

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, BIODIVERSIDADE E FLORESTAS
CURSO ENGENHARIA FLORESTAL

Ana Paula de Almeida

**Registro de anomalias de anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze
em Santa Catarina**

Curitibanos

2019

Ana Paula de Almeida

**Registro de anomalias de anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze
em Santa Catarina**

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

Curitibanos

2019

ALMEIDA, ANA PAULA

Registro de anomalias de anéis de crescimento de
Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze em Santa Catarina
: Registro de anomalias de anéis de crescimento de
Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze em Santa Catarina
/ ANA PAULA ALMEIDA ; orientadora, Marcelo Callegari
Scipioni , 2019.

35 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. I. , Marcelo Callegari
Scipioni. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia Florestal. III. Título.

Ana Paula de Almeida

**Registro de anomalias de anéis de crescimento em *Araucaria angustifolia*
(Bertol.) Kuntze em Santa Catarina.**

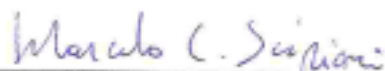
Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de
"Engenheira Florestal" e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia
Florestal.

Curitiba, 12 de novembro 2019.



Prof. Dr. Marcelo Callegari Scipioni
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Marcelo Callegari Scipioni
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Magnos Alan Vivian
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu avô Orlando (*in memoriam*) que foi primordial na construção do meu caráter e sem ele não teria cursado a universidade.

Agradeço minha mãe Luciane por todo apoio, sacrifício, carinho, orações e preocupação. Agradeço aos meus irmãos João Paulo e Isabella, pelo amor e admiração.

Agradeço ao meu amor, por toda ajuda, atenção, persistência, palavras de carinho, incentivo em toda essa minha trajetória. Obrigada amor por sempre acreditar em mim e nunca deixar eu desistir.

Agradeço meu pai, por sempre fazer orações e se preocupar.

Agradeço minha vó Judite, minha tia Rozani e meus tios Jaison e Olandir pelo carinho e compreensão.

Agradeço meu padrasto Ottomar por sempre estar presente, me apoiando e ajudando.

Agradeço em especial minhas duas amigas, Lucí e Hendria, por sempre estarem ao meu lado, por me apoiarem, por não me deixarem desistir, por serem minhas amigas, sem vocês duas com certeza não teria concluído. Obrigada pelos momentos bons e ruins compartilhados!

Agradeço meu professor Dr. Marcelo Callegari Scipioni, por me apoiar, por repassar conhecimento, pela atenção e paciência.

RESUMO

Ao decorrer da vida de uma planta, vários são os processos que podem afetar seu crescimento como a disponibilidade de luz, água, dióxido de carbono e fatores internos como nutrientes e hormônios. Dessa forma anéis de crescimento funcionam como um “catálogo” registrando esses acontecidos. Os anéis de crescimento são estruturas anatômicas do xilema secundário, que formam círculos ao redor da medula, sendo observados no corte transversal do caule de uma árvore. A avaliação dos anéis de crescimento pela dendrocronologia pode ser comprometida devido a existência de anomalias na anatomia da madeira. Neste trabalho, o objetivo foi diagnosticar imperfeições anatômicas que dificultam a datação cronológica em *Araucaria angustifolia*. Foram analisados anéis de crescimento de discos retirados de florestas antigas com árvores longevas, florestal secundária e plantação florestal. As cidades onde se localizavam essas amostras foram: Campo Belo do Sul, Capão Alto, Curitibanos, Fraiburgo, Frei Rogério e Ponte Alta do Norte, todos pertencentes ao estado de Santa Catarina. Verificou-se a existência de anéis verdadeiros e falsos na espécie, podendo observar a presença diferentes anomalias. Utilizou-se lupa e microscópio para a avaliação dos anéis de crescimento. As anomalias registradas foram: anéis de crescimento em cunha micro anéis e anéis difusos; flutuação de densidade intra-anual; múltiplos micro anéis; falta de limite do anel de crescimento mais mudança abrupta na largura do anel; e anéis de geada. Conclui-se que as formações de anomalias podem começar desde do início de vida da árvore a partir dos 8 anos.

Palavras-chave: Anéis de crescimento. Anatomia da madeira. Dendrocronologia.

ABSTRACT

Over the life of a plant, several processes can affect its growth, such as availability of light, water, carbon dioxide, and internal factors such as nutrients and hormones. Thus, growth rings act as a "catalog" recording these events. Growth rings are anatomical structures of the secondary xylem, which form circles around the medulla and are seen in the cross section of a tree. Growth ring evaluation by dendrochronology may be compromised due to the presence of wood anomalies. In this paper, the objective was to diagnose anatomical imperfections that make chronological dating in *Araucaria angustifolia* difficult. Disc growth rings from old-growth forests with long-lived trees, natural forest and forest plantations were analyzed. The cities where these items are located are: Campo Belo do Sul, Capão Alto, Curitibanos, Fraiburgo, Frei Rogério and Ponte Alta do Norte, all belonging to the state of Santa Catarina. True and false rings were found in the species and different anomalies could be observed. Use the magnifying glass and microscope to evaluate the rings. As anomalies reported were: wedging tree rings, color distinction anomaly, diffuse ring and micro-rings, intra-annual density fluctuation, multiple microreceptors, tree ring boundlessness, and more abrupt changes in ring width and gold rings. Conclude that anomaly formations can begin from the beginning of the tree's life at age 8.

Keywords: Tree rings. Wood anatomy. Dendrochronology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gabarito utilizado para identificação das anomalias, Cattaneo <i>et al.</i> (2013)	19
Figura 2 – Anomalias anatômicas em <i>Araucaria angustifolia</i>	22
Figura 3 – Anel de Geada.....	23
Figura 4 – Disco de Frei Rogério com desenvolvimento em Laje.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos locais de coletas das amostras.....	17
Tabela 2 – Características das amostras de florestas de crescimento antigo, árvores longevas.....	24
Tabela 3 – Amostras de árvores retiradas de plantio florestal, cidade de Curitiba-SC.....	25
Tabela 4 – Amostras de floresta natural, cidade de Capão Alto-SC.....	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	111
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	Objetivo Geral.....	12
1.2.2	Objetivos Específico.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze.....	13
2.2	Dendrocronologia	14
2.3	<i>Anéis de crescimento</i>	15
2.4	<i>Anomalias</i>	16
3	MATERIAL E MÉTODOS	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5	CONCLUSÃO.....	30
	REFERÊNCIAS.....	31
	APÊNDICE A.....	33
	APÊNDICE B.....	34
	APÊNDICE C.....	35

1 INTRODUÇÃO

A avaliação do crescimento de árvores relacionado com fatores ambientais, solos e posição sociológica, apresentam grande relevância em estudos ecológicos de manejo florestal. A otimização do crescimento de árvores tem relação com a característica do ambiente e manejo da vegetação do entorno, diminuindo a competição. O conhecimento dos melhores e piores ambientes facilitará decisões de manejo, além do melhor entendimento da autoecologia de determinada espécie ou comunidade inserida em determinada condição ambiental (OLIVEIRA; ROIG, 2010).

