

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Joel da Silva Fulgieri

Dendrocronologia de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze em Curitiba - SC

Curitiba
2019

Joel da Silva Fulgieri

Dendrocronologia de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze em Curitiba - SC

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Florestal

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Callegari Scipioni.

Curitiba

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Fulgieri, Joel da Silva
Dendrocronologia de Araucaria angustifolia
(Bert.) O. Kuntze em Curitibanos - SC / Joel da
Silva Fulgieri ; orientador, Marcelo Callegari
Scipioni. , 2019.
38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal,
Curitibanos, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. Dendrocronologia. 3.
Anéis de crescimento. 4. Influências climáticas. I.
, Marcelo Callegari Scipioni.. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia
Florestal. III. Título.

Joel da Silva Fulgieri

**DENDROCRONOLOGIA DE *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KUNTZE EM
CURITIBANOS - SC**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de "Bacharel em Engenharia Florestal" e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora.

Curitiba, 12 de novembro de 2019.



Prof. Marcelo Callegari Scipioni, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Marcelo Callegari Scipioni, Dr.
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Magno Alan Vivian, Dr.
Avaliador

Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus pais, minha esposa, meu filho e a todos meus demais familiares.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo de bom que tem feito em minha vida, por me conceder saúde, ânimo para continuar.

Ao Prof. Dr. Marcelo Callegari Scipioni pela orientação e por estar sempre disposto a ensinar, sanar dúvidas de forma paciente e atenciosa, sou plenamente grato pela oportunidade oferecida. Agradeço a Cláudia Fontana por esclarecer dúvidas durante a execução do trabalho.

Aos meus pais Wilson e Maria Aparecida, meus irmãos Jerônimo, Luis e Junior agradeço pelo apoio e palavras de incentivo. A minha esposa Priscila por me ajudar no que eu precisasse, ao meu querido Filho Matheus que me motivou e me deu forças para continuar. Agradeço também a todos os meus demais familiares que me incentivaram.

A Universidade Federal de Santa Catarina pela oportunidade de aprendizado e tornar possível a minha formação.

Agradeço a banca examinadora por aceitarem avaliar o meu trabalho.

RESUMO

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze possui regularidade na formação de anéis de crescimento anuais, por esta razão apresenta grande potencial em estudos dendrocronológicos. O estudo de dendrocronologia é de suma importância para determinar a idade e a influência de fatores ambientais e ecológicos sobre o crescimento das espécies arbóreas. O objetivo deste trabalho foi avaliar por meio de estudo de anéis de crescimento a influência de fatores climáticos no crescimento de araucárias que foram abatidas em um fragmento de floresta nativa para a construção de uma linha de alta tensão de energia elétrica, com localização no município de Curitiba, Santa Catarina, situada nas coordenadas geográficas 27°19'19.3" S 50°32'16" O, e altitude variando de 1065 a 1040 m. Foram coletados seis amostras de discos transversais de diferentes árvores de *A. angustifolia* com altura de 0,2 m da base, posteriormente no Laboratório de Recursos Florestais I da Universidade Federal de Santa Catarina, as amostras passaram por processo de secagem e preparo da superfície transversal por meio de polimento, visando evidenciar os anéis de crescimento. Realizou-se a datação dos anéis de crescimento de seis amostras com o auxílio de um microscópio estereoscópico, marcando em quatro raios por amostra. As seções transversais foram digitalizadas, mensuradas, datadas, correlacionadas em *softwares* computacionais específicos para análise dendrocronológica. Os resultados do trabalho indicaram a partir da datação, idades variando de 32 a 84 anos, o que indica que área passava por um processo de regeneração natural. As séries de crescimento apresentaram um valor de intercorrelação de 0,586 estando acima do nível crítico de 0,516 ($p < 0,01$). Os maiores picos de crescimento entre os oito segmentos (raios) da mestra, ocorreram para as amostras CBS 02 - 03 e CBS 02 - 05 entre os anos de 1993 a 1997. Houve efeito significativo positivo da temperatura média mensal e precipitação média mensal influenciando no crescimento das árvores estudadas.

Palavras-chave: Anéis de crescimento. Idade. Variações ambientais.

ABSTRACT

Araucaria angustifolia (Bert.) O. Kuntze has regular formation of annual growth rings, which is why it has great potential in dendrochronological studies. The study of dendrochronology is very important to determine the age and the influence of environmental and ecological factors on the growth of tree species. The objective of this work was to evaluate, by means of growth ring studies, the influence of climatic factors on the growth of araucarias that were felled in a native forest fragment for the construction of a high voltage power line, located in the municipality of Curitibanos, Santa Catarina, located at the geographic coordinates 27 ° 19'19.3 "S 50 ° 32'16" O, and altitude ranging from 1065 to 1040 m. Six samples of transverse discs were collected from different *A. angustifolia* trees with a height of 0.2 m from the base, later in the Forest Resources Laboratory I of the Federal University of Santa Catarina. The samples were submitted to drying and preparation of the transverse surface. by polishing, aiming to highlight the growth rings. Growth rings were dating from six samples with the aid of a stereomicroscope, marking at four rays per sample. The cross sections were digitized, measured, dated, correlated in specific computational software for dendrochronological analysis. The results of the study indicated from dating, ages ranging from 32 to 84 years, which indicates which area was undergoing a natural regeneration process. The growth series presented an intercorrelation value of 0.586 being above the critical level of 0.516 ($p < 0.01$). The highest growth peaks among the eight master segments (rays) occurred for the CBS 02 - 03 and CBS 02 - 05 samples from 1993 to 1997. There was a significant positive effect of the average monthly temperature and average monthly precipitation influencing the growth of the trees studied.

Keywords: Growth rings. Age. Environmental variations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo e coleta.	17
Figura 2 – Curvas de nível e altitude do terreno onde foram obtidas as amostras de <i>A. angustifolia</i>	18
Figura 3 – Etapas para o trabalho de dendrocronologia das amostras, (a) equipamentos e materiais utilizados para o polimento (b) visualização e marcação dos anéis de crescimento e (c) digitalização das amostras (d) mensuração e datação dos anéis de crescimento realizado pelo <i>software</i> CooRecorder.....	19
Figura 4 – Índices de crescimento obtido pelo <i>software</i> ARSTAN para as amostras de <i>A. angustifolia</i>	24
Figura 5 – Associação entre clima e crescimento para as cronologias padronizadas de anéis de árvores de <i>A. angustifolia</i> . A) Temperatura média mensal e B) Precipitação média mensal.	25
Figura 6 – Anéis de crescimento adensados na região próxima da medula e da casca.	31
Figura 7 – Segmentos das seis árvores datadas evidenciando as diferenças de anéis na mesma árvore e entre árvores.	32
Figura 8 – <i>Software</i> CooRecorder utilizado para datação e mensuração de anéis de crescimento.	33
Figura 9 – Correlações obtidas para as amostras a partir do <i>software</i> CDendro.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações dendrométricas para a <i>A. angustifolia</i> obtidas em Curitibanos-SC, próximo a BR 470.....	21
Tabela 2 – Mestra obtida das amostras com melhores correlações.....	22
Tabela 3 – Incremento médio conforme o ano de início de crescimento de cada árvore até o ano de 2015.....	26
Tabela 4 – Temperatura média mensal (°C) durante o período de 1931 a 2015 dados obtidos KNMI Climate Explore (2019).....	35
Tabela 5 – Precipitação média mensal (mm) durante o período de 1931 a 2015, dados obtidos KNMI Climate Explore (2019).....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS.....	11
1.1.1	Objetivo Geral	12
1.1.2	Objetivos Específicos.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE.....	13
2.2	ANÉIS DE CRESCIMENTO.....	13
2.2.1	Lenho inicial e lenho tardio	14
2.3	DENDROCRONOLOGIA.....	14
2.3.1	Princípios da dendrocronologia	15
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.2	COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS	18
3.3	DATAÇÃO E ANÁLISES DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5	CONCLUSÃO	27
	REFERÊNCIAS	28
	APÊNDICE A – Anéis de crescimento adensados.....	31
	APÊNDICE B – Segmentos das árvores.....	32
	APÊNDICE C – <i>Software</i> para datação	33
	APÊNDICE D – <i>Software</i> para verificar correlações.....	34
	APÊNDICE E – Temperatura média mensal	35
	APÊNDICE F – Precipitação média mensal.....	37

1 INTRODUÇÃO

A dendrocronologia é a ciência que visa estabelecer a datação de anéis de crescimento em árvores, entendendo a variação da taxa de incremento com o ambiente e suas correlações ecológicas e seus efeitos sobre processos naturais ou antrópicos, verificando-se a partir da variação dos anéis de crescimento (TOMAZELLO FILHO *et al.*, 2001). Uma maneira de analisar o crescimento de certa espécie é por meio do estudo de anéis de crescimento (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006). Arbóreas que possuem maiores longevidades são de suma importância em dendrocronologia, sendo esta uma ciência que visa contribuir para inúmeras áreas de pesquisa, destacando-se a dendroclimatologia e o manejo florestal (SCHWEINGRUBER, 1988).

O entendimento acerca da idade de árvores bem como as informações obtidas dos anéis de crescimento mostra-se de grande relevância para aperfeiçoar o uso da floresta. Mas isso só pode ser alcançado aumentando o conhecimento, bem como o envolvimento de outras áreas da pesquisa florestal. Estudando o passado das florestas é possível adquirir informações essenciais de como usufruir, manejar e preservar este bem natural para o futuro (BOTOSSO, 2002).

Segundo Higuchi *et al.* (2003) o crescimento diamétrico das árvores possui variação entre e dentro das espécies. Esta variação se dá devido a condições climáticas e estações do ano, não sendo restritamente somente em função da idade. É de grande relevância estudar a dinâmica, bem como o crescimento de espécies florestais, a fim de compreender como é sua estrutura e comportamento frente a fatores internos e externos.

