lages, 31 de julho de 2018

Aos meus Pais, por todo amor, carinho e apoio recebido

Dedico...

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me abençoado nesta caminhada e nunca ter me abandonado.

Aos meus pais, por todo amor, carinho e apoio recebido durante a minha jornada, vocês são a minha vida não teria feito nada se não fosse com a ajuda e compressão de vocês!!!

A minhas irmãs Jenefer e Giovana por todo apoio moral e sentimental, e que moram no meu coração amo demais vocês.

Ao meu querido e amado Avô João Atanazio (*in memorian*) que tenho certeza que desde que comecei esta jornada sempre estave me apoiando junto com papai do céu e guiando meus passos, vozinho querido está conquista é para ti.

A minhas avós Zenaide Teruel e Maria Da Penha Atanazio, por todo apoio e incentivo.

Ao professor André Felipe Hess por ter aceitado a me orientar e ter sido um excelente orientador, obrigada pela dedicação e carinho, confiança, pelos conselhos e palavras de conforto sempre.

Aos membros da banca, Dr^a. Elisabete Vuaden, Prof. Dr. Geedre Adriano Borsoi e Prof. Dr. Thiago Stepka pelas críticas e sugestões muito valiosas na confecção deste trabalho.

Aos meus queridos amigos Sandra, Mariane, Gabriela, Barbara, Aline Fernanda e Maria Eugenia que fazem parte da minha vida, e que tiveram sempre ao meu lado nas horas difíceis me dando todo apoio possível e por sempre ter acreditado na minha competência. Amo vocês!!!

Agradeço em especial a minha amiga amada Sandra pelas horas de explicação, ajuda, companhia, bons conselhos e paciência comigo, sempre terá um lugar em meu coração, amo você e sempre será uma amiga que levarei para vida toda.

A toda equipe de coleta e processamento de dados Luis Paulo Schorr, Isadora Arruda, Sandra Krefta, Luan Galvani, Mushue Dayan Hampel Filho, Mateus Simas, Jaqueline Dreyer, graças ao esforço de vocês o trabalho tornou-se muito mais alegre. Muito obrigada!

À Universidade do Estado de Santa Catarina e ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal pelo amparo durante o período do Mestrado.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio de bolsa de estudos.

A todos que de forma direta ou indireta ajudaram a tornar possível mais esta conquista.

MUITO OBRIGADA E MUITA LUZ À TODOS!

RESUMO

ALVES ATANAZIO, Kemely. **Relações morfométricas e quantificação da produção de pinhas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no sul do Brasil.** 2018. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal – Área: Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2018.

Para que o manejo da araucária seja realizado é necessário a realização de estudos voltados a sua produção e desenvolvimento. Nesse sentido, os objetivos do presente trabalho foram: caracterizar remanescentes em relação às variáveis dendrométricas, morfométricas e o número de pinhas de árvores reprodutivas individuais; ajustar modelos entre as relações morfométricas e a quantidade de pinhas; avaliar a eficiência da copa com a produção de pinhas e verificar a influência das variáveis climáticas na produção de pinhas de *Araucaria angustifolia* no Sul do Brasil. Para tanto os dados foram coletados em florestas naturais de araucária nos municípios de Lages, Painel e Bom Jardim da Serra, sendo mensuradas em cada árvore as variáveis, circunferência à altura do peito (CAP), altura total (h), altura de inserção de copa (hic) e quatro raios de copa (Rc). Com estes dados, foi calculado o diâmetro à altura do peito (DAP), o comprimento de copa (cc), a área de copa (Ac), a proporção de copa (PC%), o diâmetro de copa (dc), índice de abrangência (IA), índice de saliência (IS), grau de esbeltez (GE), formal de copa (FC) e número potencial de árvores por hectare para cada área de copa (Ni). Posteriormente, foi realizada a contagem das estruturas reprodutivas de araucária (macho/fêmea) e quantificado o número de pinhas em cada árvore feminina com auxílio de binóculo. Foi realizado a modelagem do np com as variáveis dendro-morfométricas usando os modelos lineares generalizados. Para eficiência da copa foi calculada a eficiência da copa (ec) por meio de duas relações: IPAd/ aphc e Np/aphc. A eficiência da copa foi modelada em função das variáveis independentes aphc, IPAd, cc, pc e np pelo procedimento PROC. Em seguida foi realizada a análise multivariada para compreender a inter-relação entre a produção de pinhas com variáveis climáticas e o sítio, sendo utilizadas as técnicas de análise de agrupamento, análise de componentes principais e análise fatorial. Nos 3 sítios foram encontradas uma porcentagem de fêmeas de 25,73% e de machos de 74,26%, e mensuradas 207 árvores e 1550 pinhas, obtendo uma média de 3,05 pinhas/árvore. As variáveis independentes dap, pc, cc e dc apresentaram correlação de 0,23, 0,15, 0,18 e 0,20, sendo utilizadas para ajuste dos modelos, sendo estes caracterizados com distribuição e função identidade. Os modelos mostraram que a quantidade de pinhas tem maior relação com o diâmetro e variáveis de copa. Quanto a eficiência da copa foi possível observar que Lages obteve árvores mais eficientes, comparado aos demais sítios. A variável incremento quando inserida como variável independente nas equações diminuiu o coeficiente de determinação ajustado. Já as variáveis meteorológicas, como temperatura, umidade, precipitação e velocidade do vento, estão diretamente correlacionadas com a produção de pinhas. Os resultados obtidos neste trabalho possibilitam descrever a situação a situação que as florestas de araucárias se encontrando, indicando que o manejo da floresta deve proporcionar o desenvolvimento das copas para auxiliar a produção de pinhas, reduzindo a competição entre outros fatores que interferem no seu crescimento.

Palavras-chave: Produção. Modelagem. Climatologia. Manejo Florestal.

ABSTRACT

ALVES ATANAZIO, Kemely. **Morphometric relationships and quantification of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze pine production in southern Brazil.** 2018. 97 p. Dissertation (Masters in Forestry - Area: Forest Engineering) - University of Santa Catarina State. Graduate program in Forestry, Lages, 2018.

For the management of araucaria is necessary is a study of production and development. In this sense, the objectives of the present study were: to characterize the memory in different dimensions, morphometric and the number of pine trees of individual reproductive trees; Models and Mathematical and Quantity of Pinhas; Evaluation of pinnate production and verification of the influence of variables on the production of Araucaria angustifolia pine cones in southern Brazil. For the data were included in the natural trees of Araucária in the Lages, Panel and Bom Jardim da Serra, being the measures of height, total height, total height (CAP), total height (h), height of crown four crown rays (Rc). With this data, chest height (DAP), crown length (cc), crown area (Ac), crown ratio (PC%), crown diameter (dc) (SI), slope index (SI), degree of slenderness (GE), formal crown (FC) and number of trees per hectare for each canopy area (Ni). Subsequently, the reproductive structures of Araucaria (male / female) were counted and the number of pine cones was quantified in each woman using binoculars. A modeling was constructed using the dendro-morphometric variables using the generalized linear models. For copying efficiency, the efficiency of the copier (IP) per IPAd / aphc and Np / aphc was calculated. The efficiency of the cup was modeled as a function of the independent variables, IPAd, cc, pc and np by PROC process. In assembly a multivariate analysis was performed for an interrelation between peak production with climatic variables and the site, being used as techniques of cluster analysis, component analysis and factorial analysis. In the three cases, a percentage of 25.73% and males of 74.26% were found, and 207 trees and 1,550 pine cones were measured, obtaining an average of 3.05 cones / tree. The independent variables were respectively adjusted to 0.23, 0.15, 0.18 and 0.20, being used to adjust the models, being characterized with the distribution and the identity function. The models that have a greater amount of information have relation with the diameter and canopy variables. The efficiency of the canopy was comparable to that of Lages. The variable increment when inserted as independent variable in the equations decreased the coefficient of determination of the speed. The meteorological variables, temperature, humidity, precipitation and wind speed are directly correlated with the production of pine cones. The results found in this article allow to describe the situation of the forests of cultivation, defining the cycle of development of the forests to

assist the production of vegetables, to launch a campaign among other factors that interfere in the growth.

Keywords: Production. Modeling. Climatology. Forest management.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|---|----|
| Figura 1 - | Mapa com a localização das áreas do estudo, em Santa Catarina | 28 |
| Figura 2 - | Mapa da área de estudo no município de Lages, Bom Jardim da Serra e Painel/SC, com destaque para as árvores femininas amostradas | 29 |
| Figura 3 - | Método de Observação das Estruturas Reprodutivas Femininas (pinhas) de <i>Araucaria angustifolia</i> em SC, 2018 | 33 |
| Figura 4 - | Distribuição diamétrica dos indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> com presença de pinhas em uma floresta natural localizada no município de Lages, Bom Jardim da Serra e Painel/SC | 37 |
| Figura 5 - | Dispersão dos valores observados sobre a reta ajustada pelos modelos das relações entre: Np e dap (A); Np e dap pc (B), Np e dap*cc (C), Np e dap*pc (D), Np e dap dc (E), Np e dc (F) E Np e cc (G) para os fragmentos de <i>Araucaria angustifolia</i> , SC, 2018 | 52 |
| Figura 6 - | Mapa com a localização das áreas do estudo, em Santa Catarina | 64 |
| Figura 7 - | Mapa da área de estudo no município de Lages, Bom Jardim da Serra e Painel/SC, com destaque para as árvores femininas amostradas | 65 |
| Figura 8 - | Dispersão dos valores observados sobre a reta ajustada pelos modelos de eficiência da copa das relações entre a APHC, np, i e cc para o sítio florestal de Lages, SC | 74 |
| Figura 9 - | Dispersão dos valores observados sobre a reta ajustada pelos modelos de eficiência da copa das relações entre a APHC, np, pc e cc para os três sítios florestais em SC | 76 |
| Figura 10 - | Mapa com a localização das áreas do estudo, em Santa Catarina | 83 |
| Figura 11 - | Mapa da área de estudo no município de Lages e Bom Jardim da Serra, SC, com destaque para as árvores femininas amostradas | 84 |
| Figura 12 - | Dendrograma do número de pinhas de <i>Araucaria angustifolia</i> com as variáveis climáticas | 87 |
| Figura 13 - | Gráfico da distribuição da nuvem de variáveis para o Fator 1 x Fator 2 | 91 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabela 1 - | Número de indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze classificados por sexo em três sítios florestais, em Santa Catarina..... | 39 |
| Tabela 2 - | Variáveis dendrométricas, morfométricas e quantidade de pinhas para <i>Araucaria angustifolia</i> para três sítios florestais no Planalto Catarinense | 43 |
| Tabela 3 - | Correlação de Pearson e probabilidades para as variáveis dendrométricas, morfométricas e quantidade de pinhas de <i>Araucaria angustifolia</i> , em três sítios florestais, SC, 2018 | 48 |
| Tabela 4 - | Coeficientes e critérios de ajuste para os MLGs entre as relações morfométricas estabelecidas para <i>Araucaria angustifolia</i> em Santa Catarina, 2018 | 51 |
| Tabela 5 - | Ajuste de equações para estimar a eficiência de copa de araucária em função das variáveis morfométricas, incremento e número de pinhas para o sítio de Lages, Santa Catarina | 69 |
| Tabela 6 - | Ajuste de equações para estimar a eficiência de copa de araucária em função das variáveis morfométricas e número de pinhas para os três sítios florestais, em Santa Catarina | 69 |
| Tabela 7 - | Variáveis dendrométricas, morfométricas, quantidade de pinhas e incremento para <i>Araucaria angustifolia</i> para três sítios florestais no Planalto Catarinense, 2018 | 71 |
| Tabela 8 - | Coeficientes estimados e estatísticas de ajuste e precisão dos modelos de eficiência da copa para <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze, em Lages, SC | 72 |
| Tabela 9 - | Coeficientes estimados e estatísticas de ajuste e precisão dos modelos de eficiência da copa para <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze, para os três sítios florestais em SC | 75 |
| Tabela 10 - | Autovalores e percentual da variância explicada de cada componente | 89 |
| Tabela 11 - | Extração das componentes principais para cada variável | 90 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------------------|--|
| AC ou Ac | Área de copa |
| AIC | Critério de Informação de Akaike |
| APHC | Área de projeção horizontal da copa |
| BIC | Critério de Informação Bayesiano |
| CAV | Centro de Ciências Agroveterinárias |
| Cc ou cc | Comprimento de copa |
| cm | Centímetro |
| CAP | Circunferência à altura do peito |
| D | Função desvio |
| DAP | Diâmetro à altura do peito |
| Dc ou dc | Diâmetro de copa |
| Ec | Eficiência da copa |
| Fc ou fc | Formal de copa |
| F | Valor de F calculado |
| Ge | Grau de Esbeltez |
| GL | Graus de liberdade |
| H total ou h | Altura total |
| HIC ou Hic | Altura Inserção |
| ha | Hectare |
| i | Incremento periódico anual em diâmetro à altura do peito |
| IA | Índice de Abrangência |
| IS | Índice de Saliência |
| IPA _d | Incremento periódico anual diamétrico |
| L | Leste |
| LI | Limite Inferior |
| LS | Limite Superior |
| m | Metros |
| MLG | Modelos Lineares Generalizados |
| N | Norte |
| Ni | Número potencial de árvores por hectare para cada área de copa |
| Np | Número de pinhas |
| O | Oeste |
| PP | Precipitação |
| PC ou pc | Proporção da copa ou percentual de copa |
| Rc | Raios de copa |
| S | Sul |
| SC | Santa Catarina |
| Sitio 1 | Lages |
| Sitio 2 | Bom Jardim da Serra |
| Sitio 3 | Painel |
| S _{yx} | Erro Padrão da Estimativa |
| SQ | Soma de Quadrados |
| SAS | Statistical Analysis System |
| TMA | Temperatura média do ar |
| TMAX | Temperatura máxima do ar |

| | |
|-------|--|
| TMIN | Temperatura mínima do ar |
| UDESC | Universidade do Estado de Santa Catarina |
| URAM | Umidade Relativa média do ar |
| URMAX | Umidade Relativa máxima do ar |
| URMIN | Umidade Relativa mínima do ar |
| VV | Velocidade do Vento |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO GERAL..... | 21 |
| 2 | CAPITULO 1 - MODELAGEM DAS RELAÇÕES MORFOMÉTRICAS COM A PRODUÇÃO DE PINHAS DE <i>ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA</i> (BERTOL.) KUNTZE NO SUL DO BRASIL | 25 |
| 2.1 | RESUMO | 25 |
| 2.2 | ABSTRACT | 25 |
| 2.3 | INTRODUÇÃO | 26 |
| 2.4 | MATERIAL E MÉTODOS | 28 |
| 2.4.1 | Caracterização da área de estudo | 28 |
| 2.4.2 | Coleta dos dados | 30 |
| 2.4.3 | Obtenção das variáveis morfométricas e dendrométrica | 30 |
| 2.4.4 | Quantificação da proporção macho e fêmea e número de pinhas | 32 |
| 2.4.5 | Processamento dos dados e análise estatísticas | 33 |
| 2.5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 34 |
| 2.5.1 | Número de árvores e pinhas | 34 |
| 2.5.2 | Proporção do sexo | 39 |
| 2.5.3 | Relações morfométricas e número de pinhas | 40 |
| 2.5.4 | Correlação de Pearson | 46 |
| 2.5.5 | Ajustes de equações para a relação entre quantidade de pinhas e variáveis dendro-morfométricas | 50 |
| 2.6 | CONCLUSÕES | 53 |
| 2.7 | REFERÊNCIAS | 54 |
| 3 | CAPITULO 2 -EFICIÊNCIA DA COPA E PRODUÇÃO DE PINHAS EM ÁRVORES DE <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze NO SUL DO BRASIL | 61 |
| 3.1 | RESUMO | 61 |
| 3.2 | ABSTRACT | 61 |
| 3.3 | INTRODUÇÃO | 62 |
| 3.4 | MATERIAL E MÉTODOS | 63 |
| 3.4.1 | Caracterização da área de estudo | 63 |
| 3.4.2 | Coleta dos dados | 65 |
| 3.4.3 | Obtenção das variáveis morfométricas, dendrométricas e número de pinhas | 66 |
| 3.4.4 | Incremento Periódico Anual | 67 |
| 3.4.5 | Eficiência da copa | 68 |
| 3.4.6 | Análise dos dados | 69 |
| 3.5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 70 |
| 3.5.1 | Características das árvores | 70 |
| 3.5.2 | Eficiência da copa | 72 |
| 3.6 | CONCLUSÃO | 77 |
| 3.7 | REFERÊNCIAS | 77 |
| 4 | CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NA PRODUÇÃO DE PINHAS DE <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze NO SUL DO BRASIL | 81 |
| 4.1 | RESUMO | 81 |
| 4.2 | ABSTRACT | 81 |
| 4.3 | INTRODUÇÃO | 81 |
| 4.4 | MATERIAL E MÉTODOS | 82 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 4.4.1 | Caracterização da área de estudo | 82 |
| 4.4.2 | Coleta dos dados | 84 |
| 4.4.3 | Quantificação das estruturas reprodutivas femininas | 85 |
| 4.4.4 | Dados meteorológicos | 85 |
| 4.4.5 | Análise multivariada | 85 |
| 4.5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 87 |
| 4.6 | CONCLUSÃO | 92 |
| 4.7 | REFERÊNCIAS | 92 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 95 |
| | REFERÊNCIAS | 97 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) é um tipo de vegetação do planalto meridional, está inserida no Bioma Mata Atlântica característico da região Sul do Brasil e de algumas áreas da região Sudeste, sendo caracterizada pela elevada dominância de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (HESS, 2010).

Os fragmentos de *Araucaria angustifolia* no passado foram explorados em diversas regiões do Sul do Brasil, sendo estas regiões altas e frias a qual a espécie se adapta melhor, e devido a esta exploração atualmente estes fragmentos estão reduzidos.

De acordo com Zechini (2002) a exploração desenfreada da araucária, ocorreu até a década de 1990, sendo expressiva na economia da região Sul. Devido a isso, houve uma redução considerável na área com floresta de araucária, fazendo com que vigorasse a legislação proibitiva ao seu uso, sendo atualmente permitida somente a coleta de pinhão, uma fonte de renda para muitas famílias.

A espécie demonstra uma importância sócio-econômica, pelos inúmeros benefícios e vantagens que são oferecidos ao meio, como por exemplo: madeira de boa qualidade para indústrias madeireiras, e também fornecendo uma enorme variedade de produtos e subprodutos sendo uma fonte de renda para famílias da região. Portanto, devem ser realizados estudos na área do manejo florestal, visando suprir as necessidades humanas e, ao mesmo tempo, manter os recursos da floresta e dar continuidade a produção florestal (RICKEN, 2014).

Austregésilo et al. (2004) também destacaram a importância de realizar estudos em florestas com o propósito de propiciar o conhecimento e a manutenção da biodiversidade, além de viabilizar a exploração de seus produtos, bens e/ou serviços de forma planejada e racional, garantindo o fluxo contínuo desses recursos.

Um aspecto importante no manejo de espécies florestais é conhecer a morfometria das árvores, a qual é obtida através de informações coletadas a partir de variáveis como diâmetro á altura do peito (Dap), altura (h) e dados relacionados a copa. As relações morfométricas, de acordo com Costa et al. (2016), possibilitam retratar as dimensões das árvores sem necessidade de identificar sua idade, além disso, contribuem para propor intervenções silviculturais e o planejamento florestal, sobretudo, quando se visa o uso sustentável das florestas.

Os estudos relacionados à morfometria, de acordo com Durlo e Denardi (1998) buscam reconstituir o espaço ocupado por cada árvore, avaliar o grau de concorrência na floresta, identificando ainda, informações sobre estabilidade, vitalidade e a produtividade de cada indivíduo arbóreo.

Outro ponto que pode ser destacado é aliar a morfometria da copa com a quantificação da produção de pinha da espécie, uma vez que o tamanho da copa, o grau de concorrência e as dimensões da árvore podem influenciar na produção de pinhas por árvore. Sendo esperado que uma árvore com copa esbelta, daquela que tiver uma maior proporção de copa livre de contato, com um maior espaçamento permitido e estando exposta a luz solar, a qual permitirá ser produtora de sementes (pinhas).

Apesar de existirem estudos sobre comportamento dos índices morfométricos da *Araucaria angustifolia* não há trabalhos que analisem a relação existente entre esses índices e a quantidade de pinhas, e também que aliam com a eficiência da copa a qual possibilita definir quais árvores que crescem mais em relação a mesma área de copa e também analisar a produção de pinhas com as variáveis climáticas, afim de verificar a influência dessas variáveis na produção anual de pinhas;

O conhecimento da eficiência da copa é essencial para estabelecer povoamentos estruturados, que aumentem a eficiência do uso de recursos da árvore e a produção em nível de povoamento (GSPALTL et al., 2012). Cabe ressaltar o interesse de realizar estudo sobre a eficiência da copa da espécie, propiciando identificar ou definir quais são as árvores que crescem mais em relação a uma mesma área de copa.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo geral relacionar a quantidade de pinhas em função das variáveis dendro-morfométricas para *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em diferentes sítios florestais no Sul do Brasil.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) determinar os índices dendro-morfométricos de *Araucaria angustifolia* para diferentes sítios florestais;
- b) verificar o grau de correlação entre cada uma das variáveis dendro-morfométricos com o número de pinhas;
- c) realizar a modelagem da quantificação de pinhas em função dos índices morfométricos;
- d) determinar a eficiência de copa pela relação entre a quantidade de pinha e área de projeção horizontal da copa;
- e) realizar a análise multivariada das variáveis climáticas com a produção de pinhas.

Sendo as hipóteses testadas:

- a) existe influência entre variáveis dendro-morfométricas com a quantidade de pinhas para árvores individuais de *Araucaria angustifolia*;
- b) o número de árvores por hectare tem influência na quantidade de pinhas por árvore;
- c) a quantidade de pinhas é a mesma para todas as árvores da floresta;
- d) as variáveis climáticas influenciam na produção de pinhas.

2 CAPÍTULO 1 - MODELAGEM DAS RELAÇÕES MORFOMÉTRICAS COM A PRODUÇÃO DE PINHAS DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze NO SUL DO BRASIL

2.1 RESUMO

As relações morfométricas retratam sobre o espaço que uma árvore precisa para se desenvolver e auxiliam em práticas de manejo da floresta. Diante disso, o estudo objetivou ajustar modelos entre as relações morfométricas e a quantidade de pinhas para três sítios com floresta de araucária no Sul do Brasil. A amostragem foi com foco na árvore individual feminina produtoras de pinhas. Em cada árvore foram mensuradas as variáveis, circunferência à altura do peito (*CAP*), altura total (*h*), altura de inserção de copa (*hic*) e quatro raios de copa (*Rc*). Com estes dados, foi calculado o diâmetro à altura do peito (*DAP*), o comprimento de copa (*cc*), a área de copa (*Ac*), a proporção de copa (*PC%*), o diâmetro de copa (*dc*), índice de abrangência (*IA*), índice de saliência (*IS*), grau de esbeltez (*GE*), formal de copa (*FC*) e número potencial de árvores por hectare para cada área de copa (*Ni*). Posteriormente, foi realizada a contagem das estruturas reprodutivas de araucária (macho/fêmea) e quantificado o número de pinhas em cada árvore feminina com auxílio de binóculo. Com o conjunto de dados foi calculado as estatísticas descritivas de cada variável, a análise de correlação de pearson. Com estes dados foi possível e ajustar modelos da quantidade de pinhas em função das variáveis morfométricas com maior correlação. Os resíduos de ajuste dos modelos foram submetidos aos testes de normalidade, homogeneidade da variância e interdependência do erro. Os dados não atenderam aos condicionantes de regressão e o ajuste dos modelos foi utilizando os modelos lineares generalizados. A maior média de produção de pinhas e das variáveis dendromorfométricas foi para o sítio florestal de Lages. As variáveis independentes diâmetro à altura do peito (*d*), proporção de copa (*pc*), comprimento de copa (*cc*) e diâmetro de copa (*dc*) apresentaram correlação de 0,23, 0,15, 0,18 e 0,20, sendo utilizadas para ajuste dos modelos. Os resultados dos modelos mostraram que a quantidade de pinhas tem maior relação com o diâmetro e variáveis de copa, indicando que o manejo da floresta deve proporcionar o desenvolvimento das copas para auxiliar a produção de pinhas, redução da competição e necessidade de espaço lateral.

Palavras-chave: Regressão. Pinheiro Brasileiro. Floresta Ombrófila Mista.