A dendrocronologia/dendroecologia possibilita a análise de anéis de crescimento formados anualmente em plantas lenhosas, proporcionando a estimativa de idade das árvores e crescimento influenciado por condições ambientais que afetam a anatomia e a espessura dos anéis de crescimento (CATTANEO *et al.*, 2013). As condições físicas e químicas dos solos e a posição no terreno e estrato da floresta afetam a disponibilidade de luz e água, que influem nos processos fisiológicos de crescimento das árvores. As restrições ou favorecimento desses recursos ocasionam variações em seus anéis de crescimento, apresentando anéis largos em árvores em sítios favoráveis e estreitos em condições inversas. Alterações climáticas também afetam o crescimento das árvores. Períodos estacionais com invernos secos apresentam anéis estreitos, inversamente de anos quentes e úmidos (OLIVEIRA; ROIG, 2010).

Mudanças temporais de precipitação e temperatura em curtos períodos em estações desfavoráveis de crescimento das árvores, a exemplo do inverno, geram crescimentos curtos, favorecendo a formação de anéis falsos. Porém, foi detectado em árvores que não sofreram algum impacto ambiental e tiveram crescimento em ambientes extremamente favoráveis anomalias, não sendo possível explicar esse fenômeno (OLIVEIRA; ROIG, 2010). Dessa forma, pode-se afirmar que tais irregularidades de crescimento causadas pelo estresse que as árvores sofrem devido a alterações ambientais. As disponibilidades de recursos estimulam processos fisiológicos de crescimento e podem ser reconhecidos ao longo do ciclo de vida das árvores. Um determinante na geração de deformidades de crescimento das árvores são mudanças temporais de temperatura e precipitação, proporcionado pelas mudanças climáticas abruptas e perturbações ambientais envolvendo alterações na paisagem (ALTMAN *et al.*, 2016).

Dentre as espécies afetadas por essas anomalias de crescimento, destaca-se a *Araucaria angustifolia* Bertol. O. Kuntze, conhecida simplesmente como araucária ou pinheiro

brasileiro. Estudos indicam que seus anéis de crescimento são sazonais (SANTAROSA, 2007; OLIVEIRA, 2009). Essa espécie encontra-se inserida na Floresta Ombrófila Mista, caracterizada por ser de origem temperada, que responde diretamente à sazonalidade do clima (SANTAROSA, 2007). A araucária é uma das espécies consideradas mais importantes no Sul do Brasil, devido a qualidade de sua madeira e pelo fornecimento de produtos, madeireiro e não madeireiro, como o pinhão. O corte intensivo sem reposição levou o pinheiro brasileiro a ser incluído na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção devido ao alto índice de desmatamento (MEDEIROS *et al.*, 2004).

O presente trabalho tem como finalidade relatar os comportamentos por meio dos anéis de crescimento em diferentes ambientes, tais como: em solos rasos ou profundos em áreas abertas ou florestais. Diante disso, descrever as reações dos anéis de crescimento devido às mudanças abruptas das camadas e anomalias encontradas em cada árvore tratando-as individualmente como um estudo de caso conforme a sua condição ambiental (solos, posições sociológicas, declividade do terreno, entre outros).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a presença de anomalias em anéis de crescimento de *A. angustifolia* em relação às diferentes condições ambientais. Sendo elas: em florestas antigas com árvores longevas, povoamento florestal natural e plantação florestal com árvores jovens.

1.1.2 Objetivos Específicos

Registrar e avaliar anomalias anatômicas encontradas em anéis de crescimento em diferentes sítios: árvores longevas, sendo a mais velha com aproximadamente 250 anos. Árvores do povoamento florestal com idade de 35 anos e as árvores da plantação florestal com 26 anos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze

A araucária (*Araucaria angustifolia*) é uma espécie arbórea de gimnosperma pertencente à família Araucariaceae que é encontrada na região Sudeste (Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina) do Brasil (SANTAROSA, 2007).

A Floresta Ombrófila Mista é conhecida como Floresta das Araucárias. Teve-se essa denominação devido ao alto número de indivíduos inseridos nesse local. No período anterior a colonização, no Brasil, as matas de araucária chegaram a estender-se por 185.000 Km². Desde então, a qualidade de sua madeira ficou conhecida, sendo considerada excelente, serviu para construção de casas, fabricação de móveis. Cerca de 100 milhões de araucárias nativas viraram toras nas serrarias do Sul e do Sudeste e, em 1963, a espécie representava 92% das exportações de madeira do país (WENDLING *et al.*, 2017).

Devido ao desmatamento descontrolado da espécie, foi-se necessário a implantação de nova matéria-prima. Desde então, começou a ser inserido no Brasil florestas exóticas para fins madeireiros e de celulose. Estudos que beneficiam o melhoramento genético ganhavam espaço e tornaram-se atrativa. Dessa forma, o plantio de araucária diminuiu devido ao seu crescimento ser lento em comparação aos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Os agricultores começaram a preferir plantar as espécies exóticas por vários motivos, dentre eles às facilidades legais para exploração quando comparadas com a araucária. Outro exemplo é que vários proprietários de terras rurais eliminaram plântulas de araucária para evitar “incômodos futuros” ou perdas de hectares para áreas de preservação, como a reserva legal de proteção permanente (WENDLING *et al.*, 2017).

A área total de árvores plantadas no Brasil totalizou 7,83 milhões de hectares em 2018, mantendo-se praticamente estável em relação ao ano de 2017. Os plantios de eucalipto ocupam 5,7 milhões de hectares desse total, enquanto as áreas com pinus somam 1,6 milhão de hectares, e outras espécies, entre elas seringueira, acácia, teca e paricá, representam cerca de 590 mil hectares. A araucária possui uma área plantada de 13.077 há (IBÁ, 2019).

Os plantios de eucalipto estão localizados principalmente nos Estados de Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (16%). Nos últimos sete anos, o crescimento médio da área de eucalipto foi de 1,1% ao ano, com o Mato Grosso do Sul liderando esta expansão, que sozinho apresentou uma taxa média de crescimento de 7,4% ao ano. Os plantios

de pinus ocupam 1,6 milhão de hectares e concentram-se no Paraná (42%) e em Santa Catarina (34%), seguidos de Rio Grande do Sul (12%) e São Paulo (8%). Nos últimos sete anos, a área plantada com esse gênero manteve-se praticamente estável (IBÁ, 2019).