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze possui vasto potencial dendrocronológico, isto é comprovado por apresentar regularidade anual na formação de anéis crescimento, bem como o sincronismo com estes (OLIVEIRA; ROIG; PILLAR, 2010). A espécie apresenta anéis de crescimento bem marcados. Quanto às características dos traqueídes e densidade do anel de crescimento, o lenho inicial é mais largo e possui menor densidade, quando se tem à ausência de limitações dos fatores de crescimento. Já o lenho tardio é mais estreito e de maior densidade em função da restrição dos fatores de crescimento (SCHWEINGRUBER, 1988). Desta forma, a espécie foi estudada e correlacionada com dados climáticos, visando compreender o seu comportamento no município de Curitiba, em Santa Catarina.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar por meio de estudo de anéis de crescimento a influência de fatores climáticos no crescimento de *A. angustifolia* no município de Curitibanos, SC.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a idade das árvores até o momento do corte;
- Verificar as correlações de idade entre as árvores;
- Avaliar a influência climática na espécie estudada;
- Avaliar o incremento médio anual a partir dos anéis de crescimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze denominada popularmente como pinheiro-brasileiro ou pinheiro do paraná, faz parte do reino Plantae, filo Gymnospermae, classe Coniferopsida, ordem Coniferae, família Araucariaceae, possui um elevado tempo de vida sendo capaz de viver de 200 a 300 anos ou chegar a idades relativamente maiores, em relação à altura média varia de 20 a 25 metros, possui de 1,0 a 1,5 m de diâmetro, o tronco  reto e cilíndrico, os ramos são dispostos entre 8 a 15 verticilos e apresenta de 6 a 10 ramos por verticilo (WENDLING; ZANETTE, 2017). A densidade da madeira é de cerca de 0,50 g.cm⁻³ e possui uniformidade na direção da casca para medula (WEHR; TOMAZELLO-FILHO, 2000).

Mattos *et al.* (2010) enfatizam que a *A. angustifolia*  característica da Floresta Ombrófila Mista popularmente conhecida como Floresta com Araucária. Na Floresta Ombrófila Mista, o crescimento diamétrico para *A. angustifolia* tem início no mês de setembro e o pico de crescimento ocorre em janeiro e redução no começo de março e interrompimento entre julho e agosto, mas vale salientar que no mês de pico de crescimento pode-se ter variações devido às condições climáticas referente a cada ano (ZANON; FINGER, 2010).

O lenho da espécie detm estrutura anatmica característica das coníferas (WEHR; TOMAZELLO-FILHO, 2000). A constituição se d exclusivamente por traqueídes axiais, e por raios medulares, com inexistência de canais resinferos e parênquima axial (OLIVEIRA, 2007; SIEGLOCH; MARCHIORI, 2015).

Ocorre distinção entre os anéis de crescimento, e estes são demarcados por fileiras de traqueídes axiais de paredes um tanto quanto mais grossas e achatadas radialmente, e com certa alternância gradual dos lenhos tardio e inicial (SIEGLOCH; MARCHIORI, 2015). Existe a ocorrência de pontuações traquedais de forma areoladas, hexagonais, sendo em 2 a 4 fileiras, contm arranjo alternado, e raios unisseriados (dificilmente bisseriados), comumente se têm 1, 4 e 6 raios por milímetros (SIEGLOCH; MARCHIORI, 2015).

2.2 ANÉIS DE CRESCIMENTO

Os anéis de crescimento podem ser definidos como o resultado de sucessivas deposições de camadas de tecidos lenhosos do fuste, por meio da atividade cambial frequente, onde a atividade do câmbio que ocorre de ano a ano e incrementa camadas justapostas que tem

função na formação do anel de crescimento por intermédio da estruturação do material lenhoso (ENCINAS *et al.*, 2005).

Para determinar a idade das árvores a partir da contagem de anéis de crescimento utilizam-se amostras de lenho oriundas de métodos destrutivos e não destrutivos. Com relação aos métodos destrutivos, executa-se o corte das árvores, posteriormente retira-se um disco do lenho, normalmente mais próximo da base, feito isso, o disco recebe os preparos devidos para a datação. No método não destrutivo é feita a retirada de amostras do lenho em árvores vivas utilizando uma sonda de incremento, posteriormente as amostras são secas e polidas para verificar anéis de crescimento e fazer a datação. Posterior à contagem pode-se fazer a mensuração da largura dos anéis de crescimento com o uso de mesa de medição ou programas apropriados de imagem, como resultado se tem dados relevantes a respeito do ritmo de crescimento de árvores (PALERMO; LATORRACA; ABREU, 2002).

2.2.1 Lenho inicial e lenho tardio

Em relação à camada de crescimento, ocorre distinção nas duas partes do lenho inicial (ou primaveril) e lenho tardio (ou outonal ou estival) da *A. angustifolia*, ou seja, o lenho inicial equivale ao crescimento da árvore no começo do período vegetativo, condizente com a primavera ou durante condições mais propícias ao crescimento, isso ocorre a partir do momento que as plantas saem do período em que estavam dormentes e reiniciam as atividades fisiológicas com absoluto vigor. Quando se aproxima do fim do período vegetativo, sendo mais comum no outono, às condições ambientais mostram-se mais restritivas em relação ao crescimento das plantas. Por meio disto, o câmbio vascular e determinadas células acabam diminuindo as suas atividades fisiológicas, ocasionando que as paredes celulares fiquem gradativamente mais espessas e as cavidades tornam-se menores. Com isso o lenho tardio ganha aparência mais escurecida apresentando contraste, sendo possível diferenciá-lo do inicial. Por intermédio da intercalação de contraste das cores facilita-se para tornar evidente camadas de crescimento do tronco de diversas espécies (BOTOSSO, 2011).

Não é raro de se encontrar em regiões anatômicas no lenho irregularidades, tais como, anéis falsos ou ausentes. Normalmente os anéis falsos podem ser encontrados em faixa do lenho tardio, unidos com as células de lenho inicial (OLIVEIRA; ROIG; PILLAR, 2010).

2.3 DENDROCRONOLOGIA

O termo *dendron* (árvore), *kronos* (tempo) e *logos* (conhecimento, estudo), tem origem do grego (GONÇALVES, 2007-2008). Com relação às bases teóricas da dendrocronologia remontam do século XVI por Leonardo Da Vinci, mas se concretiza como ciência no começo do século XX, sob influência de um astrônomo chamado Andrew E. Douglass. Douglass foi um dos primeiros a usar e criar métodos para comparar séries temporais dos anéis de crescimento com acontecimentos climáticos e astronômicos, recompor determinadas séries de crescimento milenares, além de realizar a datação de madeiras arqueológicas. Através disto a dendrocronologia vem evoluindo de forma a relacionar-se com ciências ambientais. E a partir desta relação origina-se a dendroecologia, ciência que utiliza sequências temporais dos anéis de crescimento para analisar fenômenos ecológicos (FRITTS 1976; SCHWEINGRUBER 1988, 1996).

A dendrocronologia é uma ciência que proporciona a datação dos anéis de crescimento do lenho de árvores e de porções de madeira, e as informações obtidas da estrutura da madeira podem ser empregadas para finalidades de estudo em áreas ambientais e históricas (KAENNEL; SCHWEINGRUBER,1995).

2.3.1 Princípios da dendrocronologia

Segundo Fritts (1976), a dendrocronologia fundamenta-se em determinados princípios tais como:

- Princípio da uniformidade: onde os processos físicos e biológicos que influenciam nos padrões de crescimento das árvores na época atual, tiveram influência no passado.
- Princípio dos fatores limitantes: o fator ambiental que se mostra como o mais limitante exerce influência no crescimento de anéis de determinada árvore, exemplo a precipitação em regiões onde se têm secas.
- Princípio do crescimento agregado de uma árvore: o início da variação pode ser decomposto por meio de um conjunto de fatores podendo este ser bióticos ou ambientais;
- Princípio da amplitude ecológica: as espécies possuem maior sensibilidade em situações de alteração climática quanto mais próxima permanecem dos limites de altitude e latitude de seu habitat.
- Princípio da seleção do local: os locais que se mostram mais propícios a dendrocronologia pode vir a ser identificados e selecionados tendo como base critérios que geram séries de anéis de crescimento que são sensíveis a variável ambiental que está em estudo.

- Princípio da repetição: obtendo-se a quantidade maior de um raio por árvore e tendo mais de uma árvore por local acarreta na diminuição da influência de fatores ambientais que não vem sendo estudado em interferir para os resultados.

