

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

John Francis Cordeiro Pacheco

Adequação e validação de mesa móvel de digitalização de amostras de madeira para estudos de anéis de crescimento de árvores

Curitibanos, SC

2024

John Francis Cordeiro Pacheco

Adequação e validação de mesa móvel de digitalização de amostras de madeira para estudos de anéis de crescimento de árvores

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, SC

2024

Pacheco, John Francis Cordeiro

Adequação e validação de mesa móvel de digitalização de amostras de madeira para estudos de anéis de crescimento de árvores / John Francis Cordeiro Pacheco ; orientador, Marcelo Callegari Scipioni, 2024.

22 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal, Curitibanos, 2024.

Inclui referências.

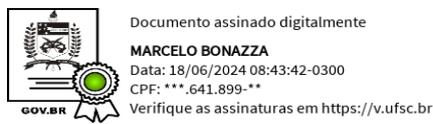
1. Engenharia Florestal. 2. Dendrocronologia de árvores gigantes. 3. Análise de anéis de crescimento. 4. Digitalização. 5. Scanner. I. Scipioni, Marcelo Callegari. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Florestal. III. Título.

John Francis Cordeiro Pacheco

Adequação e validação de mesa móvel de digitalização de amostras de madeira para estudos de anéis de crescimento de árvores

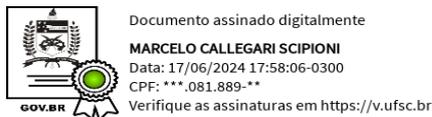
Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Florestal” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Florestal

Curitiba, 24 de maio de 2024.

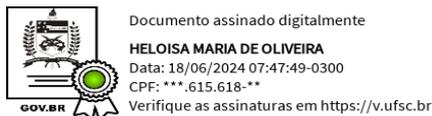


Prof. Dr. Marcelo Bonazza
Coordenador (a) do Curso

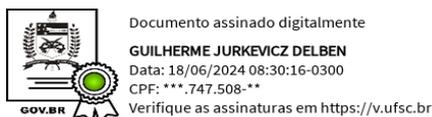
Banca Examinadora:



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



Prof^a. Dr^a. Heloisa Maria de Oliveira
Avaliador (a)
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Guilherme Jurkevitz Delben
Avaliador (a)
Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

Novas pesquisas em dendrocronologia estão sendo impulsionadas por amostras de árvores tropicais e subtropicais de grande porte, o que apresenta desafios significantes no desenvolvimento de ferramentas de obtenção de imagens adequadas. Atualmente, o software utilizado depende da digitalização de imagens, e embora os scanners A3 sejam ideais para grandes amostras de madeira, uma abordagem diferente é necessária. Essas amostras são seccionadas e digitalizadas como grandes baquetas, assim, minimizando o risco de danificar o vidro do scanner durante o manuseio. No entanto, a literatura ainda não fornece informações suficientes sobre as distorções de imagem resultantes dessa abordagem específica, nem sobre os equipamentos necessários para digitalizar eficientemente essas grandes amostras utilizando scanners. A fim de resolver esse problema, foi desenvolvido um sistema de mesas composto por uma mesa elevatória para o scanner e uma unidade fixa para suportar a amostra. Esse sistema foi projetado para garantir a produção de imagens compostas de forma alinhada. Para validação desse sistema, foram realizados testes para verificar as distorções nas medições da largura dos anéis em imagens digitalizadas, em nove posições de altura diferentes, variando de 2 a 10 mm, para duas espécies de árvores. Em todas as alturas avaliadas, não foram observadas distorções significativas nas medidas dos anéis de crescimento. Além do mais, as imagens das amostras posicionadas a 2 mm e 3 mm de distância do vidro do scanner apresentaram boa nitidez, possibilitando medições precisas de pequenos anéis de crescimento, com larguras entre 0,1 e 0,5 mm. O equipamento final ofereceu flexibilidade e pode ser adaptado para uso com outros modelos e tamanhos de scanners, incluindo scanners A4. É capaz de digitalizar discos de madeira com diâmetros variando de 60 cm a 200 cm.

Palavras-chave: Dendrocronologia de árvores gigantes. Análise de anéis de crescimento. Digitalização. Scanner.