Estudos realizados para definir a distribuição da araucária, verificaram que a maioria está localizada no planalto. A espécie tem anéis de crescimento bastante nítidos, podem ser diferenciados através do xilema em lenhos inicial e tardio. No lenho inicial, os traqueídes são alongados radialmente e com parede celular delgada, conferindo ao xilema uma coloração clara. No lenho tardio, os traqueídes são menores, achatados radialmente e com parede celular espessa, conferindo ao xilema uma cor escura (SANTAROSA, 2007).

Acredita-se que ainda existem indivíduos remanescentes, devido a sua legislação protetora e também ao fornecimento de produtos não madeireiro que podem contribuir para a manutenção da araucária em pé. É necessário incentivo e pesquisas visando, principalmente, o desenvolvimento de novas opções de uso e conservação. Assim, estudos que envolvam sua conservação devem ser considerados referentes a biologia, conservação, melhoramento genético, manejo e silvicultura. Incentivos fiscais ao plantio da espécie para obtenção de produtos madeireiros e não madeireiros (especialmente do pinhão) também são de extrema importância para sua conservação. A principal forma de instigar os produtores a conservação é mediante o uso e possibilidades reais de ganhos econômicos com o seu plantio (OLIVEIRA, 2009).

2.2 DENDROCRONOLOGIA

O termo dendrocronologia provém do grego *dendron* que significa árvore, *krons* tempo e *logos* conhecimento. O objetivo principal dessa ciência é analisar os anéis de crescimento formados anualmente em plantas de porte arbóreo, possibilitando a estimativa da idade das árvores bem como as condições ambientais que influenciam a anatomia dos mesmos. Assim o estudo dendrocronológico das espécies ameaçadas de extinção é fundamental para fornecer informações sobre a ecologia da floresta, orientação das práticas de manejo florestal e de conservação (BOTOSSO; MATOS, 2002).

Através de acontecimentos ecológicos que variam temporalmente é possível conhecer cenários ambientais. Estudos de conjuntos temporais de anéis de crescimento de espécies arbóreas (dendrocronologia) têm sido eficientes no detalhamento e predição de variações ecológicas. A dendrocronologia tem se mostrado uma ferramenta adequada à investigação de

fenômenos ecossistêmicos em diversos biomas brasileiros. Porém, o potencial desta ciência deve ser melhor explorado (OLIVEIRA, 2007).

A dendrocronologia determina que árvores em desenvolvimento parecidas, apresentam características similares em seu crescimento e analogia na anatomia dos anéis. Essa semelhança fornece informações do ambiente onde ocorreu o crescimento do indivíduo arbóreo, como clima, competição, incêndios. Outra contribuição importante para ciência, é que com a análise dendrocronológica é possível o entendimento do clima em diferentes épocas, atraindo pesquisadores climatológicos (CARDIM, 2012).

2.3 ANÉIS DE CRESCIMENTO

A presença de anéis de crescimento foi analisada nos primórdios da humanidade, precisamente na Grécia antiga. Posteriormente, a literatura afirma que Leonardo da Vinci, no século XVI, reconheceu a relação entre os anéis de crescimento e o clima em árvores de *Pinus* na Toscana, Itália. A sequência cronológica dos anéis de crescimento presentes no xilema devido a sazonalidade anual é fundamental para estudos referentes a ecologia das espécies (CARDIM, 2012).

Ao decorrer da vida de uma planta, vários são os processos que podem afetar seu crescimento, por fatores externos, como a disponibilidade de luz, água e dióxido de carbono e fatores internos como nutrientes e hormônios. Estes podem ser regulados por processos fisiológicos, condições de luz e do solo. Dessa forma anéis de crescimento funciona como catálogo para esses acontecidos. Portanto, anéis de crescimento são estruturas anatômicas do xilema secundário, e formam círculos ao redor da medula, sendo observados no corte transversal do caule de uma árvore. As características diagnósticas dos anéis de crescimento são relativamente constantes em uma dada espécie, embora suas formas possam variar em função do ambiente (WEHR; TOMAZELLO FILHO, 2000).

A formação dos anéis é induzida pela temperatura e pelo fotoperíodo. O lenho inicial é formado na primavera e no verão, quando as condições para esse crescimento são favoráveis como quantidade suficiente de água, quantidade ideal de luminosidade, assim é composto por células mais curtas, porém, apresenta menor densidade, que resulta da presença de células com paredes finas e com diâmetro radial grande. Já o lenho de coloração escura forma-se no outono e inverno, quando a divisão e expansão das células cambiais entra em declínio. Caracteriza-se por células com alta densidade, com pequeno diâmetro radial das células. A variação entre os

dois tipos de células, resulta na formação de anéis de crescimento, tanto em espécies de coníferas como em folhosas. O anel divide-se em duas partes, sendo lenho inicial ou primaveril e lenho tardio ou outonal, conhecido também como revestimento da madeira produzido em um determinado período (LUZ, 2011).

Os anéis de crescimento podem ser uma forma de histórico, informando as principais alterações ambientais relacionadas à acontecimentos passados, agregando conhecimento aos arquivos das espécies estudadas. É equívoco afirmar que um anel corresponde há um ano, pois, o crescimento dos anéis varia dentre as espécies e condições ambientais, podendo existir em alguns casos presença de anéis falsos. Para ser possível a realização da datação dos anéis de crescimento, é necessário conhecer o processo de desenvolvimento cambial das espécies, pois nem todas apresentam anéis visíveis anatomicamente (OLIVEIRA, 2007).

2.4 ANOMALIAS

A avaliação dos anéis de crescimento pela dendrocronologia pode ser comprometida devido a existência de anomalias na anatomia da madeira. Estas imperfeições anatômicas dificultam a datação cronológica. Em *A. angustifolia* tem-se verificado a ocorrência de anomalias no xilema que comprometem a análise dendrocronológica. Verificou-se a existência de anéis verdadeiros na espécie, podendo realizar a dendrocronologia com a mesma, porém necessita critério em relação ao contorno do anel para encaixar-se nessa classe, caso contrário é falso, tornando-se uma anomalia (OLIVEIRA *et al.*, 2010; CATTANEO *et al.*, 2013).

Acredita-se que os processos de mudança sofridos pelas florestas, como uso da terra, surgimento de manchas de vegetação isoladas e a competição das regenerações provocaram dificuldade no desenvolvimento dos anéis, ocasionando as deformidades observadas. As anomalias podem ser ocasionadas por uma série de estresses sofridos pela árvore, dificultando a visualização dos mesmos (HESS; SCHNEIDER, 2010).