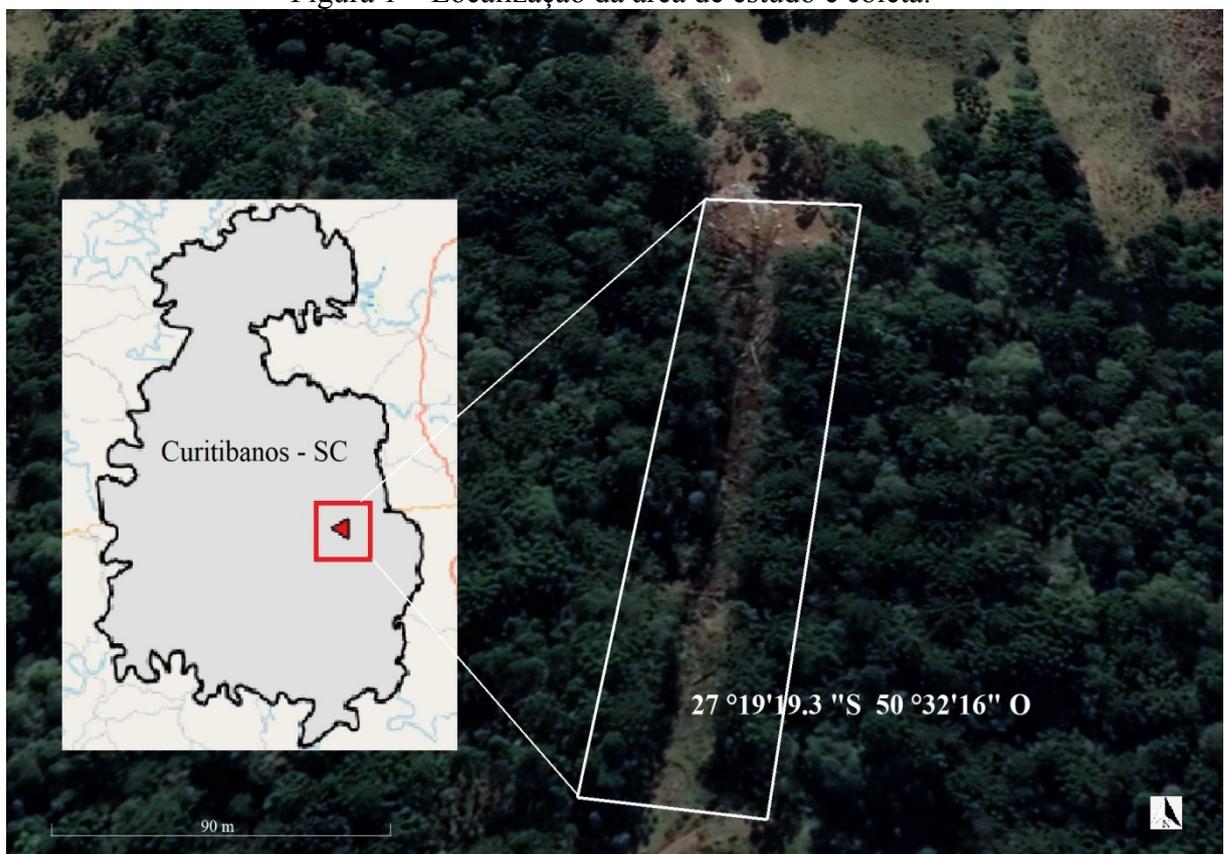
- Princípio da datação cruzada: é considerado como o princípio fundamental para a dendrocronologia, a partir deste é definido a correspondência de padrões da largura dos anéis entre inúmeras séries de anéis, inclusive torna possível a identificação de forma exata do ano que cada um dos anéis foi formado. É executado levando em conta dois raios por árvore e a sincronia de diversas séries em cada árvore. A datação cruzada pode ser feita entre espécies arbóreas diferentes com o intuito de analisar picos de crescimento comuns, e com isso caracterizar anos que foram típicos ou anos que as árvores apresentaram crescimento de forma similar.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

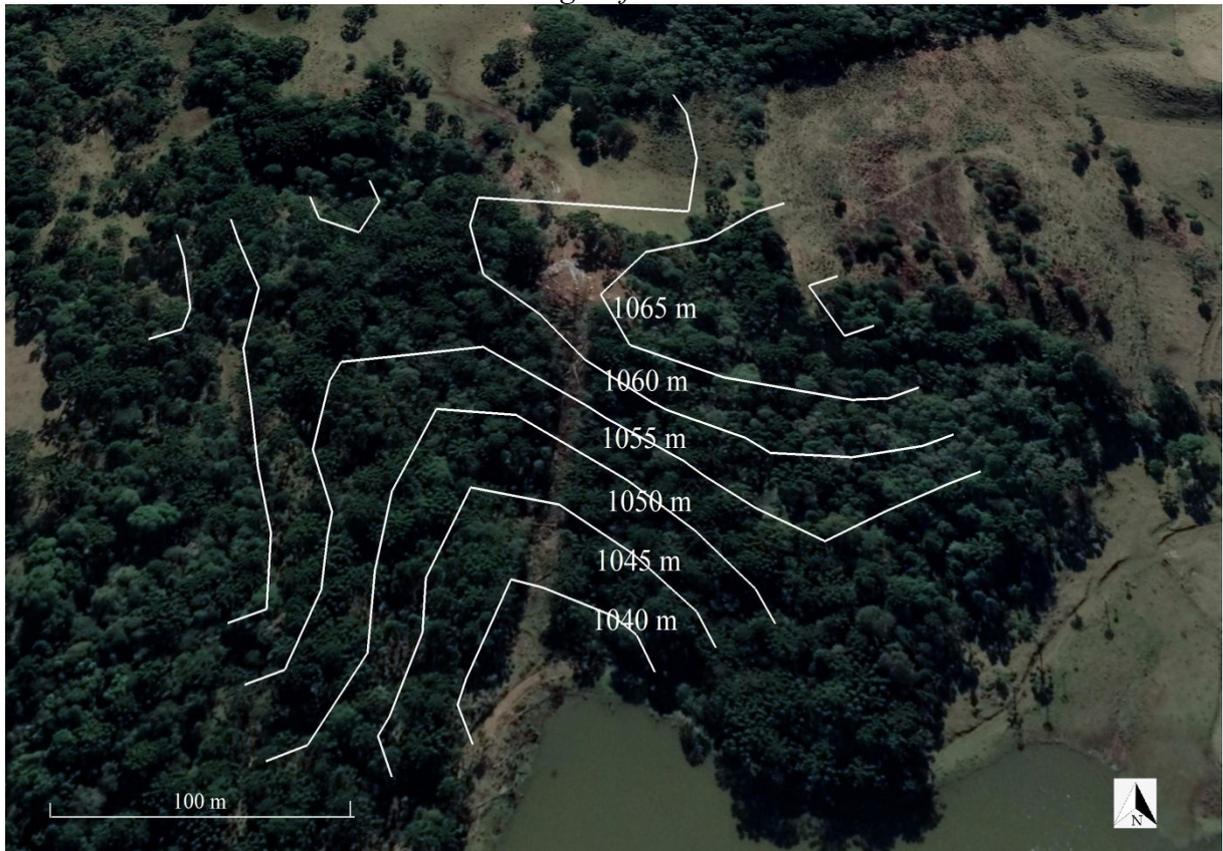
As amostras de *A. angustifolia* para a execução do presente estudo foram obtidas (de forma legal) no mês de julho de 2017, no município de Curitibanos, estado de Santa Catarina, em local onde foi instalada uma linha de alta tensão de energia elétrica com finalidade de utilidade pública, situada nas coordenadas geográficas 27°19'19.3" S e 50°32'16" O (Figura 1), altitude varia de 1065 a 1040 m, a declividade é de 10% e o relevo ondulado (Figura 2). A área faz parte do ecossistema Floresta Ombrófila Mista, o clima é do tipo Cfb, de acordo com classificação de Köppen, temperado mesotérmico úmido, com ausência de estação seca, o verão é ameno e os invernos são rigorosos com ocorrência de geadas, a temperatura média anual varia de 16 a 17 °C, a umidade relativa do ar média varia de 80 a 82%, em termos de precipitação média anual é de 1.500 a 1.700 mm (EPAGRI, 2003).

Figura 1 – Localização da área de estudo e coleta.



Fonte: O Autor, (2019).

Figura 2 – Curvas de nível e altitude do terreno onde foram obtidas as amostras de *A. angustifolia*.



Fonte: O Autor, (2019).

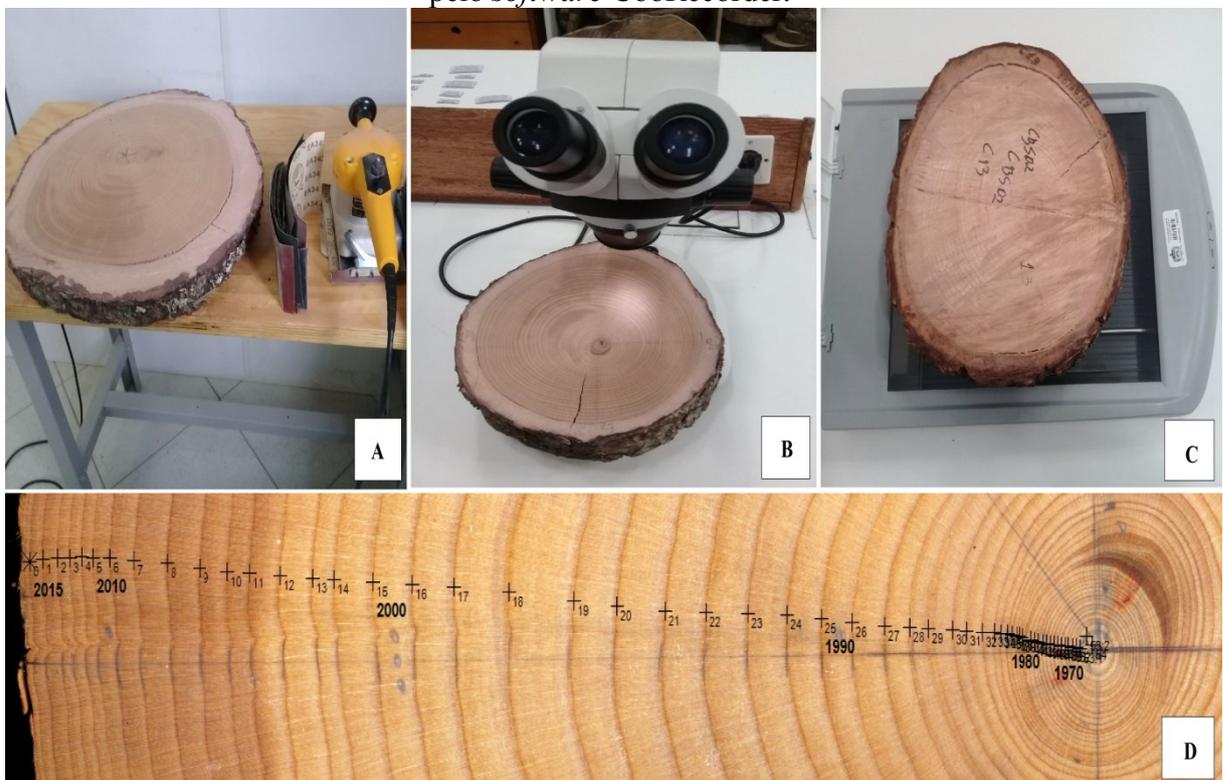
3.2 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

No momento da coleta dos discos, foi mensurado a circunferência e a altura total de cada indivíduo utilizando uma fita métrica. Coletou-se pelo método destrutivo (corte da árvore com motosserra) para o presente estudo, seis amostras de discos transversais com altura de 0,2 m da base das arbóreas. Após a coleta das amostras de discos, estes foram transportados e previamente acondicionados no Laboratório de Recursos Florestais I, da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Rurais, Curitibanos – SC. As amostras foram secas em estufa (65°C). Posteriormente as amostras tiveram o preparo de suas superfícies através de polimento, visando evidenciar os anéis de crescimento, utilizando uma lixadeira orbital com lixas abrasivas de granulometria de 40 a 600 grãos. cm⁻² (Figura 3 – a).