2.2 ABSTRACT

Morphometric relationships portray the space a tree needs to develop and assist in forest management practices. Therefore, the study aimed to adjust models between the morphometric relationships and the number of pine cones for three sites with Araucaria forest in southern Brazil. The sampling was focused on the individual female tree producing pine cones. In each tree were measured the variables, circumference at breast height (*CAP*), total height (*h*), crown insertion height (*hic*) and four crown rays (*Rc*). With this data, the diameter at breast height (*DAP*), crown length (*cc*), crown area (*Ac*), crown ratio (*PC%*), crown diameter (*DC*), index (*SI*), slope index (*IS*), degree of slenderness (*GE*), formal crown (*FC*) and potential number of trees per hectare for each canopy area (*Ni*). Subsequently, we counted the reproductive structures of Araucaria (male / female) and quantified the number of pine cones in each female

tree with the help of binoculars. With the dataset we calculated the descriptive statistics of each variable, pearson correlation analysis. With these data it was possible to adjust models of the number of pine cones in function of morphometric variables with higher correlation. The adjustment residuals of the models were submitted to normality tests, homogeneity of variance and error interdependence. The data did not meet the regression conditioners and the adjustment of the models was done using the generalized linear models. The highest pine cone yield and dendro-morphometric variables were found in the Lages forest site. The independent variables diameter, height of chest (d), crown ratio (pc), crown length (cc) and crown diameter (dc) presented a correlation of 0.23, 0.15, 0.18 and 0.20, being used to adjust the models. The results of the models showed that the number of pine cones has greater relation with the diameter and canopy variables, indicating that the forest management should provide the development of the canopies to help pine production, reduction of competition and need of lateral space.

Keywords: Regression. Brazilian Pine tree. Mixed Ombrophilous Forest.

2.3 INTRODUÇÃO

No decorrer da evolução humana, o ecossistema florestal foi vastamente explorado em consequência do avanço da agricultura e das rápidas mudanças provocadas pela Revolução Industrial, ocasionando uma elevada redução da cobertura vegetal natural em diversos países (ZANON, 2009). O Brasil, que optou por empregar a madeira como matéria prima, iniciando em 1883 a extração das reservas naturais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, conhecida popularmente como pinheiro, pinheiro brasileiro, pinheiro do Paraná ou araucária (IPEF, 2000).

Durante o período de ocupação das terras do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e em seguida do Paraná, o pinheiro tornou-se a base da colonização dos imigrantes europeus, que chegaram ao país no final do século XIX para se dedicarem, sobretudo, à agricultura (IPEF, 2000).

Devido à grande exploração desta espécie no passado, atualmente, a mesma é encontrada em áreas reduzidas, tanto em sua formação primária como em florestas secundárias, provenientes da regeneração natural (KOCH e CORRÊA, 2002).

A *Araucaria angustifolia* está inserida a Floresta Ombrófila Mista (FOM), no bioma Mata Atlântica, com ocorrências nas regiões Sul do Brasil. É uma planta dióica, possuindo grande demanda por nutrientes e sua vegetação apresenta formações em agrupamentos e com múltiplas associações com outras espécies (MATTOS, 2011; NASCIMENTO et al.; 2010).

A mesma produz um subproduto, que é um produto florestal não madeireiro, conhecido como o Pinhão, sendo um importante recurso socioeconômico, pois é fonte de renda de várias famílias na época entre outono e inverno.

Em razão da espécie ocorrer em uma ampla região geográfica no Sul e Sudeste do Brasil, há diferenças na fenologia reprodutiva entre as populações, contudo diversos fatores podem limitar o sucesso reprodutivo da árvore feminina. Geralmente, esse sucesso depende da proporção de sexos na população. Uma proporção desbalanceada de sexos implica na contribuição desigual do número de gametas favorecendo o sexo mais abundante (ZANON, 2009).

Segundo Puchalski et al., (2006) os fatores relacionados com condições edafo-climáticas proporcionam diferenças entre áreas quanto à estrutura demográfica e principalmente no que se refere ao porte médio das plantas, podendo ser mensuradas através da obtenção de variáveis dendrométricas como o diâmetro e a altura (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2006) e suas relações com variáveis morfométricas.

Diante disso é interessante estar realizando a quantificação da produção de pinhas para entender a sua variação, definindo qual o ano que está produzindo mais ou qual região, ou quais as características biométricas que influenciam no número de pinhas por plantas. No entanto, há poucos estudos que comparam a quantidade de pinhas com os índices morfométricos, o que é interessante ser estudado, pois a partir desses índices pode-se verificar se características da copa ou o espaço que a árvore está ocupando reflete na quantidade de pinhas por árvore e quais as variáveis dendro-morfométricas que se relacionam com a produção de pinhas.

Um aspecto importante no manejo de espécies florestais é conhecer a morfometria das árvores, sendo informações obtidas a partir da mensuração das variáveis diâmetro a altura do peito (Dap), altura e dados relacionados a copa. Segundo Costa et al., (2014), as relações morfométricas, possibilitam retratar as dimensões das árvores sem necessidade de identificar sua idade, além disso, contribuem em atividades silviculturais e no planejamento florestal, sobretudo no uso sustentável das florestas.

Durlo e Denardi (1998) descrevem as variáveis morfométricas como sendo a proporção ou porcentagem da copa, grau de esbeltez, índice de Saliência, formal de copa, índice de abrangência. Segundo Roman et al. (2009), utilizando as informações sobre a morfometria da copa, é possível a realização sobre inferências de produtividade, vitalidade, competição e estabilidade dos indivíduos arbóreos, o que configura um importante método para aperfeiçoar as técnicas silviculturais e de manejo florestal.

Com base nesses pressupostos, este estudo objetivou determinar os índices morfométricos e relacionar com a quantidade de pinhas por árvore individual e, com isso ajustar modelos afim de conhecer as variações na quantidade de pinhas entre os diferentes sítios

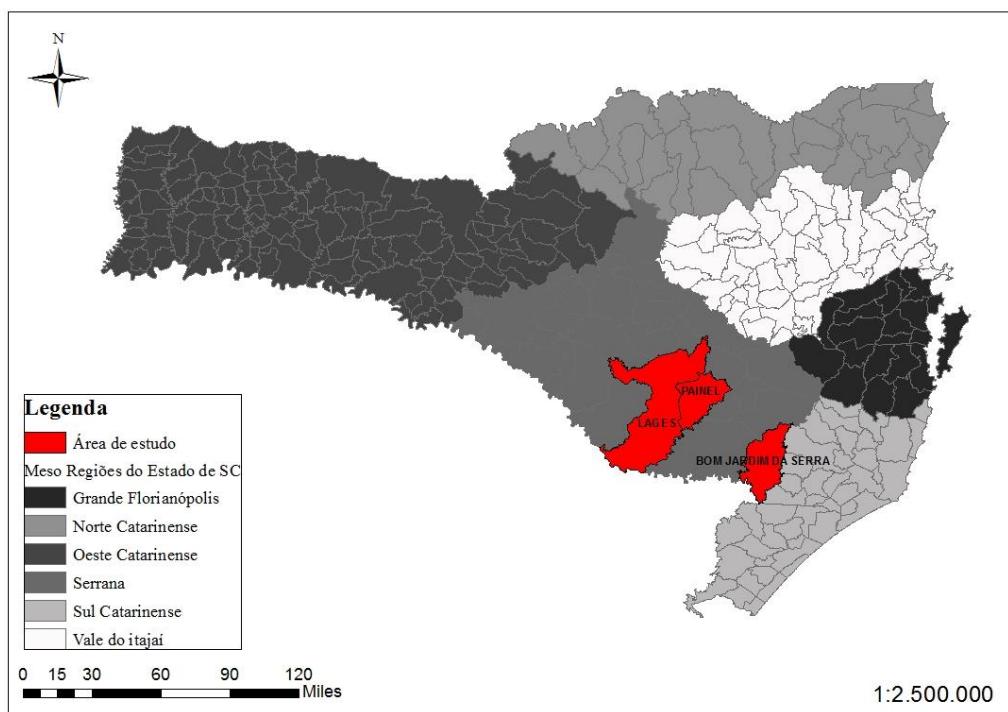
florestais e características morfométricas de árvores de *Araucaria angustifolia*, como ferramenta de auxílio para intervenções silviculturais e de manejo para a espécie.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

2.4.1 Caracterização da área de estudo

Os dados foram mensurados em três sítios florestais com remanescentes de Floresta Ombrófila Mista, com ocorrência natural de *Araucaria angustifolia*, localizados no Sul do Brasil. Os sítios encontram-se nos municípios de Lages (sítio 1), Bom Jardim da Serra (sítio 2) e Painel (sítio 3) (Figura 1).

Figura 1 - Mapa com a localização das áreas do estudo, em Santa Catarina.

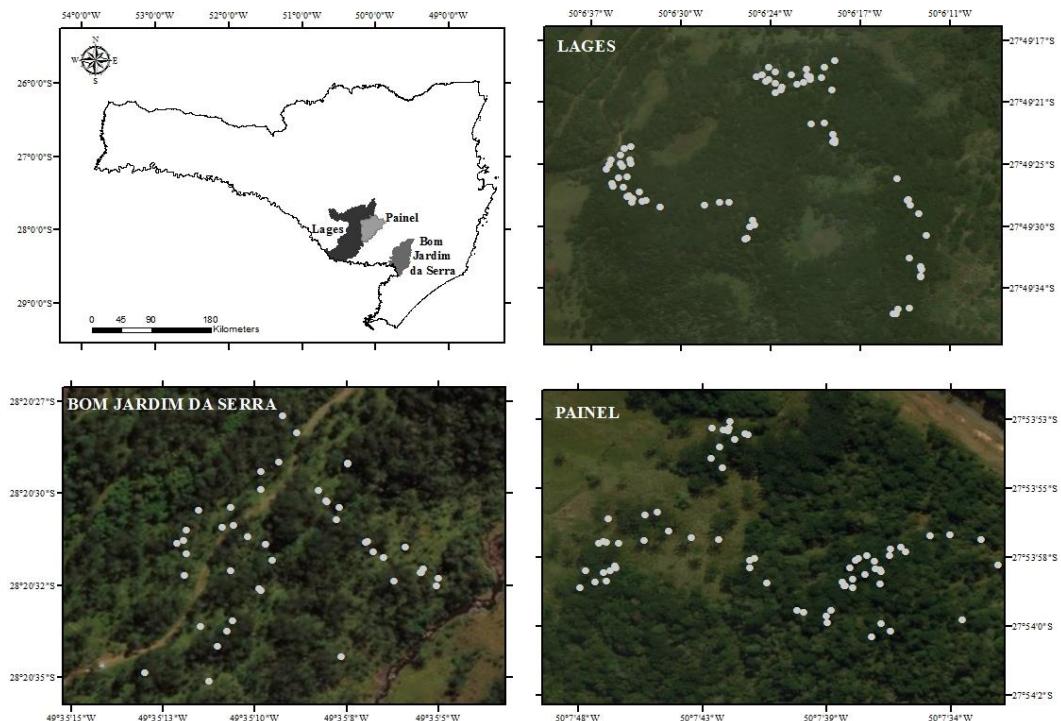


Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

De modo geral, para os três sítios conforme a classificação de Köppen o clima é Cfb, ou seja temperado, caracterizado por ser constantemente úmido sem estação seca. Em Bom Jardim, a altitude é de 1.166 m, temperatura média anual de 14 ° C e precipitação de 1.740 mm, em Lages a altitude é de 1.200 m, 13,7 ° C de temperatura média anual e 1.722 mm e Painel com 1.123 m de altitude, 15,3 ° C e 1543 mm de precipitação anual (ÁLVAREZ et al., 2013).

O sítio florestal do município de Lages (Figura 2) apresenta uma área total da floresta de 84 ha, segundo Ricken (2014) a região tem como principais atividades econômicas a agricultura de subsistência, a pecuária intensiva e a coleta de pinhões nas épocas de frutificação da araucária.

Figura 2 - Mapa da área de estudo no município de Lages, Bom Jardim da Serra e Painel/SC, com destaque para as árvores femininas amostradas.



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Em Bom Jardim da Serra (Figura 2), a área total é de 73,46 ha, o solo é uma Associação Neossolo Litólico + Cambissolos Háplicos + Neossolos Litólicos Eutróficos, relevo forte ondulado (substrato efusivas da Formação Serra Geral) toda a fase pedregosa campo e floresta subtropical. E em Painel (Figura 2), o tamanho da área total é de 50,47 ha, os solos predominantes são classificados como Noessolos Litílicos Distroúmibricos, textura argilosa e muito argilosa, fase rochosa (substrato efusivas de Formação da Serra Geral) + Cambissolos Háplicos, textura muito argilosa, fase pedregosa, ambos campos subtropicais, relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2012).

As florestas do presente estudo, são nativas de características irregular e inequívoca, identificadas sem manejo e intervenções silviculturais a cerca de 40 anos, sendo observada pouca regeneração natural (HESS, 2010; 2012).

2.4.2 Coleta dos dados

Para o presente estudo foram amostradas árvores de araucária, em estágio reprodutivo, distribuídas nas três áreas de estudo e optando-se por uma abordagem baseada em árvores individuais com objetivo de identificar as árvores do sexo feminino.

Cada árvore foi plaqueada com seu respectivo número e georreferenciada com o auxílio de um GPS (*Global Position System*) da marca Garmin, sendo que cada árvore foi considerada como uma unidade amostral (UA).

2.4.3 Obtenção das variáveis morfométricas e dendrométricas

Para cada árvore feminina mensurou-se as variáveis:

- a) Circunferência à altura do peito (Cap): obtida com o auxílio de uma fita métrica, em centímetros, a uma altura de 1,30m do solo. Posteriormente determinou-se o diâmetro à altura do peito (Dap) em centímetros por meio da equação 1:

$$DAP = CAP / \pi \quad (1)$$

Onde: DAP: diâmetro à altura do peito (cm); CAP: circunferência à altura do peito (cm).

- b) Altura total (h): medida em metros, do solo até o topo da árvore, obtida com hipsômetro TruPulse;

- c) Altura inserção (hic): obtida com o auxílio do hipsômetro TruPulse e determinada em metros, correspondendo a distância do solo até o primeiro galho vivo;

- d) Comprimento de copa (Cc): determinado pela diferença entre a altura total e a altura inserção em metros, através da equação 3.

$$cc = h - hic \quad (2)$$

Onde: cc: comprimento de copa (m); h: altura total da árvore (m); hic: altura de inserção da copa (m).

- e) Raios de copa (rc): foram obtidos quatro raios de copa, em metros, nas seguintes direções fixas: Norte (N), Oeste (O), Sul (S) e Leste (L). Esse procedimento foi executado com o auxílio do hipsômetro TruPulse e da orientação de uma bússola. Visando a melhor orientação nas posições cardeais, uma pessoa ficou na árvore indicando o local certo onde a outra pessoa deveria se posicionar.

f) Diâmetro de copa (Dc): foi determinado em metros, através da duplicação do raio de copa médio obtido com os quatro raios medidos a campo, conforme a equação 3:

$$dc = 2 * \overline{rc} \quad (3)$$

Onde: dc: diâmetro de copa (m); \overline{rc} : raio de copa médio (m).

g) Área de copa (Ac): calculada em metros quadrados, com base nos valores dos raios de copa, como mostra a equação 4:

$$AC = \pi * rc_4^2 \quad (4)$$

Onde: AC: área de copa circular com os raios Norte, Oeste, Sul e Leste (m^2); rc_4 : média de quatro raios de copa (m).

h) Proporção da copa (Pc): determinada em porcentagem por meio da razão entre o comprimento da copa e a altura total da árvore, conforme equação 5:

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

Onde: PC: proporção de copa (%); cc: comprimento da copa (m); h: altura total da árvore (m).

i) Formal de copa (Fc): determinado em valor absoluto por meio da razão entre o diâmetro de copa e o comprimento de copa, conforme equação 6:

$$FC = dc / cc \quad (6)$$

Onde: FC: formal de copa; dc: diâmetro de copa (m); cc: comprimento da copa (m).

j) Índice de Abrangência (IA): determinado em valor absoluto por meio da razão entre o diâmetro de copa e a altura total da árvore, conforme equação 7:

$$IA = dc / h \quad (7)$$

Onde: IA: índice de abrangência; dc: diâmetro de copa (m); h: altura total da árvore (m).

k) Índice de Saliência (IS): determinado em valor absoluto por meio da razão entre o diâmetro de copa e o diâmetro à altura do peito, conforme equação 8:

$$IS = dc / DAP \quad (8)$$

Onde: IS: índice de saliência; dc: diâmetro de copa (m); DAP: diâmetro à altura do peito (m).

l) Grau de Esbeltez (GE): determinado em valor absoluto por meio da razão entre a altura total e o diâmetro à altura do peito, conforme equação 9:

$$GE = h / DAP \quad (9)$$

Onde: GE: Grau de esbeltez; h: altura total da árvore (m); DAP: diâmetro à altura do peito (m).

m) Número potencial de árvores por hectare para cada área de copa (Ni): determinado por meio da razão entre a área de um hectare e área de copa de cada copa de árvore, conforme equação 10.

$$Ni = 10000 / Ac \quad (10)$$

Onde: Ni: número de árvores adequado por hectare (n/ha); AC: área de projeção de copa (m²).

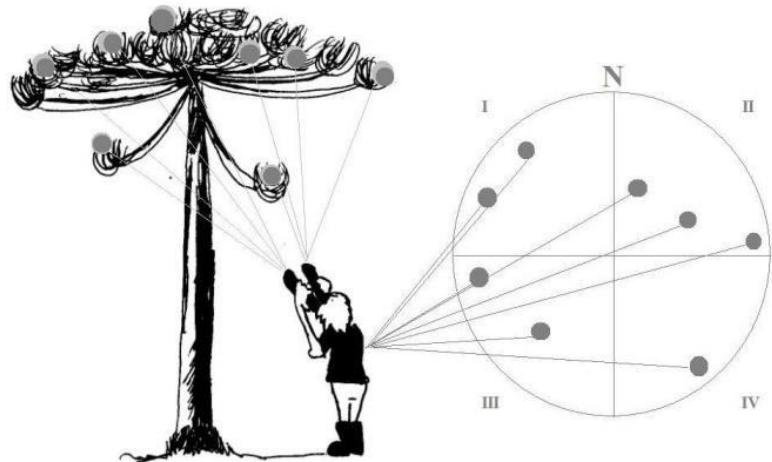
2.4.4 Quantificação da proporção macho e fêmea e número de pinhas

Foi realizado o caminhamento nos sítios para verificar a existência de material reprodutivo (frutos, pinhas). Foram identificados os indivíduos do sexo feminino (que continham pinhas) visualmente e com o auxílio do binóculo. Para proporção de macho e fêmeas, a metodologia empregada consistiu em esticar uma trena (30 m) no sentido Norte-Sul. Usando a linha da trena como base, foi contada a proporção de diocia da espécie. Essa tarefa foi realizada em cada sítio amostral, usando como critério o número de 10 linhas, alocadas sequencialmente na área. A identificação da árvore do sexo masculino ocorreu pela visualização de seus estróbilos e do feminino pela presença de pinhas.

A abordagem da contagem das pinhas foi durante os meses de março a abril de 2017 e 2018, isto é, dois anos consecutivos, visando maior período de avaliação e acompanhamento da variação na produção de pinhas, bem como para precisão dos dados.

A informação da quantidade de pinhas por árvore foi obtida pelo observador com uso de binóculo, percorrendo todos os quadrantes da área de copa (Figura 3).

Figura 3 - Método de Observação das Estruturas Reprodutivas Femininas (pinhas) de *Araucaria angustifolia* em SC, 2018.



Fonte: Zechini (2012).

2.4.5 Processamento dos dados e análise estatística

As árvores mensuradas foram divididas em classes diamétricas para cada sítio florestal, com o intuito de verificar sua densidade por superfície de área e para quantificar a produção pinhas em cada classe (Figura 4).

Posteriormente foi realizada a estatística descritiva das variáveis dendrométricas/morfométricas e correlação de Pearson. Para o processamento de dados foram utilizados os softwares Microsoft Office Excel® 2016.

Para avaliar a correlação existente entre as variáveis morfométricas, dendrométricas e quantidade de pinhas foi utilizado a correlação linear de Pearson, considerando-se nível de significância a 5% probabilidade de erro, através do procedimento PROC CORR do SAS (Statistic Analysis System). Essa análise permitiu identificar as variáveis com influência em maior ou menor grau sobre os índices morfométricos e a quantidade de pinhas, servindo no auxílio não ajuste dos modelos para produção de pinhas.

Os dados foram analisados para verificação do cumprimento dos condicionantes para ajuste de regressão, que são a normalidade, independência dos erros e homogeneidade da variância. No entanto, ao não atendimento dos condicionantes, verificado pelos testes de Anderson-Darling, Durbin-Watson e de White opta-se pelo não emprego de análise de regressão linear (modelo linear normal), mas sim pelo procedimento do ajuste com emprego

dos modelos lineares generalizados (MLG). Essa opção é estabelecida pelo critério de não adoção de transformação da variável dependente, evitando-se a formação de viés em que o intercepto é afetado, indicando a necessidade de correção, bem como evitar problemas de discrepância logarítmica (HESS, 2015).

No presente estudo foi modelado o número de pinhas com as variáveis independentes Dap, Pc, Dc e Cc, buscando estimar a produção de pinha nos sítios florestais.

A significância e ajustamento dos modelos foram observados em função dos critérios de desvio, dispersão dos dados estimados em função dos dados observados, gráfico dos resíduos, valor do critério de informação de Akaike e valor do critério de informação Bayesiano.

O critério de informação de Akaike (AIC) e o critério de informação Bayesiano (BIC), representam a ausência de generalidade do modelo e penalizaram tanto a falta de ajuste aos dados quanto a alta complexidade do modelo. Sendo assim, foram considerados os menores valores de ambos os critérios na definição dos melhores ajustamentos dos modelos (AKAIKE, 1973, SCHWARZ, 1978). A medida AIC foi definida pela equação 12 e o BIC pela equação 13.

$$AIC = -2[Log(L) - p] \quad (12)$$

Onde: p é o número de parâmetros do modelo, e L é o valor da verosimilhança para o modelo estimado.

$$BIC = -2[Log(L) - p \ Log n] \quad (13)$$

Onde: p é o número de parâmetros do modelo, L é o valor da verossimilhança para o modelo estimado e n é o número de observações.

Para realizar os ajustes e a análise dos dados foi utilizado o Software Statical Analysis System (SAS), versão 9.4 (SAS INSTITUTE, 2012).

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.5.1 Número de árvores e pinhas

Nos sítios florestais de Lages (sítio 1), Bom Jardim da Serra (sítio 2) e Painel (sítio 3) foram mensuradas 99, 42 e 66 árvores femininas, respectivamente, totalizando 207 árvores amostra. Para o ano de 2017 a quantidade de pinhas contabilizada foi de 633 para as três áreas. Isto representa uma média de 3,05 pinhas/árvore, variando sua quantidade entre um (1) a doze

(12) pinhas por planta. Para o ano de 2018 houve um acréscimo desta quantidade, totalizando 917 pinhas, e média de 4,42 pinhas/árvore, apresentando um total de 1. 550 pinhas contadas nesses dois anos consecutivos.

Houve uma variação entre anos que ocorrem simultaneamente apresentando anos de alta e baixa produção. Esta diferença entre os anos de 2017 e 2018 pode ser em virtude das diferenças decorrentes das altitudes de uma região para outra onde o sítio florestal 2 (Bom Jardim da Serra) encontra-se em maiores altitudes e com uma diferença nas condições climáticas dos demais sítios, outra justificativa pode ser por haver interferência na idade com que os indivíduos entram em época reprodutiva, motivada tanto pelas condições climáticas como por condições de adensamento e competição.

Aliado a isso Solórzano-Filho (2001) relatou que por ser o ciclo reprodutivo um processo dependente de fatores endógenos e alterações ambientais, este pode diferenciar-se entre populações, assim como a idade das plantas é um fator endógeno que pode acentuar as diferenças entre a época de fecundação e de formação das sementes.

O que corrobora com Zechini et al. (2012), no qual relatou que a variação na produção de pinhas por área da araucária, se dá em função do número de plantas femininas, da direção e intensidade dos ventos no período de polinização, da intensidade de chuvas no período de polinização, bem como da porcentagem de fecundação dos elementos femininos de cada estróbilo. Para que haja sucesso na polinização e fecundação dos órgãos reprodutores femininos a localização das árvores é um fator importante, pois juntamente com a velocidade ideal dos ventos serão determinantes para uma polinização eficiente. A fecundação dos elementos femininos reflete na produção de pinhões inteiros (férteis) por unidade de pinha (MATTOS, 2011).