A estabilidade da formação dos anéis varia com as espécies e condições ambientais, dessa forma dificultando o padrão na formação da madeira. Normalmente forma-se um anel por ano, porém há exceções associadas sobretudo ao ambiente em que se desenvolvem. É comum em clima temperado a formação de anéis falsos, que apresentam anéis irregulares, não formando um ano completo. Esses anéis possuem uma estrutura celular fina, essa irregularidade forma-se pela alteração no local que o indivíduo está em desenvolvimento devido a alteração climática, solo e declividade do terreno (LUZ, 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste presente estudo, foram retiradas amostras transversais da espécie *Araucaria angustifolia* por meio de autorizações ambientais de cortes de supressão de vegetação e árvores caídas por ação da natureza. As amostras foram retiradas de três sítios distintos, sendo eles: em florestas antigas com árvores longevas (>150 anos), florestal secundária com árvores jovens e plantação florestal com árvores jovens (<150 anos).

Em floresta natural, as amostras foram extraídas na base (0,10 m) ou no diâmetro à altura do peito (1,3 m) nos municípios de Campo Belo do Sul - SC (3), Curitiba- SC (2), Fraiburgo- SC (1), Ponte Alta do Norte- SC (1). Havia diferença entre as árvores utilizadas, algumas eram dominantes, co-dominantes em relação às vizinhas e outras consideradas suprimidas. Pode-se encontrar também diferença entre sítios sendo em borda entre floresta-campo e interior de floresta.

Foram analisadas 30 árvores jovens de *A. angustifolia* de um plantio florestal localizado no município de Capão Alto. Analisou-se também 30 árvores do mesmo fragmento florestal que foram removidas para instalação de uma linha de transmissão em Curitiba. O plantio florestal teve idade de 26 anos e as árvores jovens de floresta secundária tiveram idade de 35 anos (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição dos locais de coletas das amostras em Santa Catarina, Brasil.

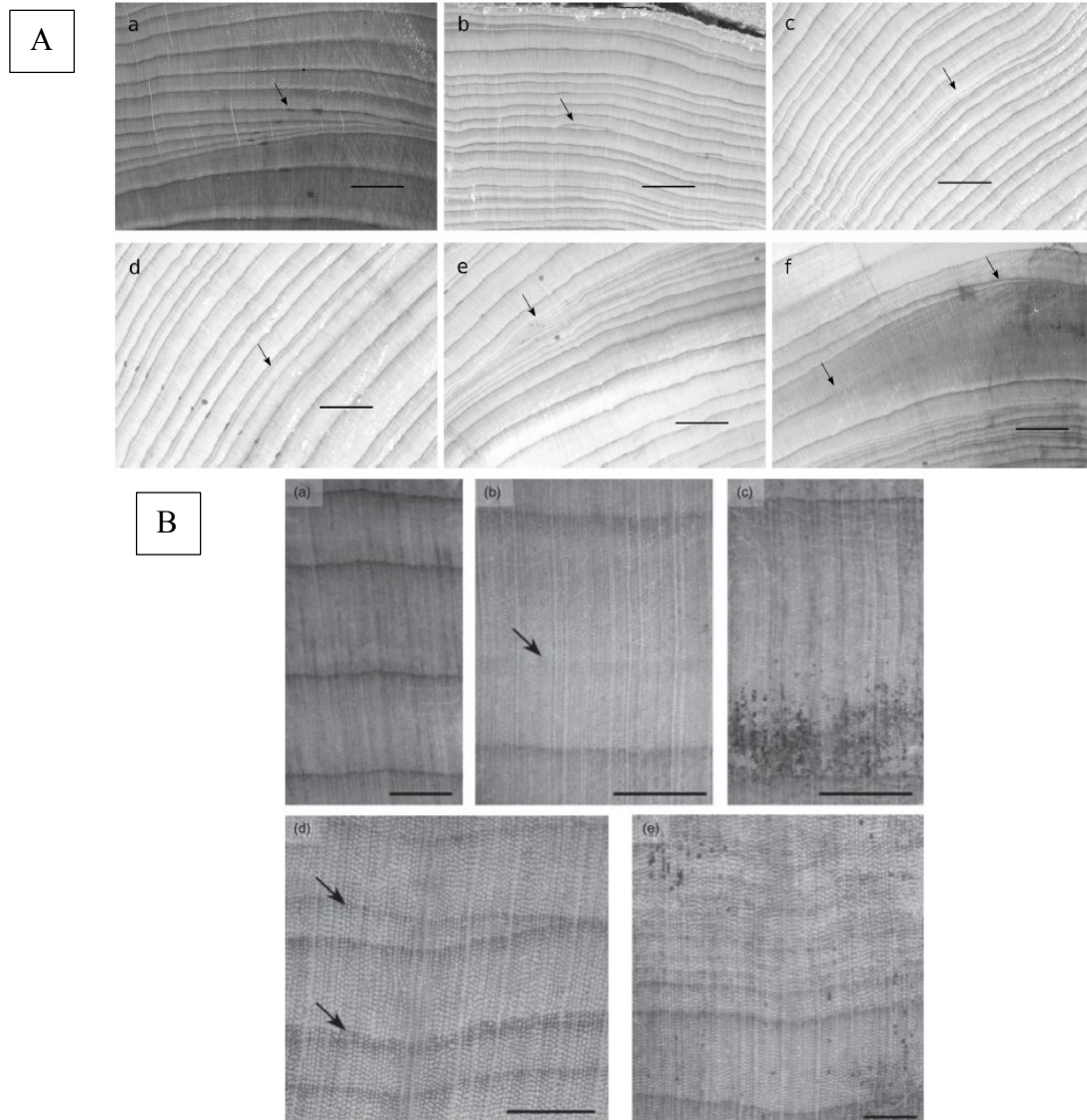
Local	Origem	Coordenadas	Idade	Nº de amostras
Curitibanos	Área urbana/ Floresta secundária	Latitude: 27° 16' 58" S Longitude: 50° 35' 04" W	33 - 88	30/2
Campo Belo do Sul	Floresta crescimento antigo – (RPPN) Reserva de Patrimônio Particular Natural.	Latitude: 27° 53' 55" S Longitude: 50° 45' 26" W	196	3
Capão Alto	Plantio Florestal	Latitude: 27° 56' 12" S Longitude: 50° 30' 51" W	35	30
Fraiburgo	Floresta crescimento antigo – Parque René Frey	Latitude: 27° 01' 34" S Longitude de 50° 55' 17" W	±200	1
Frei Rogério	Floresta crescimento antigo	Latitude: 27° 10' 29" S Longitude: 50° 48' 17" W	±200	1
Ponte Alta do Norte	Floresta crescimento antigo	Latitude: 27° 09' 30" S Longitude: 50° 27' 52" W	±240	1

Fonte: A autora (2019).