ABSTRACT

New research in dendrochronology is being driven by samples from large tropical and subtropical trees, which presents significant challenges in developing adequate imaging tools. Currently, the software relies on image digitization, and although A3 scanners are ideal for large wood samples, a different approach is needed. These samples are sectioned and scanned like large drumsticks, thus minimizing the risk of damaging the scanner glass during handling. However, the literature still does not provide sufficient information on the image distortions resulting from this specific approach, nor on the equipment needed to efficiently scan these large samples using scanners. To address this issue, a table system was developed consisting of a lifting table for the scanner and a fixed unit to support the sample. This system was designed to ensure the production of composite images in alignment. To validate this system, tests were conducted to check for distortions in the measurements of ring widths in scanned images, at nine different height positions ranging from 2 to 10 mm, for two tree species. At all evaluated heights, no significant distortions were observed in the measurements of growth rings. Furthermore, images of samples positioned 2 mm and 3 mm away from the scanner glass showed good sharpness, enabling precise measurements of small growth rings, with widths between 0.1 and 0.5 mm. The final equipment offered flexibility and can be adapted for use with other models and sizes of scanners, including A4 scanners. It is capable of scanning wooden discs with diameters ranging from 60 cm to 200 cm.

Keywords: Dendrochronology giant trees. Tree-ring analysis. Digitization. Scanner.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	OBJETIVOS.....	8
1.1.1	Objetivo Geral	8
1.1.2	Objetivo Específico	9
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
2.1	PROTÓTIPO DO EQUIPAMENTO	10
2.2	EQUIPAMENTO FINAL	11
2.3	ANÁLISE DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO.....	12
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
	REFERÊNCIAS	18
	APÊNDICE - A	19

1 INTRODUÇÃO

A descoberta das árvores gigantes na Amazônia (Gorgens *et al.*, 2019) e na Mata Atlântica (Scipioni *et al.*, 2019) estão impulsionando novas pesquisas em dendrocronologia tropical, e levando ao desenvolvimento de ferramentas para a coleta e análise de amostras dessas grandes árvores (Caetano-andrade *et al.*, 2021). Tradicionalmente, amostras de incremento são obtidas de forma não destrutiva em árvores vivas, utilizando-se trados manuais ou brocas acopladas em furadeiras, resultando em amostras estreitas do lenho, com diâmetros variando entre 0,5 e 1,5 mm. Embora essas amostras permitam o estudo dendrocronológico em árvores de grande porte devido a seu fácil manuseio, elas oferecem uma visão bastante limitada dos anéis de crescimento para fins de datação.

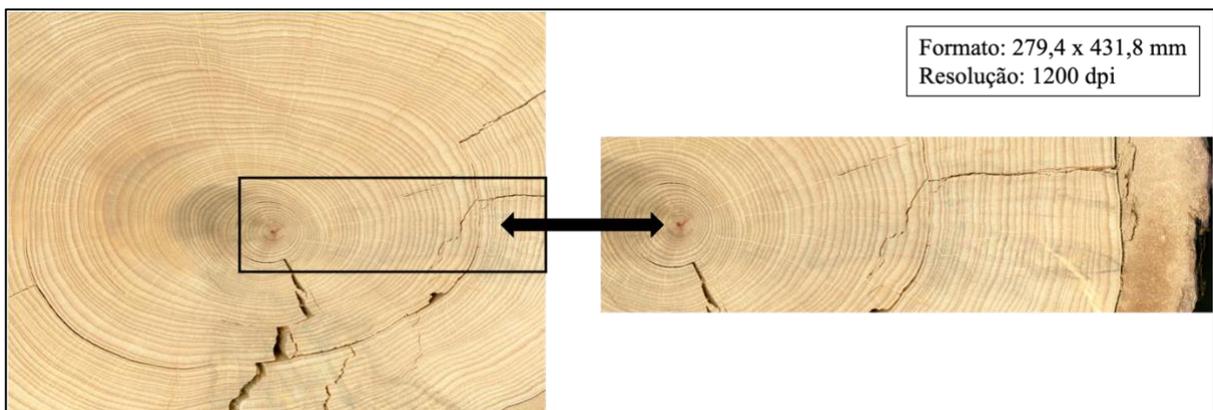
Identificar os anéis anuais em amostras de incremento tem sido um desafio, devido à presença de anéis falsos, anéis em cunhas e outras irregularidades de crescimento (Cattaneo *et al.*, 2013; Wils *et al.*, 2009). No entanto, o uso de discos de madeira como amostras oferece uma vantagem significativa, permitindo uma análise abrangente dos anéis de crescimento e facilitando a identificação dessas irregularidades. Em espécies tropicais e subtropicais, onde os limites dos anéis são frequentemente difíceis de identificar, essa abordagem torna-se ainda mais importante (Worbes & Fichtler, 2010; Oliveira *et al.*, 2010). Ao delimitar os anéis em discos de madeira utilizando a sua imagem completa, é possível construir cronologias mais precisas, especialmente em áreas tropicais com sazonalidade pronunciada (Giraldo *et al.*, 2023). Isso reduz as chances de erros de medição acumulados e fortalece a fundamentação das análises dendrocronológicas.