Fatores como a idade da árvore, estado fitossanitário, densidade do povoamento, forma de condução, características genéticas, etc podem estar afetando a produtividade de um ano para outro. A sua produtividade está intimamente ligada às condições meteorológicas existindo uma correlação positiva entre os fatores climáticos e a produção anual (UNAC, 2014).

As pinhas em sua grande maioria estavam localizadas nas extremidades dos galhos, local com condições favoráveis para a formação e desenvolvimento das estruturas reprodutivas femininas da araucária. Mantovani et al., (2004) relatam que a posição erétil dos cones femininos de araucária nas extremidades dos ramos permite que a polinização seja mais eficiente, pois o grão de pólen pode cair com mais facilidade entre as escamas e mais próxima da micrópila.

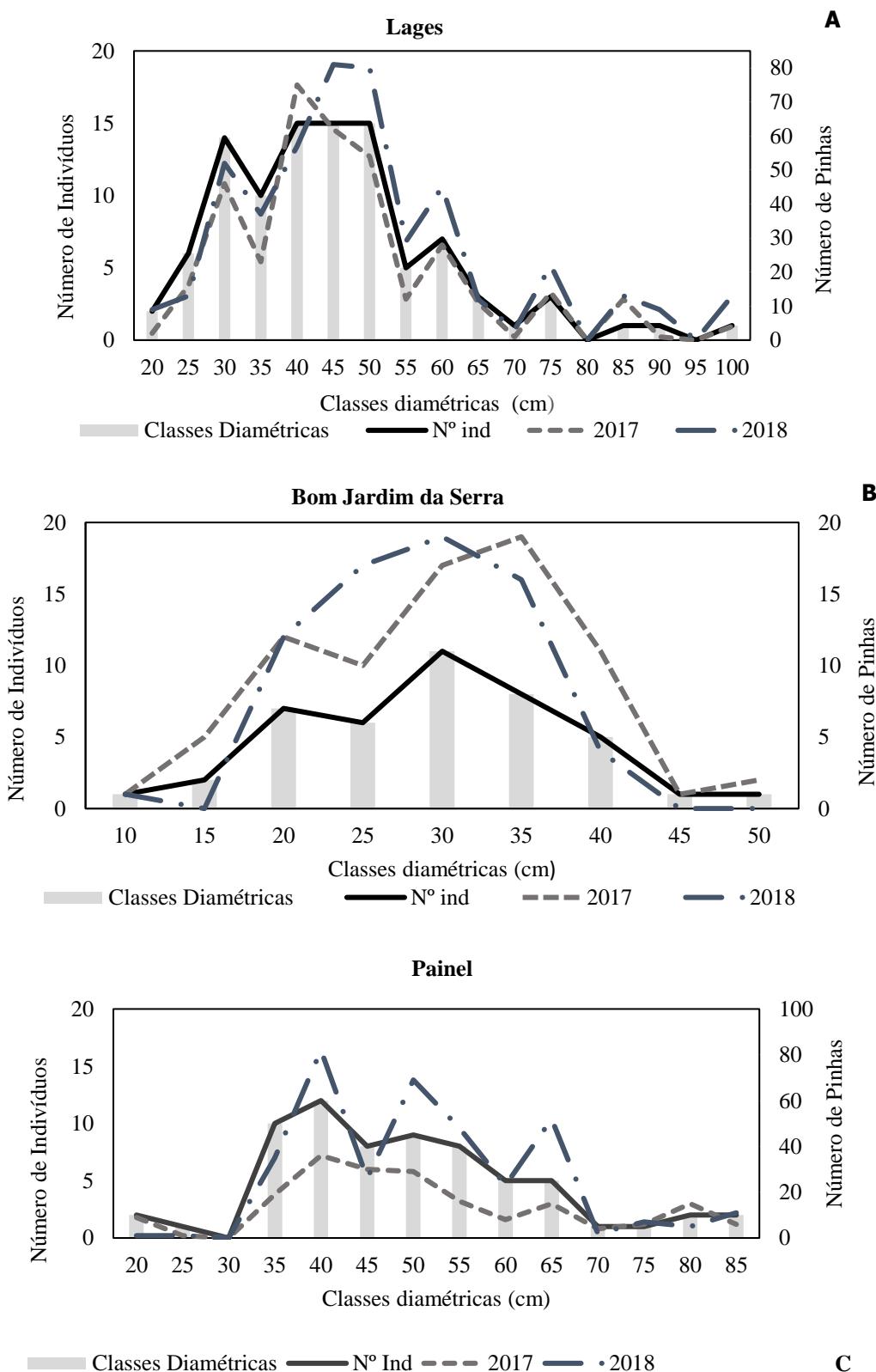
As árvores foram avaliadas quanto as suas classes de diâmetros, Lages por ser um sítio com uma área maior, foi o que apresentou maior número de indivíduos e maior quantidade de pinhas encontradas. A Figura 4 mostra a distribuição de frequência dos indivíduos e número de pinhas por classe de diâmetro para cada sítio amostrado, sendo observado que a maior quantidade de pinhas foi nas classes intermediárias.

De acordo com Fassola et al. (1999), as variáveis que definem o tamanho da árvore como o diâmetro a altura do peito e o diâmetro de copa se correlacionam com a produção de cones, sendo esperado que essa tendência se acentue à medida que o indivíduo cresça, tal como evidenciam os dados de produção de sementes por árvore e por cone entre os indivíduos maduros de araucária.

A maior quantidade de pinhas por árvore ocorreu nas classes intermediárias em todos os sítios amostrados (35 a 50 cm), indicando que estas árvores atingiram a maturidade fisiológica e apresentam maior razão de copa, capacidade fotossintética e são metas para o manejo e produção de pinhas. Zanon et al. (2009), também identificaram maior número de fêmeas (portadoras de pinhas) em árvores nas classes diamétricas entre 40 a 45 cm para *Araucaria angustifolia* em povoamentos implantados no Rio Grande do Sul.

Zechini (2012) estudou a morfometria, produção, fenologia e diversidade genética como subsídios para conservação da *Araucaria angustifolia* e coleta sustentável do pinhão no Planalto Catarinense, encontrando resultados semelhantes com o presente estudo, isto é, a maior concentração de árvores com pinhas nas classes de 35 a 55 cm de DAP.

Figura 4 - Distribuição diamétrica dos indivíduos de *Araucaria angustifolia* com presença de pinhas em uma floresta natural localizada no município de Lages, Bom Jardim da Serra e Painel/SC.



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Onde: A) Município de Lages, SC. B) Município de Bom Jardim da Serra, SC. C) Município de Painel, SC.

Quanto ao número de árvores nas classes verifica-se que as classes 35 a 55 cm de diâmetro apresentou maior frequência. Zanon (2007), estudando o crescimento da *Araucaria angustifolia* diferenciado por dioicia, encontrou resultados semelhantes com o presente estudo. Observou que a maior frequência estava entre as classes de 35 a 45 cm e com poucos indivíduos foram encontrados nas menores e maiores classes diamétricas.

No presente estudo o número menor de indivíduos nas classes menores, pode estar associado com a competição, pois a mesma autora relata que o desenvolvimento da copa em relação à concorrência, sobretudo no comprimento, diâmetro e, consequentemente, em sua superfície, é modificado pela luz, pois quanto mais denso o povoamento, menos luz entra nas camadas inferiores do dossel. E pela ação do vento, o qual, ao atingir as árvores a certa altura, faz com que as copas se movam e os galhos compridos se toquem, podendo se quebrar no contato com árvores vizinhas. No primeiro fator, tem-se ainda que a incidência lumínica abaixo de certo limite mínimo sobre as espécies pode, dependendo da espécie, provocar a morte dos galhos ou o aparecimento de galhos novos com menores diâmetros e comprimentos na estrutura da copa.

Contudo, o menor número de árvores produtoras de pinhas nas classes de menor diâmetro pode ter ocorrido porque estas árvores ainda não entraram na fase produtiva, assim não apresentando ocorrência de pinhas.

Nos indivíduos com maior DAP (> 60 cm) constatou-se um número reduzido de pinhas, fator que pode estar associado com a maior idade das árvores. Estas árvores muitas vezes apresentaram sinais evidentes e visíveis de redução biológica do crescimento, indicativo de período de senescência, o qual é caracterizado pela redução das características fisiológicas das árvores (ENCINAS et al., 2005).

Estudos de Soligo et al. (2004) em povoamentos nativos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, encontraram 71,3% dos indivíduos na classe de diâmetro de 40-80 cm e nenhum indivíduo na menor classe de diâmetro de 0-20cm. Klein (2017) encontrou resultados semelhantes, mostrando uma distribuição com maior número de indivíduos nas classes entre 35 a 40 cm, e as classes abaixo de 25 cm apresentaram menor quantidade de indivíduos.

Em geral, como constatado pela na Figura 4, há uma discrepância no número de árvores produtoras de pinhas nas diferentes classes, indicando que a falta de intervenção acaba comprometendo a produção de pinhas, competição, formação das copas e consequentemente a estrutura futura da floresta (SULLIVAN; SULLIVAN, 2016). A menor produção de pinhas também compromete a regeneração natural e a rentabilidade de famílias que obtêm receita com

a venda das pinhas. A não intervenção silvicultural numa floresta, tem reflexo na dinâmica e na estrutura reprodutiva das árvores, visto que árvores produtivas apresentam aumento no diâmetro e no tamanho da copa (PRETZSCH et al., 2012) e com isso proporcionam elevada produção de frutos.

2.5.2 Proporção do sexo

Ao todo foram identificados para o município de Lages 272 indivíduos de araucária na floresta estudada, destes, 202 eram do sexo masculino e 70 do sexo feminino. Sendo assim, a quantidade de machos e fêmeas correspondentes a cada sítio de estudo são apresentados na Tabela 1.

Foram respectivamente 74,26%, 70,21% e 57,14% de machos e 25,73%, 29,78% e 42,35% de fêmeas, para Lages, Bom Jardim da Serra e Painel. Percebe-se para os três sítios uma maior predominância do sexo masculino, que pode estar relacionado com o passado da espécie, pois antigamente a mesma era muito explorada por produtores rurais, o qual era permitido a retirada das árvores, e que muitas vezes os produtores optavam pela retirada de árvores femininas que apresentavam pinhas facilitando a sua coleta, deixando na floresta o sexo masculino

Tabela 1 -Número de indivíduos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze classificados por sexo em três sítios florestais, em Santa Catarina.

| Sexo | Sítio 1 | Sítio 2 | Sítio 3 |
|-----------|---------|---------|---------|
| Feminino | 70 | 14 | 24 |
| Masculino | 202 | 33 | 32 |
| Total | 272 | 47 | 56 |

Onde: Sítio 1 = Lages; Sítio 2 = Bom Jardim da Serra; Sítio 3 = Painel.

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

De acordo Mattos (2011) relata que a *Araucaria angustifolia* é normalmente dioica e em geral há maior porcentagem de plantas masculinas do que femininas, o que se assemelhou aos dados obtidos no presente estudo, uma vez que o número de plantas masculinas foi maior que o número de plantas femininas.

De acordo com Riguete (2012), estudos referentes à proporção sexual têm-se tornado muito importantes, uma vez que podem trazer informações sobre a distribuição espacial de um povoamento, auxiliando no entendimento sobre a influência de fatores ecológicos que afetam a reprodução, a dispersão e o tamanho do grupo de uma população.

Diversos fatores podem limitar o sucesso reprodutivo da árvore feminina, geralmente, esse sucesso depende da proporção de sexos na população. Uma proporção desbalanceada de sexos implica na contribuição desigual do número de gametas favorecendo o sexo mais abundante (ZANON, 2007).

Bandel e Gurgel (1967) também relataram haver predominância de pinheiros masculinos tanto em áreas de ocorrência natural, como em florestas plantadas. Os autores observaram a presença, de plantas do sexo masculino de 52,4% em relação a plantas do sexo feminino 47,6%.

Zanon et al., (2009) estudando a proporção da dioicia e distribuição diamétrica de árvores masculinas e femininas de *Araucaria angustifolia*, em povoados implantados na Florestal Nacional de São Francisco de Paula, encontraram uma porcentagem de árvores masculinas e femininas de 56,35% e 43,65%, respectivamente.

De acordo com Rogge-Renner et al., (2017) observações realizadas em campo sobre a fenologia reprodutiva consistem em ferramentas essenciais para estimar o número de indivíduos que estão contribuindo, efetivamente, na reprodução de uma determinada população de espécies florestais.

Além disso, segundo Souza (2010) levantamentos da proporção de sexo auxiliam na tomada de decisões sobre práticas de manejo florestal da espécie, uma vez que as proporções de indivíduos de cada sexo contribuem, efetivamente, na obtenção de informações sobre a distribuição espacial de um povoamento.

2.5.3 Relações morfométricas e número de pinhas

Os parâmetros dendrométricos, morfométricos e a quantidade de pinhas identificados nos sítios de estudo são apresentados na Tabela 2.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que os sítios amostrados com remanescentes de *Araucaria angustifolia* apresentam diferenças quanto às características dendro-morfométricas e número de pinhas. A média do número de pinhas/árvore para o ano de 2017 para os sítios 1, 2 e 3 foram de 3,65, 1,85 e 2,93 pinhas/árvore, enquanto para 2018 foi de 4,84, 1,68 e 5,57 pinhas/árvore, indicando uma maior produção para alguns sítios no último ano. Zechini et al. (2012) encontraram uma média de pinhas produzidas para o ano de 2010 em áreas ao entorno da Floresta Nacional de Três Barras – SC de 3,6 pinhas/árvore (Tabela 2).

O sítio florestal 2 correspondente a Bom Jardim da Serra apresentou uma média baixa de produção de pinhas, o que pode estar associado a fatores climáticos bem como a altitude do

local, e esta área possui muitas vertentes e muita umidade o que dificulta a formação e crescimento da espécie.

Figueiredo Filho et al. (2011), também destacaram médias superiores 20,5 pinhas/planta na avaliação de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati. Estudos de Vieira da Silva e Reis (2009) encontraram na Reserva Genética Florestal de Caçador para o ano de 2006 uma produção média de 5,6 pinhas/árvore.

A não realização de manejo florestal na área por muitos anos, também pode ter ocasionado a baixa produção de pinhas, uma vez que não há luminosidade e espaço suficiente para um bom desenvolvimento das copas e produção de pinhas pelas árvores.

A média para o dap do sítio 3 (51,39 cm), foi maior comparada com o 1 (47,41 cm) e 2 (31,84 cm). Para a altura o sítio 1 (19,50m) apresentou a maior média, seguindo do 2 (17,43m) e 3 (16,39m). Essas diferenças entre os valores de dap e h para os diferentes sítios podem ser explicado por Caldeira et al. (1996) por fatores genéticos (origem), qualidade de sítio, grau de competição e condições biológicas, edáficas e climáticas influenciam o crescimento em altura e diamétrico das espécies florestais.

Observa-se que o sítio 2 apresentou uma das menores médias comparadas com os demais, fato esse pode ser explicado por Puchalski et al. (2006) que também observaram menor porte médio (altura e diâmetro) em uma população de araucária em no município de São Joaquim- SC, sendo este perto do Municipio de Bom Jardim da Serra (Sítio 2), pois além de fatores climáticos (menores valores de evapotranspiração média, maior ocorrência média de geadas, maior altitude, menores temperaturas) são encontrados nesta região solos menos profundos.

Silva et al. (2017) estudando a caracterização de índices morfométricos para *Araucaria angustifolia* plantada na Região Norte do Rio Grande do Sul, evidenciaram resultados semelhantes, com valores de média de dap de 36,1cm e altura de 21,0m.

Hess et al. (2016), encontraram valores de média de dap e h para o município de São Joaquim de 41,4 cm e 17,0 m, para Urupema de 36,6 cm e 14,0 m e Painel de 37,5 cm e 14,4 m sendo esses valores do último município menor, comparado com o presente estudo, isso pode ser explicado pela amostragem utilizada que foram diferentes, onde o autor amostrou 186 árvores de araucária de forma individual em cada município e com isso coletadas as variáveis dendrométricas e morfométricas.

O Hic apresentou o maior valor no sítio 2 (14,01m), e em seguida o 1(12,0m) e o 3 (11,4m). Minatti (2015) obteve de hic com valores médios 15,6 m para São Joaquim, 10,7m para Urupema e 15,5m para Painel.

O *Dc* para as araucárias, foi maior no sítio 3 (9,55m) e seguindo para o sítio 1 (8,20m) e 2 (6,51m). Segundo Klein (2017) maiores valores de *dc* sugerem maior espaço lateral para o crescimento e desenvolvimento das árvores, que atingem o dossel superior, demonstrando sua capacidade de competição por luz e recursos. Observando nos 3 sítios florestais, o *dc* seguiu os valores de *dap* no sentido do maior para o menor, com isso o *dc* tem uma correlação com o *dap*.

Tabela 2- Variáveis dendrométricas, morfométricas e quantidade de pinhas para *Araucaria angustifolia* para três sítios florestais no Planalto Catarinense.

| Variável | Sítio | Média | Mínimo | Máximo |
|---------------------------|-------|--------|--------|---------|
| NP_2017 | 1 | 3,65 | 1 | 12 |
| | 2 | 1,85 | 1 | 4 |
| | 3 | 2,93 | 1 | 12 |
| NP_2018 | 1 | 4,84 | 0 | 20 |
| | 2 | 1,68 | 0 | 9 |
| | 3 | 5,57 | 0 | 22 |
| DAP (cm) | 1 | 47,41 | 22,73 | 100,27 |
| | 2 | 31,84 | 14,32 | 50,92 |
| | 3 | 51,39 | 20,37 | 88,17 |
| H total (m) | 1 | 19,50 | 10,5 | 30,7 |
| | 2 | 17,43 | 9,2 | 31,0 |
| | 3 | 16,39 | 8,8 | 27,7 |
| Hic (m) | 1 | 12,0 | 3,7 | 20 |
| | 2 | 14,01 | 6,7 | 29,5 |
| | 3 | 11,4 | 35 | 18,9 |
| Dc (m) | 1 | 8,20 | 3,45 | 13,75 |
| | 2 | 6,51 | 3,25 | 11,75 |
| | 3 | 9,55 | 3,05 | 20,0 |
| Cc (m) | 1 | 7,49 | 3,0 | 16,6 |
| | 2 | 3,41 | 0,3 | 12,9 |
| | 3 | 4,92 | 0,2 | 11,0 |
| Ac (m²) | 1 | 56,72 | 9,34 | 148,48 |
| | 2 | 36,40 | 8,29 | 108,43 |
| | 3 | 78,58 | 7,30 | 314,15 |
| PC(%) | 1 | 39,46 | 14,21 | 75,29 |
| | 2 | 19,42 | 1,94 | 53,36 |
| | 3 | 29,49 | 1,61 | 75,52 |
| Fc | 1 | 1,21 | 0,39 | 3,27 |
| | 2 | 3,37 | 0,34 | 18,5 |
| | 3 | 3,0 | 0,57 | 24,25 |
| IA | 1 | 0,43 | 0,20 | 0,78 |
| | 2 | 0,39 | 0,12 | 0,61 |
| | 3 | 0,60 | 0,15 | 1,07 |
| IS | 1 | 17 | 11 | 26 |
| | 2 | 20 | 11 | 30 |
| | 3 | 18 | 8 | 26 |
| GE | 1 | 43 | 23 | 76 |
| | 2 | 57 | 31 | 121 |
| | 3 | 34 | 16 | 69 |
| Ni | 1 | 237,52 | 67,34 | 1069,72 |
| | 2 | 394,58 | 92,22 | 1205,43 |
| | 3 | 191,89 | 31,83 | 1368,70 |

Onde: Sítio 1: Lages; Sítio 2: Bom Jardim da Serra; Sítio 3: Painel; Np_2017: número de pinhas no ano de 2017; Np_2018: número de pinhas no ano de 2018; Dap: diâmetro à altura do peito (cm); h: altura total (m); hic: altura de inserção de copa (m); Dc: diâmetro de copa (m); Cc: comprimento de copa (m); Ac: área de copa (m²); Pc%: percentual de copa (%); Fc: formal de copa; IA: Índice de Abrangência; IS: Índice de Saliência; GE: grau de esbeltez; Ni: Número potencial de árvores por hectare.

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Tonini e Arco-Verde (2005), salientam que as correlações positivas do diâmetro da copa com o dap, indicam que a copa aumenta à medida que aumenta o dap. Loiola (2016), encontrou valores de diâmetro de copa variando de 1,3 a 18,4 m com média de 8,3 m, sendo que menores valores indicam menor espaço lateral para crescimento e desenvolvimento das árvores.

O comprimento da copa (Cc) foi maior no sítio 1 apresentando uma média de 7,49 m, seguido do sítio 3 (4,92m) e 2 (3,41m). De acordo com Klein (2017), menores valores do comprimento de copa indicam maior fuste aproveitável, indicando ocorrência de desrama nestes indivíduos, contudo, copas menores indicam redução de fotossíntese o que pode comprometer as taxas de incremento e o crescimento.

Silveira (2017), estudando as relações interdimensionais e dinâmica estrutural no manejo sustentável de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze em Santa Catarina, encontrou um valor de comprimento de copa médio de 5,23 m em uma área no município de Lages, SC.

Encontraram-se valores maiores de área de copa (Ac) para o sítio 3 ($78,58m^2$), para o 1 ($56,72m^2$) e 2 ($36,40m^2$). Loiola (2016), encontrou valores de área de copa de $62,5 m^2$, sendo a variação explicada pela amplitude dimensional dos indivíduos.

Os maiores valores encontrados para variável P_c foram para o sítio 1(39,46%), seguida do sítio 3(29,49) e 2(19,42%), indicando que o sítio 1 ele apresenta árvores produtivas, com uma amplitude de dados variando de 1,64 a 75,52. Conforme Durlo e Denardi (1998), a proporção de copa é um indicativo de qualidade das árvores, ou seja, essa variável é capaz de indicar a vitalidade e também o grau de concorrência a que uma árvore está submetida, sendo que quanto maior seu valor, mais vital e produtiva é a árvore, apresentando uma copa com melhor a qualidade.

Vale ressaltar que quanto maior o comprimento de copa, maior o percentual de copa, sendo o inverso verdadeiro, dessa forma, quanto maior o percentual de copa, maior a capacidade de fotossíntese, e provavelmente, melhor são as taxas de incremento e menor idade para araucária (MINATTI, 2015).

Considerando o formal de copa, quanto menor, melhor é a produtividade da árvore, com isso o sítio 1 apresentou o menor valor de média de 1,21 comparado com os outros sítios (Tabela 2). Esta produtividade, se deve pela relação entre o manto de copa e a área de projeção de copa. Se duas árvores da mesma espécie tiverem o mesmo diâmetro de copa, produzirão mais por unidade de projeção de copa aquela que tiver um menor formal, ou seja, aquela que tiver copa mais esbelta, pois terá maior manto de copa, para uma mesma área de projeção (ZECHINI, 2012). Valor com amplitude variando de 0,34 até 18,5 para os diferentes sítios, indicando que na população há árvores com copas esbeltas e também com copas mais achatadas.

O formal de copa indica o grau de achatamento das copas, valores iguais 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, mostrando uma grande diferença entre os indivíduos, onde existem tanto árvores com copas esbeltas, quanto com copas achatadas.

O valor mostrou que a espécie apresentou copas mais curta e largas, forma plana ou de *umbrella*, característica da espécie quando atinge a maturidade (REITZ; KLEIN, 1966).

Este valor varia com a espécie e com a posição sociológica, sendo que copas estreitas e longas devem ser as preferidas, ou seja, desejadas, pois para cada m^2 de área de solo ocupada apresentam uma maior área de superfície de copa (manto de copa), podendo assim utilizar melhor o espaço vital disponível (STERBA, 2006). É possível utilizar esse índice na seleção de árvores para desbaste, onde serão retirados indivíduos de maior Fc. Em seus estudos com *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer, Orellana e Koehler (2008), encontraram um valor para formal de copa de 23,1, sendo este valor alto comparado com o presente estudo. Já Loiola (2016), encontrou valores de formal de copa médio de 1,26.

O índice de abrangência apresentou maior média de 0,60 para o sítio 3, seguida do sítio 1 de 0,43 e 2 de 0,39, e com uma amplitude variando de 0,12 a 0,78 para os três fragmentos estudados. Segundo Roveda et al. (2012), em um povoamento onde o manejo é baseado na altura das árvores, o IA torna-se um critério para tomada de decisão em um plano de desbaste. Portanto, conforme o aumento da altura há necessidade de um espaço maior entre as árvores para desenvolvimento em diâmetro. Klein (2017), constatou valores de IA de 0,47 a 0,71 para diferentes posições sociológicas.