3.3 DATAÇÃO E ANÁLISES DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

Foram traçados quatro raios em cada amostra, posteriormente foi realizada as medidas nos mesmos, com intuito de realizar a datação e verificar espessura dos anéis de crescimento. A delimitação e contagem dos anéis de crescimento e seus respectivos anos de formação foi efetuada no sentido da casca para medula, por meio do uso de um microscópio estereoscópico com aumento de 10 a 40 vezes (Figura 3 – b). Posteriormente as seções transversais dos discos foram digitalizadas em um scanner HP Scanjet G2410 com resolução de 1200 dpi (Figura 3 – c). Foi utilizado um *software* de imagens, para datação e mensuração de cada raio dos discos por meio do *software* Cybis CooRecorder, versão 7.8.1 (LARSSON, 2014a) (Apêndice C) e correlações e seleção prévia das amostras para codatação o *software* CDDendro (2014) – Cybis dendro dating program, versão 7.8.1 (LARSSON, 2014b) (Apêndice D). Para a codatação foi utilizado o *software* COFECHA com verificação de intervalos de 20 anos entre os segmentos e defasagem de 10 anos (HOLMES, 1983).

Figura 3 – Etapas para o trabalho de dendrocronologia das amostras, (a) equipamentos e materiais utilizados para o polimento (b) visualização e marcação dos anéis de crescimento e (c) digitalização das amostras (d) mensuração e datação dos anéis de crescimento realizado pelo *software* CooRecorder.



Fonte: O Autor (2019).

Anteriormente a construção da mestra foram verificadas as melhores combinações de correlação na mesma árvore e entre árvores no *software* CDDendro (2014) – Cybis dendro dating program, versão 7.8.1 (LARSSON, 2014b) (Apêndice D). Para construir a curva mestra foi necessário utilizar oito segmentos (raios), de três árvores. O período de análise das amostras de araucária pelo COFECHA foi entre 1931 a 2015, pois foi o último em que as árvores tiveram o ciclo completo de crescimento.

O *software* ARSTAN V6.05P (COOK; HOLMES, 1984; HOLMES, 1997) foi utilizado para a padronização das séries de crescimento, inclusive foi útil para obter uma cronologia de padrão médio e comparar com as outras amostras do presente estudo. O padrão médio gerado pode ter variação maior ou menor do que a taxa de crescimento entre as amostras. O *software* ajusta-se a uma curva que faz a divisão da largura do anel de crescimento pela curva modelada por meio disto gera-se um índice de crescimento para cada ano e por fim calcula-se a média de todas as séries ordenadas com a finalidade de obter-se a cronologia de padrão médio (CATTANEO *et al.*, 2013).

As larguras dos anéis de crescimento foram correlacionadas com as informações climáticas de temperatura e precipitação (com dados climáticos do período de 1931 a 2015) obtidas de um banco de dados do KNMI Climate Explore (2019) (Apêndice E, F). Realizou-se a verificação do incremento médio (cm ano^{-1}) a partir das mensurações da largura dos anéis de crescimento a cada ano, durante o crescimento das árvores até o ano de 2015.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As araucárias do presente estudo possuíam um diâmetro médio de $35,9 \pm 8,2$ cm, e uma altura média de $14,7 \pm 2,2$ m. O período verificado para as árvores foi de 1931 a 2015, com a datação foi possível verificar que as árvores tinham entre 32 a 84 anos. (Tabela 1). Nesta amplitude de idades encontrada para as árvores demonstra que a área vem passando por uma regeneração natural visto que não se tinha indivíduos com idades mais elevadas. Conforme a amplitude de idade do fragmento pode indicar que o mesmo está passando por uma regeneração natural, devido ao ciclo madeireiro sucedido na região durante a década de 1960 a 1985 (VIBRANS *et al.* 2013).

Constatou-se por meio dos anéis de crescimento que ocorrem certas variações de idades dentro da mesma árvore (Tabela 1), podendo ser causadas por efeitos climáticos, condições de solo (rasos ou com laje de pedra), topografia e copas assimétricas, que ocasionaram em irregularidades e deformidades dos anéis de crescimento tal como anéis descontínuos e micro anéis, estas circunstâncias eram verificadas durante as datações nas posições próximas a casca e porção próxima da medula (Apêndice A).

Em trabalhos com dendrocronologia um dos maiores problemas detectados é a presença de anéis de crescimento com má formação. Em *A. angustifolia* frequentemente pode se visualizar a presença de anéis falsos ou com certa descontinuidade. A má formação dos anéis está ligada a distúrbios ambientais, que influenciam na atividade cambial da árvore (ZANON, 2007).

Tabela 1 – Informações dendrométricas para a *A. angustifolia* obtidas em Curitiba-SC, próximo a BR 470.

Amostras CBS 02	Período	Diâmetro médio (cm)	h (m)	Número de anéis	Média de idade (anos)
02 A	1931-2015	48,0	16,0	84	–
02 B	1932-2015	48,0	16,0	83	–
02 C	1933-2015	48,0	16,0	82	–
02 D	1931-2015	48,0	16,0	84	83
03 A	1983-2015	42,5	18,0	32	–
03 B	1983-2015	42,5	18,0	32	–
03 C	1983-2015	42,5	18,0	32	–
03 D	1983-2015	42,5	18,0	32	32
05 A	1962-2015	32,8	13,8	53	–
05 B	1962-2015	32,8	13,8	53	–

Continua...

Continuação.

Amostras CBS 02	Período	Diâmetro médio (cm)	h (m)	Número de anéis	Média de idade (anos)
05 C	1962-2015	32,8	13,8	53	–
05 D	1962-2015	32,8	13,8	53	53
11 A	1955-2015	35,4	12,8	60	–
11 B	1954-2015	35,4	12,8	61	–
11 C	1955-2015	35,4	12,8	60	–
11 D	1955-2015	35,4	12,8	60	60
13 A	1978-2015	25,0	12,0	37	–
13 B	1977-2015	25,0	12,0	38	–
13 C	1976-2015	25,0	12,0	39	–
13 D	1974-2015	25,0	12,0	41	39
18 A	1963-2015	31,8	15,5	52	–
18 B	1959-2015	31,8	15,5	56	–
18 C	1973-2015	31,8	15,5	42	–
18 D	1959-2015	31,8	15,5	56	52

Em que: A: raio 1, B: raio 2, C : raio 3, D: raio 4

Fonte: O Autor (2019).

A curva mestra foi construída com oito segmentos (raios) oriundos de três árvores, onde uma árvore contribuiu com um segmento, outra árvore com quatro segmentos e uma última com três segmentos (Tabela 2).

Tabela 2 – Mestra obtida das amostras com melhores correlações.

Amostras CBS 02 intervalo de tempo	Correlações conforme os intervalos de anos				
	1960 - 1979	1970 - 1989	1980 - 1999	1990 - 2009	2000 - 2015
02 D 1931 - 2015	0,30	0,08	0,16	0,78	0,72
03 A 1983 - 2015			0,64	0,29	0,53
03 B 1983 - 2015			0,84	0,80	0,55
03 C 1983 - 2015			0,80	0,79	0,77
03 D 1983 - 2015			0,67	0,53	0,50
05 A 1962 - 2015	0,80	0,74	0,71	0,62	0,60
05 B 1961 - 2015	0,73	0,67	0,35	0,37	0,56
05 D 1962 - 2015	0,75	0,65	0,49	0,66	0,65
Média das correlações	0,65	0,54	0,58	0,60	0,61

Fonte: O Autor (2019).

Foi obtido um valor de intercorrelação para as oito séries de crescimento das três árvores de 0,586, sendo maior que o valor crítico 0,516 ($p < 0,01$), o que significa que ocorre correlação de forma positiva e significativa nas séries. Stepka (2012) por meio de seus estudos

em Irati, Paraná, obteve valores de intercorrelação de 0,33 e 0,57 e uma média 0,452 para *A. angustifolia*, valores semelhantes ao deste trabalho.

Encontrou-se um valor de correlação para sensibilidade média de 0,302 para as amostras estudadas, a sensibilidade média analisa as variações na largura de um anel para outro anel e torna possível analisar variações climáticas entre estes.

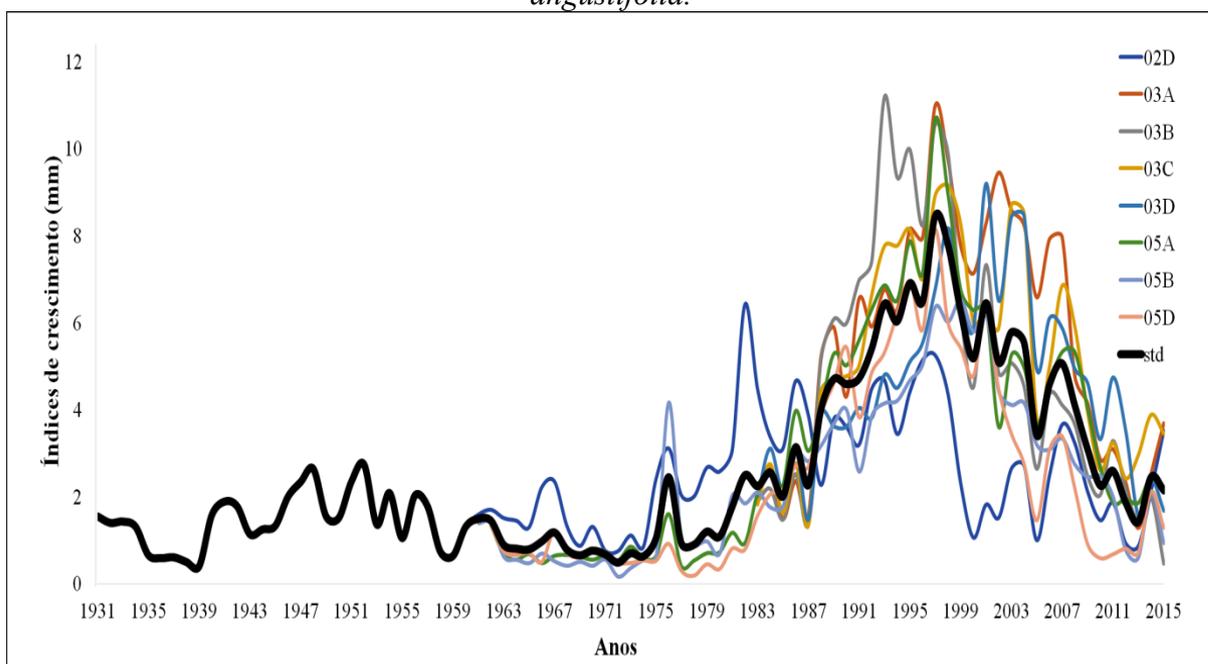
Todas as amostras foram sincronizadas pelo COFECHA, com isso permitiu verificar as que apresentaram melhores desempenhos. As quatro amostras CBS 02 - 02 A, 02 B, 02 C, 02 D; 03 A, 03 B, 03 C, 03 D, 05 A, 05 B, 05 D, 11 A, 11 B, do total de seis estudadas, foram as que apresentaram os melhores resultados de correlação após serem ajustadas. Das quatro amostras que tiveram melhores desempenhos três fazem parte da mestra, o que evidencia o potencial dendrocronológico destas amostras. Os demais segmentos mesmo sendo ajustados ao máximo e corrigindo possíveis erros de datação não exibiram correlações positivas e caso fossem forçados à melhoria de sua correlação acabavam prejudicando o desempenho das outras amostras.