Apesar da vantagem de se utilizar discos de madeiras, trabalhar com esse material é um grande desafio, que inicia na extração desse material no campo, onde necessita-se de uma logística avançada, até a movimentação dentro do laboratório, para o preparo, marcação dos anéis de crescimento e digitalização (Scipioni, *et al.*, 2023). Sendo assim, as mesas de suporte necessitam de reforços e adaptações. A digitalização para obtenção de imagens para uso em softwares específicos, como o CooRecorder (Larsson, 2005) e Windendro (Regent Instruments Inc., 2022), que geram medidas dos anéis de crescimento em milímetros, depende do uso de scanners (García-hidalgo *et al.*, 2022). O scanner de grande formato A3 - Epson 12000 XL é amplamente utilizado em pesquisas de dendrocronologia (Griffin *et al.*, 2021). As amostras de grandes discos são seccionadas no sentido medula – casca, gerando estreitas e finas peças de madeira, que posteriormente são posicionadas sobre o scanner para geração de imagens (Figura

1). Essas amostras são mais leves que os discos, porém, devem ser manuseadas com cuidado sobre o vidro do scanner.

Para digitalizar amostras com mais de 50 cm de diâmetro, é necessário realizar adaptações com suportes no perímetro do scanner. Manipular a amostra sobre o equipamento é essencial para capturar diversas imagens da medula até a casca ao longo de toda a secção transversal da amostra. Existindo assim, um alto risco de danificar o equipamento ao digitalizar as extremidades da amostra. A fim de solucionar este problema e maximizar a área digitalizada de amostra, bem como preservar as grandes amostras intactas, foi desenvolvida uma mesa elevatória para scanners, com controle de elevação integrado a uma mesa auxiliar de suporte para as amostras.

Figura 1 – Representação de imagens da mesma amostra: baqueta (a) e amostra disco (b), obtidas com Scanner Epson 12000 XL.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Assim, as imagens obtidas oferecem uma ampla superfície para análise de grandes amostras em discos de madeira centenários. No entanto, foram necessárias adaptações nos sistemas de proteção e avaliações de calibragem do equipamento para validar a altura ideal de escaneamento das amostras, visando atender às necessidades das pesquisas em dendrocronologia.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar a acurácia das medições dos anéis de crescimento em várias alturas de digitalização do equipamento, a qualidade das imagens para identificação desses anéis, bem como todo desenvolvimento e construção do equipamento.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Definir o melhor posicionamento de operação do scanner, evitando anos físicos ao vidro do scanner;
- Definir as dimensões ideais para mesa elevatória e de suporte;
- Obtenção de imagens nítidas com alta resolução, permitindo a delimitação de anéis de árvores estreitos.