O índice de saliência, foi maior para o sítio 2 apresentando uma média de 20m e menor para o sítio 1 com um valor de 17m, com sua amplitude variando de 8 a 30. O IS pode ser usado como parâmetro indicador do espaço necessário para cada árvore ao ser atingido determinado diâmetro, ou pode-se indicar o número de árvores adequado por ha, ou de acordo com um diâmetro de interesse estabelecido. Além disso, esse índice representa que, em média, as árvores têm um diâmetro de copa, aproximadamente, de 17 a 20 vezes maior que o Dap. Klein (2017) obteve valores de IA entre 19 a 26 para *Araucaria angustifolia*, valores semelhantes com o presente estudo. 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.

De acordo com Sterba (1992) um menor valor no índice de saliência, significa que, a árvore possui uma maior área de superfície de copa proporcionalmente, sendo mais eficiente na

utilização do espaço, considerando para isto uma dada área de projeção de copa, observando os dados das médias, à medida que aumenta o diâmetro, a tendência do índice de saliência é diminuir. Durlo e Denardi (1998) relataram que tanto o índice de saliência como o índice de abrangência são importantes para determinação de desbaste. Através dos mesmos pode-se determinar o espaço necessário para uma planta se desenvolver de maneira satisfatória.

Ao analisar a média do grau de esbeltez, este foi maior para o sítio 2 e 1 e menor para o 3, conforme descrito na tabela 3, onde as amplitudes dos dados para os sítios florestais estão variando de 16 a 121, 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, apresentando baixa vitalidade e eficiência em espaço de crescimento. De acordo com Tonini e Arco-Verde (2005) caso este grau esteja acima de 1, o crescimento em diâmetro é menor se comparado ao crescimento em altura, podendo indicar a necessidade de um desbaste para diminuir a concorrência. O grau de esbeltez diminui com o aumento da idade das árvores, pois o crescimento em altura é relativamente menor que o crescimento diamétrico, tornando-se mais robustas e estáveis (DURLO, 2004). Silva (2017) encontrou valores de grau de esbeltez de 0,62.

Em relação ao número potencial de árvores por hectare para cada área de copa dos indivíduos femininos mensurados, nota-se que ele é maior no sítio 2 com uma média de 394,58 ind/ha, seguido do sítio 1 (237,52 ind/ha) e 3(191,89 ind/ha), observando a tabela 2, a média maior de ind/ ha foi para o sítio 2, porém mesmo apresentou o menor dap e área de copa, fato este pode ser explicado, pois está área está muito adensada com muitos indivíduos, fazendo com que os mesmos percam em diâmetro, e apresente copas menores.

2.5.4 Correlação de Pearson

As correlações lineares de Pearson entre as variáveis dendrométricas, morfométricas e quantidade de pinhas, mostraram que as variáveis associadas ao diâmetro e copa e competição apresentaram correlação significativa a nível de 5% de probabilidade (Tabela 3).

As variáveis que se correlacionaram com o número de pinhas foram o diâmetro à altura do peito (Dap), diâmetro de copa (Dc), comprimento de copa (Cc), área de copa (Ac), proporção de copa (Pc%), grau de esbeltez (GE) e número potencial de árvores (Ni).

Figuereido Filho et al., (2015), estudando modelos matemáticos para estimar a produção de pinhões de árvores nativas e plantadas de Araucária, encontraram correlações positivas das variáveis diâmetro à altura do peito (0,673), diâmetro de copa (0,586) e área de copa (0,609) com a produção de pinhões na FLONA de Irati.

O número potencial de árvores e o grau de esbeltez apresentaram correlação negativa com o número de pinhas, indicando que com um número maior de árvores, menor a quantidade de pinhas, pois as árvores não dispõem de espaço lateral de crescimento, diminuindo o raio de copa e demais variáveis associadas. O diâmetro à altura do peito e o diâmetro de copa apresentaram correlação positiva com a quantidade de pinhas indicando que à medida que aumenta o dap e o dc, aumenta o número de pinhas, mostrando que as copas precisam desenvolver para aumento da produção de pinhas.

Tabela 3 - Correlação de Pearson e probabilidades para as variáveis dendrométricas, morfométricas e quantidade de pinhas de *Araucaria angustifolia*, em três sítios florestais, SC, 2018.

| | Np | Dap | H total | Hic | Dc | Cc | Ac | Pc% | Fc | IA | IS | GE | Ni |
|----------------|-----------|--------------|----------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|-----------|------------|---------------|---------------|
| Np | 1 | 0,23* | 0,097 ns | -0,034 ns | 0,20* | 0,18* | 0,17* | 0,15* | -0,10 ns | 0,115 ns | -0,047 ns | -0,17* | -0,21* |
| Dap | - | 1 | 0,34* | 0,14 ns | 0,75* | 0,28* | 0,73* | 0,099 ns | -0,12 ns | 0,43* | -0,39* | -0,67* | -0,60* |
| H total | - | - | 1 | 0,72* | 0,11 ns | 0,45* | 0,10 ns | 0,029 ns | -0,25* | -0,50* | -0,34* | 0,36* | -0,11 ns |
| Hic | - | - | - | 1 | -0,15 ns | -0,29* | 0,0098 ns | -0,65* | 0,18* | -0,41* | -0,24* | 0,44* | 0,058 ns |
| Dc | - | - | - | - | 1 | 0,18 ns | 0,97* | 0,10 ns | -0,0010 ns | 0,76* | 0,26* | -0,60* | -0,78* |
| Cc | - | - | - | - | - | 1 | 0,13 ns | 0,87* | -0,58* | -0,16 ns | -0,16 ns | -0,061 ns | -0,22* |
| Ac | - | - | - | - | - | - | 1 | 0,060 ns | 0,033 ns | 0,75* | 0,24* | -0,54* | -0,65* |
| Pc% | - | - | - | - | - | - | - | 1 | -0,58* | 0,035 ns | -0,0035 ns | -0,18* | -0,17 ns |
| Fc | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 0,16 ns | 0,21* | 0,034 ns | 0,044 ns |
| IA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 0,42* | -0,71* | -0,59* |
| IS | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 0,14 ns | -0,22* |
| GE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 0,61* |
| Ni | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |

Onde: Sítio 1: Lages; Sítio 2: Bom Jardim da Serra; Sítio 3: Painel; Np: número de pinhas; Dap: diâmetro à altura do peito (cm); H: altura total (m); hic: altura de inserção de copa (m); Dc: diâmetro de copa (m); Cc: comprimento de copa (m); Ac: área de copa (m²); Pc%: percentual de copa (%); Fc: formal de copa; IA: Índice de Abrangência; IS: Índice de Saliência; GE: grau de esbeltez; Ni: Número potencial de árvores por hectare. *: correlação significativa; ns: não significativo. Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Estudos de Zechini (2012) mostraram que as relações entre a variável número de pinhas com dap, apresentaram valores de correlação de Pearson entre 0,17 a 0,76, sendo significativos para *Araucaria angustifolia* em diferentes sítios florestais. Ainda enfatizam a existência de uma variação anual na produção de pinhas em nível individual em função do diâmetro, e que a espécie apresenta uma tendência de aumento da produção de pinhas à medida que aumenta o DAP.

O diâmetro à altura do peito apresentou uma correlação positiva com o diâmetro de copa (0,75) e com área de copa (0,72), resultados que corroboram com o trabalho de Silva et al. (2017), encontrando valores de 0,75 para diâmetro de copa e 0,78 para área de copa. Estudo de Curto (2015) em um povoamento superestocado de *Araucaria angustifolia* na Floresta Nacional de Açuengui, na cidade de Campo Largo, Paraná, expõe que o desenvolvimento do diâmetro de copa em relação ao (d) DAP segue padrão linear, ou seja, à medida que as árvores crescem em diâmetro, linearmente aumenta-se o diâmetro de copa, todavia em algum determinado momento isto tende a se estabilizar.

Nuto (2001) em seu estudo sobre relações morfométricas para *Araucaria angustifolia*, encontrou valor de 0,94 de correlação entre a área de copa e o diâmetro à altura do peito, enfatizando que o crescimento e expansão da copa estão intimamente relacionados com o crescimento em diâmetro do tronco.

O diâmetro de copa apresentou uma correlação com a área de copa de 0,97 sendo esse resultado esperado devido a dependência entre estas variáveis, corroborando com o valor encontrado por Silva et al. (2017). Para o índice de abrangência o valor de correlação foi de 0,76, assim quanto maior o dc maior o índice de abrangência. Contudo o dc apresentou correlação negativa com o grau de esbeltez e Ni indicando que maior densidade de árvores e competição não favorece o crescimento lateral das copas, havendo necessidade de intervenção silvicultural com redução da competição.

O dap apresentou correlação negativa com Ni e com Ac (-0,65), pois quanto maior o número de árvores o dap e a Ac não dispõem de espaço lateral para crescimento. Segundo Clark e Clark (2001), as variáveis relacionadas com a copa refletem o efeito da competição ocorrida no passado, uma vez que, corresponde as dimensões exibidas pelas copas atualmente. Acarretando alterações no tamanho das árvores, tanto em diâmetro quanto em altura e, portanto, gerando modificações na captação de recursos para o desenvolvimento, o que representa a dinâmica da floresta. Backes (2001) salienta a alta densidade pode estar gerando um acentuado processo de competição intraespecífica causando, por conseguinte, uma relação negativa muito

grande entre densidade e desenvolvimento das árvores consequentemente, fazendo com que cada planta produza menos.

2.5.5 Ajustes de equações para a relação entre quantidade de pinhas e variáveis dendromorfométricas

Como foi verificado o teste de normalidade, não atendeu as suas condicionantes, devido a isso optou-se por usar os Modelos Lineares Generalizado, sendo uma extensão dos modelos lineares de regressão múltipla, que foram introduzidos nos anos de 1972 por Neder e Wedderburn. Nos MLG estão inclusos modelos cuja variável resposta pertence à família exponencial de distribuições, sendo assim ao usar os MLG, existe maior ganho na flexibilidade para a relação funcional entre a média da variável resposta e o preditor linear (SOUZA, 2010).

A escolha da função de ligação depende do tipo de resposta e do estudo em particular. Algumas das principais funções de ligação são: identidade, função quadrática, raiz quadrada, expoente, logística, logarítmica entre outras (TURKMAN; SILVA, 2000).

Segundo Paula (2010), a qualidade do ajuste de um MLG é avaliada através da função *desvio*. Um valor pequeno para a função de desvio indica que, para um número menor de parâmetros, se obtém um ajuste tão bom quanto o ajuste com o modelo saturado. É fácil de verificar que o *desvio* é sempre maior ou igual a zero e decresce à medida que covariáveis são sendo adicionadas ao modelo nulo, tomando obviamente o valor zero para o modelo saturado.

Para o ajuste das regressões utilizaram-se os modelos lineares generalizados (MLG), porém quando ajustados os modelos separadamente para cada sítio, os valores dos coeficientes não apresentavam significância, e denotavam valores de AIC e BIC muito discrepantes, o que pode ser explicado pelo número de indivíduos coletados em cada área que foi baixo nos anos de 2017 e 2018, e também levando em consideração, que a amostragem foi direcionada apenas para árvores femininas de araucária, consequentemente reduzindo a amostragem. Diante do exposto optou-se por juntar todos os dados e selecionar apenas uma equação com o propósito de estimar a produção de pinhas para os três sítios florestais, e com isso melhorar os ajustes das equações fazendo dessa maneira com que os valores dos coeficientes passassem a ser significativos.

Após testar os MLGs no campo aleatório Gamma, e nas funções de ligação identidade e logarítmica, obtiveram-se as equações que estimam o número de pinhas em função das variáveis morfométricas descritas na Tabela 4.

De acordo com Contreras et al., (2011), a distribuição Gama oferece grande potencial para a modelagem de dados contínuos que apresentam superdispersão e, portanto, heterogeneidade de variância. É justificável o seu uso para gerar estimativas com acurácia, e eficiência comprovada para análise de dados não negativos e de natureza contínua conforme relata Hess et al. (2015).

Tabela 4 - Coeficientes e critérios de ajuste para os MLGs entre as relações morfométricas estabelecidas para *Araucaria angustifolia* em Santa Catarina, 2018.

| Modelo | Parâmetros | | | Dist | FL. | AIC | BIC | Desvio (pinhas) |
|---------------------------|------------|-----------|-----------|-------|-----|---------|---------|--------------------|
| | b0 | b1 | b2 | | | | | |
| np=b0+b1*dap | 0,4238 | 0,1563 | - | Gamma | Id. | 1162,94 | 1172,94 | 91,07 |
| np=b0+b1*dap+b2*pc | -0,5015 | 0,1432 | 0,0466 | Gamma | Id. | 1156,99 | 1170,32 | 87,85 |
| np=b0+b1*(dap*cc) | 4,6597 | 0,01030 | - | Gamma | Id. | 1179,52 | 1189,52 | 88,15 |
| np=b0+b1*(pc*dap) | 3,8733 | 0,0025 | - | Gamma | Id. | 1172,38 | 1182,38 | 95,04 |
| np=b0+b1*dap+b2*dc | -0,0971 | 0,1198 | 0,2627 | Gamma | Id. | 1163,05 | 1176,38 | 90,3 |
| np=b0+b1*dc | 1,2521 | 0,7550 | - | Gamma | Id. | 1173,54 | 1183,53 | 95,54 |
| np= b0+b1*cc | 5,3146 | 0,3743 | - | Gamma | Id. | 1193,16 | 1203,15 | 104,36 |

Onde: Np: número de pinhas; Dap: diâmetro à altura do peito (cm); Cc: comprimento de copa (m); Pc%: percentual de copa (%); dc: diâmetro de copa (cm).

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

As equações ajustadas e que obtiveram acurácia e precisão de ajuste foram aquelas que apresentavam como variáveis independentes o Dap, Pc e Dc.

De acordo com a tabela 4 os valores de desvio foram alto em virtude que a variável dependente que é o número de pinhas a qual foi contabilizada ao todo para o estudo 1550 pinhas nas três áreas, devido a isto o valor foi alto para cada equação. As variáveis que definem o tamanho da árvore como o diâmetro a altura do peito e o diâmetro de copa se correlacionam com a produção de pinhas, sendo esperado que essa tendência se acentue à medida que o indivíduo aumente em dimensão e idade, tal como evidenciam os dados de produção de sementes por árvore e por cone entre os indivíduos maduros de araucária (FASSOLA et al., 1999).

Figueiredo Filho et al., (2015) salientaram ainda que existe uma correlação positiva da produção de pinhões com o dap das árvores, ou seja, quanto maior o dap, maior é a produção de pinhões.

Quanto à proporção de copa ela favorece na produção da estrutura reprodutiva da espécie, desde que a árvore tenha um maior espaçamento, proporcionando ter uma maior proporção de sua copa livre de contato, mais exposta à luz e, portanto, numa situação mais

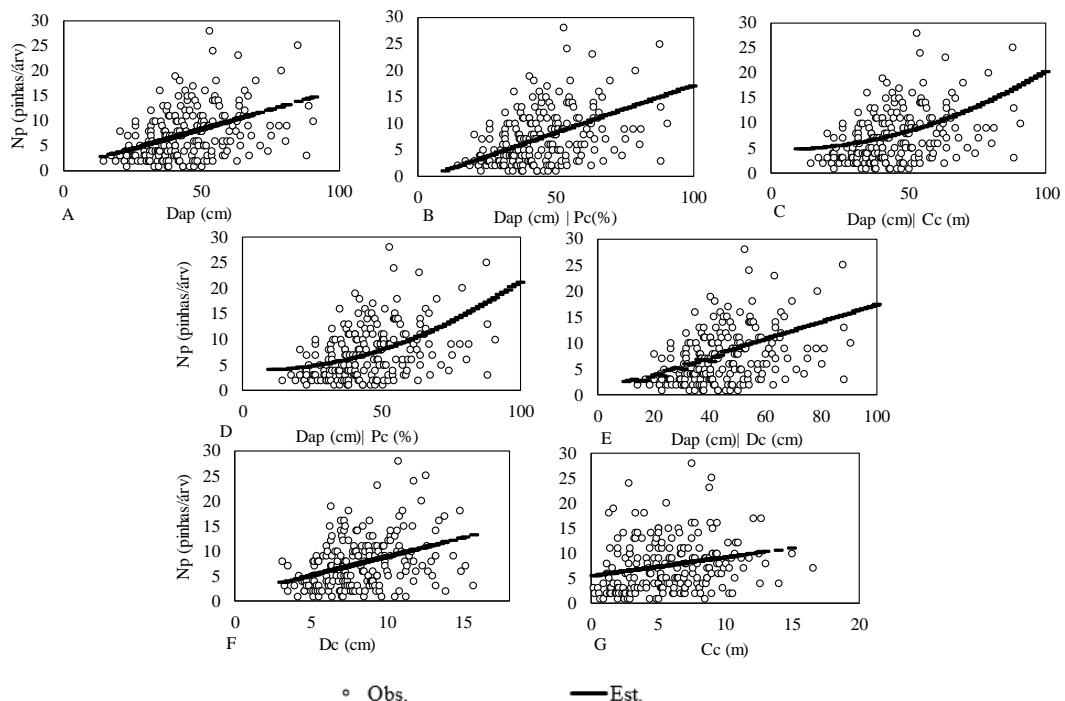
favorável para a produção das estruturas reprodutivas, ou seja, as árvores dominantes que têm copas mais vigorosas e desenvolvidas são notáveis produtoras de sementes (DANIEL, et al., 1980). Segundo Solórzano-Filho, (2001) o número de pinhas por planta é dependente do tamanho da copa.

Verifica-se que a melhor equação que estimou o número pinhas de acordo com os critérios estabelecidos foi a equação $np = -0,5015 + 0,1432 \cdot dap + 0,0466 \cdot pc$, apresentando um valor de AIC de 1156,99, valor de BIC de 1170,32 e de desvio de 87,85.

Na avaliação do comportamento dos dados traçou-se a linha da regressão referente à estimativa e juntamente com os pontos observados, tornou-se possível avaliar a eficiência da equação ao estimar os dados (Figura 5).

O comportamento das linhas dos valores estimados apresentou resultados sem tendência discrepante. Deste modo, o ajuste das estimativas pode ser realizado com acurácia. O ajuste mostrou que para todas as variáveis o número de pinhas apresenta relação linear entre as variáveis, indicando que para uma maior produção de pinhas é necessário aumento nas dimensões e proporção da copa das árvores.

Figura 5 - Dispersão dos valores observados sobre a reta ajustada pelos modelos das relações entre: Np e dap (A); Np e dap pc (B), Np e dap*cc (C), Np e dap*pc (D), Np e dap dc (E), Np e dc (F) E Np e cc (G) para os fragmentos de *Araucaria angustifolia*, SC, 2018.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A relação crescente da quantidade de pinhas com aumento de dimensão em diâmetro (dap) e variáveis de copa indica a necessidade de espaço lateral de crescimento, pois à medida que as árvores se desenvolvem em diâmetro a copa também deve acompanhar o crescimento (COSTA et al., 2014). O ajuste dos resultados é expressivo, pois a maior quantidade de pinhas mensuradas foi em árvores de maior diâmetro.

A relação entre variáveis também faz referência à maturidade fisiológica e, indica que somente a partir de uma determinada dimensão (ou idade) a árvore começa a produzir pinhas. Em relação ao manejo da floresta, pode-se concluir sobre a necessidade de intervenção silvicultural, para que árvores femininas jovens alcancem maiores dimensões e disponibilidade de espaço e recursos ao crescimento. Fato que foi identificado nos sítios de estudo, pois a maior quantidade de árvores com pinhas localizava-se na bordadura da floresta, ou que conseguiram se sobressair no dossel da floresta.

Essa informação também é importante para o planejamento de intervenções silviculturais e gestão dos recursos florestais, havendo necessidade de redução da competição, manutenção da taxa de incremento e crescimento para continuidade da produção de pinhas, bem como a rentabilidade das famílias extrativistas coletores de pinhão.

Portanto, a produção de pinhas mostrou relação com as características de estrutura e arquitetura da copa, a qual tem relação com a estabilidade, capacidade fotossintética e produção de frutos na araucária. A média de 4 pinhas/árvore pode ser considerada baixa, mas também como um reflexo da falta de gestão dos remanescentes da floresta com araucária.

Diante de todo o exposto deste capítulo averíguou-se que o desenvolvimento de modelos para estimar o número de pinhas por árvores individuais por meio das variáveis dendrométricas e morfométricas não é uma tarefa tão fácil, e com isso não se encontrou na literatura artigos sobre o assunto, provavelmente pelas dificuldades demandadas, como por exemplo a sazonalidade de produção de pinhas de um ano para o outro o que demanda um grande esforço com repetidas coletas ao longo de anos.

2.6 CONCLUSÕES

Com o presente trabalho, foi observado que a quantidade de pinhas encontradas em cada área de estudos foi relativamente baixa, quando comparada com os trabalhos citados. Sendo a maior média de produção de pinhas foi para o sítio florestal de Lages. Essas diferenças do número de pinhas entre os fragmentos estudados podem estar associadas com a falta de manejo

nas áreas, variáveis morfométricas e formação da copa, bem como a sazonalidade climática e disponibilidade de recursos do ambiente.

As relações morfométricas avaliadas demonstraram que o número de pinhas é influenciado pelas características dendro-morfométricas.

Com o ajuste das equações de regressão verificou que a melhor equação que estima o número pinhas foi a equação $np=0,5015+0,1432* dap + 0,0466*pc$ apresentando valor de AIC de 1156, valor de BIC de 1170,32 e desvio de 87,85.

Os resultados obtidos são importantes para o manejo florestal, pois as relações interdimensionais e quantificação de pinhas indicam aumento do número de pinhas em relação das variáveis morfométricas, demonstrando nesse momento a possibilidade de intervenção para reduzir competição e favorecer o crescimento dos remanescentes e a estabilidade estrutural da floresta.

Sendo assim ganha importância o manejo através de intervenções silviculturais para a espécie *Araucaria angustifolia*, uma vez que com a realização do mesmo, pode-se contribuir para o aumento da produção de pinhas, sendo que muitas vezes na floresta as árvores não conseguem se desenvolver devido a fatores de competição e densidade e com isso gerando copas pequenas impedindo o desenvolvimento de pinhas.

2.7 REFERÊNCIAS

ALVAREZ, C. A. et al.. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift.** v.22, n. 6, 2013, p.711–728. Dez. 2013.

ANSELMINI, J. I.; ZANETTE, F.; BONA, C. Fenologia reprodutiva da *Araucaria Angustifolia* (Bert.) O. Ketze, na região de Curitiba, PR. In: **Floresta e Ambiente**, v. 13, p. 44-52, Brasilia. Jun. 2006.

AKAIKE, H. Likelihood of a model and information criteria. **Journal of Econometrics.** n.16, p.3-14, Australia. 1981.

BACKES, A. Determinação da idade e regeneração natural de uma população de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O.Kuntze em um povoamento florestal localizado no município de Caxias do Sul, RS, Brasil. **Iheringia.** v. 56, p. 115- 130, Rio Grande do Sul. Marc. 2001.

BANDEL, G.; GURGEL, J.T.A. Proporção do sexo em pinheiro-brasileiro *Araucaria*

angustifolia (Bert) O. Ktze. Silvicultura - **Revista Técnica do Serviço Florestal do Estado de São Paulo**. São Paulo. V. 19, n. 3, p. 209-220, Out. 1967.

BACKES, P.; IRGANG, B. Árvores do sul: guia de identificação e reconhecimento ecológico. Porto Alegre: Ed. Pallotti, 2002. 325 p.

CALDEIRA, M. V. W., et al.. Definição de sítios em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. na região de Encruzilhada do Sul, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria (RS), v.6, n.1, p.1-13, Marc. 1996.

CLARK, D. A.; CLARK, D. B. Getting the canopy: tree height growth in a neotropical rain forest. **Ecology**, v. 82: p. 1460-1472, California. Out. 2001.

COSTA, E. A. et al. Relação entre o diâmetro de copa e o diâmetro à altura do peito de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, Lages, SC. In... Simpósio Brasileiro de Pós-graduação em Ciências Florestais. Recife-PE, p. 696-700, Abr. 2014.

CONTRERAS, M. A.; AFFLECK, D.; CHUNG, W. Evaluating tree competition indices as predictors of basal area increment in western Montana forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 262, p. 1939-1949, 2011.

CURTO, R. de A. **Avaliação do crescimento e potencial de manejo em plantio superestocado de Araucaria angustifolia (Bertol) O. Kuntze**. 251f. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba – PR. 2015.

DANIEL, R. F.; BURKHART, H. E.; CLASON, T. R. A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. **Canadian Journal for Forest Research**, v. 16, n. 6, p. 1230-1237, 1980.