Visando averiguar o padrão de crescimento das árvores foi preciso utilizar índices provenientes do *software* ARSTAN, como resultado foram obtidos padrões em forma de gráficos que possuíam relação com as amostras estudadas, através disso gerou-se um padrão médio (Figura 4).

Com relação ao índice de crescimento referente aos oito segmentos (raios) condizente das três amostras (CBS 02 - 02, 03, 05) é possível observar picos de elevado e baixo crescimento entre as árvores conforme os períodos. No início da década de 80 as árvores tiveram uma liberação do crescimento e nos anos subsequentes ocorreram os maiores picos de crescimento entre as décadas de 1993 e 1997 para as amostras CBS 02 - 03 e 05 (Figura 4). Esse aumento pode indicar que área passou por alguns eventos que colaboraram na liberação do crescimento das árvores, podendo ser por motivos de supressão das árvores que competiam com estas ou queda de árvores por fenômenos naturais como vendaval ou tempestades com ventos extremos no local. Analisando de forma geral todas as árvores, ocorreu um crescimento médio 3,4 mm/ano, valor superior ao padrão médio estandardizado (std) de 2,5 mm/ano representado pela linha mais escura na Figura 4.

Figueiredo Filho et al (2017) estudando cinco espécies, *Araucaria angustifolia*, *Ilex paraguariensis*, *Ocotea puberula*, *Clethra scabra*, *Cedrela fissilis*, verificaram que ocorreram os maiores crescimento para *A. angustifolia*, entre 1991 e 2000, com índices de crescimento de 3,4 e 4,4 mm. O período de maior crescimento para as araucárias encontradas pelos autores mencionados foi semelhante ao encontrado para este estudo entre as décadas de 1990 e 2000.

Figura 4 – Índices de crescimento obtido pelo *software* ARSTAN para as amostras de *A. angustifolia*.



Fonte: O Autor (2019).

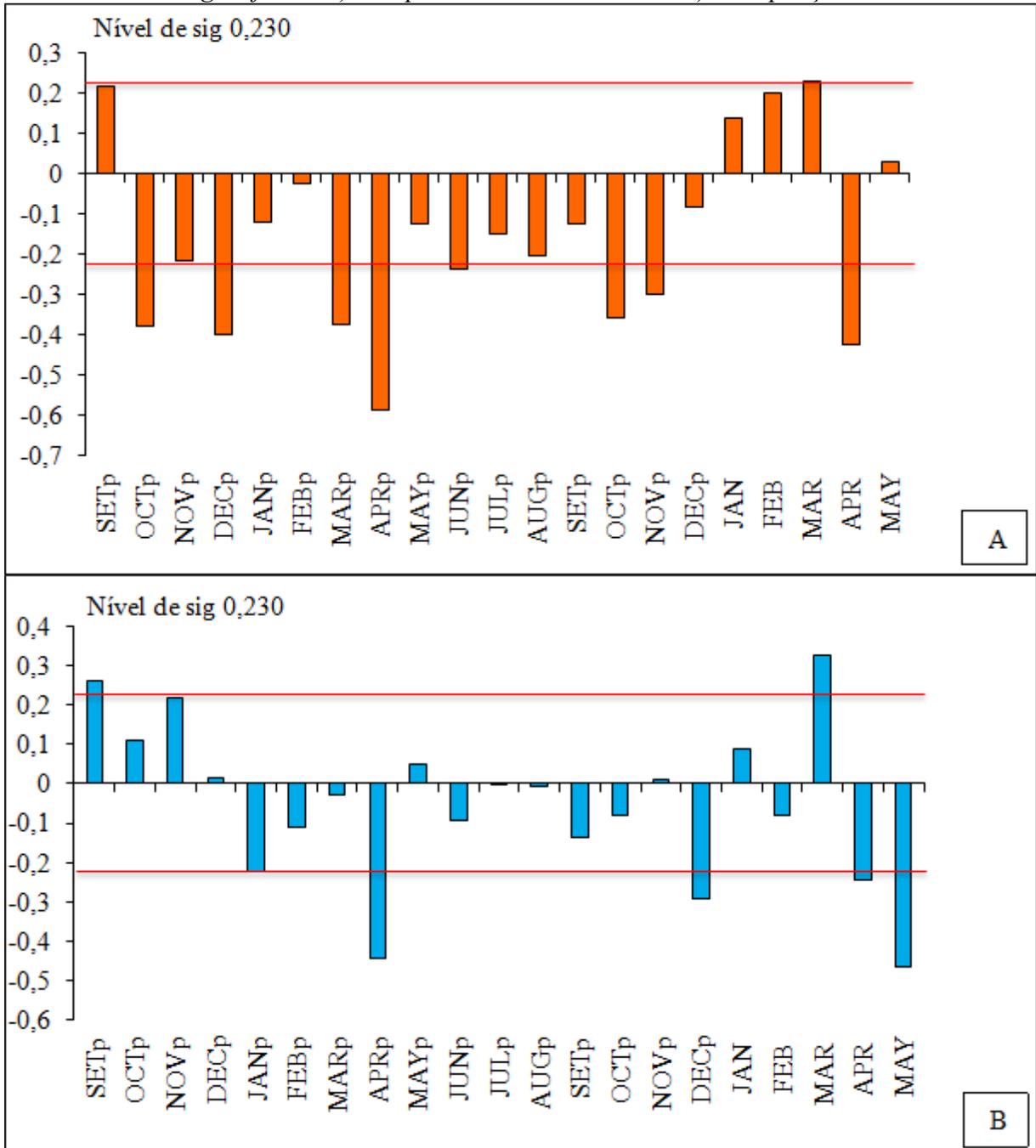
Teve efeito significativo positivo e negativo para variável temperatura média mensal no crescimento radial detectado nas cronologias de anéis de crescimento das árvores (Figura 5 – A). Houve efeito significativo da temperatura média mensal de forma positiva no mês de março influenciando o crescimento da *A. angustifolia* com aumento da temperatura, inversamente diminuição do crescimento com diminuição da temperatura em diversos meses conforme a Figura 5 – A.

Em relação à precipitação média mensal as árvores apresentaram efeito de forma significativa no crescimento nos meses de março e setembro (Figura 5 – B). Kohler *et al.* (2009) obtiveram correlação da precipitação anual de 0,24 referente ao crescimento em diâmetro da *A. angustifolia*, valor próximo ao encontrado neste estudo. Zanon e Finger (2010) ressaltam que quando se tem precipitação combinada a temperaturas baixas resulta em uma redução do crescimento diamétrico da *A. angustifolia*.

Scipioni *et al.* (2019) não obtiveram efeito significativo da precipitação média mensal no crescimento radial nas cronologias de anéis de crescimento para araucária em Curitiba, diferente do que foi encontrado neste trabalho. Os autores justificam a inexistência do efeito da precipitação por ser bem distribuída durante o ano na região. Oliveira *et al.* (2009) obtiveram correlações significativas entre a temperatura e o crescimento da *A. angustifolia*, mas para a precipitação também não foi significativa. O relevo dissecado nesse trabalho pode ser a razão

da precipitação ter valores significativos de crescimento em diferentes meses, de forma positiva e negativa.

Figura 5 – Associação entre clima e crescimento para as cronologias padronizadas de anéis de árvores de *A. angustifolia*. A) Temperatura média mensal e B) Precipitação média mensal.



Fonte: O Autor (2019).

Os maiores incrementos médios entre as árvores analisadas se resultaram para a amostra CBS 02 - 03 durante período de 1983 a 2015 e para amostra CBS 02 - 13 no período 1978 a 2015 (Tabela 3). Hess *et al.* (2009) avaliando o crescimento *A. angustifolia* em diâmetro

em três locais no Rio Grande do Sul encontraram $0,98 \text{ cm ano}^{-1}$ de incremento médio, valor superior aos obtidos neste estudo para as amostras CBS 02 - 02, 03, 05, 11, 13, 18 conforme a Tabela 3.

Figueiredo Filho *et al.* (2010) estudando o incremento médio em dez espécies que possuem maiores ocorrências na Floresta Ombrófila Mista na região sul do Brasil, constataram um incremento de $0,45 \text{ cm ano}^{-1}$ para *A. angustifolia*. Valor que foi superior ao obtido para a maioria das amostras deste estudo exceto para a amostra CBS 02 - 03 que teve o maior valor de incremento $0,526 \text{ cm ano}^{-1}$ (Tabela 3). Os baixos valores de incrementos médio encontrados neste trabalho quando comparados com outros podem ser por motivos das árvores terem tido ausência de condução ao longo dos anos, com exceção para a década de 80 em diante, onde o fragmento florestal sofreu cortes seletivos e evidente liberação do crescimento das árvores suprimidas.