No laboratório, os discos foram levados para o processo de secagem, procedimento necessário para evitar o ataque de patógenos causadores de danos na madeira úmida. Posteriormente, foram lixados com lixas específicas para discos de madeiras, com gramatura de 50 grãos/cm² até 600 grãos/cm².

As diferentes anomalias foram comparadas com descrições de Oliveira *et al.* (2010) e Cattaneo *et al.* (2013), conforme Figura 1.

Figura 1 – Registros de anomalias anatômicas em *Araucaria angustifolia* utilizados para identificação. A) Anomalias descritas por Cattaneo *et al.*: (a) anéis de crescimento em cunha, (b) lentes, (c) micro anéis e anéis difusos, (d) flutuação de densidade intra-anual, (e) múltiplos micro anéis, e (f) falta de limite do anel de crescimento mais mudanças bruscas na largura do anel. Barras de escala, 1 cm. B) Anomalias descritas por Oliveira *et al.* (2010): (a) anéis de crescimento típicos, com células conspicuas de lenho inicial e tardio; (b) flutuação de densidade intra-anual; (c) deposição de resina; (d) anéis parciais; e (e) anéis de crescimento conspicuos precedendo um período com anéis de crescimento com limites difusos. Barras de escala, 2 mm. As setas apontam as anomalias anatômicas.



Fonte: A) Cattaneo *et al.* (2013) e B) Oliveira *et al.* (2010).

Com bases nas descrições acima foram definidas as seguintes anomalias para registro no estudo: 1) AC: anéis de crescimento em cunha ou anéis parciais; 2) AL: lentes; 3) ER: diferença na coloração dos anéis devido extravasamento de resina; 4) MD: microanéis e anéis difusos; 5) FI: flutuação de densidade intra-anual; 6) MM: anéis múltiplos microrreceptores; 7) FL: falta do limite do anel de crescimento mais mudança abrupta na largura do anel. Uma oitava

anomalia foi incluída originada pela morte das células em eventos extremos de frio marcado nos anéis anuais chamado de anel de geada (AG). Os anéis de geada são definidos como estruturas anatomicamente anormais e ecofisiologicamente patológicas (SCHWEINGRUBER, 2007) e são registrados na espécie *Araucaria araucana* Hadad *et al.* (2012).

Essas anomalias foram registradas e analisadas com auxílio em lupa e fotografias em alta resolução. Em cada amostra, foi analisada a idade ou período de início em que se identificou as anomalias por meio de contagem dos anéis de crescimento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

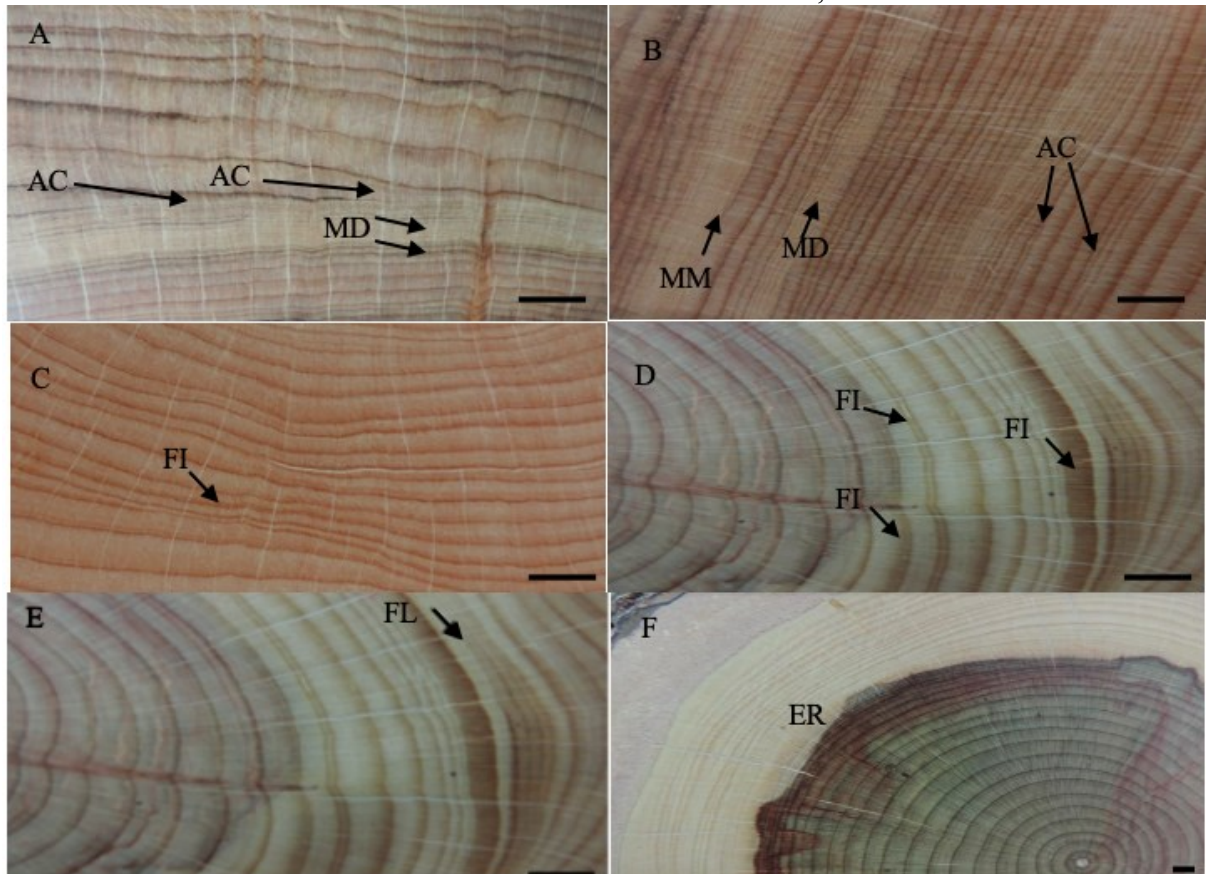
As amostras estudadas em Santa Catarina apresentaram anomalias similares às encontradas por Oliveira *et al.* (2010) e Cattaneo *et al.* (2013). De acordo com Oliveira *et al.* (2010), a presença de anéis falsos ou ausentes em *A. angustifolia* estariam relacionados a um curto período seco durante a estação de crescimento, causando uma redução temporária do alongamento celular.