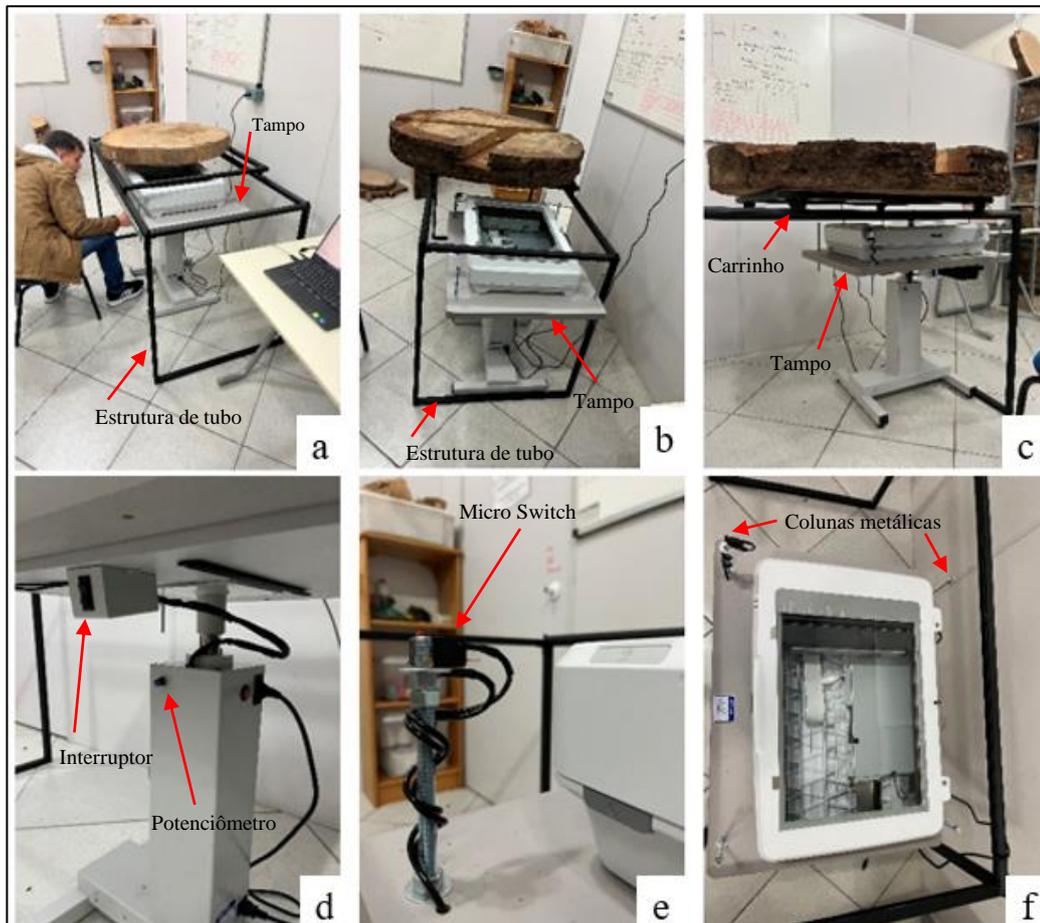
2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 PROTÓTIPO DO EQUIPAMENTO

A primeira versão do equipamento (Figura 2) foi pensada para suportar amostras com peso de até 50 kg. Para o sistema de elevação foi utilizada uma mesa de elevação elétrica da marca *OftPlus*, com uma faixa de altura de elevação entre 65 e 85 cm, e adaptada para uso do scanner Epson 12000 XL (Scipioni *et al.*, 2023). O tampo da mesa elevatória foi refeito, alterando-se a peça original para uma de maior dimensão, produzida em MDF, a fim de garantir a estabilidade do scanner A3 (Figura 2 a, b, c). O sistema elétrico de elevação do conjunto é acionado por um motor de passo (NEMA 34) conectado a um sistema de fusos de esferas, controlado por um driver eletrônico de potência, que por sua vez é regulado por um interruptor de contato duplo e potenciômetro. Isso permite variar a velocidade de elevação e abaixamento, prevenindo danos causados por um contato brusco entre o vidro do scanner e a amostra (Figura 2 d). Para evitar o contato acidental entre a amostra e o vidro do scanner, foram instaladas quatro colunas metálicas de 25 cm de altura (cada) ao longo do perímetro do tampo de MDF (Figura 2 e, f). Além disso, um sensor final de curso (Limit Switch), foi incorporado em uma das colunas (Figura 2 e), com a finalidade de interromper o movimento de elevação da mesa, no momento do nivelamento do scanner, evitando danos ao scanner e sobrecarga no motor de passo da mesa de elevação.

Para acomodar o disco de madeira sobre o conjunto de elevação, foi desenvolvida uma estrutura independente da mesa de elevação, feita de tubo retangular de aço carbono, nas dimensões de 20 x 30 mm x 0,9 mm (Figura 2 a, b). Amostras de grandes árvores de *Araucaria angustifolia* e *Ocotea porosa* foram utilizadas para desenvolver o protótipo. A amostra é sustentada por um carrinho de ferro com quatro roldanas dispostas em um trilho, com a face polida voltada para baixo (Figura 2 c). Essa estrutura de ferro permite o deslocamento lateral da amostra, facilitando a digitalização do centro até a borda e o manuseio da amostra para novas digitalizações.