DURLO, M. A; DENARDI, L.; Morfometria de Cabrela canjerana em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, 1998, p. 55-66.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo da Araucária: Crescimento e Produção**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Araucaria/CultivodaAraucaria_2e_d/Crescimento_Producao.htm> Acesso em: 16 jan. 2017.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. Idade e crescimento das árvores. Brasília, DF: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2005. 43 p. (Comunicações técnicas florestais, v. 7, n. 1).

FASSOLA, H. E. Observaciones sobre la producción de frutos y semillas en plantaciones de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. Montecarlo: INTA, EEA, 1999 (Informe final: 1993-1998).

FIGUEIREDO FILHO, A.; et al, T. Produção de sementes de *Araucaria angustifolia* em plantio e em floresta natural no centro-sul do Estado do Paraná. In: **Floresta**, Curitiba-PR, v. 41, n. 1, p. 155-162, jan./mar. 2011.

FIGUEIREDO FILHO, A. et al. T. Modelos matemáticos para estimar a produção de pinhões de árvores nativas e plantadas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. In: 5º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal, 2015, Santa Maria 5º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal, 2015.

HESS, André Felipe; SCHNEIDER, Paulo Renato; Crescimento Em Volume De *Araucaria Angustifolia* (Bertol.) Kuntze Em Três Regiões Do Rio Grande Do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 107-122, jan.-mar., 2010.

HESS, A. F.; Manejo De *Araucaria angustifolia* pelo Quociente 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.; et al. Aplicação dos modelos lineares generalizados para estimativa do crescimento em altura. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, p. 427-433, Colombo. Out.2015.

HESS, A. F.; LOIOLA, T.; SOUZA, I. A.; NASCIMENTO, B. Morfometría de la copa de *Araucaria angustifolia* en sitios naturales en el sur de Brasil. **Bosque (Valdivia)** vol.37 no.3 Valdivia, 2016, p. 603-611. Abr. 2016.

IPEF. **A floresta e o homem**. São Paulo: EDUS, 2000. 448 p.

KOCH, Z.; CORRÊA, M. S. **Araucária**: A floresta do Brasil meridional. Curitiba: Olhar Brasileiro. 2002, 148 p.

KLEIN, D. R. **Morfometria e Crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Planalto Sul Catarinense**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). 122f. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.

LOIOLA, T. M. **Manejo da paisagem em fragmentos de floresta de araucária no sul do Brasil com base no incremento diamétrico**. Dissertação de Mestrado. 136f. Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages – SC. 2016

MATTOS, J. R. **O pinheiro brasileiro**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2011. 700p.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2006. 316p

MATTOS, A. G. Caracterização das práticas de manejo e das populações de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) nativa em exploração no planalto norte catarinense. 2011. 178f. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

MINATTI, M. **Dendrocronologia aplicada na geração de modelos de crescimento biométricos e ambientais para Araucaria angustifolia na fitorregião do Planalto Serrano, SC**. Dissertação de Mestrado. 129f. Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages – SC. 2015.

NASCIMENTO, R.G.M. et al.. Relações dendrométricas de Araucaria angustifolia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo-PR, v. 30, n. 64, p. 369 - 374, Dez. 2010.

PAULA, G. A. Modelos de regressão com apoio computacional. 2013. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Matemática e Estatística, [s.d.]. Disponível em: http://www.ime.unicamp.br/~cnbr/Livro_MLG.pdf Acesso em: 06 de janeiro de 2018.

PRETZSCH H, MATTHEW C, DIELER J. Allometry of tree crown structure. Relevance for space occupation at the individual plant level and for self-thinning at the stand level. In: Matyssek R et al.(eds.), Growth and defence in plants, Ecological Studies 220, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Chapter 13. 2012.

PUCHALSKY, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M. S. Variação em população naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze associada a condições edafo-climáticas. In: **Scientia Forestalis**, v.70, p.137-148, Piracicaba. Marc. 2006.

REITZ, R; KLEIN, L.M. **Araucariaceas**. Itajai, Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 62 p.

RICKEN, P. **Incremento, espaço horizontal e competição em povoamento natural de araucaria angustifolia no planalto catarinense**. 2014. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Estadual de Santa Catarina. 2014.

RIGUETE, J. R., RANGEL, A. C., e SILVA, A. G. Expressão sexual e as relações espaciais de vizinhança na reprodução sexuada em populações vegetais. **Natureza online**. v. 10, n.4, p. 170-174. Santa Teresa. Dez. 2012.

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

ROGGE-RENNER, G. D, et al.. Ontogenia de megaestróbilos de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Kuntze (Araucariaceae). **Acta Biologica Catarinense**. Jul-Set. v. 4, n. 2, p. 30-41. Abr. 2017.

ROVEDA, M.; et al. Morfometria de Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze na Floresta Nacional de São Francisco de Paula - RS. **In:** IV Congresso Florestal Paranaense, 2012, Curitiba. IV Congresso Florestal Paranaense, 2012.

SAS Institute. **The SAS System for Windows**. Cary: SAS Institute. 1992.

SILVA, F. A. et al.. Caracterização de índices morfométricos para *Araucaria angustifolia* plantada na Região Norte do Rio Grande do Sul. **Adv. For. Sci.**, Cuiabá, v.4, n.3, p.143-146, Abr. 2017.

SILVEIRA, A. C. **Relações Interdimensionais e Dinâmica Estrutural no Manejo Sustentável de Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze em Santa Catarina**. Dissertação (Mestrando em Engenharia Florestal). 91f. Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages. 2017.

STERBA, H. **Forstliche Ertragslehre**. TU Wien: Universität für Bodenkultur, 1992. 160p.

SOUZA, K. M. M. **Modelos Lineares Generalizados e modelos de dispersão aplicados à modelagem de sinistros agrícolas**. Dissertação (Mestrado em Ciências). 66f. Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”. 2010.

SOUZA de, V. A. BAGIO, et al. **Sistemas de produção: Cultivo da Araucária**. , n. 7, 2ed., Versão eletrônica, 2010. Disponível em http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Araucaria/CultivodaAraucaria_2ed/: Acesso em: 08 de abril de 2018.

SOLÓRZANO-Filho, ALBERTO, J. **Demografia e ecologia da dispersão de sementes de Araucaria angustifolia (Bert.) Kuntze (Araucariaceae), numa população relictual em Campos do Jordão**, São Paulo [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2001.

SULLIVAN TP, SULLIVAN. Acceleration of old-growth structural attributes in lodgepole pine forest: Tree growth and stand structure 25 years after thinning. **For Ecol Manag** v. 1, n.2 p. 255:2718-2725. Jul. 2016

SCHWARZ G. Estimating the dimension of a model. **Annals of statistics**. v. 6. p. 461–464. 1978.

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, jul. 2005.

TURKMAN, M. A. A.; SILVA, G. L. **Modelos Lineares Generalizados** – da teoria à prática. Universidade de Lisboa, 2000. Disponível em:
<http://docentes.deio.fc.ul.pt/maturkman/mlg.pdf> . Acesso em 18/01/2018.

VIEIRA-DA-SILVA, C. REIS, M. S. Produção de Pinhão na Região de Caçador, SC: aspectos da obtenção e sua importância para comunidades locais. In: **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 363-374, out.-dez. 2009.

ZANON, M. L. B. **Crescimento da Araucaria angustifolia (Bertol.) kuntze diferenciado por dioicia.** 2007. 110 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ZANON, M. L. B.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Proporção da dióicia e distribuição diamétrica de árvores masculinas e femininas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 425-431, out.-dez., 2009.

ZECHINI, A. A.; et al. Produção, comercialização e identificação de variedades de pinhão no entorno da Floresta Nacional de Três Barras – SC. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília. v. 2, n. 2, p. 74-82, Out. 2012.

WEBER, V. P. **Relação Morfométrica e de Competição no Crescimento de *Ocotea porosa* (Nees et Martius ex Nees) Liberato Barroso na região central de Santa Catarina.** 2013. 101 f. Tese (Doutorado Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2013.

3 CAPÍTULO 2 - EFICIÊNCIA DA COPA E PRODUÇÃO DE PINHAS EM ÁRVORES DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze NO SUL DO BRASIL

3.1 RESUMO

A eficiência de copa possibilita definir quais árvores que crescem mais em relação à uma mesma área de projeção horizontal de copa. Assim sendo, o presente estudo teve por objetivo avaliar a eficiência da copa com a produção de pinhas de árvores de araucárias em três sítios florestais em Santa Catarina. Em cada sítio para cada árvore amostrada foram mensuradas as variáveis: diâmetro à altura do peito (*dap*), altura total (*ht*), altura de inserção de copa (*hic*) e raio de copa (*rc*). Após foram calculados o comprimento de copa (*cc*), área de projeção horizontal da copa (*aphc*) e proporção de copa (*pc%*). Nesse trabalho também foram quantificadas o número de pinhas (*np*) em cada árvore com auxílio de um binóculo e retirado rolos de incrementos para o sítio florestal de Lages e em seguida calculado o incremento periódico anual em diâmetro (IPAd) dos últimos 10 anos. Posteriormente foi calculada a eficiência da copa (ec) por meio de duas relações: IPAd/aphc e Np/aphc. A eficiência da copa foi modelada em função das variáveis independentes aphc, IPAd, cc, pc e np pelo procedimento PROC MODEL e analisada quanto ao coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa e análise gráfica dos valores observados e estimados. Diante disso foi possível observar que o sítio florestal 2 pertencente a Lages foi aquele que obteve árvores mais eficientes, comparado aos demais sítios. A variável incremento quando inserida como variável independente nas equações diminuiu o coeficiente de determinação ajustado. As equações ajustadas pela relação Np/aphc foram significativas, deste modo a eficiência da copa tem influência com o número de pinha.

Palavras-chave: Crescimento. Eficiência do crescimento. Pinheiro Brasileiro

3.2 ABSTRACT

The crown efficiency makes it possible to define which trees grow the most in relation to the same area of horizontal canopy projection. Therefore, the present study had the objective of evaluating the efficiency of the crown with the production of pine trees of araucaria trees in three forest sites in Santa Catarina. At each site for each sampled tree, the following variables were measured: diameter at breast height (dbh), total height (ht), crown insertion height (hic) and crown radius (rc). After the crown length (cc), area of horizontal projection of the crown (aphc) and crown ratio (pc%) were calculated. In this work, the number of pine cones (np) in each tree with the aid of a binocular was also quantified and increment rolls were extracted for the Lages forest site and then the annual increment in diameter (IPAd) of the last 10 years was calculated. Subsequently, the efficiency of the cup (cc) was calculated by means of two relations: IPAd / aphc and Np / aphc. The efficiency of the cup was modeled as a function of the independent variables aphc, IPAd, cc, pc and np by the PROC MODEL procedure and analyzed for the adjusted coefficient of determination, standard error of the estimate and graphical analysis of the observed and estimated values. In view of this, it was possible to observe that the forest site 2 belonging to Lages was the one that obtained more efficient trees compared to the other sites. The variable increment when inserted as independent variable in the equations decreased the adjusted coefficient of determination. The equations adjusted by the Np / aphc ratio were significant, thus the efficiency of the crown influenced the number of pine trees.

Keywords: Growth. Efficiency of growth. Brasilian Pine.

3.3 INTRODUÇÃO

A fonte de energia de uma árvore é a luz do sol, sendo transformada pelo processo de fotossíntese em energia química (SANQUETA et al., 2014). O órgão responsável por este processo é a copa, por esse motivo as variáveis como superfície, diâmetro e comprimento da copa estão diretamente relacionadas com o crescimento e a produção de uma árvore, sendo modificadas pela concorrência, luz e o vento. Quanto mais denso o povoamento, menos luz atinge as camadas mais baixas do dossel, o que faz com que os galhos nessas posições morram (NUTTO, 2001).

A produtividade por unidade de área refere-se à forma da copa. Copas de vários níveis, com um tronco central, produzem mais por unidade de área do que copas amplas, hemisféricas, com muitos galhos e um só nível (WADSWORTH, 2000). Ainda o mesmo autor salientou que o tamanho e a forma da copa influem em sua produtividade. As árvores do dossel superior têm copas horizontais, pouco densas; as do estrato inferior têm copas verticais e profundas.

As relações morfométricas, permitem retratar as dimensões das árvores sem necessidade de identificar sua idade e contribuem para propor intervenções silviculturais e planejamento florestal, sobretudo, quando se visa o uso sustentável das florestas (COSTA, 2016).

De acordo com Assman (1970), as árvores com copas estreitas e longas seriam preferidas por poderem crescer em espaço reduzido, com maior número de árvores por unidade de área. Como medida de eficiência da copa o autor empregava o incremento volumétrico ou em área basal por metro quadrado de área de copa. Porém no presente estudo esta medida foi adaptada referindo-se a eficiência pela razão entre o número de pinhas em função da área de projeção horizontal da copa. Com o intuito de se verificar a relação existente da eficiência da copa com a produção de pinhas e incremento de árvores individuais de araucária.

Alguns autores como REID et al., (2004); GSPALTL et al., (2012); ASSMANN, (1970); e STERBA et al., (1993) referiram-se à eficiência da copa como a razão entre o incremento em volume ou em área basal com a área de projeção horizontal da copa da árvore. Assim, conhecendo as árvores menos eficientes, de acordo com esta definição, pode-se determinar as árvores a serem removidas durante desbastes (STERBA; AMATEIS, 1998), e com isso definir as árvores que devam ser deixadas após o desbaste buscando alcançar a máxima eficiência do espaço de crescimento e, consequentemente, o crescimento do volume por hectare, isto é inferir

na previsão de crescimento em resposta a vários tratamentos silviculturais (O'HARA, 1988; WARING et al., 1981).

Porém no presente estudo a eficiência referiu-se a razão entre o número de pinhas em função da área de projeção horizontal da copa. Com o intuito de se verificar a relação existente da eficiência da copa com a produção de pinhas e incremento de árvores individuais de araucária.

Segundo Costa et al., (2017), devido a importância de dispor de informações adequadas para direcionar as atividades silviculturais a serem conduzidas em florestas mistas e inequívocas, estudos da eficiência de copa possibilitam definir quais árvores crescem mais em relação à uma mesma área de projeção horizontal de copa.

Nesse sentido, o presente estudo avaliou a eficiência da copa de árvores de *Araucaria angustifolia* em diferentes sítios florestais no Planalto Catarinense, com o objetivo de ajustar modelos da eficiência da copa em função do número de pinhas, incremento periódico e com variáveis morfométricas.

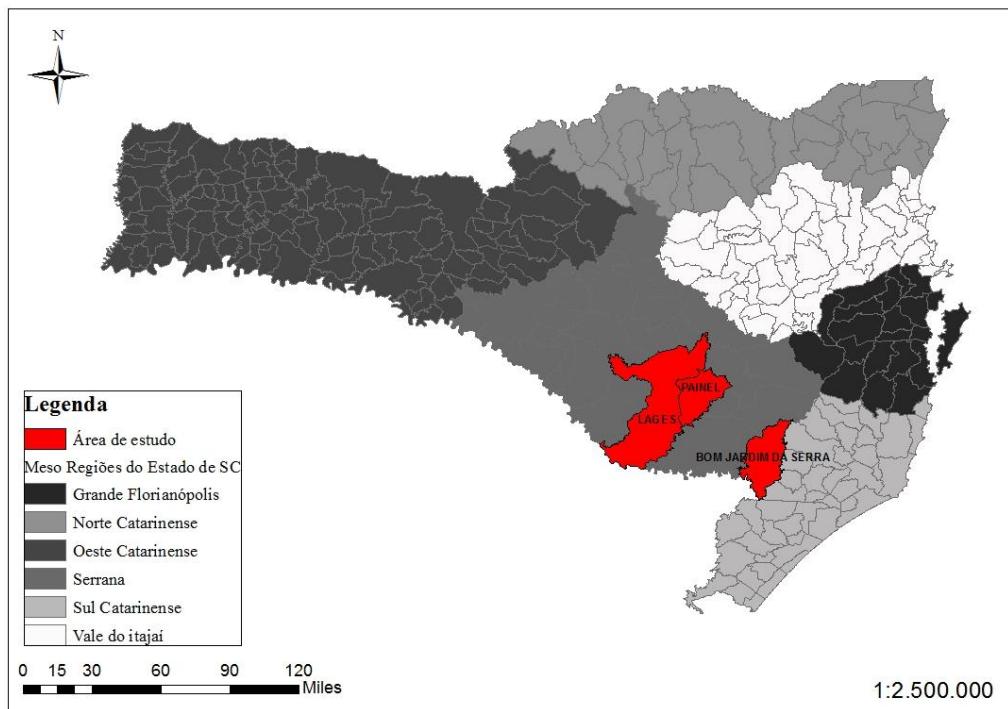
3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Caracterização da área de estudo

Os dados foram mensurados em três sítios florestais com remanescentes de Floresta Ombrófila Mista, com ocorrência natural de *Araucaria angustifolia*, localizados no Sul do Brasil. Os sítios encontram-se nos municípios de Lages, Bom Jardim da Serra e Painel (Figura 6).

De modo geral, para os três sítios conforme a classificação de Köppen o clima é Cfb, temperado, caracterizado por ser constantemente úmido sem estação seca. Em Bom Jardim, a altitude é de 1.166 m, temperatura média anual de 14 ° C e precipitação de 1.740 mm, em Lages a altitude é de 1.200 m, 13,7 ° C de temperatura média anual e 1.722 mm e Painel com 1.123 m de altitude, 15,3 ° C e 1543 mm de precipitação anual (ÁLVAREZ et al., 2013).

Figura 6 - Mapa com a localização das áreas do estudo, em Santa Catarina.

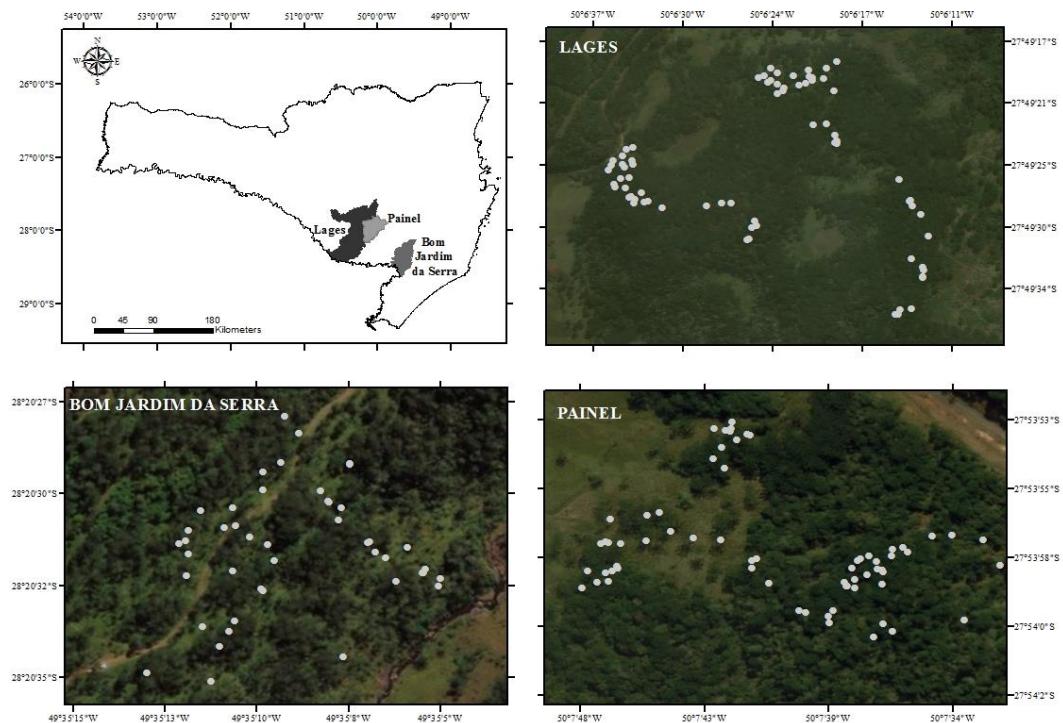


Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

O sítio florestal do município de Lages (Figura 2) apresenta uma área total de 84 ha, segundo Ricken (2014) a região tem como principais atividades econômicas a agricultura de subsistência, a pecuária intensiva e a coleta de pinhões nas épocas de frutificação da araucária.

Em Bom Jardim da Serra (Figura 7), sua área total é de 73,46 ha, o solo é uma Associação Neossolo Litólico + Cambissolos Háplicos + Neossolos Litólicos Eutróficos, relevo forte ondulado (substrato efusivas da Formação Serra Geral) toda a fase pedregosa campo e floresta subtropical. E em Painel (Figura 2), o tamanho da área total é de 50,47 há, os solos predominantes são classificados como Noessolos Litílicos Distroúmbricos, textura argilosa e muito argilosa, fase rochosa (substrato efusivas de Formação da Serra Geral) + Cambissolos Háplicos, textura muito argilosa, fase pedregosa, ambos campos subtropicais, relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2012).

Figura 7 - Mapa da área de estudo no município de Lages, Bom Jardim da Serra e Painel/SC, com destaque para as árvores femininas amostradas.



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

As florestas do presente estudo, são nativas de características irregular e inequívoca, identificadas sem manejo e intervenções silviculturais a cerca de 40 anos, sendo observada pouca regeneração natural (HESS, 2010; 2012).

3.4.2 Coleta dos dados

Para o presente estudo foram amostradas árvores femininas de araucária, em estágio reprodutivo, distribuídas nas três áreas de estudo. As árvores amostradas foram selecionadas optando-se por uma abordagem baseada em árvores individuais com objetivo de identificar as árvores do sexo feminino, para quantificar o número de pinhas.

Cada árvore foi plaqueada com seu respectivo número e georreferenciada com o auxílio de um GPS (*Global Position System*) da marca Garmin, sendo que cada árvore foi considerada como uma unidade amostral (UA).

3.4.3 Obtenção das variáveis morfométricas, dendrométricas e número de pinhas

Para cada árvore da unidade amostral mensurou-se as variáveis:

- a) Circunferência à altura do peito (Cap): obtida com o auxílio de uma fita métrica, em centímetros, a uma altura de 1,30m do solo. Posteriormente determinou-se o diâmetro à altura do peito (DAP) em centímetros por meio da Equação 1:

$$DAP = CAP / \pi \quad (1)$$

Onde: DAP: diâmetro à altura do peito (cm); CAP: circunferência à altura do peito (cm).

- b) Altura total (h): medida em metros, do solo até o topo da árvore, obtida com hipsômetro TruPulse;
- c) Altura inserção (hic): obtida com o auxílio do hipsômetro TruPulse e determinada em metros, correspondendo a distância do solo até o primeiro galho vivo;
- d) Comprimento de copa (Cc): determinado pela diferença entre a altura total e a altura inserção em metros, através da Equação 2;

$$Cc = h - hic \quad (2)$$

Onde: cc: comprimento de copa (m); h: altura total da árvore (m); hic: altura de inserção da copa (m).

- e) Raios de copa (rc): foram obtidos quatro raios de copa, em metros, nas seguintes direções fixas: Norte (N), Oeste (O), Sul (S) e Leste (L). Esse procedimento foi executado com o auxílio do hipsômetro TruPulse e da orientação de uma bússola. Visando a melhor orientação nas posições cardeais, uma pessoa ficou na árvore indicando o local certo onde a outra pessoa deveria se posicionar.
- f) Área de projeção horizontal da copa (APHC): calculada em metros quadrados, com base nos valores dos raios de copa, como mostra a Equação 3:

$$APHC = \pi * rc_4^2 \quad (3)$$

Onde: APHC: área de copa circular com os raios Norte, Oeste, Sul e Leste (m^2); rc_4 : média de quatro raios de copa (m).

g) Proporção da copa (Pc): determinada em porcentagem por meio da razão entre o comprimento da copa e a altura total da árvore, conforme Equação 4:

$$PC = (cc / h) * 100 \quad (4)$$

Onde: PC: proporção de copa (%); cc: comprimento da copa (m); h: altura total da árvore (m).

Após a coleta das variáveis dendro-morfométricas, foi realizada a abordagem da contagem e identificação das pinhas que se deu por toda área de abrangência da copa com auxílio de um binóculo, sendo observadas as árvores durante o mês de março a abril de 2017 e 2018.

A quantificação das pinhas ocorreu nos meses de março e a abril, pois é o período em que os estróbilos femininos (pinhas) se encontram em estágio de pré-maturação (estágio que compreende a fase de crescimento, após a polinização até fase de maturação) (ANSELMINI et al., 2006). Este período foi escolhido por apresentar as pinhas ainda inteiras, em boas condições e tamanho para visualização.