Os processos dinâmicos de mudanças sofridos pelas florestas como o surgimento de manchas de vegetação isoladas, desmatamento, clareiras, competição das regenerações, danos ao lenho causado por descargas elétricas atmosféricas, declividade do terreno e condições edáficas e climáticas (secas), ocasionam as deformidades observadas. Estudos adicionais sobre tais anomalias em anéis de árvores podem fornecer informações dendroclimáticas (OLIVEIRA *et al.*, 2010) e dendroecológicas valiosas para o manejo da espécie.

Foi possível verificar diferentes anomalias nos discos, encontrou-se a mesma anomalia em diferentes amostras. As principais anomalias visualizadas foram: anomalia de distinta coloração por extravasamento de resina, microanéis e anéis difusos, flutuação de densidade intra-anual, múltiplos microrreceptores, falta do limite do anel, mudança abrupta na largura do anel e anéis de geada. Anomalia em lente não foi registrado. Verificou-se a presença de anéis falsos e anéis ausentes.

A primeira anomalia verificada foi de distinta coloração de anéis (Figura 2A). Pode-se observar que os anéis mudam de cor, alguns com tonalidade mais clara e outros mais escura, isso ocorre devido ao extravasamento de resina, essa anomalia foi encontrada em uma amostra retirada do Curitibanos -SC. Posteriormente, foi possível observar a anomalia de microanéis e anéis difusos (Figura 2B), esses anéis se formaram devido a espaço, água e nutrientes escassos, essas árvores estavam em ambientes onde o nível de competição era consideravelmente alto, encontrada na amostra de Fraiburgo.

Figura 2 – Anomalias anatômicas de *Araucaria angustifolia*. Amostras: (A) Curitibaanos -SC, (B) Fraiburgo - SC; (C) Ponte Alta do Norte - SC, (D) Campo Belo do Sul - SC, (E) Frei Rogério - SC. Legenda: AC - anéis de crescimento em cunha ou anéis parciais; ER - diferença na coloração dos anéis devido extravasamento de resina; MD - microanéis e anéis difusos; FI - flutuação de densidade intra-anual; MM - anéis múltiplos microrreceptores; FL - falta do limite do anel de crescimento mais mudança abrupta na largura do anel. As setas apontam as anomalias anatômicas. Barras de escala, 1 cm.



Fonte: Elaborada pela autora e orientador (2019).

Notou a anomalia flutuação de densidade intra-anual (Figura 2, C e D). Analisou-se que essas anomalias estavam presentes em ambientes que foram influenciados por fenômenos da natureza, como a amostra de Ponte Alta do Norte que teve queda da árvore devido a microexplosão ocorrida em 2016. Outra amostra foi detectada a anomalia de múltiplos microrreceptores na cidade de Campo Belo do Sul - SC, a amostra estava localizada em uma floresta de crescimento antigo com terreno plano, presença de clareiras e alta competição entre as árvores velhas (Figura 2D). Em sequência foi estudada a anomalia de falta do limite do anel de árvore com mais mudança abrupta na largura do anel de árvore (Figura 2E). Notou-se essa anomalia na amostra de Frei Rogério, foi encontrada em ambiente de laje de rocha, em uma área aberta e drenada, no entorno de um córrego.

A anomalia de diferença na coloração dos anéis devido extravasamento de resina (ER) ocorre devido ao espalhamento da resina entre os anéis causando manchas em diferentes momentos. Referente a anomalia de microanéis e anéis difusos (MD) seria uma série de anéis pequenos que ficam muito próximos uns dos outros. Já a anomalia de flutuação de densidade intra-anual (FI) é a flutuação do formato dos anéis devido a alguma ação do ambiente, os tornando irregulares. Já a anomalia de múltiplos microrreceptores (MM) seria anéis com coloração mais claras em comparação com os anéis verdadeiros, se formam ao lado desses anéis como se fosse dois anéis juntos. E por fim a anomalia de falta do limite do anel de árvore mais mudança abrupta na largura (FL) é quando a largura do anel começa menor e em seguida se torna maior.

Por fim, foi observado anéis de geada na amostra de Ponte Alta do Norte, esses anéis possuem essa característica devido a ação severa de frio danificando ou destruindo por completo as células do perímetro externo no xilema, ocorrendo o descolamento da parede celular ao longo do perímetro do anel. Para melhor identificação dessa anomalia observar a Figura 3.

Figura 3 – Anel de geada em *Araucaria angustifolia*, Ponte Alta do Norte, SC.



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Como análise do período em que as anomalias começaram a ter desenvolvimento, pôde-se visualizar a ausência de anéis deformados no período em que a árvore se apresentava jovem. As anomalias em determinado período fizeram com que a datação exata dos discos fosse

impossível. Em cada amostra, foi analisada a idade de início, em que se apresentou essas imperfeições. Na tabela 2, demonstra-se a análise feita em árvores que tiveram seu desenvolvimento em fragmento florestal, apresentando as anomalias encontradas, o ano inicial do surgimento de anomalias, o DAP, a característica do ambiente e solo.

Tabela 2 – Características das amostras com casca de floresta de crescimento antigo, árvores longevas.

Amostra	Ano início surgimento da anomalia	DAP	Solo	Ambiente	Anomalia
Campo Belo do Sul	19	98	Cambissolo	Floresta/Suave	MM
Curitibanos	11	114	Cambissolo	Floresta/Declivoso	EX
Fraiburgo	22	107	Cambissolo	Floresta/Suave	MD
Frei Rogério	8	54	Cambissolo	Aberto/Laje	FL
Ponte Alta do Norte	25	93	Cambissolo	Aberto/úmido	FI

Legenda das anomalias: EX: extravasamento de resina; MD: microanéis e anéis difusos; FI: flutuação de densidade intra-anual; MM: múltiplos microrreceptores; FL: falta do limite do anel de árvore mais mudança abrupta na largura.

Fonte: A autora, 2019.

Observando a tabela, analisou-se que o disco encontrado em área de laje, iniciou as anomalias com idade jovem de 8 anos. Os discos de Campo Belo do Sul, Fraiburgo e Ponte Alta do Norte, tiveram desenvolvimento de anomalias em idades avançadas comparando com os demais. Com esses resultados, afirma-se que o manejo adequado com controle de espaçamento entre as árvores, resultam em florestas de araucária com ausência de anomalias, sendo de grande interesse comercial.

Posteriormente, foram analisadas 30 amostras de araucárias retiradas de uma plantação florestal, localizado no município de Curitibanos. Foram encontradas algumas anomalias em frequência menor que em árvores em crescimento natural, como demonstra tabela 3.

Tabela 3 – Amostras de *Araucaria angustifolia* fragmento florestal, Curitiba-SC.