Figura 2 – Protótipo da mesa móvel de digitalização. (a) Sistema de mesa do scanner conectado ao computador; (b) vista lateral; (c) vista frontal do carrinho de deslocamento da discos; (d) comandos de operação; (e) sistema de acionamento de final de curso; (f) vista superior.



Fonte: Scipioni *et.al.*, 2023.

2.2 EQUIPAMENTO FINAL

O sistema de deslocamento passou a movimentar a mesa elevatória do scanner, e a amostra passou a ficar imóvel sobre uma estrutura tubular metálica de formato retangular, suportando um peso de até 350 kg. Essa estrutura foi construída com tubo de aço carbono 30 x 50 x 20 mm (L x A x E) (Figura 3 a), nas dimensões de 85 x 200 x 105 cm (L x C x A). O carrinho de deslocamento foi disposto na parte inferior sob a mesa do scanner (Figura 3 a), construído com tubo retangular de aço carbono 20 x 30 x 0,9 mm (L x A x E), com dimensões de 60 cm x 80 cm (L x C), disposto sobre um trilho de mesmas dimensões.

Várias simulações com diferentes tamanhos de amostras foram realizadas para definição do espaçamento de instalação das colunas metálicas no perímetro do tampo da mesa do elevatória. O equipamento final conta com mais quatro colunas metálicas de proteção, o Micro Switch existente foi interligado em série com três Limit Switch adicionais, aumentando

os pontos de proteção entre a amostra e o scanner. A versão final, conta com 8 colunas metálicas de proteção, sendo que 4 delas possuem sensor Limit Switch (Figura 3 b, c).

Foram desenvolvidos dois acessórios, sendo o primeiro, uma chapa de vidro comum, com dimensões de 850 x 1.000 x 3 mm (L x C x E) (Figura 3 d), para auxiliar na digitalização de baquetas com tamanho maior que 42 cm, e o segundo, uma barra ajustável construída com o mesmo material da estrutura principal, a fim de comportar discos de madeira com diâmetro menor que 85 cm (Figura 3 e).

Figura 3 – Equipamento final, sistema de mesas de digitalização. (a) detalhamento geral, com amostra > 85 cm de diâmetro; (b) vista lateral, amostra suportada sobre o scanner; (c) Coluna metálica e Limit Switch; (d) acessório 1, chapa de vidro para baquetas > 42 cm; (e) acessório 2, barra de suporte ajustável para discos < 85 cm de diâmetro; (f) mensuração da distância entre a amostra de madeira e o vidro do scanner.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

2.3 ANÁLISE DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

Para análise dos anéis de crescimento foram utilizadas duas amostras de árvores centenárias: *Araucaria angustifolia* (pinheiro-brasileiro, conífera), com diâmetro de 1,2 m; e *Ocotea porosa* (imbuia, folhosa), com diâmetro de 1,60 m. Os cortes transversais dos discos de madeira tiveram as suas superfícies niveladas e polidas para visualização dos anéis de crescimento. O nivelamento da superfície irregular foi realizado com auxílio de diferentes

equipamentos (motosserra, plaina manual, tupia de coluna, lixadeira de bancada) através do desgaste mecânico da madeira. O polimento das amostras para visualização dos anéis de crescimento foi realizado com lixadeira orbital, e diferentes gramaturas de lixa (60 a 1200 grãos).

As imagens das amostras de madeira foram obtidas através de digitalização colorida em scanner tamanho A3, modelo Epson 12000 XL – PH, com resolução de 1.200 DPI. No equipamento existe uma peça plástica que circunda todo perímetro do vidro, limitando, por padrão, a distância mínima possível entre o vidro e amostra em 1 mm. Assim, as alturas de digitalização foram determinadas a partir de 2 mm. As imagens foram digitalizadas em intervalos de 1 mm, sendo realizadas ao total, nove imagens. A avaliação da nitidez das imagens e distorção dos anéis de crescimento foi feita de forma visual, comparando-as lado a lado. Para a mensuração da distância entre a amostra e o vidro do scanner foi utilizado paquímetro (Figura 3 f).

Os limites dos primeiros 60 anéis de crescimento no sentido da casca em direção à medula foram inspecionados no estereomicroscópio binocular, marcados a lápis, escaneados e mensurados com precisão de 0,001 mm no programa CooRecorder 9.8.1 (Larsson, 2005). Os valores das mensurações, datação cruzada e coeficiente de correlação entre as amostras foram verificados no software CDdendro 9.8.1 (Larsson, 2005), posteriormente os dados foram salvos em formato específico (.rwl) e extraídos com auxílio do suplemento OpenRWL em planilha no software Excel.