3.4.4 Incremento Periódico Anual

Para medir o incremento periódico anual em diâmetro da *A. angustifolia* foi empregado à análise parcial de tronco pelo método não destrutivo no sítio florestal de Lages, no qual foram coletados rolos de incremento de 99 árvores utilizando o trado de Pressler. Para cada árvore amostrada, foram retiradas duas amostras perpendiculares na altura de 1,3 m.

Logo após a retirada dos rolos de incremento das árvores, os mesmos foram alocados em suportes de madeira, identificados e fixados com cola, para impedir defeitos no momento da secagem. Para a secagem, as amostras ficaram expostas ao ar livre, por aproximadamente uma semana. Após, foram lixadas com uma lixadeira elétrica, para possibilitar a melhor visualização e demarcação do limite dos anéis de crescimento. As larguras dos anéis de cada amostra foram medidas com o aparelho de medição de anéis de crescimento *Lintab 6*, com precisão de 0,0001 mm. As medidas obtidas foram registradas no programa *Time Series Analysis Program – TSAP-Win*. A datação cruzada dos anéis de crescimento foi realizada no software *Microsoft Excel*, através da análise visual dos gráficos, os quais relacionam a largura do anel com o ano correspondente.

Posteriormente, foi calculado para cada árvore o incremento periódico anual em diâmetro (IPAd) para um período de 10 anos com a equação 5.:

$$IPA_d = (dap - dap_{-t})/t \quad (5)$$

Em que: IPA_d= incremento periódico anual em diâmetro (IPA_d), em cm; dap = diâmetro à altura do peito obtida no final do período, em cm; dap_{-t} = diâmetro à altura do peito obtida no início do período, em cm; t = período de tempo considerado, neste estudo foi de dez anos (t = 10).

3.4.5 Eficiência da copa

Para o sítio florestal de Lages, SC no qual foram retirados rolos de incremento das árvores amostradas, primeiramente a eficiência da copa para *Araucaria angustifolia* foi calculada pela razão entre o incremento periódico anual em diâmetro (IPA_d) e área de projeção horizontal da copa (Equação 6) e também pela razão entre o número de pinhas mensuradas em cada árvore e a área de projeção horizontal da copa (Equação 7). Vale ressaltar que a equação 7 foi utilizada para calcular a eficiência da copa para os três sítios florestais (Lages, Bom Jardim da Serra e Painel).

$$EC_1 = \frac{IPA_d}{APHC} \quad (6)$$

$$EC_2 = \frac{Np}{APHC} \quad (7)$$

Em que: Ec = eficiência da copa em cm.m⁻².ano⁻¹; IPA_g = incremento periódico anual em diâmetro em cm.ano⁻¹; Np= número de pinhas em pinhas/árvore; APHC =área de projeção horizontal da copa, em m².
Fonte: Assman (1970), adaptado por Atanazio (2018).

Para descrever a relação da eficiência da copa (Ec) em função das variáveis morfométricas, incremento e número de pinhas foram realizados ajustes de modelos de regressão não lineares, com o intuito de estimar a eficiência da copa com as variáveis independentes descritas nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5– Ajuste de equações para estimar a eficiência de copa de araucária em função das variáveis morfométricas, incremento e número de pinhas para o sítio de Lages, Santa Catarina.

| Razão da eficiência de copa | Modelo | Equação |
|--|--------|------------------------------------|
| | 1 | $Ec = b_0 * aphc^{b_1}$ |
| $Ec1 = IPAd / APHC$ (cm.m ⁻² .ano ⁻¹) | 2 | $Ec = b_0 * np^{b_1} * i^{b_2}$ |
| | 3 | $Ec = b_0 * np^{b_1} * aphc^{b_2}$ |
| | 4 | $Ec = b_0 * aphc^{b_1} * cc^{b_2}$ |
| | 5 | $Ec = b_0 * b_1^{i} * aphc^{b_2}$ |
| $Ec2 = Np / APHC$ (pinha/m ⁻²) | 6 | $Ec = b_0 * i^{b_1} * np^{b_2}$ |

Em que: Ec = eficiência de copa; IPAd = incremento periódico anual em diâmetro à altura do peito, em cm.ano⁻¹; APHC = área de projeção horizontal da copa, em m²; i = incremento periódico anual em diâmetro à altura do peito, em cm.ano⁻¹; np = número de pinha; cc = comprimento de copa, em m; β_0 , β_1 , β_2 = coeficientes de regressão estimados; ; Ec 1 = eficiência de copa calculada pela relação IPAd/APHC para o sítio florestal de Lages, SC; Ec 2 = eficiência de copa calculada pela relação Np/APHC, para os três sítios florestais.

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Tabela 6 – Ajuste de equações para estimar a eficiência de copa de araucária em função das variáveis morfométricas e número de pinhas para os três sítios florestais, em Santa Catarina.

| Razão da eficiência de copa | Modelo | Equação |
|--|--------|------------------------------------|
| | 1 | $Ec = b_0 * aphc^{b_1}$ |
| $Ec2 = Np / APHC$ (pinha/m ⁻²) | 2 | $Ec = b_0 * np^{b_1} * pc^{b_2}$ |
| | 3 | $Ec = b_0 * aphc^{b_1} * pc^{b_2}$ |
| | 4 | $Ec = b_0 * aphc^{b_1} * cc^{b_2}$ |
| | 5 | $Ec = b_0 * np^{b_1} * cc^{b_2}$ |

Em que: Ec = eficiência de copa; IPAd = incremento periódico anual em diâmetro à altura do peito, em cm.ano⁻¹; APHC = área de projeção horizontal da copa, em m²; i = incremento periódico anual em diâmetro à altura do peito, em cm.ano⁻¹; np = número de pinha; cc = comprimento de copa, em m; pc = proporção de copa, em %; β_0 , β_1 , β_2 = coeficientes de regressão estimados; Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

3.4.6 Análise dos dados

Todas as estatísticas foram processadas no Software Statical Analysis System (SAS), versão 9.4, foi utilizado o procedimento PROC MODEL, para o ajuste de regressão dos modelos não lineares. Conforme Santos (1996), a maioria dos fenômenos naturais tem comportamento não-linear, a utilização de modelos não-lineares produz estimativas mais exatas do que os lineares.

Para verificar a eficiência das equações, foram analisadas as estatísticas do coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajust}), erro padrão da estimativa (Syx), valor e significância de t para os coeficientes e análise gráfica dos dados observados e estimados.

Segundo Finger (2006), o coeficiente de determinação ajustado indica a quantidade de variação total explicada pela regressão, sendo que, no momento da seleção dos modelos, escolhe-se o modelo que apresentar maior valor de R^2_{ajus} . Logo o erro padrão de estimativa é

uma medida que expressa a dispersão entre os valores observados e estimados pela regressão, sendo a melhor equação, de acordo com essa estatística, aquela que apresentar o menor valor de Syx.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1 Características das árvores

As árvores amostradas nos três sítios florestais apresentaram uma amplitude de distribuição diamétrica entre 22,7 cm a 100,27 cm, 14,32 cm a 50,92 cm e 20,37 a 88,17 cm para os sítios 1, 2 e 3 respectivamente (Tabela 7).

A média do número de pinhas variou de 3,5 pinhas/árv a 8,5 pinhas/árv, com maior média para os sítios 1 e 3. Estudos de Vieira da Silva e Reis (2009) encontraram na Reserva Genética Florestal de Caçador para o ano de 2006 uma produção média de 5,6 pinhas/árvore, ficando esse valor compreendido nos resultados encontrados para os sítios analisados no estudo em questão.

Silva et al. (2017) estudando a caracterização de índices morfométricos para *Araucaria angustifolia* plantada na Região Norte do Rio Grande do Sul, evidenciaram resultados semelhantes, com valores de média de Dap de 36,1cm, Cc de copa de 3,67 m, Pc de 17,3%.

Os melhores valores de média das variáveis foram para o local ou sítio 1 e 3. O sítio 1 apresentou maiores médias para as variáveis H, Cc, Pc e Ec2 e o sítio 3 para o Np, Dap e APHC, indicando que a maior produção de pinhas tem correlação com maior valor das variáveis de copa. Fica evidenciado também que a produção de pinhas tem relação com espaço de crescimento lateral da copa, bem como com a densidade do sítio, competição e espaço de crescimento. Este resultado pode estar associado segundo Costa et al., (2017) a disponibilidade de água, luz, competição entre árvores, condições de sítio, entre outros fatores, que limitam o crescimento de árvores crescendo sob competição.

Tabela 7 - Variáveis dendrométricas, morfométricas, quantidade de pinhas e incremento para *Araucaria angustifolia* para três sítios florestais no Planalto Catarinense, 2018.

| Variável | Sítio | Média | Mínimo | Máximo | CV (%) |
|---|-------|----------|----------|----------|--------|
| Np (pinhas/árv) | 1 | 7,95 | 1 | 28 | 60,35 |
| | 2 | 3,5 | 1 | 13 | 45,39 |
| | 3 | 8,5 | 1 | 24 | 69,81 |
| Dap (cm) | 1 | 47,41 | 22,73 | 100,27 | 31,40 |
| | 2 | 31,84 | 14,32 | 50,92 | 25,66 |
| | 3 | 51,39 | 20,37 | 88,17 | 27,65 |
| H (m) | 1 | 19,50 | 10,5 | 30,7 | 21,25 |
| | 2 | 17,43 | 9,2 | 31,0 | 29,39 |
| | 3 | 16,39 | 8,8 | 27,7 | 21,28 |
| Cc (m) | 1 | 7,49 | 3,0 | 16,6 | 34,23 |
| | 2 | 3,41 | 0,3 | 12,9 | 87,88 |
| | 3 | 4,92 | 0,2 | 11,0 | 56,92 |
| APHC (m ²) | 1 | 56,72 | 9,34 | 148,48 | 54,75 |
| | 2 | 36,40 | 8,29 | 108,43 | 63,64 |
| | 3 | 78,58 | 7,30 | 314,15 | 65,61 |
| Pc (%) | 1 | 39,46 | 14,21 | 75,29 | 34,24 |
| | 2 | 19,42 | 1,94 | 53,36 | 69,99 |
| | 3 | 29,49 | 1,61 | 75,52 | 51,78 |
| IPAd (cm. ano ⁻¹) | 1 | 0,3916 | 0,1273 | 0,5904 | 24,94 |
| Ec 1(cm. ano ⁻¹ . m ²) | 1 | 0,00911 | 0,00201 | 0,0423 | 67,28 |
| Ec 2 (pinha/m ²) | 1 | 0,24216 | 0,025882 | 0,873939 | 75,28 |
| | 2 | 0,132158 | 0,01015 | 0,410493 | 85,03 |
| | 3 | 0,152134 | 0,011659 | 1,094965 | 91,68 |

Onde: Sítio 1=Lages; Sítio 2=Bom Jardim da Serra; Sítio 3=: Painel; Np= número de pinhas dos anos consecutivos de 2017 e 2018 (pinhas/árv); Cc= comprimento de copa (m); Aphc= área de projeção horizontal da copa (m²); Pcp= proporção de copa (%); IPAd = incremento periódico anual em diâmetro à altura do peito, em cm.ano⁻¹; Ec = eficiência de copa; Ec 1 = eficiência de copa calculada pela relação IPAd/APHC para o sítio florestal de Lages, SC; Ec 2 = eficiência de copa calculada pela relação Np/APHC, para os três sítios florestais. Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Quanto ao IPAd para um período de 10 anos de 0,3916 para o município de Lages, com um valor mínimo e máximo de 0,1273 e 0,5904 respectivamente. Já Beckert et al., (2014) estudando o crescimento e dinâmica de *Araucaria angustifolia* em fragmento de Floresta Ombrófila Mista, obtiveram um incremento periódico anual médio (IPA) em diâmetro de 0,33 cm.ano⁻¹, valor este parecido com o presente estudo.

Os valores médios para Ec2 (pinhas/APHC), indicaram maior eficiência de copa para as árvores do sítio 1, seguidas dos sítios 3 e 2. Estes resultados ocorreram em vista dos maiores valores de APHC e Cc para o sítio 3 e 1, bem como, da maior produção de pinhas. O que evidencia que a medida que aumenta o número de pinhas em cada árvore, tende a aumentar a eficiência da copa, sendo assim, constata-se que as árvores eficientes são aquelas que apresentam maior produção de pinhas, consequentemente um maior comprimento de copa para que as suas estruturas reprodutivas possam se desenvolver, pois de acordo com Solórzano-Filho (2001), o número de pinhas por planta é dependente do tamanho da copa.

Quando comparados os valores de Ec1 e Ec2 verificou-se uma alta diferenciação, fator que se deve a discrepância que se dá entre os resultados de produção de pinhas e de incremento, uma vez que os valores de pinhas foram sempre maiores que os de incremento.

3.5.2 Eficiência da copa

Para Lages foi calculada a eficiência da copa para 99 árvores, e com isso obtido o ajuste dos modelos identificando a tendência entre a eficiência da copa em função da APHC, IPAd, Np e Cc. Todas as equações ajustadas se mostraram significantes ao nível de probabilidade de 5% (Tabela 8). Os valores de coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajust) variaram entre 0,10 a 0,83 e erro padrão da estimativa (S_{yx}) de 0,0026 a 0,00588 para equações que consideraram a eficiência da copa como a razão IPAd/APHC. Por outro lado, para equações que assumiram a eficiência da copa como a razão Np/APHC, os valores de R^2 ajust e S_{yx} estiverem entre os intervalos de 0,28 a 0,33 e 0,1035 a 0,1078, respectivamente.

As equações tiveram comportamento diferenciado quanto à razão utilizada para o cálculo da eficiência (Ec1 e Ec2), uma vez que foram obtidos melhores ajustes para equações com Ec1, comparadas com a Ec2 nas quais os ajustes dos modelos diminuíram quando incluía a variável incremento.

Tabela 8 - Coeficientes estimados e estatísticas de ajuste e precisão dos modelos de eficiência da copa para *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, em Lages, SC.

| Y | Modelo | Equação | Coeficientes | R^2 ajust | S_{yx} | Prob |
|---|--------|------------------------------------|----------------|-------------|----------|--------|
| Ec 1 (cm. ano ⁻¹ . m ²) | 1 | $Ec = b_0 * aphc^{b_1}$ | b_0 0,411392 | | | <.0001 |
| | | | b_1 -1,02188 | 0,83 | 0,00262 | <.0001 |
| | | | b_2 - | | | - |
| | 2 | $Ec = b_0 * np^{b_1} * i^{b_2}$ | b_0 0,024388 | | | <.0001 |
| | | | b_1 -0,15234 | 0,10 | 0,00588 | <.0001 |
| | | | b_2 0,730109 | | | 0,0058 |
| Ec 2 (pinha/m ²) | 3 | $Ec = b_0 * np^{b_1} * aphc^{b_2}$ | b_0 0,369622 | | | <.0001 |
| | | | b_1 0,065571 | 0,82 | 0,0026 | <.0397 |
| | | | b_2 -1,02564 | | | <.0001 |
| | 4 | $Ec = b_0 * aphc^{b_1} * cc^{b_2}$ | b_0 0,377462 | 0,82 | 0,0026 | <.0001 |
| | | | b_1 -1,04071 | | | <.0001 |
| | | | b_2 0,057716 | | | <.0001 |
| | 5 | $Ec = b_0 * b_1^i * aphc^{b_2}$ | b_0 2,571788 | 0,33 | 0,1035 | <.0001 |
| | | | b_1 1,468668 | | | <.0001 |
| | | | b_2 -0,74848 | | | <.0001 |
| | 6 | $Ec = b_0 * i^{b_1} * np^{b_2}$ | b_0 0,047439 | | | <.0001 |
| | | | b_1 -0,21852 | 0,28 | 0,1078 | <.0001 |
| | | | b_2 0,544002 | | | <.0001 |

Onde: y: variável dependente; Np= número de pinhas; Cc= comprimento de copa (m); Aphc= área de projeção horizontal de copa (m²); Pc%= proporção de copa (%); IPAd e i = incremento periódico anual em diâmetro à altura do peito, em cm.ano⁻¹; Ec = eficiência de copa; Ec 1 = eficiência de copa calculada pela relação IPAd/APHC; Ec 2 = eficiência de copa calculada pela relação Np/APHC; R^2 ajust= coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro

padrão da estimativa; Prob = probabilidade a nível de 5% de confiança. β_0 , β_1 , β_2 = coeficientes de regressão estimados. Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

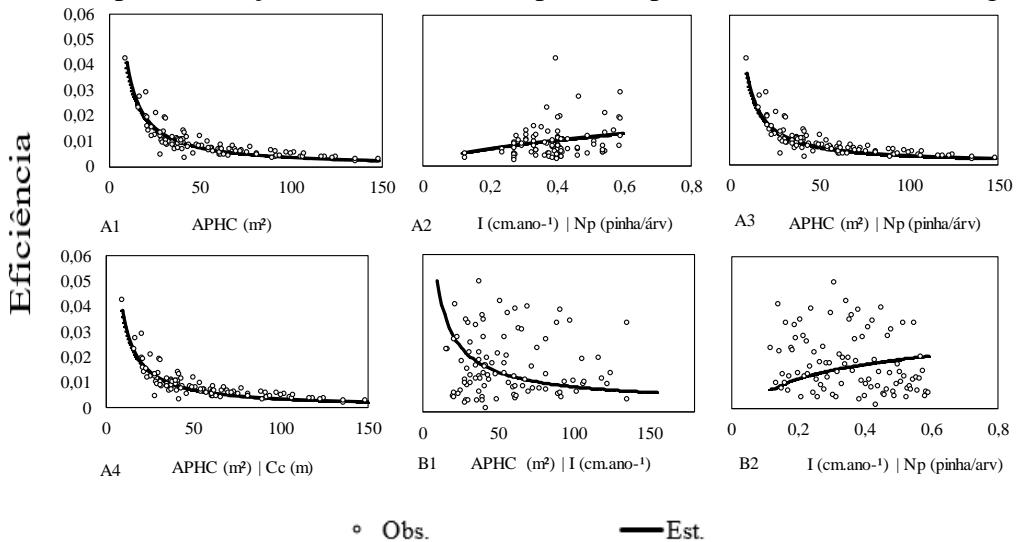
De acordo com Stepka et al., (2012), o baixo desempenho no ajuste de modelos, muitas vezes, é o reflexo da variação existente entre os incrementos das diferentes árvores (variação biológica), isto é, vários fatores podem estar interferindo na dinâmica de cada indivíduo, como, por exemplo, a variabilidade genética, diferenças de idades (normalmente o crescimento é maior nas árvores mais jovens), condições ambientais e mesmo a competição com outros indivíduos.

Quando incluídas as variáveis comprimento de copa e número de pinhas nas equações com APHC, houve uma estreita melhoria nos ajustes para Ec1. Este resultado pode estar relacionado com a dependência dessas variáveis para a verificação da eficiência da copa para *Araucaria angustifolia*. Resultado que corrobora com o encontrado por Costa et al. (2017), que no estudo da eficiência de copas de araucária em Lages, SC verificou que a inclusão do *Cc* melhoraram os ajustes das equações de eficiência.

Com o ajuste das relações (Figura 8) se evidenciou a diminuição da eficiência das copas com o aumento de APHC (Figura 8A1). Que dizer que a medida que aumenta a área de copa das árvores diminui o espaço disponível para o desenvolvimento e crescimento, e também por ser árvores velhas com uma certa idade sendo aquelas que apresentam maior área de copa e que a partir de uma certa idade as mesmas estagnam seu crescimento, perdendo seu vigor e limitando seu crescimento as mesmas começam a diminuir sua eficiência. Já o inverso ocorreu com o aumento do número de pinhas e incremento (Figura 8A2 e 8B2), o que já era esperado visto que árvores vigorosas são mais eficientes em utilizar seu espaço.

As características da copa são importantes em muitos processos fisiológicos e influenciam a taxa de crescimento das plantas, como o aumento do crescimento em diâmetro do tronco, produção de frutos, sementes, entre outros (KOZLOWSKI; PALLARDY, 1996).

Figura 8 - Dispersão dos valores observados sobre a reta ajustada pelos modelos de eficiência da copa das relações entre a APHC, Np, i e Cc para o sítio florestal de Lages, SC.



Onde: A1 até A4 eficiência é em $\text{cm} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{ano}^{-1}$; B1 e B2 eficiência é em pinhas/m²; Np= número de pinhas; Cc= comprimento de copa (m); APHC= área de projeção horizonte de copa (m²); IPAd e i = incremento periódico anual em diâmetro à altura do peito, em $\text{cm} \cdot \text{ano}^{-1}$; A = eficiência de copa calculada pela relação $ec1 = IPAd/APHC$; A1= equação $ec = 0,411392 * \text{aphc}^{-1,02188}$; A2= equação $0,024388 * \text{np}^{-0,15234} * i^{0,730109}$; A3= equação $ec = 0,369622 * \text{np}^{0,065571} * \text{aphc}^{-1,02564}$; A4= equação $ec = 0,377462 * \text{aphc}^{-1,04071} * \text{cc}^{0,057716}$; B= eficiência de copa calculada pela relação $ec2 = Np/APHC$; B1= equação $2,571788 * 1,468668 * \text{aphc}^{-0,74848}$; B2= equação $ec = 0,047439 * i^{-0,21852} * \text{np}^{0,544002}$. Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

De acordo com Assman (1970), sobre a eficiência da copa as árvores produzem mais incremento, por metro quadrado de área disponível para o crescimento, quando suas copas estiverem bem iluminadas, desde que para um mesmo diâmetro de copa as árvores de maior eficiência possuam maior comprimento de copa e, consequentemente, maior manto de copa.

O ajuste das equações de eficiência de copa para os para os três sítios florestais em SC (Tabela 9) constatou que todas as equações ajustadas foram significantes ao nível de probabilidade de 5%. Não foi verificada uma ampla variação entre os valores de coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajust}) e erro padrão da estimativa (S_{yx}), os quais estiveram respectivamente entre 0,26 a 0,36 e 0,108 a 0,1164. De mesmo modo que no sítio de Lages, a utilização do Cc na equação de eficiência com APHC melhorou a qualidade do ajuste.

Para Ec1 de acordo com os critérios estatísticos estabelecidos para se escolher a melhor equação que estima a eficiência da copa pode se indicar a equação 1, apresentando como variável independente a APHC a qual apresentou melhor precisão e acurácia dos dados.

Tabela 9 - Coeficientes estimados e estatísticas de ajuste e precisão dos modelos de eficiência da copa para *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, para os três sítios florestais em SC.

| y | Modelo | Equação | Coeficientes | | | R ² ajust | S _{yx} (pinha/m ²) | Prob |
|------|--------|------------------------------------|----------------|----------|--|----------------------|---|--------|
| 1 | | $Ec = b_0 * aphc^{b_1}$ | b ₀ | 1,969627 | | 0,28 | 0,1139 | <.0001 |
| | | | b ₁ | -0,68281 | | | | <.0001 |
| | | | b ₂ | - | | | | - |
| 2 | | $Ec = b_0 * np^{b_1} * pc^{b_2}$ | b ₀ | 0,086083 | | 0,26 | 0,1164 | <.0001 |
| | | | b ₁ | 0,575178 | | | | 0,0002 |
| | | | b ₂ | -0,13962 | | | | 0,0003 |
| Ec 2 | | $Ec = b_0 * aphc^{b_1} * pc^{b_2}$ | b ₀ | 1,099406 | | 0,35 | 0,108 | <.0001 |
| | | | b ₁ | -0,75651 | | | | <.0001 |
| | | | b ₂ | 0,267752 | | | | <.0001 |
| 4 | | $Ec = b_0 * aphc^{b_1} * cc^{b_2}$ | b ₀ | 1,928638 | | 0,36 | 0,108 | <.0001 |
| | | | b ₁ | -0,79208 | | | | <.0001 |
| | | | b ₂ | 0,2858 | | | | <.0001 |
| 5 | | $Ec = b_0 * np^{b_1} * cc^{b_2}$ | b ₀ | 0,067937 | | 0,27 | 0,116 | <.0001 |
| | | | b ₁ | 0,576635 | | | | <.0001 |
| | | | b ₂ | -0,14508 | | | | <.0001 |

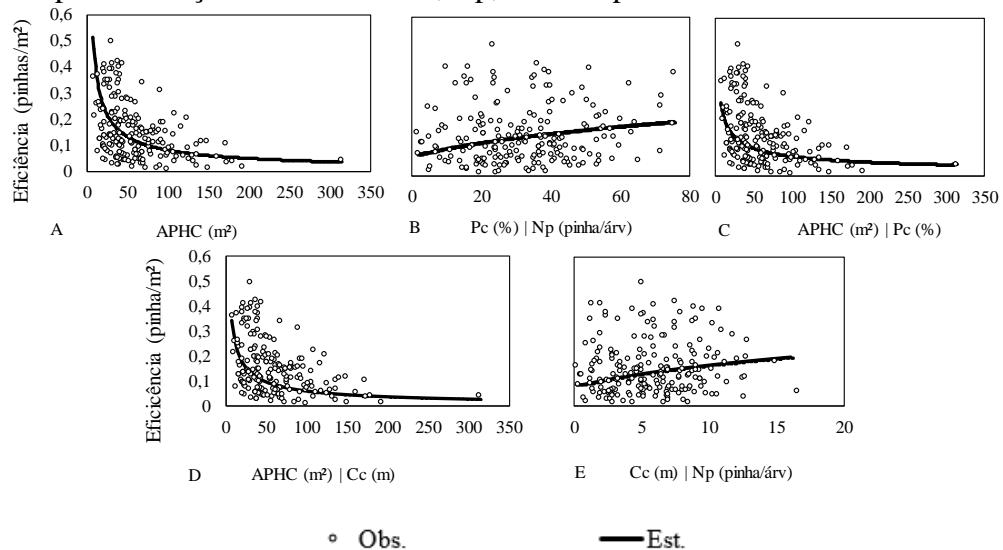
Onde: y: variável dependente; Np= número de pinhas; Cc= comprimento de copa (m); Aphc= área de projeção horizontal de copa (m²); Pc%= proporção de copa (%); IPAd e i = incremento periódico anual em diâmetro à altura do peito, em cm.ano⁻¹; Ec = eficiência de copa; Ec 2 = eficiência de copa calculada pela relação Np/APHC; R²ajust= coeficiente de determinação ajustado; S_{yx} = erro padrão da estimativa; Prob = probabilidade a nível de 5% de confiança. β_0 , β_1 , β_2 = coeficientes de regressão estimados. Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

O ajuste das relações (Figura 9) demonstrou a mesma tendência relatada anteriormente na Figura 8, que no caso a eficiência diminui com o aumento da APHC (Figura 9A1). Essa relação é inversa quando avaliado o Cc (Figura 9E) e o P_c Figura (9C), uma vez que se verifica aumento da eficiência com o aumento dessas variáveis. Esse fato pode ser explicado tendo em vista que os indivíduos mais eficientes são aqueles que possuem copas estreitas e longas, ou seja, com maior comprimento de copa e menor área de copa, características que possibilitam o crescimento das árvores em espaços reduzidos (COSTA et al., 2017).