AMOSTRA	ANO INÍCIO SURGIMENTO DA ANOMALIA	DAP	SOLO	AMBIENTE	ANOMALIAS
1	9	0,18	Cambissolo	Declivoso	EX
2	14	0,19	Cambissolo	Declivoso	MD
3	12	0,20	Cambissolo	Declivoso	FI
4	8	0,21	Cambissolo	Declivoso	MM
5	6	0,22	Cambissolo	Declivoso	FI
6	9/16	0,16	Cambissolo	Declivoso	MM
7	12	0,14	Cambissolo	Declivoso	F.L
8	15	0,16	Cambissolo	Declivoso	MM
9	16/18	0,18	Cambissolo	Declivoso	FL/FI
10	12	0,19	Cambissolo	Declivoso	M.M
11	11	0,20	Cambissolo	Declivoso	EX
12	9	0,20	Cambissolo	Declivoso	EX
13	12/13	0,19	Cambissolo	Declivoso	MD/M.M
14	9	0,20	Cambissolo	Declivoso	EX
15	15	0,20	Cambissolo	Declivoso	M.D
16	8	0,20	Cambissolo	Declivoso	F.I
17	17	0,21	Cambissolo	Declivoso	F.L
18	7	0,20	Cambissolo	Declivoso	M.D
19	12	0,20	Cambissolo	Declivoso	F.L
20	29	0,20	Cambissolo	Declivoso	F.I
21	16/22	0,19	Cambissolo	Declivoso	F.I/M.M
22	21	0,20	Cambissolo	Declivoso	F.I
23	12	0,20	Cambissolo	Declivoso	F.L
24	16	0,21	Cambissolo	Declivoso	M.M
25	14	0,20	Cambissolo	Declivoso	M.M
26	18	0,22	Cambissolo	Declivoso	F.L
27	12	0,20	Cambissolo	Declivoso	F.D
28	12	0,20	Cambissolo	Declivoso	M.D
29	11	0,20	Cambissolo	Declivoso	M.M
30	16	0,20	Cambissolo	Declivoso	M.M

Legenda das anomalias: E.X: extravasamento de resina; M.D: microanéis e anéis difusos; F.I: flutuação de densidade intra-anual; M.M: múltiplos microrreceptores; F.L: falta do limite do anel de árvore mais mudança abrupta na largura.

Fonte: A autora, 2019.

Em seguida, conforme a tabela 4, foram analisadas 30 amostras de uma floresta de crescimento natural de araucária, com árvores jovens localizada em Capão Alto- SC.

Tabela 4 – Amostras de plantio florestal de *Araucaria angustifolia*, Capão Alto, SC.

Amostra	Ano início surgimento da anomalia	DAP	Solo	Ambiente	Anomalias
1	25/27	1,14	Cambissolo	Dreynado	M.M/E.X
2	20	0,60	Cambissolo	Dreynado	M.D
3	21	0,72	Cambissolo	Dreynado	M.L
4	26	0,80	Cambissolo	Dreynado	M.D
5	20	0,86	Cambissolo	Dreynado	F.I
6	21/23	0,51	Cambissolo	Dreynado	M.M/F.L
7	21/28	0,58	Cambissolo	Dreynado	F.I/F.D
8	23	0,24	Cambissolo	Dreynado	M.D
9	25/27	0,12	Cambissolo	Dreynado	M.I/F.I
10	22/25	0,23	Cambissolo	Dreynado	M.M/M.M
11	19	0,26	Cambissolo	Dreynado	M.D
12	22/26	0,23	Cambissolo	Dreynado	M.M/F.I
13	21	0,33	Cambissolo	Dreynado	M.L
14	20/35	0,34	Cambissolo	Dreynado	M.D/F.I
15	20/21	0,43	Cambissolo	Dreynado	F.I/M.M
16	21/32	0,48	Cambissolo	Dreynado	E.X/E.X
17	23/41	0,28	Cambissolo	Dreynado	F.I/E.X
18	25/56	0,30	Cambissolo	Dreynado	M.M/E.X
19	24	0,37	Cambissolo	Dreynado	E.X
20	26	0,35	Cambissolo	Dreynado	E.X
21	26	0,33	Cambissolo	Dreynado	M.M
22	22	0,45	Cambissolo	Dreynado	F.I
23	15	0,30	Cambissolo	Dreynado	M.L
24	16	0,42	Cambissolo	Dreynado	E.X
25	12	0,58	Cambissolo	Dreynado	F.I
26	22	0,60	Cambissolo	Dreynado	M.M
27	25	1,06	Cambissolo	Dreynado	F.I
28	22	0,31	Cambissolo	Dreynado	M.D
29	15/32	0,24	Cambissolo	Dreynado	E.X/E.X
30	26	0,31	Cambissolo	Dreynado	M.M

Legenda das anomalias: E.X: extravasamento de resina; M.D: microanéis e anéis difusos; F.I: flutuação de densidade intra-anual; M.M: múltiplos microrreceptores; F.L: falta do limite do anel de árvore mais mudança abrupta na largura.

Fonte: A autora, 2019.

Comparando as três tabelas, foi possível analisar que as árvores longevas possuem maiores presenças de anomalias, devido ao seu maior diâmetro e o seu histórico de competição e sobrevivência a diversos eventos temporais (tempestades). Pôde-se observar que existem duas

ou mais anomalias em uma mesma amostra. Em árvores que cresceram em um plantio florestal, o número de anomalias é baixo, sendo indivíduos que possuem menores efeitos da competição e maiores quantidades de nutrientes. Em ambientes onde a floresta é natural, houve a presença de anomalias, sendo um número inferior as amostras presentes na tabela 2. Isso ocorre devido a florestas plantadas estarem em ambientes favoráveis para as condições de desenvolvimento, sendo maneja por meio de desbaste diminuindo a competição entre as árvores.