Schweingruber *et al.* (2006) abordam que as árvores quanto mais velhas forem, menor a largura da camada de crescimento, desta forma, ocorre uma diminuição no incremento do lenho conforme o aumento da idade. Semelhante o que se verifica para algumas árvores neste estudo, porém algumas mesmo em anos avançados ainda apresentaram valores de incremento superior a árvores mais novas como o caso da amostra CBS 02 - 02 mesmo tendo uma idade superior aos 80 anos teve maior incremento que a amostra CBS 02 - 18 que possui idade acima de 40 anos, algumas circunstâncias como condições favoráveis (posição sociológica/solos) podem ter influenciado no incremento entre as árvores.

Tabela 3 – Incremento médio conforme o ano de início de crescimento de cada árvore até o ano de 2015.

Amostras CBS 02	02	03	05	11	13	18
Incremento médio (cm ano⁻¹)	0,208	0,526	0,251	0,206	0,281	0,174
Média de idade	83	32	53	60	39	52

Fonte: O Autor (2019).

5 CONCLUSÃO

Constatou-se a partir da datação dos anéis de crescimento que as idades das árvores variaram entre 32 a 84 anos. Esta amplitude de idades de árvores jovens pode indicar que o local passava por processo de regeneração natural, devido à extração de araucárias no passado.

Houve intercorrelação de forma positiva entre as oito séries de crescimento estudadas, estando acima do nível crítico, significando semelhanças nos padrões de idade e crescimento entre as amostras.

Os maiores picos de crescimento ocorreram entre 1993 a 1997 para as amostras CBS 02 - 03 e CBS 02 - 05. A amostra CBS 02 - 03 com 32 anos foi a que apresentou maior valor de incremento médio anual, sucedida pela amostra CBS 02 - 13 com 39 anos. A amostra CBS 02 - 03 mesmo sendo a árvore mais jovem foi a que obteve a maior altura indicando ser uma árvore dominante.

Obteve-se efeito significativo positivo da temperatura média mensal no mês de março e precipitação média mensal em setembro e março influenciando no crescimento das árvores estudadas.

Novos estudos podem ser feitos para verificar as correlações de idades entre árvores a fim de encontrar padrões de crescimento e a existência de influências climáticas.

REFERÊNCIAS

- BOTOSSO, P. C. **Identificação Macroscópica de Madeiras**. Embrapa Florestas. Colombo, PR, 2011. 66 p.
- BOTOSSO, P. C.; MATTOS, P. P. de. **Conhecer a idade das árvores: importância e aplicação**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 25 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 75).
- BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. **Journal of Ecology**, Londres, v. 94, n. 2, p. 481-493, 2006.
- CATTANEO, N. *et al.* Sex-related, growth–climate association of *Araucaria angustifolia* in the neotropical ombrophilous woodlands of Argentina. **Dendrochronologia**, vol. 31, 147-152, 2013.
- COOK, E. R., HOLMES, R. L., 1984. Program ARSTAN Users Manual. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, pp. 15.
- ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**. Comunicações Técnicas Florestais. Brasília, v. 7, n. 1, p. 1 – 43, 2005.
- EPAGRI. Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina. *In: Caracterização Regional*. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional – **SDR Curitiba**. p.34, 2003.
- FIGUEIREDO FILHO, A. *et al.* Crescimento e Idade de Espécies Nativas Regenerantes Sob Plantio de *Araucaria angustifolia* no Paraná. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, n. 1, p.1-9, 2017.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 763-776, 2010.
- FRITTS, H. C. **Tree Rings and Climate**. London: Academic Press, 1976. 567 p.
- GONÇALVES, G. V. Dendrocronologia no Alto de S. Bento, em Évora: curva de calibração para datações no âmbito da arqueologia. *In: Boletim Cultural “A Cidade de Évora”*, n. 7. 2007-2008. 19 p.
- HESS, A. F.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento em diâmetro de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze em função da idade, em três regiões do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.19, n.1, p.7-22, 2009.
- HIGUCHI, N. *et al.* Uso de bandas metálicas e dendrômetros automáticos para a definição do padrão de crescimento individual das principais espécies arbóreas da floresta primária da região de Manaus, Amazonas, Brasil. *In: Projeto Jacarandá Fase II: Pesquisas Florestais na Amazônia Central*, Manaus: INPE, p. 55-68, 2003.

HOLMES L. R. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. **Tree-ring Bull.** v. 43, p. 69-78, 1983.

HOLMES, R. L. **Dendrochronology Program Library**. Available from the Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, USA. p. 40-74, 1997

KAENNEL, M.; SCHWEINGRUBER, F. H. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL/FNP (eds);: **Multilingual glossary of dendrochronology**. Berne, Haupt., 1995. p. 467.

KNMI Climate Explore. **European Climate Assessment & Data**. Disponível em: <https://climexp.knmi.nl/start.cgi>. Acesso em: 18 out. 2019.

KOHLER, S. V.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FELDE, J. L.; DIAS, A. N. Crescimento e produção em plantios de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no centro-sul do Paraná. *In: Anais do XVIII Encontro anual de iniciação científica* – 30 de setembro a 02 de outubro de 2009.

LARSSON, Lars-Ake. Cybis CooRecord. Saltsjobaden: Cybis Elektronik & Data AB. Disponível em: www.cybis.se, 2014a. Acesso em: 18 out. 2019.

LARSSON, Lars-Ake. **Cybis dendro dating program**. Saltsjobaden: Cybis Elektronik & Data AB. Disponível em: www.cybis.se, 2014b. Acesso em: 18 out. 2019.

MATTOS, P. P. *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, 2010.

OLIVEIRA, J. M. **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze**: Bases de dendroecologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil. 139 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2007.

OLIVEIRA, J. M. *et al.* Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, [S. l.], n. 23, p. 107-115, 2009.

OLIVEIRA, J. M.; ROING, F. A.; PILLAR, V. D. Climatic signals in tree-rings of *Araucaria angustifolia* in southern Brazilian highlands. **Austral Ecology**, [S. l.], v. 35, n. 2, p. 134-147, 2010.

PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. F.; ABREU, H. S. Métodos e técnicas de diagnose de identificar anéis de crescimento de árvores tropicais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 9, n. 1, p. 165-167, 2002.

SCHWEINGRUBER, F. H.; BÖRNER, A.; SCHULZE, E.-D. **Atlas of woody plant stems**: evolution, structure, and environmental modifications. Alemanha: Springer, p.229, 2006.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree Rings - basics and applications of dendrochronology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.276, 1988.

SCHWEINGRUBER F. H. **Tree Rings and Environment - Dendroecology**. Hall Haupt Publishers, Berne and Stuttgart, p.609, 1996.

SCIPIONI, M. C.; FONTANA C.; ALVES, F.R.; PINHO, L.C. Potencial de estudos dendroclimáticos de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze em um fragmento florestal no estado de Santa Catarina, Brasil. *In: Anais V Semana Acadêmica Florestal 2019* - 09 de setembro a 13 de setembro de 2019.

SIEGLOCH, A. M.; MARCHIORI, J. N. C. Anatomia da madeira de treze espécies de coníferas. **Revista Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 6, n. 3, p. 149-165, 2015.

STEPKA. **Modelagem do crescimento e dendrocronologia em árvores nativas de *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ocotea porosa* no sul do Brasil**. 2012. 186 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais. *In: MAIA, N.B.; MARTOS, H.L.; BARRELLA, W. Indicadores ambientais: conceitos e aplicações*. São Paulo - SP, 2001, p. 117-143.

VIBRANS, A. C. *et al.* **Inventário Florestal Florístico de Santa Catarina: Floresta Ombrófila Mista**, vol.3. Blumenau: Editora FURB, 2013. 440p.

WEHR, N. J.; TOMAZELLO-FILHO, M. Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, através da microdensitometria de raios X. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, [S. n.], v. 58, p. 161-170, 2000.

WENDLING, I.; ZANETTE, F. (Ed.). **Araucária: particularidades, propagação e manejo de plantios**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 159 p.

ZANON, M. L. B. **Crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze diferenciado por dioécia**. 2012. 110 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Curitiba, 2007.

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

APÊNDICE A – Anéis de crescimento adensados

Figura 6 – Anéis de crescimento adensados na região próxima da medula e da casca.



Fonte: O Autor (2019).