A equação 3, com as variáveis independentes área de copa e a proporção de copa apresentou o segundo valor de R²ajus com valor correspondente de 0,35. Segundo Daniel et al., (1986), as árvores mais espaçadas, com maior proporção de copa livre e mais expostas a luz, possuem condições mais favoráveis a produção das estruturas reprodutivas de araucária.

Quanto a equação 2 de acordo com a Figura 3B, verifica-se que as variáveis Np e P_c estão influenciando no aumento da eficiência da copa. Fato este que pode ser explicado, pois quanto maior o valor da P_c maior a produtividade da árvore, sendo que está associado ao seu potencial fotossintético e é sensível aos efeitos da competição diminuindo o comprimento de copa sendo, por esta razão, altamente correlacionado com o crescimento (NUTTO et al., 2001).

Figura 9 - Dispersão dos valores observados sobre a reta ajustada pelos modelos de eficiência da copa das relações entre a APHC, Np, Pc e Cc para os três sítios florestais em SC.



Onde: Np= número de pinhas; Cc= comprimento de copa (m); Aphc= área de projeção horizonta de copa (m^2);
 Pc% = proporção de copa (%); i = incremento periódico anual em diâmetro à altura do peito, em cm.ano⁻¹; A= dados estimado pela equação $ec= 1,969627 * aphc^{-0,68281}$; B = dados estimado pela equação $ec= 0,086083 * np^{0,575178} * pc^{-0,13962}$; C= dados estimado pela equação $ec= 1,099406 * aphc^{-0,75651} * pc^{0,267752}$; D= dados estimado pela equação $ec= 1,928638 * aphc^{-0,79208} * cc^{0,2858}$; E= dados estimado pela equação $ec= 0,067937 * np^{0,576635} * cc^{-0,14508}$.Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Já para Ec2 a melhor equação que pode ser indicada para estimar a eficiência da copa de acordo com os critérios estabelecidos é a equação 4, apresentando melhor precisão e acurácia dos resultados.

De acordo com a Figura 8 e 9 as mesma apresentaram a mesma tendência quando incluía como variável independente a APHC, a medida que aumento APHC diminuiu a eficiência da copa o que corrobora com Tonini e Arco-Verde (2005) salientaram que apesar das árvores apresentarem maiores dimensões no caso da área de copa, possuem baixa eficiência de crescimento por possuir copas amplas com galhos grossos que ocupam grandes espaços no terreno.

Cunha (2012), estudando o crescimento de espécies florestais madeiráveis como subsídio para o Manejo Florestal na Amazônia Ocidental, constatou que a medida que aumenta a APHC consequentemente a eficiência da copa diminui com esse aumento, sendo verificado para quatro espécies florestais, sendo elas pertencentes aos gêneros *Cedrela*, *Amburana*, *Copaifera* *Swietenia*. O que corrobora com o presente trabalho que a medida que aumenta a eficiência da copa das árvores a área da copa tende a diminuir.

3.6 CONCLUSÃO

A eficiência da copa calculada pela relação Np/APHC foi maior para os sítios florestais 1 e 2 os quais apresentam copas mais eficiente. O aumento do comprimento de copa, reflete no aumento de sua eficiência de copa, visto que copas estreitas e longas possibilitam a árvore crescer em espaço reduzido, com maior número de árvores de araucária por unidade de área.

Notou-se que o Ec1 obteve um valor baixo comparado com o Ec2, o que pode ser explicado pois os valores de incremento são baixos quando comparados a valores de pinhas encontradas em cada árvore e também pela razão utilizado para o cálculo da eficiência da copa.

As equações testadas utilizando o incremento como variável independente apresentaram valores de coeficientes de determinação ajustado baixos quando comparadas com equações tendo como variável independente APHC ou cc.

Em relação as equações testadas para os três sítios florestais pela relação da eficiência de copa Np/APHC obtiveram valores de Rajust e Syx baixos para todos os modelos.

E sendo assim o manejo da floresta deve ser baseado nas condições específicas das árvores nos três sítios florestais, e com isso conseguir maximizar a produção por unidade de área.

3.7 REFERÊNCIAS

ALVAREZ, C. A. et al.. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift.** v.22, n. 6, 2013, p.711–728. Dez. 2013.

ANSELMINI, J. I.; ZANETTE, F.; BONA, C. Fenologia reprodutiva da *Araucaria Angustifolia* (Bert.) O. Ketze, na região de Curitiba, PR. In: **Floresta e Ambiente**, v. 13, p. 44-52, Brasilia. Jun. 2006.

ASSMANN, E. **The principles of forest yield study.** Oxford: Pergamon Press, 1970. 506 p.

ASSMAN, E. **Waldertargskunde.** Müchen: Bayr. Landw 1961. 490p.

BURGER, H. Baumkrone und zuwachs in zwei hiebsreifen fichtenbeständen. **Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen**, v.21, p.147-176, Abr 1939.

BECKERT, S. M.; ROSOT, M. A. D.; ROSOT, N. C. Crescimento e dinâmica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 42, n. 102, p. 209-218, jun. 2014

COSTA, E. A.; FINGER, C. A. G.; CUNHA, T. A. Influencia da posição sociológica na relação hipsometrica de *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciencias Agrarias**, v.9, p.110- 116, 2016.

COSTA, E. A. et al. The crown efficiency of Parana-Pine. **Aust. J. Basic ; Appl. Sci.**, v. 11, n. 13, p. 86-92, Austrália. Marc. 2017

CUNHA, T. A. **Crescimento de espécies florestais madeiráveis como subsídio para o manejo florestal na Amazônia Ocidental**. 2012. 108f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Florestal). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. 2012

DANIEL, R. F.; BURKHART, H. E.; CLASON, T. R. A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. **Canadian Journal for Forest Research**, v. 16, n. 6, p. 1230-1237, Austrália. Agost. 1986.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo da Araucária: Crescimento e Produção**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Araucaria/CultivodaAraucaria_2ed/Crescimento_Producao.htm> Acesso em: 16 jan. 2017.

FINGER, C. A. G. **Biometria Florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 2006, 283 p.

GSPALTL, M.; STERBA, H.; O'HARA, K. L. The relationship between available area efficiency and area exploitation index in an even-aged coast redwood (*Sequoia sempervirens*) stand. **Forestry**, v. 85, p. 567 - 577, Reino Unido. Nov. 2012.

HESS, André Felipe; SCHNEIDER, Paulo Renato; Crescimento Em Volume De *Araucaria Angustifolia* (Bertol.) Kuntze Em Três Regiões Do Rio Grande Do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 107-122, jan.-mar., 2010.

HESS, A. F.; Manejo De *Araucaria angustifolia* pelo Quociente de Liocourt em Propriedade Rural no Município de Painel, SC. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 32, n.70, p. 227-232, abr./jun. 2012.

KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**. 2nd ed. San Diego, Academic Press. 1996. 411p.

NASCIMENTO, R.G.M.; et al.. Relações dendrométricas de *Araucaria angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo-PR, v. 30, n. 64, p. 369 - 374, Set. 2010.

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

NUTTO, L.; et al. 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, Jun. 2001.

O'HARA, K. L. Stand structure and growing space efficiency following thinning in an evenadeg Douglas-fir stand. **Canadian Journal for Forest Research**, v. 18, p. 859 - 866, Canadá, Set. 1988.

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

SANQUETTA, C.R.; et al. Equações para Estimativa do Diâmetro de Copa para Acácia-negra. **Revista Floresta e Ambiente**. 2014; Rio de Janeiro. v. 21, n. 2, p. 192-205, Jun. 2014.

SILVA, F. A. et al.. Caracterização de índices morfométricos para *Araucaria angustifolia* plantada na Região Norte do Rio Grande do Sul. **Adv. For. Sci.**, Cuiabá, v.4, n.3, p.143-146, Abr.2017.

STEPKA, T. F. et al. Modelagem do incremento em diâmetro da *Araucaria angustifolia* em uma Floresta Ombrófila Mista no Centro Sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 3, p. 607 - 620, jul./set. 2012.

STERBA, H.; AMATEIS, R. L. Crown efficiency in a loblolly pine (*Pinus taeda*) spacing experiment. **Canadian Journal for Forest Research**, v. 28, p. 1344 - 1351, Canadá Abril. 1998.

SOLÓRZANO-Filho, ALBERTO, J. **Demografia e ecologia da dispersão de sementes de Araucaria angustifolia (Bert.) Kuntze (Araucariaceae), numa população relictual em Campos do Jordão**, São Paulo [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2001.

SANTOS, J. **Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira.** 1996. 121 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Viçosa.

REGAZZI, A.J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão e a igualdade de alguns parâmetros num modelo polinomial ortogonal. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 40, n. 228, p. 176-195, 1993.

REID, D. E. B.; LIEFFERS, V. J.; SILINS, U. Growth and crown efficiency of height repressed lodgepole pine; are suppressed trees more efficient?. **Trees**, v. 18, p. 390 - 398, 2004.

RICKEN, P. **Incremento, espaço horizontal e competição em povoamento natural de araucaria angustifolia no planalto catarinense.** 2014. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Estadual de Santa Catarina. 2014

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, jul. 2005.

WARING, R. H.; NEWMAN, K.; BELL, J. Efficiency of Tree Crowns and Stemwood Production at Different Canopy Leaf Densities. **Forestry**, v. 54, p. 129 - 137, 1981.

WADSWORTH, F.H. **Producción forestal para America Tropical.** Washington: USDA, 2000. 602p.

ZECHINI, A. A.; et al. Produção, comercialização e identificação de variedades de pinhão no entorno da Floresta Nacional de Três Barras – SC. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília. v. 2, n. 2, p. 74-82, Out. 2012.

VIEIRA-DA-SILVA, C. REIS, M. S. Produção de Pinhão na Região de Caçador, SC: aspectos da obtenção e sua importância para comunidades locais. In: **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 363-374, out.-dez. 2009.

4 CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NA PRODUÇÃO DE PINHAS DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze NO SUL DO BRASIL

4.1 RESUMO

As árvores mostram uma reação às variáveis ambientais interferindo nos seus processos fisiológicos, crescimento e produção. Este trabalho foi realizado em florestas naturais de araucária nos municípios de Lages e Bom Jardim da Serra, e teve como objetivo verificar a influência das variáveis climáticas na produção de pinhas de *Araucaria angustifolia* no Sul do Brasil. Foram quantificadas o número de pinhas (*np*) e que foi agrupado por sítio para obter a produção anual de cada sítio. Portanto, a produção total de pinhas foi distribuída uniformemente por mês. Posteriormente foi realizada a análise multivariada para compreender a inter-relação entre a produção de pinhas com variáveis climáticas e o sítio, sendo utilizadas as técnicas de análise de agrupamento, análise de componentes principais e análise fatorial. As variáveis meteorológicas, como temperatura, umidade, precipitação e velocidade do vento, estão diretamente correlacionadas com a produção de pinhas. O aumento da temperatura e da precipitação influí positivamente no desenvolvimento das estruturas reprodutivas da espécie.

Palavras-chave: Climatologia. Precipitação. Análise Multivariada

4.2 ABSTRACT

The trees show a reaction to the environmental variables interfering in their physiological processes, growth and production. This work was carried out in natural araucaria forests in the municipalities of Lages and Bom Jardim da Serra, and had the objective of verifying the influence of climatic variables on the production of Araucaria angustifolia pine cones in southern Brazil. The number of pine cones (*np*) were quantified and grouped by site to obtain the annual production of each site. Therefore, the total production of pine cones was evenly distributed per month. Subsequently, a multivariate analysis was performed to understand the interrelation between the production of pine cones with climatic variables and the site, using grouping analysis techniques, main component analysis and factorial analysis. The meteorological variables, such as temperature, humidity, precipitation and wind speed, are directly correlated with the production of pine cones. The increase in temperature and precipitation positively influences the development of the reproductive structures of the species.

Keywords: Climatology. Precipitation. Multivariate analysis

4.3 INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) também conhecida como Floresta com Araucária, é característica com uma mistura de floras de origens temperada e tropical (MATTOS et al., 2010). A *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze conhecida popularmente como Pinheiro-Brasileiro é destacada como a árvore símbolo deste estado, sendo uma espécie bastante

característica da FOM. De acordo com Klein (1960) possui ampla área de distribuição, contribuindo para que ela se diferencie em raças locais ou ecotipos.

As respostas da Araucária às modificações das condições ambientais no decorrer dos anos, foram determinantes para o estabelecimento da espécie no hemisfério Sul, estabelecendo parâmetros de crescimento e padrões sobre o comportamento ecofisiológico da Araucária (BACKES; IRGANG, 2002). A espécie pode desenvolver –se em regiões com altitudes de 200 a 500m, como também acima dos 1600 m de altitude, as condições de sítios variam entre estes ambientes, principalmente quanto aos fatores edáficos.

Em geral todas as plantas, são sensíveis às modificações das condições ambientais e ecológicas, que ficam registradas em seu crescimento. Dentre os fatores climáticos aos quais as plantas são sensíveis destaca-se a temperatura do ar e precipitação que como fatores abióticos influenciam no crescimento que pode ser visto em escala macro, como o incremento periódico das raízes, tronco e copa (ZANON; FINGER, 2010).

Segundo Tomazello Filho et al. (2000) as árvores mostram uma reação às variáveis ambientais que afetam seus inúmeros processos fisiológicos, tais como respiração, fluxo de seiva, transpiração, taxa de divisões celulares etc., refletindo na atividade cambial e, consequentemente, na anatomia do lenho.

Além desses processos, as condições climáticas podem estar associadas a produção de pinhas, uma vez que estas condições não são favoráveis ao seu crescimento e desenvolvimento, pode afetar a sua produção de um ano para o outro. Peñalba et al. (2010) salientaram que as baixas temperaturas retardam o crescimento das pinhas e estas só reiniciam este processo um ano depois da indução floral, na primavera, evidenciando a forte relação das variáveis climáticas com a produção de pinhas.

O ciclo reprodutivo da araucária é um processo que depende de fatores endógenos, como também responde às alterações ambientais de modo que as épocas de polinização e dispersão pode diferenciar-se entre as populações durante essas alterações ambientais (SOLÓRZANO FILHO, 2001). As sementes ou pinhões de Araucária são importantes como fonte nutricional principalmente em decorrência da sua liberação ocorrer na época de seca e frio, quando os demais recursos estão escassos (RIBEIRO, 2017).

Sendo assim a permanência de uma espécie florestal em um determinado local no decurso do tempo depende de um processo de adaptação ao clima, ao solo e do sucesso obtido nas relações de competição e sinergismo. Reconhecer as características edafoclimáticas preferenciais e limitantes de uma espécie é fundamental para a compreensão de sua ecologia, pois elas interferem no sucesso de sua adaptação (FRITZSONS et al. 2017).

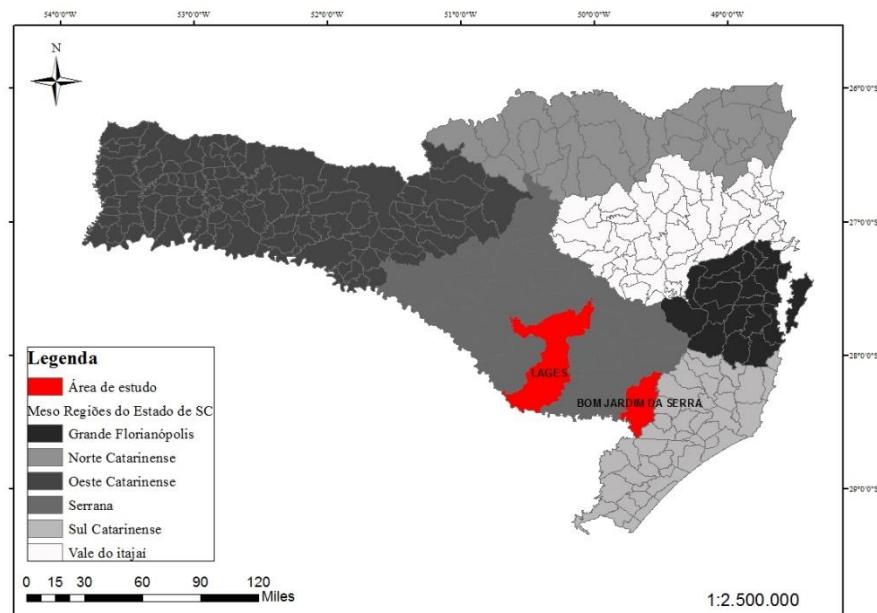
Diante disso o objetivo do presente estudo foi verificar a influência das variáveis climáticas na produção de pinhas de *Araucaria angustifolia* no Sul do Brasil.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Caracterização da área de estudo

Os dados foram mensurados em dois sítios florestais com remanescentes de Floresta Ombrófila Mista, com ocorrência natural de *Araucaria angustifolia*, localizados no Sul do Brasil. Os sítios encontram-se nos municípios de Lages e Bom Jardim da Serra (Figura 10).

Figura 10 - Mapa com a localização das áreas do estudo, em Santa Catarina.

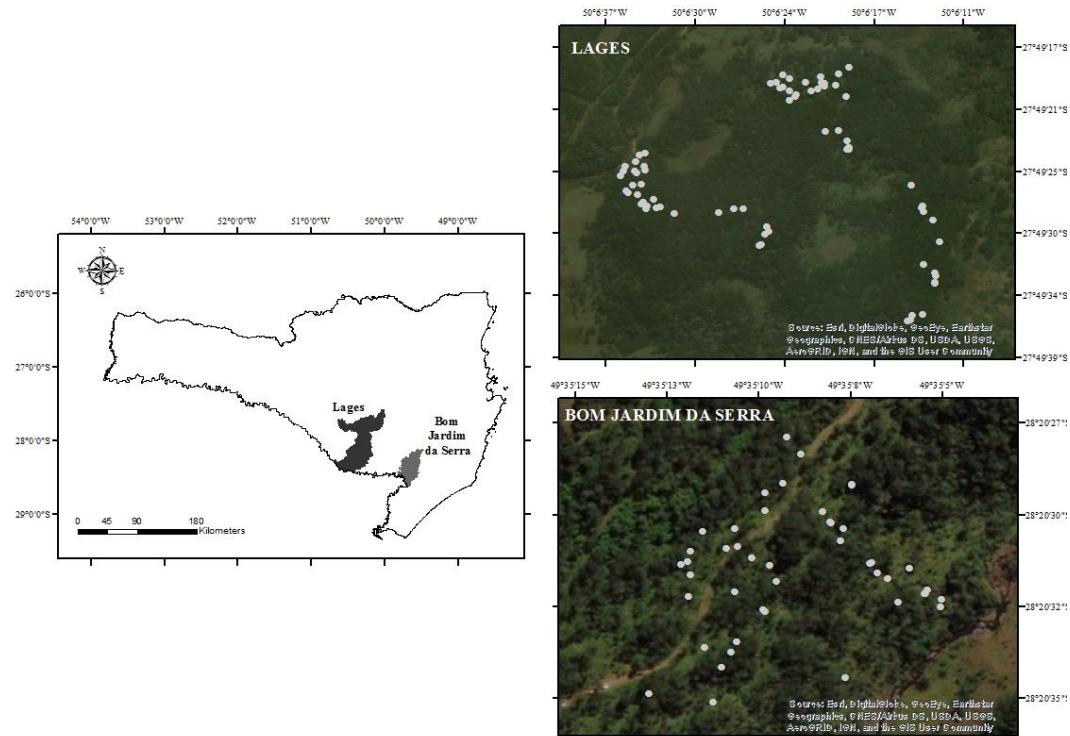


Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

De modo geral, para os três sítios conforme a classificação de Köppen o clima é Cfb, ou seja temperado, caracterizado por ser constantemente úmido sem estação seca. Em Bom Jardim, a altitude é de 1.166 m, temperatura média anual de 14 ° C e precipitação de 1.740 mm, em Lages a altitude é de 1.200 m, 13,7 ° C de temperatura média anual e 1.722 mm (ÁLVAREZ et al., 2013).

O sítio florestal do município de Lages (Figura 11) apresenta uma área total de 84 ha, segundo Ricken (2014) a região tem como principais atividades econômicas a agricultura de subsistência, a pecuária intensiva e a coleta de pinhões nas épocas de frutificação da araucária.

Figura 11 - Mapa da área de estudo no município de Lages e Bom Jardim da Serra, SC, com destaque para as árvores femininas amostradas.



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Em Bom Jardim da Serra, a área total é de 73,46 ha, o solo é uma Associação Neossolo Litólico + Cambissolos Hápico + Neossolos Litólicos Eutróficos, relevo forte ondulado (substrato efusivas da Formação Serra Geral) toda a fase pedregosa campo e floresta subtropical (EMBRAPA, 2012).

As florestas do presente estudo, são nativas de características irregular e inequianea, identificadas sem manejo e intervenções silviculturais a cerca de 40 anos, sendo observada pouca regeneração natural (HESS, 2010; 2012).

4.4.2 Coleta dos dados

Para o presente estudo foram amostradas árvores de araucária em estágio reprodutivo, distribuídas nas duas áreas de estudo e optando-se por uma abordagem baseada em árvores individuais com objetivo de identificar as árvores do sexo feminino.

Cada árvore foi plaqueada com seu respectivo número e georreferenciada com o auxílio de um GPS (*Global Position System*) da marca Garmin, sendo que cada árvore foi considerada como uma unidade amostral (UA).

4.4.3 Quantificação das estruturas reprodutivas femininas

Foi realizado o caminhamento nos sítios para verificar a existência de material reprodutivo (pinhas). A abordagem da contagem das pinhas foi durante os meses de março a abril de 2017 e 2018, isto é, dois anos consecutivos, visando maior período de avaliação e acompanhamento da variação na produção de pinhas, bem como para precisão dos dados.

A informação da quantidade de pinhas por árvore foi obtida pelo observador com uso de binóculo, percorrendo todos os quadrantes da área de copa. O número de pinhas das árvores foi agrupado por sítio para obter a produção anual de cada sítio. Portanto, a produção total de pinhas por coleta em cada sítio (Lages e Bom Jardim da Serra) foi distribuída uniformemente por mês de maneira a verificar a influência das variáveis climáticas na produção de pinhas de cada sítio/mês/ano.

4.4.4 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos para este estudo foram obtidos do INMET (Normais Climatológicas do Brasil). Os dados utilizados são provenientes da estação meteorológica dos Municípios de Lages e Bom Jardim da Serra, SC.