Os dados obtidos nas mensurações são pareados, ou seja, cada unidade amostral (anel de crescimento) nas duas espécies, foi mensurada exatamente na mesma posição, do mesmo disco, variando apenas a altura de digitalização.

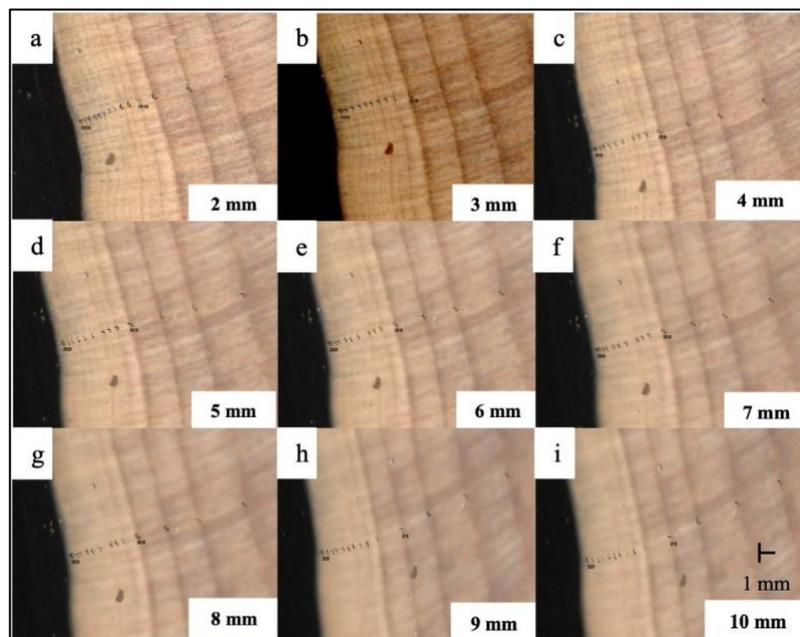
A análise estatística foi realizada separadamente para *Ocotea porosa* e *Araucaria angustifolia*. Tem-se a hipótese que não existe diferença entre as mensurações dos anéis de crescimento nas diferentes alturas de digitalização. Os testes de precisão das mensurações dos anéis de crescimento foram realizados pela comparação da largura dos anéis de árvores nas imagens digitalizadas em diferentes alturas. As premissas de análises estatísticas foram realizadas com as análises descritivas e teste de normalidade dos dados, constatando-se que os resíduos dos grupos não apresentam normalidade. Deste modo, optou-se pela utilização da Análise de Variância para medidas repetidas, Friedman test. As análises foram realizadas no software estatístico Statistica versão 13.5 (Statsoft, 2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O protótipo enfrentou desafios com o deslocamento do carrinho em relação à área de digitalização, devido às barras transversais do transportador. Apesar disso, o sistema de proteção conseguiu evitar qualquer contato indesejado entre a amostra e o vidro do scanner. As digitalizações das amostras produziram imagens nítidas, permitindo uma distinção clara dos anéis de crescimento para análises dendrocronológicas.

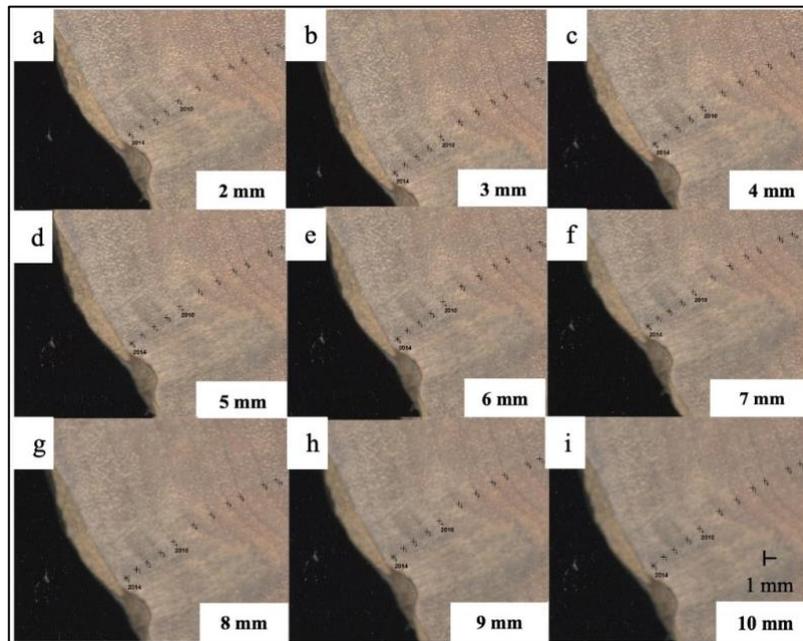
O equipamento final de digitalização demonstrou atender amostras de madeira com diâmetros variando de 60 a 160 cm, e até mesmo baquetas de 100 cm de comprimento. As imagens das amostras capturadas a uma distância de 2 a 3 mm do vidro do scanner mostraram-se adequadas para a medição dos anéis de crescimento (Figura 4 e 5). No entanto, anéis menores de *Araucaria multisseculares*, com larguras entre 0,1 e 1 mm, tornaram-se desafiadores de distinguir em imagens obtidas a distâncias superiores a 3 mm do vidro do scanner, como evidenciado pelos últimos dez anéis de crescimento na amostra de *Araucaria angustifolia* (Figura 4).