APÊNDICE B – Segmentos das árvores

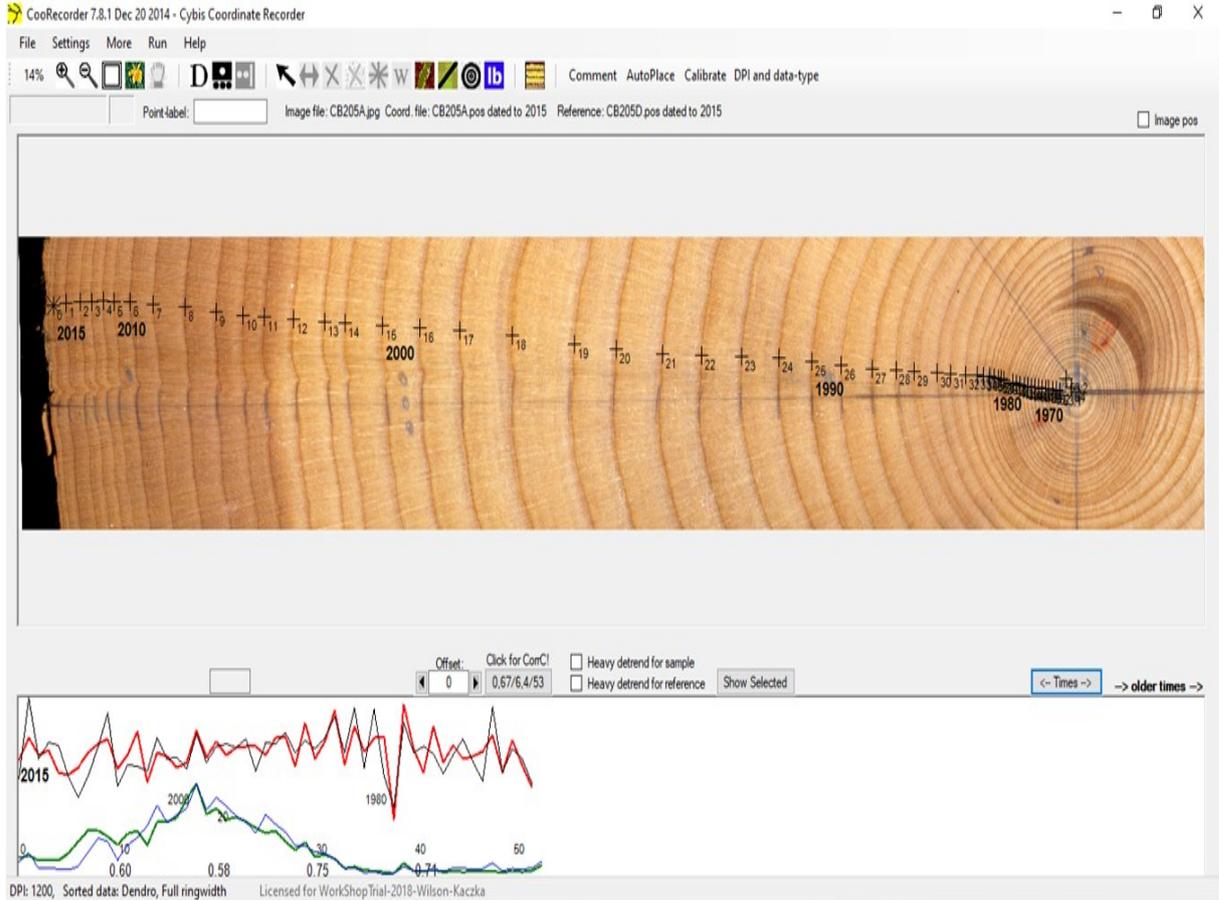
Figura 7 – Segmentos das seis árvores datadas evidenciando as diferenças de anéis na mesma árvore e entre árvores.



Fonte: O Autor (2019).

APÊNDICE C – *Software* para datação

Figura 8 – *Software* CooRecorder utilizado para datação e mensuração de anéis de crescimento.



Fonte: O Autor (2019).

APÊNDICE D – *Software* para verificar correlações

Figura 9 – Correlações obtidas para as amostras a partir do *software* CDendro.

	Rest	03D	03B	03C	03A	02A	05A	02D	205B
	CorrTTest Olap	CorrTTest Olap	CorrTTest Olap	CorrTTest Olap					
		0,45 2,7 32	0,35 2,1 32	0,35 2,0 32	0,30 1,8 32	0,26 2,2 72	* 0,15 1,1 53	0,34 3,0 72	* 0,16 1,1
03D	0,45 2,7 32		0,85 8,9 32	0,76 6,4 32	0,76 6,5 32	0,45 2,7 32	0,57 3,8 32	0,34 2,0 32	0,43 2,6
03B	0,35 2,1 32	0,85 8,9 32		0,75 6,2 32	0,61 4,2 32	0,38 2,3 32	0,59 4,0 32	0,33 1,9 32	0,51 3,2
03C	0,35 2,0 32	0,76 6,4 32	0,75 6,2 32		0,68 5,0 32	0,35 2,1 32	0,68 5,0 32	0,45 2,8 32	0,36 2,1
03A	0,30 1,8 32	0,76 6,5 32	0,61 4,2 32	0,68 5,0 32		0,26 1,5 32	0,51 3,3 32	0,32 1,8 32	0,30 1,7
02A	0,26 2,2 72	0,45 2,7 32	0,38 2,3 32	0,35 2,1 32	0,26 1,5 32		* 0,13 0,9 53	0,68 7,8 72	0,27 2,0
05A*	0,15 1,1 53	0,57 3,8 32	0,59 4,0 32	0,68 5,0 32	0,51 3,3 32	* 0,13 0,9 53		0,29 2,2 53	0,59 5,2
02D	0,34 3,0 72	0,34 2,0 32	0,33 1,9 32	0,45 2,8 32	0,32 1,8 32	0,68 7,8 72	0,29 2,2 53		0,33 2,6
05B*	0,16 1,1 54	0,43 2,6 32	0,51 3,2 32	0,36 2,1 32	0,30 1,7 32	0,27 2,0 54	0,59 5,2 53	0,33 2,6 54	
11A*	0,06 0,5 60	0,36 2,1 32	0,23 1,3 32	0,28 1,6 32	0,50 3,2 32	* 0,10 0,7 60	* 0,17 1,2 53	0,35 2,8 60	* 0,06 0,4
05D	0,39 3,0 53	0,50 3,2 32	0,62 4,3 32	0,55 3,6 32	0,44 2,7 32	0,27 2,0 53	0,34 2,6 53	0,23 1,7 53	0,26 1,9
11C*	0,11 0,9 60	0,42 2,5 32	0,33 1,9 32	0,26 1,5 32	0,31 1,8 32	* 0,05 0,4 60	* 0,18 1,3 53	0,37 3,0 60	* 0,15 1,1
11B	0,36 3,0 61	0,52 3,4 32	0,50 3,2 32	0,28 1,6 32	0,25 1,4 32	0,38 3,1 61	* 0,09 0,6 53	0,24 1,9 61	0,20 1,5
05C	0,30 2,2 53	0,22 1,2 32	0,29 1,7 32	0,12 0,7 32	0,07 0,4 32	0,36 2,8 53	* 0,09 0,6 53	* 0,16 1,1 53	0,44 3,5
13D	0,41 2,8 41	0,26 1,5 32	0,15 0,8 32	0,09 0,5 32	0,16 0,9 32	0,35 2,3 41	0,24 1,6 41	0,31 2,0 41	0,23 1,5
02C*	0,10 0,9 72	0,11 0,6 32	0,20 1,1 32	0,18 1,0 32	0,19 1,1 32	0,40 3,7 72	* 0,09 0,6 53	0,33 2,9 72	* 0,16 1,2
13A	0,14 0,8 37	0,23 1,3 32	0,16 0,9 32	0,13 0,7 32	-0,02 -0,1 32	0,35 2,2 37	-0,19 -1,1 37	0,17 1,0 37	-0,09 -0,5
13B*	0,19 1,6 72	0,22 1,3 32	0,13 0,7 32	0,35 2,0 32	0,26 1,4 32	* 0,12 1,0 72	* -0,13 -0,9 53	* 0,19 1,7 72	* 0,07 0,5
13C	-0,08 -0,5 39	0,13 0,7 32	0,06 0,4 32	0,04 0,2 32	-0,01 -0,1 32	-0,02 -0,1 39	-0,12 -0,8 39	-0,18 -1,1 39	0,00 0,0
18A*	0,05 0,3 52	-0,05 -0,3 32	-0,11 -0,6 32	-0,10 -0,6 32	-0,09 -0,5 32	* 0,00 0,0 52	* 0,19 1,4 52	* 0,08 0,6 52	* 0,19 1,3
18D*	-0,03 -0,3 56	-0,02 -0,1 32	-0,09 -0,5 32	-0,17 -0,9 32	-0,06 -0,3 32	* 0,16 1,2 56	* -0,02 -0,2 53	* -0,02 -0,1 56	* -0,07 -0,5
18B*	-0,16 -1,2 56	-0,20 -1,1 32	-0,18 -1,0 32	0,12 0,6 32	-0,10 -0,6 32	* -0,18 -1,4 56	* -0,08 -0,5 53	* -0,12 -0,9 56	* -0,15 -1,1
11D*	-0,18 -1,4 60	-0,24 -1,4 32	-0,32 -1,9 32	-0,35 -2,1 32	-0,34 -2,0 32	* 0,04 0,3 60	* -0,20 -1,4 53	* -0,05 -0,4 60	* -0,37 -2,9
02B*	0,00 0,0 72	-0,08 -0,4 32	-0,18 -1,0 32	-0,13 -0,7 32	-0,16 -0,9 32	* -0,01 -0,1 72	* -0,15 -1,1 53	* -0,15 -1,2 72	* -0,07 -0,5
18C*	-0,47 -3,3 42	-0,47 -2,9 32	-0,46 -2,9 32	-0,37 -2,2 32	-0,18 -1,0 32	* -0,36 -2,5 42	* -0,37 -2,5 42	* -0,29 -2,0 42	* -0,44 -3,1

Fonte: O Autor (2019).

APÊNDICE E – Temperatura média mensal

Tabela 4 – Temperatura média mensal (°C) durante o período de 1931 a 2015 dados obtidos KNMI Climate Explore (2019).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	22	22	21	18	14	12	14	14	14	18	18	22
1932	22	23	22	19	14	13	16	13	16	18	20	21
1933	22	23	21	18	16	13	11	15	16	18	19	21
1934	22	21	22	17	16	15	13	14	16	17	20	21
1935	22	22	22	17	14	15	14	14	15	17	19	21
1936	22	21	21	18	18	15	13	13	16	18	19	21
1937	21	22	21	17	14	15	13	16	16	16	18	20
1938	22	21	21	17	15	14	13	14	16	17	19	21
1939	23	22	21	17	16	15	12	16	15	18	18	20
1940	21	21	21	19	17	15	16	14	16	16	19	23
1941	23	22	20	20	16	13	14	16	13	18	19	21
1942	22	23	21	18	14	12	11	15	16	18	21	21
1943	23	23	22	17	17	14	14	12	16	19	20	21
1944	23	23	21	18	16	15	14	17	18	20	19	23
1945	23	24	21	19	15	12	14	17	16	20	20	21
1946	21	23	21	17	16	13	12	16	18	18	21	20
1947	22	23	21	18	16	16	12	14	16	16	19	21
1948	23	22	20	18	15	15	14	13	17	17	19	22
1949	22	22	22	17	15	15	14	15	16	16	20	22
1950	21	22	21	19	17	15	13	16	16	17	19	21
1951	22	21	20	16	16	14	14	14	17	18	20	21
1952	23	23	22	16	17	12	14	16	15	18	20	21
1953	23	22	23	17	17	14	11	17	18	18	20	22
1954	23	23	21	19	15	15	13	16	17	17	21	21
1955	23	24	21	18	15	14	11	14	17	16	20	22
1956	23	22	21	17	13	12	12	14	17	18	19	21
1957	23	21	22	18	17	14	12	15	15	19	20	22
1958	24	23	21	18	15	15	16	14	16	18	20	21
1959	23	23	21	20	16	14	16	14	17	19	20	21
1960	23	22	21	18	13	14	14	15	17	19	20	22
1961	23	23	21	18	16	14	15	17	17	20	21	22
1962	22	21	21	18	14	13	11	14	17	16	20	22
1963	23	23	22	19	16	14	15	16	18	19	20	21
1964	23	22	21	19	16	12	12	15	16	17	19	20
1965	22	22	19	18	15	16	13	15	17	18	20	21
1966	22	22	21	19	16	15	15	13	15	18	20	22
1967	21	22	20	19	18	13	14	17	17	20	19	21
1968	22	22	21	16	13	14	14	15	15	18	21	22
1969	22	23	21	18	16	14	14	14	17	17	20	21
1970	22	22	22	19	17	14	13	14	16	18	18	21
1971	22	22	21	17	14	12	13	15	17	17	19	21
1972	22	21	21	17	17	16	13	14	17	17	19	21

Continua...