Foram obtidos dados mensais das variáveis climáticas: temperatura média do ar (TMA), umidade relativa do ar (URAM), temperatura máxima (TMAX), temperatura mínima (TMIN), umidade relativa máxima (URMAX), umidade relativa mínima (URMIN), precipitação (PP) e velocidade do vento (VV), mensal, foram analisados no período de janeiro a dezembro de 2016 e 2017.

4.4.5 Análise multivariada

A análise multivariada foi aplicada para se entender a inter-relação entre o número de pinhas, variáveis climáticas e o sítio. A planilha de dados considerou todos os sítios de estudo, sendo composta de uma matriz de 48 x 11, considerando 48 que seria o número de pinhas (NP) por mês e por sítio (linhas), e 10 variáveis (colunas), que inclui temperatura média do ar (TMA), umidade relativa do ar (URAM), temperatura máxima (TMAX), temperatura mínima (TMIN), umidade relativa máxima (URMAX), umidade relativa mínima (URMIN), precipitação (PP) e velocidade do vento (VV), mês, ano. Como variável suplementar foi utilizado os sítios de Lages (LAG) e Bom Jardim da Serra (BJ). As análises foram realizadas por meio do *software Statistica 7.0* (STATSOFT INC, 2004).

As unidades associadas às variáveis podem, arbitrariamente, afetar o grau de similaridade entre os objetos, diante a isto, padronizou-se o conjunto de dados, de maneira a eliminar a influência que uma variável poderia causar sobre a outra, tanto para medir a similaridade das variáveis quanto para a formação das componentes. A padronização dos dados faz com que esse efeito da arbitrariedade seja eliminado, fazendo com que as variáveis possuam a mesma contribuição no cálculo do coeficiente de similaridade entre os objetos (VICINI; SOUZA, 2005).

Inicialmente foi realizado o dendrograma das variáveis através da Análise de Agrupamento, agrupando os produtos em função de suas características. Utilizou-se o método do encadeamento completo (*Complete Linkage*), que se baseia na distância máxima entre os objetos, sendo a distância entre dois grupos calculada, entre seus dois pontos mais afastados (VICINI; SOUZA, 2005). Para análise de agrupamento a medida métrica empregada utilizou o coeficiente de correlação de Pearson. Com base neste coeficiente, foi tracejada a linha fenon, a qual delimita um nível igual à metade da distância total, interceptando os ramos e classificando os grupos, conforme sugerido por Mainly (2008).

Esta análise pode ser usada para reduzir a dimensão de um conjunto de dados, reduzindo uma ampla gama de objetos à informação do centro do seu conjunto. Tendo em vista que *clustering* é uma técnica de aprendizado não supervisionado, pode servir também para extrair características escondidas dos dados e desenvolver as hipóteses a respeito de sua natureza (LINDEN, 2009).

Posteriormente, utilizou-se a análise de componentes principais (ACP), para identificar quais as variáveis climáticas explicam o comportamento da produção de pinhas.

A análise de componentes principais (ACP) é elaborada para reduzir o número de variáveis, que necessitam ser consideradas, a um número menor de índices (chamados de componentes principais) os quais são combinações lineares das variáveis originais. Ainda, fornece uma maneira objetiva de encontrar índices de modo que a variação nos dados pode ser levada em consideração tão concisamente quanto possível, permitindo a obtenção de um bom resumo das variáveis originais através de dois ou mais componentes, tornando muito mais fácil entender o que os dados têm a dizer (MAINLY, 2008).

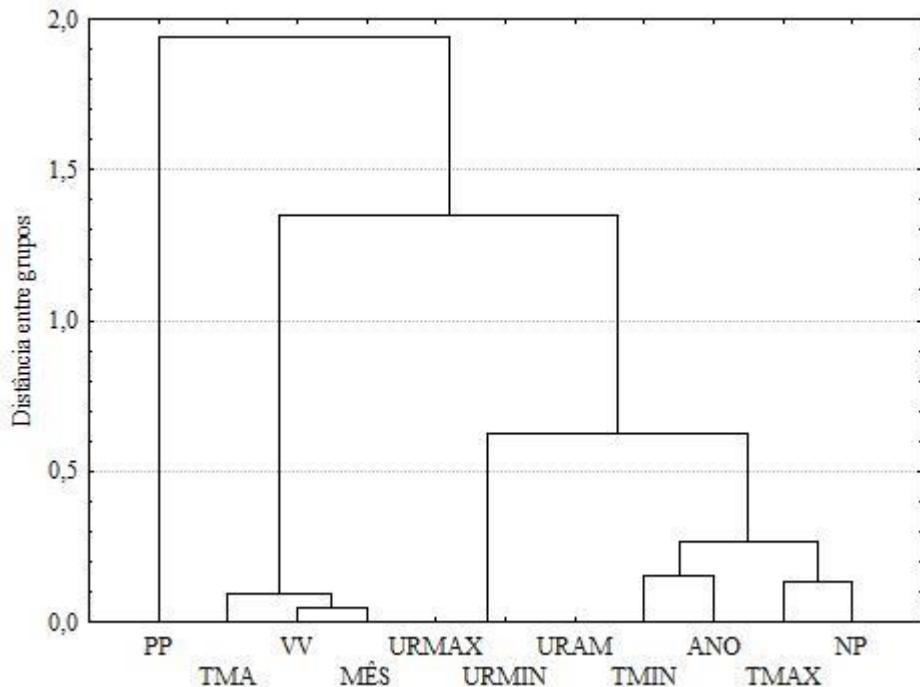
A análise factorial foi utilizada para verificar as relações entre as variáveis. Para isso, empregou-se a correlação entre as componentes principais e as variáveis originais, e o círculo unitário. Por meio destas técnicas foi possível verificar as variáveis que interferem no comportamento da produção de pinhas por mês e por ano, bem como suas inter-relações. A inclusão das componentes principais na análise foi baseada nos autovalores, onde incluiu-se as

componentes com valores superiores a um (autovalor>1) conforme proposto por (MARDIA et al., 1979).

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A técnica de análise de agrupamento (*Cluster*) para o conjunto de 48 linhas (número de pinhas/mês/ sítio) e 10 variáveis gerou o dendrograma com seus respectivos grupos e relações (Figura 12), sendo a linha vertical o índice de similaridade e a escala horizontal a ordem de agrupamento dos indivíduos. As linhas verticais partem dos indivíduos e, têm altura correspondente ao nível em que os indivíduos são considerados semelhantes.

Figura 12 - Dendrograma do número de pinhas de *Araucaria angustifolia* com as variáveis climáticas.



Em que:NP: número de pinhas (pinhas/árv); TMA: temperatura média do ar (°C); URAM: umidade relativa do ar (%); TMAX temperatura máxima (°C); TMIN: temperatura mínima (°C); URMAX: umidade relativa máxima (%); URMIN: umidade relativa mínima (%); PP: precipitação (mm); VV: velocidade do vento (m/s); mês (janeiro a dezembro); ano (2016 e 2017). Fonte: Elaborada pela própria autora, 2018.

Observando a Figura 12, com base na “Linha Fenon” na distância um do eixo vertical, percebe-se a existência de três grupos distintos: o grupo I, relacionando o NP com variáveis TMAX, ANO, TMIN, URAM, URMIN, URMAX indicando a correlação que estas variáveis têm com o NP.

Referente ao grupo II relacionou o mês com a velocidade do vento (VV) e temperatura média (TMA), ressaltando o comportamento sazonal da temperatura média, e também indicando a correlação existente entre a velocidade do vento e a temperatura. Já o grupo III compreendeu somente a variável precipitação (PP) conforme observado na Figura 3, pois apresentou maior altura em relação ao eixo y do que as demais variáveis, o que explica a produção anual de pinhas de maneira mais representativa.

As temperaturas e as umidades de acordo com o dendrograma interferem e tem uma relação no número de pinhas, indicando que quando as mesmas não forem favoráveis irá refletir na produção de pinhas de uma árvore para outra ou até mesmo de um ano para outro ou região.

Corroborando com Pulchalski et al. (2006) salientaram que as temperaturas médias anuais elevadas interferem no desenvolvimento e no ciclo reprodutivo da araucária, impedindo a regeneração natural, estabelecimento da espécie e também interferem no crescimento das suas estruturas reprodutivas da espécie.

Ribeiro (2017), estudou o crescimento e fenologia de *Araucaria angustifolia* na Serra da Mantiqueira, e observou que as estruturas reprodutivas mais desenvolvidas foram observadas durante o período mais quente e úmido, quando os estróbilos já estavam em fase de amadurecimento, sugerindo a influência da temperatura elevada no desenvolvimento destas estruturas.

De acordo com os autores Carvalho (1994) e Solórzano Filho, (2001), durante o processo de formação e fecundação, se ocorrer um tempo de seca e baixas temperaturas, a planta estabelece um período de dormência no desenvolvimento das estruturas reprodutivas que pode durar por até três meses, mais uma vez ressaltando a influência positiva de temperaturas mais elevadas na produção de pinhas.

Aliado a isso e referente a umidade relativa do ar percebe-se através do dendrograma que a mesma tem ampla importância e relação com o número de pinhas. De acordo com Reitz et al., (1988) a Araucária possui uma gota receptora constituída de uma substância pegajosa que aparece na superfície do estróbilo, onde os grãos de pólen caem, e ficam aderidos, em função disso, a umidade relativa do ar precisa ser adequada, ou seja, não pode ser baixa, para que se inicie a formação do tubo polínico e consequentemente a formação das estruturas reprodutivas.

Zanon e Finger (2010), em estudo sobre o crescimento de araucária na região de São Francisco de Paula, constataram que a espécie é sensível às oscilações meteorológicas, uma vez que os autores constataram que houve mudança na taxa de crescimento em função de variações de temperatura e precipitação.

De acordo com Lojan (1968) as árvores crescem a cada mês, de acordo com o período de maior precipitação, temperatura e umidade relativa. Em trabalho desenvolvido por Zanon (2007) a autora constatou que o máximo crescimento das plantas analisadas coincidiu com os meses mais quentes, que foram de março e abril. Nesse sentido, pode-se constatar que o crescimento tem ligação direta com o número de pinhas, uma vez que segundo a mesma autora Fassola, et al., (2002) os crescimentos reprodutivos e vegetativos compartilham os mesmos recursos, e há evidências que indicam que um ocorre à custa do outro. De acordo com Jacoby (1989), estudos de fenologia têm demonstrado que as variações da temperatura, precipitação, radiação solar, entre outros elementos meteorológicos afetam a produção, queda das folhas, frutificação e floração, induzidos por elementos meteorológicos refletindo a atividade cambial e na formação de anéis de crescimento.

A Partir da análise fatorial, obteve-se os resultados dos autovalores, bem como a porcentagem de variância explicada por cada componente e a variância acumulada pelas mesmas (Tabela 10). Onde é possível observar que os dois primeiros autovalores representam cerca de 93% da variância, portanto os dados foram resumidos e apresentados através destes dois componentes principais, conforme sugerido por autores como Mardia et al. (1979), Vicini e Souza (2005) e Mainly (2008).

Tabela 10 - Autovalores e percentual da variância explicada de cada componente

| Número de componentes | Autovalor | Total da variação explicada em % | Autovalores acumulados | % acumulada |
|------------------------------|------------------|---|-------------------------------|--------------------|
| 1 | 6,412 | 58,29 | 6,412 | 58,29 |
| 2 | 3,846 | 34,96 | 10,258 | 93,25 |
| 3 | 0,359 | 3,27 | 10,617 | 96,52 |
| 4 | 0,192 | 1,74 | 10,809 | 98,26 |
| 5 | 0,114 | 1,04 | 10,923 | 99,27 |
| 6 | 0,046 | 0,42 | 10,969 | 99,69 |
| 7 | 0,026 | 0,24 | 10,995 | 99,93 |
| 8 | 0,003 | 0,02 | 10,998 | 99,95 |
| 9 | 0,0013 | 0,01 | 10,999 | 99,96 |

Fonte: Elaborada pela autora (2018).

O peso de cada variável na composição da combinação linear permitiu melhor entendimento dos fatores, conforme se observa na Tabela 11, o Fator 1 que explica 58,29% da variância total, é representado pelo NP (-0,84), ANO (-0,94), URAM (-0,74), TMAX (-0,88), TMIN (-0,93), URMAX (-0,74), URMIN (-0,75) e PP (0,99). O Fator 2 é representado pela variável MÊS (0,86), TMA (0,86) e VV (0,91).

Tabela 11 – Extração das componentes principais para cada variável.

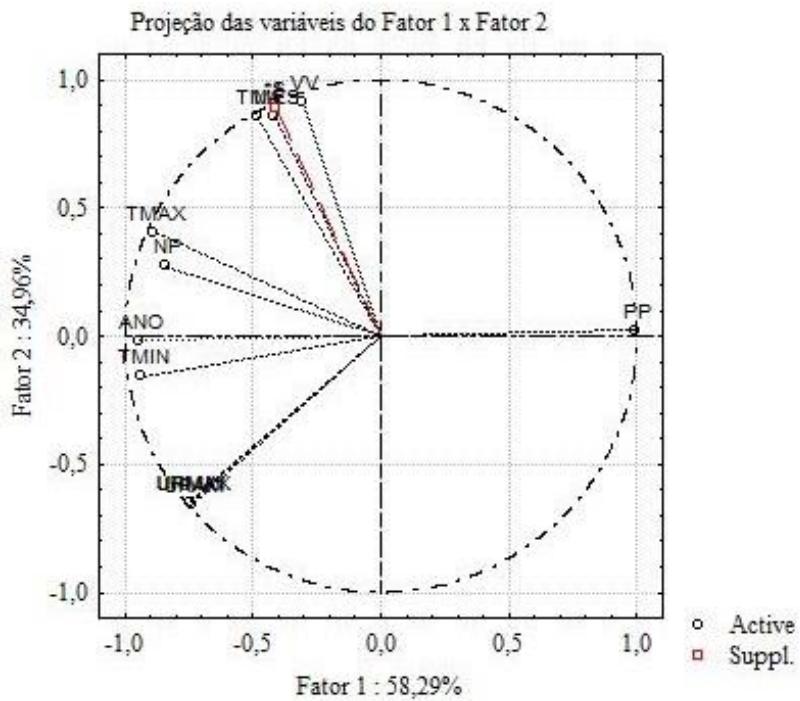
| Variável | Componentes principais | |
|----------|------------------------|-------------|
| | Fator 1 | Fator 2 |
| NP | -0,84 | 0,27 |
| MÊS | -0,417121 | 0,86 |
| ANO | -0,94 | -0,016 |
| TMA | -0,485110 | 0,86 |
| URAM | -0,74 | -0,65 |
| TMAX | -0,88 | 0,40 |
| TMIN | -0,93 | -0,15 |
| URMAX | -0,74 | -0,64 |
| URMIN | -0,745 | -0,64 |
| VV | -0,30 | 0,91 |
| PP | 0,99 | 0,02 |

Em que:NP: número de pinhas (pinhas/árv); TMA: temperatura média do ar (°C); URAM: umidade relativa do ar (%); TMAX temperatura máxima (°C); TMIN: temperatura mínima (°C); URMAX: umidade relativa máxima (%); URMIN: umidade relativa mínima (%); PP: precipitação (mm); VV: velocidade do vento (m/s); mês (janeiro a dezembro); ano (2016 e 2017). Fonte: Elaborada própria autora, 2018.

Com a ACP a Figura 13, observa-se que as variáveis velocidade do vento, precipitação, temperatura média, mínima e máxima, umidade relativa média, mínima e máxima, ano, mês, bem como o número de pinhas estão próximas ao círculo unitário, indicando que todas variáveis contribuíram significativamente para esta análise.

Pode-se verificar no círculo unitário que as variáveis que estão agrupadas apresentam correlação entre si, bem como observa-se a presença do variável sítio no segundo quadrante, indicando uma maior influência com a velocidade do vento e temperatura média anual, uma vez que cada sítio encontra-se sobre diferentes influencias meteorológicas.

Figura 13– Gráfico da distribuição da nuvem de variáveis para o Fator 1 x Fator 2.



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Pode-se observar que algumas variáveis como a URAM e URMAX estão sobrepostas (lado esquerdo do círculo), o que demonstra que essas possuem a mesma representatividade no gráfico (Figura 3).

Segundo Vicini e Souza (2005), quanto maior a proximidade dos pontos-variáveis, maior a correlação entre essas variáveis, conforme pode ser observado a proximidade da URAM-URMAX-URMIN, TMIM-ANO, TMAX-NP, possuem alta correlação, o que também foi visto através da análise de agrupamento (Figura 3).

Segundo Mantovani et al, (2004), o início da observação dos estróbilos no verão, sendo este período no qual o aumento das temperaturas é maior, é responsável pelo investimento energético em estruturas reprodutivas.

A precipitação localiza-se oposto do círculo unitário, indicando que alterações desta variável refletem o comportamento observado da produção de pinhas com as demais variáveis climáticas. Abreville (1954) observou que as araucárias apresentavam melhor desenvolvimento em locais com maior pluviosidade. Aliando essa informação com o fato comprovado por Fassola et al. (1999) de que as variáveis que definem o desenvolvimento da árvore se correlacionam com a produção de cones e sementes, nota-se que os índices pluviométricos influenciam na produção de pinhas.

4.6 CONCLUSÃO

Com a presente pesquisa foi verificado que a produção de pinha é influenciada pelas variáveis climáticas. A análise de agrupamento verificou-se que as variáveis precipitação, temperatura média, velocidade do vento e mês explicam de forma mais representativa a produção de pinha.

Quanto a análise de componentes foi reduzida o conjunto de variáveis em dois componentes. Já na análise fatorial observou-se que as variáveis que ficam próximas do círculo unitário são velocidade do vento, precipitação, temperatura média, mínima e máxima, umidade relativa média, mínima e máxima, ano, mês, bem como o número de pinhas.

4.7 REFERÊNCIAS

AUBREVILLE, A. A floresta de pinho no Brasil. Anuário Brasileiro de Economia Florestal, v. 2, p. 21-36, 1954.

ALVAREZ, C. A. et al.. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift.** v.22, n. 6, 2013, p.711–728. Dez. 2013.

BACKES, P.; IRGANG, B. Árvores do sul: guia de identificação e reconhecimento ecológico. Porto Alegre: Ed. Pallotti, 2002. 325 p.

CARVALHO, P. E. R. Espécies florestais brasileiras: potencialidades e uso da madeira. Brasília: EmbrapaCNPF/SPI, 1994. 640 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo da Araucária: Crescimento e Produção.** Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Araucaria/CultivodaAraucaria_2e_d/Crescimento_Producao.htm> Acesso em: 16 jan. 2017.

FASSOLA, H. E. et al. 2002. Biología reproductiva de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Y su aplicación al manejo de plantaciones en la provincia de Misiones. Montecarlo: INTA, EEA, 2002 (Informe final: 1998-2001).

FASSOLA, H. E. et al. Observaciones sobre la producción de frutos y semillas en plantaciones de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Montecarlo: INTA, EEA, 1999 (Informe final: 1993-1998).

FRITZSONS, E.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L.E. Fatores climáticos limitantes para a distribuição da araucária no estado de São Paulo. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 45, n. 116, p. 663-672, dez. 2017.

HESS, André Felipe; SCHNEIDER, Paulo Renato; Crescimento Em Volume De *Araucaria Angustifolia* (Bertol.) Kuntze Em Três Regiões Do Rio Grande Do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 107-122, jan.-mar., 2010.

HESS, A. F.; Manejo De *Araucaria angustifolia* pelo Quociente de Liocourt em Propriedade Rural no Município de Painel, SC. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 32, n.70, p. 227-232, abr./jun. 2012.

JACOBY, G. C. Overview of tree-rings analysis in tropical regions. **IAWA Bulletin new series**, Leiden, v. 10, n.2, p. 99-108. 1989.

KLEIN, R. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia**, Itajaí, v. 12, p.17-48, 1960.

LINDEN, R. Técnicas de agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, Macaé/RJ, n. 4, p. 18-36, 2009.

PEÑALBA, M.G.; et al. **Producción de semillas de Araucaria y su consumo por la fauna y por el hombre en el Parque Nacional Lanín**. Diciembre- 2010. In: Proyecto Pehuén“Producción de semillas de Araucaria y su consumo por la fauna y por el hombre en el Parque Nacional Lanín” Síntesis período 2000-2010.

PULCHALSKI, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M.S. dos. Variações em populações naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze associada a condições edafoclimáticas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 70, p.137-148, Jan. 2006.

MATTOS, P. P. de.; et al. 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, Abr. 2010.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, L. P. C.; REIS, M. S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: **Revista Brasileira de Botânica**. v. 27, n. 04, p. 787-796, Out; 2004.

MARDIA, K.V.; KENT, J.T.; BIBBY, J.M. **Multivariate analysis**. London: Academic, 1979.

MAINLY, B. F. J. **Métodos estatísticos multivariados**: uma introdução. Tradução: S. I. Carmona. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 229 p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: SUDESUL, 1988. 528 p.

RIBEIRO, S. F. **Crescimento e fenologia de Araucaria angustifolia (Bertol.) kuntze em três cotas de um gradiente de altitude na Serra da Mantiqueira**. 2017. 75 f. Lavras (Dissertação de Doutorado). Minas Gerais, Universidade Federal de Lavras. 2017.

STATSOFT INC. **Statistica**: data analysis software system, version 7. Tulsa. 2004. Disponível em: www.statssoft.com.

SOLÓRZANO-Filho, ALBERTO, J. **Demografia e ecologia da dispersão de sementes de Araucaria angustifolia (Bert.) Kuntze (Araucariaceae), numa população relictual em Campos do Jordão**, São Paulo [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2001.

TOMAZELLO FILHO, M.; LISI, C. S.; BOTOSSO, P. C. Araucaria angustifolia (Bert.) O. Kunt., the Brazilian pine, as a potential species for dendrochronological studies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DENDROCHRONOLOGY FOR THE THIRD MILLENIUM, 2000. **Anais...** Mendoza: [s.n.], 2000. p. 165.

VICINI, L; SOUZA, A. M. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: UFSM/CCNE, 2005. 215 p.

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

Zanon MLB. Crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. diferenciado por dioicia [tese]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2007.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente estudo foi possível verificar a diferença da produção de pinhas de uma região para outra e de um ano para outro. O que se torna necessário realizar estudos voltados à produção de pinhão, com o intuito de verificar a sua variação ao longo dos anos e regiões e também das variáveis dendro-morfométricas.

Quanto a eficiência de copa com o aumento do comprimento de copa, reflete no aumento de sua eficiência de copa, visto que copas estreitas e longas são preferidas, pois possibilitam a árvore crescer em espaço reduzido, com maior número de árvores de araucária por unidade de área.

Para tanto a importância da realização do manejo através de intervenções silviculturais para a espécie *Araucaria angustifolia*, possa contribuir para o aumento da produção de pinhas, sendo que muitas vezes na floresta as árvores não conseguem se desenvolver devido os fatores de competição e densidade e com isso gerando copas pequenas impedindo o desenvolvimento de pinhas.

REFERÊNCIAS

AUSTREGÉSILLO, S. L. et al. S. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Estacional Semidecidual secundária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 227-232, Set. 2004.

COSTA, E. A.; et al. Relação entre o diâmetro de copa e o diâmetro à altura do peito de Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze, Lages, SC. In... Simpósio Brasileiro de Pós-graduação em Ciências Florestais. Recife-PE, p. 696-700, Marc. 2014.

DURLO, M. A; DENARDI, L.; Morfometria de Cabrela canjerana em mata secundária nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, 1998, p. 55-66.

GSPALTL, M.; STERBA, H.; O'HARA, K. L. The relationship between available area efficiency and area exploitation index in an even-aged coast redwood (*Sequoia sempervirens*) stand. **Forestry**, v. 85, p. 567-577, 2012.

HESS, A. F.; SCHNEIDER, P. R. Crescimento Em Volume De *Araucaria Angustifolia* (Bertol.) Kuntze Em Três Regiões Do Rio Grande Do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 107-122, jan.-mar., 2010.

RICKEN, P. **Incremento, espaço horizontal e competição em povoamento natural de araucaria angustifolia no planalto catarinense**. 2014. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Estadual de Santa Catarina. 2014

ZECHINI, A. A.; et al. Produção, comercialização e identificação de variedades de pinhão no entorno da Floresta Nacional de Três Barras – SC. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília. v. 2, n. 2, p. 74-82, Out. 2012.

VELOSO, H. P.; GÓES FILHO, L. **Fitogeografia Brasileira: Classificação fisionômica-ecológica da vegetação neotropical**. In: PROJETO RADAMBRASIL, Salvador. Bol. Técnico. Série vegetação, 1991.