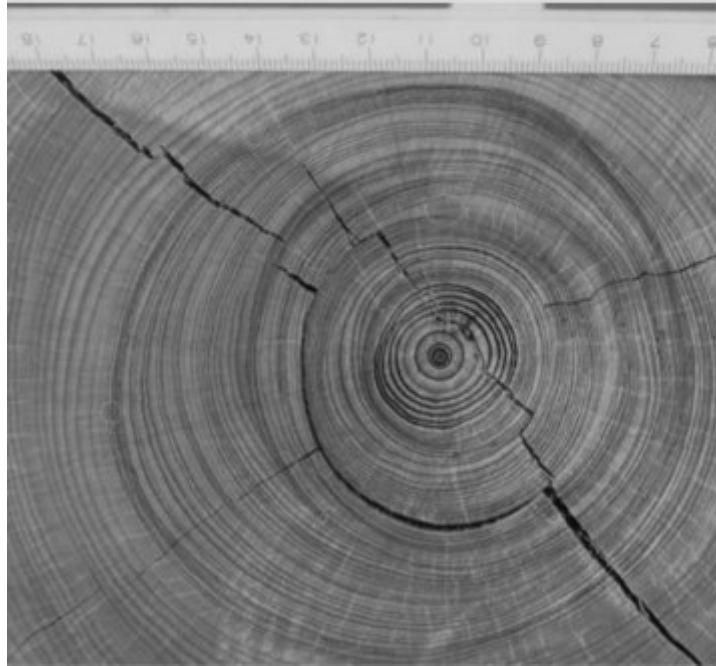
Os resultados dessa análise de deformidades nos anéis de crescimento de discos de *A. angustifolia* demonstrou a dificuldade visível de datação da espécie, sendo a probabilidade de precisão desse procedimento inexistente quando árvores crescem em ambientes propícios a desenvolvimento de anomalias.

A análise de tais anomalias pode fornecer informações extras sobre variáveis que impulsionam a formação intra-anual de anéis de árvores como a associação com o clima e o ambiente de crescimento - eventos atípicos de seca que afetam o crescimento de coníferas, baixas reservas de nutrientes no solo ou altos níveis de competição entre as árvores.

Esse trabalho foi comparado com o estudo de Cattaneo (2013), que analisou e registrou anomalias presentes em araucária na Argentina. Porém, no presente estudo não foi encontrada a anomalia que estavam no trabalho de Cattaneo (2013), sendo a anomalia de lentes. Já no trabalho de Santa Catarina foram encontradas duas anomalias que não foram descritas no trabalho do autor, a anomalia de distinta coloração e a de anéis de geada, sendo o deslocamento do tecido ao longo do perímetro do anel.

Os resultados dessa análise de deformidades nos anéis de crescimento de discos de *Araucaria angustifolia* demonstrou a dificuldade visível de datação da espécie, sendo a probabilidade de precisão desse procedimento inexistente quando árvores cresceram em ambientes restritivo de crescimento, solo raso e sombra, além de áreas de declive que favorecem o desenvolvimento de anomalias. A figura 4 demonstra o crescimento de uma araucária em ambiente de laje.

Figura 4 – Disco de Frei Rogério com desenvolvimento em Laje.



Fonte: A autora (2019).

5. CONCLUSÃO

O estudo constatou anomalias nos anéis de crescimento em árvores que se desenvolveram em florestas de crescimento natural, semelhantes em florestas de crescimento antigo, bem como em plantações de *Araucaria angustifolia* com idades inferiores a 50 anos.

As amostras estudadas em Santa Catarina apresentaram anomalias similares às encontradas por outros autores, as seguintes anomalias registradas: anéis de distintas colorações, microanéis e anéis difusos, flutuação de densidade intra-anual, múltiplos microrreceptores, falta do limite do anel de árvore mais mudança abrupta na largura do anel e anéis de geada.

As árvores centenárias obtiveram maiores números de anomalias, seguido da floresta secundária e após a plantação florestal, ou seja, quanto melhor a condição que a árvore se desenvolve, menor a existência de anomalias em anéis de crescimento.

REFERÊNCIAS

- ALTMAN, J.; DOLEZAL, J.; CÍZEK, L. Age estimation of large trees: New method based on partial increment core tested on an example of veteran oaks. **Elsevier**, Arizona, USA, v. 2, n. 15, p. 21-22, 2016.
- BOTOSSO, P. C.; MATTOS, P. P. **A idade das árvores**: importância e aplicação. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 25 p.
- CATTANEO, N.; PAHR, N.; FASSOLA, H.; LEPORATI, J.; BOGINO, S. Dendrochronologia: Sex related, growth climate association of *Araucaria angustifolia* in the neotropical ombrophilous woodlands of Argentina. **Elsevier**, San Luis, Argentina, v. 3, n. 31, p. 147-152, 2013.
- CARDIM, R.H. **Dendrocronologia e anatomia funcional do xilema ativo de *Podocarpus lambertii* Klotzch ex Endl.** Dissertação: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Botânica. São Paulo, SP, 2012. 81 p.
- HADAD, M.A, AMOROSO, M.M., ROIG F.A. J. Frost ring distribution in *Araucaria araucana* trees from the xeric forests of Patagonia, Argentina. **Bosque**, Patagônia, Argentina, v. 33, n. 3, p. 309-312, 2012.
- IBÁ. Relatório de árvores. 2019. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 12 out. 2019.
- LUZ, A. L.O. M. **Análise da formação dos anéis de crescimento anual das árvores ao longo dum ciclo de atividade cambial.** 2011. Dissertação. Instituto Superior de Agronomia. Universidade técnica de Lisboa. Lisboa, Portugal, 2011.
- MEDEIROS, J. D.; GONÇALVES, M. A.; PROCHNOW, M.; SCHÄFFER, W. B. Associação de preservação do meio ambiente do Alto do Vale do Itajaí, SC. Floresta com Araucárias: um símbolo da Mata Atlântica a ser salvo da extinção. Rio do Sul: **Apremavi**, Itajaí, v. 4, n. 6, p.12-13, 2004.
- OLIVEIRA, J. M. **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze:** Bases de Dendroecologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Biociências. Porto Alegre, RS. 2007.
- OLIVEIRA, J. M.; SANTAROSA, E.; PILLAR, V. D.; ROIG, F. A. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, Porto Alegre, v. 23, n. 9, p. 107-115, 2009.
- OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F. A.; PILLAR, V. D. Climatic signals in tree-rings of *Araucaria angustifolia* in the southern Brazilian highlands. **Austral Ecology**, Porto Alegre, v. 35, n. 3, p. 134-147, 2010.

SANTAROSA, E.; OLIVEIRA, M. O; ROIG, F. A.; PILLAR, V. D. Crescimento Sazonal em *Araucaria angustifolia*: Evidências Anatômicas. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, RS. v. 5, n. 12, p. 618-620, 2007.

SCHWEINGRUBER FH. **Wood structure and environment**. Berlin: Springer-Verlag. 2007. 279 p.

WEHR, J. N.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, através da microdensitometria de raios X. **Scientia Forestalis**, Picacicaba, v. 11, n. 58, p. 161-170, 2000.

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

APÊNDICE A – Anomalias presentes em *Araucaria angustifolia*: Anel de geadas.



APÊNDICE B – Anomalias presentes em *Araucaria angustifolia*: Anéis em cunha e extravasamento de resina.



APÊNDICE C – Anomalias presentes em *Araucaria angustifolia*: A poda realizada incorretamente, causa imperfeições na largura do anel.