Figura 4 – Imagens digitalizadas em diferentes posições de altura entre a amostra de madeira e o vidro do scanner. Espécie: *Araucaria angustifolia*.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 5 - Imagens digitalizadas em diferentes posições de altura entre a amostra de madeira e o vidro do scanner. Espécie: *Ocotea porosa*.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Os valores da mediana, 1º e 2º quartil e Coeficiente de Correlação das larguras dos anéis de crescimento das espécies estudadas podem ser observados na Tabela 1 (Apêndice – A, Figura 1 e 2). A *Araucaria angustifolia* apresentou maior valor médio de largura de anéis. O teste de Shapiro-Wilk confirmou que os dados de anéis de crescimento mensurados ($N = 60$) em todas as alturas de digitalização nas duas espécies analisadas não apresentaram normalidade ($p < 0,05$) (Tabela 1). Com base no teste de Friedman, afirma-se que não houve diferença estatística significativa entre as mensurações dos anéis de crescimento nas diferentes alturas de digitalização para as duas espécies analisadas ($p > 0,05$) (Tabela 2).

O equipamento de digitalização é flexível para usos em outros modelos e tamanhos de scanner, devido às colunas metálicas de proteção ajustáveis. O carrinho de deslocamento possibilita o alinhamento na digitalização de grandes amostras, facilitando a união das imagens obtidas em software de edição de imagem. Os sistemas de proteção do scanner foram eficientes, evitando contato brusco do equipamento na amostra de madeira. Os custos totais de aquisição e adaptação da mesa elevatória e mesa de suporte de amostra foram de R\$ 3.812,60. Os danos físicos na face polida da amostra de madeira foram minimizados, pelo fato de exigir pouco manuseio da amostra no processo de digitalização.

Tabela 1 – Análise descritiva das larguras dos anéis das árvores medidas em diferentes alturas de escaneamento.

<i>A. angustifolia</i>	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm	7 mm	8 mm	9 mm	10 mm
1° Quartil	0.89	0.84	0.84	0.82	0.81	0.84	0.80	0.83	0.83
Mediana (mm)	1.70	1.66	1.69	1.70	1.59	1.60	1.60	1.64	1.64
3° Quartil	2.98	2.89	3.00	3.09	3.09	3.09	3.09	2.94	2.91
Shapiro-Wilk p	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002
*CC	0.95	0.95	0.95	0.96	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97
<i>Ocotea porosa</i>	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm	7 mm	8 mm	9 mm	10 mm
1° Quartil	1.07	1.05	1.05	1.05	1.05	1.04	1.06	1.04	1.04
Mediana (mm)	1.77	1.80	1.80	1.80	1.80	1.81	1.90	1.90	1.86
3° Quartil	2.90	2.99	2.99	2.99	3.04	3.04	2.98	2.98	2.98
Shapiro-Wilk (p)	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	< .001
*CC	0.94	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.89	0.90	0.90

*Coeficiente de Correlação

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Tabela 2 – Teste de Friedman

Espécies	G.L	valor - p
<i>Araucaria angustifolia</i>	8	0.983
<i>Ocotea porosa</i>	8	0.864