Continuação...

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1973	23	23	21	20	16	15	14	13	15	18	18	21
1974	22	22	21	18	16	12	15	14	16	17	19	20
1975	21	23	21	18	15	14	12	15	17	17	19	21
1976	22	22	20	17	15	13	13	14	15	17	20	21
1977	22	24	22	18	16	15	17	15	18	20	20	21
1978	23	22	22	17	14	14	15	14	16	19	20	22
1979	22	23	20	17	14	12	13	16	15	19	19	21
1980	22	22	23	20	17	13	13	15	14	18	19	22
1981	22	23	21	18	18	13	13	15	16	17	21	21
1982	22	22	21	18	16	15	15	16	17	18	19	21
1983	23	23	20	19	17	12	14	15	14	18	20	22
1984	24	24	21	18	17	14	14	13	16	20	20	20
1985	22	23	22	19	16	14	14	15	17	19	21	23
1986	24	23	21	19	16	15	14	16	16	18	21	22
1987	23	22	21	19	14	12	16	14	15	18	20	21
1988	23	21	23	18	14	12	12	15	17	17	20	22
1989	22	22	21	19	15	14	12	15	15	17	20	22
1990	22	23	22	20	15	12	11	14	15	20	22	21
1991	22	22	21	19	17	15	13	15	17	19	20	22
1992	22	23	21	18	16	16	11	13	16	18	19	22
1993	23	22	22	20	16	14	13	14	15	19	20	22
1994	22	23	21	19	18	15	14	15	17	19	19	23
1995	23	22	21	19	15	15	16	16	17	17	21	22
1996	23	23	21	19	16	12	12	16	16	18	20	22
1997	23	23	21	18	16	14	16	16	18	18	21	23
1998	23	23	21	19	16	14	15	16	16	19	20	22
1999	23	23	23	18	15	13	14	15	17	18	19	22
2000	23	22	21	19	15	15	11	15	16	20	20	22
2001	23	24	23	20	15	15	15	17	17	19	21	21
2002	23	22	24	20	18	15	15	16	16	21	21	22
2003	23	24	22	19	16	16	14	14	17	19	20	21
2004	23	22	22	20	14	15	14	15	18	18	20	21
2005	23	23	22	20	18	16	14	16	15	19	20	22
2006	24	23	22	19	14	15	16	16	16	20	20	23
2007	23	23	23	20	14	15	12	14	19	20	20	22
2008	22	22	22	18	15	13	16	16	15	19	20	22
2009	22	23	23	20	17	13	12	16	17	19	22	22
2010	23	24	22	19	15	15	14	14	17	18	20	22
2011	24	24	21	19	16	13	14	15	17	19	20	22
2012	23	24	22	19	17	14	13	17	18	20	21	23
2013	22	23	21	19	16	15	14	14	17	19	21	23
2014	24	24	22	19	16	15	15	16	18	21	21	22
2015	24	23	22	20	17	16	15	17	18	19	20	22
Média	22	23	21	18	16	14	14	15	16	18	20	22

Fonte: O Autor (2019).

APÊNDICE F – Precipitação média mensal

Tabela 5 – Precipitação média mensal (mm) durante o período de 1931 a 2015, dados obtidos KNMI Climate Explore (2019).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1931	148	165	111	126	145	166	140	100	195	114	116	163
1932	113	215	140	148	154	85	50	173	137	168	178	164
1933	110	197	95	110	79	70	89	69	138	164	94	67
1934	178	238	77	90	103	77	122	101	128	162	120	236
1935	101	119	197	74	62	86	181	167	304	287	88	143
1936	178	95	127	70	99	67	74	305	217	134	148	125
1937	167	111	152	107	118	63	81	146	136	215	192	95
1938	185	147	91	138	193	134	117	150	141	196	108	181
1939	172	205	116	97	160	92	76	109	159	92	205	152
1940	166	124	109	81	98	67	78	178	102	129	98	157
1941	142	194	138	70	173	69	100	180	204	131	168	164
1942	172	154	106	85	77	128	151	68	134	91	86	133
1943	189	166	105	57	90	101	90	129	137	181	89	145
1944	204	191	131	86	72	83	67	106	83	132	176	98
1945	136	209	132	83	83	148	154	70	133	169	78	133
1946	201	169	137	60	101	105	178	155	111	193	117	181
1947	182	294	79	71	121	100	131	127	252	135	91	182
1948	185	199	133	92	129	47	167	181	102	158	77	89
1949	152	112	205	118	66	102	82	136	115	112	89	176
1950	158	176	194	83	105	87	93	66	146	169	139	202
1951	196	214	133	65	43	76	29	31	79	272	162	98
1952	131	107	109	26	77	180	86	36	164	207	139	122
1953	189	145	151	96	119	53	98	103	165	225	92	153
1954	228	181	144	140	212	167	174	53	216	196	39	166
1955	128	119	155	143	154	171	218	109	88	83	85	137
1956	188	113	121	165	140	99	105	101	105	109	26	129
1957	197	138	121	152	56	150	248	229	285	160	93	147
1958	152	148	128	78	106	98	103	119	182	142	158	141
1959	163	205	108	177	120	75	45	131	119	136	73	122
1960	134	190	83	100	126	117	86	208	131	166	122	113
1961	150	212	181	160	89	129	58	64	276	187	158	131
1962	102	157	158	89	111	41	101	77	141	150	72	69
1963	261	130	178	39	55	51	46	92	157	226	211	139
1964	53	170	110	110	71	136	113	144	137	122	89	140
1965	126	158	93	170	142	65	202	179	187	183	137	255
1966	144	279	116	109	69	166	93	150	136	249	71	243
1967	180	187	165	40	58	142	139	122	158	124	139	125
1968	169	87	139	97	34	58	67	60	117	172	122	157
1969	172	177	120	139	133	160	92	65	135	124	214	136
1970	130	161	152	60	147	220	125	99	131	143	58	281
1971	182	161	167	142	159	151	130	103	123	96	63	114

Continua...

Continuação...

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1972	203	289	154	103	49	185	170	302	247	167	159	143
1973	207	135	113	111	187	166	237	263	174	137	96	174
1974	165	169	151	54	89	153	97	115	71	123	118	157
1975	149	173	160	71	80	102	92	169	204	171	181	206
1976	173	126	148	79	213	93	145	160	117	147	163	176
1977	193	189	174	72	44	110	117	176	128	185	170	144
1978	109	71	197	11	73	63	141	96	130	120	157	128
1979	56	174	85	118	216	34	110	116	156	277	145	196
1980	158	172	158	76	123	76	169	150	146	181	118	236
1981	130	133	91	124	73	84	55	78	98	159	136	185
1982	58	201	130	42	104	230	169	127	58	244	275	141
1983	187	207	165	164	343	184	244	77	234	143	121	191
1984	150	84	124	127	144	158	110	276	155	100	213	129
1985	86	217	127	149	90	43	91	83	116	90	89	73
1986	144	171	146	143	145	43	58	145	142	151	155	148
1987	136	171	59	132	212	92	116	98	81	135	72	145
1988	145	110	119	143	224	99	17	18	134	153	61	133
1989	292	187	123	116	112	77	174	116	237	129	93	123
1990	255	164	164	203	159	151	202	169	198	207	177	121
1991	152	102	130	90	79	150	71	111	67	176	96	221
1992	152	165	199	73	273	82	217	142	121	100	105	83
1993	230	152	159	90	174	112	222	51	204	174	150	179
1994	141	306	131	122	192	117	133	125	127	213	124	169
1995	292	179	138	165	57	112	116	104	177	187	84	155
1996	204	223	196	66	78	123	105	135	214	162	118	158
1997	236	223	54	73	91	131	146	131	177	237	237	194
1998	166	189	247	186	108	101	162	313	246	192	70	135
1999	215	149	89	109	93	123	199	41	120	213	129	136
2000	163	188	154	72	70	134	113	105	248	210	117	181
2001	180	324	145	159	230	129	174	77	140	238	157	121
2002	171	117	108	140	163	88	157	155	156	241	153	203
2003	161	164	146	95	49	116	109	44	140	163	139	279
2004	210	126	130	111	191	92	150	45	139	185	131	158
2005	168	110	139	165	196	125	107	174	242	256	97	88
2006	172	149	121	51	66	59	69	90	141	99	208	142
2007	167	168	132	102	205	43	198	85	128	165	158	167
2008	196	205	154	211	105	123	50	156	156	311	92	163
2009	185	145	114	53	130	74	197	177	272	170	214	172
2010	249	171	200	185	135	104	159	85	149	154	113	234
2011	247	247	140	109	93	111	183	354	157	175	87	161
2012	208	152	93	130	108	179	170	82	100	160	93	189
2013	105	187	127	119	96	167	164	137	217	130	113	96
2014	179	141	165	104	113	239	106	118	193	166	148	186
2015	176	230	143	105	185	115	237	90	217	308	202	222
Média	169	171	136	107	122	112	127	128	157	170	127	156

Fonte: O Autor (2019).