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Muitos pesquisadores produzem imagens de núcleos de incremento de madeira lixados com um scanner de mesa. A resolução da imagem precisa equilibrar a quantidade de detalhes necessária e o tamanho dos arquivos de imagem. Uma imagem com resolução de 1200 a 2400 DPI é quase sempre suficiente em estudos de dendrocronologia, apresentando limites de anéis claros (Hietz, 2011). A fotografia digital surgiu como uma alternativa à digitalização de anéis de árvores (Nutto *et al.*, 2005), apesar de ainda o uso do equipamento scanner ser a alternativa predominante, usual e mais acessível em laboratórios de dendrocronologia. O sistema de dendrocronologia Scanning e Cybis (Larsson, 2005) tornou-se popular em comparação com os sistemas tradicionais de medição de anéis de árvores baseados em estereomicroscópio e outras tecnologias de custo elevado.

A mesa de suporte e elevação possibilita a obtenção de imagens dessas grandes amostras, permitindo a digitalização de toda superfície dos discos de madeira. A digitalização integral de toda a amostra permite auxiliar na datação e avaliar o arranjo espacial de diversas anomalias de crescimento na superfície da amostra (cicatrices, manchas de resina, anéis em cunhas, entre outras), principalmente em espécies tropicais e subtropicais que são difíceis de datação, com destaque para árvores centenárias, com muitos anéis estreitos.

Para maior detalhamento da amostra de madeira, Griffin *et al.* (2021) desenvolveram o equipamento Gigapixel, que atinge resoluções de 19.812 dpi, 1,28 μm por pixel. Contudo, o equipamento apresenta a necessidade do uso de servidores de armazenamento, devido ao tamanho dos arquivos gerados, e máquinas com hardware de grande capacidade de processamento, com custos que podem chegar à casa dos R\$ 300.000,00, sendo um equipamento complementar a dendrocronologia clássica.

García-Hidalgo *et al.*, (2022), apresenta uma proposta diferente, o CaptuRING, um equipamento que apresenta uma eficiência 50 % maior que um scanner de mesa, com armazenamento automático de cada amostra digital de forma otimizado, custando em torno de R\$ 7.500,00. O CaptuRING obtém imagens a partir de uma câmera DSLR sim-profissional de 24 MP, com resoluções de 4200 a 5931 dpi. A limitação do equipamento se encontra na área de captura, sendo limitada apenas para pequenas amostras de madeira e baquetas.

Sendo assim, o conjunto da mesa elevatória e mesa suporte, torna-se mais atrativo, principalmente para laboratórios que já possuem scanners, pois apresenta valor inferior aos sistemas mencionados e atende de forma satisfatória a análise dendrocronológica tradicional. Sendo assim, os resultados desse trabalho apontaram que as alturas de digitalização não apresentam deformação nas mensurações dos anéis, porém, para se obter melhor nitidez nas imagens, recomenda-se que a digitalização seja realizada em no máximo 3 mm de distância do vidro do scanner. Assim, desmistificando o uso de imagens digitalizadas de grandes amostras sem o contato direto desta com o vidro do scanner.

REFERÊNCIAS

- CAETANO-ANDRADE, VICTOR LERY; SCHÖNGART, JOCHEN; AYALA, WELLYNGTON ESPINDOLA; MELINSKI, RAMIRO DARIO; SILVA, FRANCISCO; DOBRINDT, REINHARD; ROBERTS, PATRICK. Advances in increment coring system for large tropical trees with high wood densities. **Dendrochronologia**, [S.L.], v. 68, p. 125860, ago. 2021.
- CATTANEO, NICOLÁS; PAHR, NORBERTO; FASSOLA, HUGO; LEPORATI, JORGE; BOGINO, STELLA. Sex-related, growth–climate association of *Araucaria angustifolia* in the neotropical ombrophilous woodlands of Argentina. **Dendrochronologia**, [S.L.], v. 31, n. 3, p. 147-152, jan. 2013.
- GARCÍA-HIDALGO, MIGUEL; GARCÍA-PEDRERO, ÁNGEL; COLÓN, DANIEL; SANGÜESA-BARREDA, GABRIEL; GARCÍA-CERVIGÓN, ANA I.; LÓPEZ-MOLINA, JUAN; HERNÁNDEZ-ALONSO, HÉCTOR; ROZAS, VICENTE; OLANO, JOSÉ MIGUEL; ALONSO-GÓMEZ, VÍCTOR. CaptuRING: a do-it-yourself tool for wood sample digitization. **Methods In Ecology And Evolution**, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 1185-1191, 29 mar. 2022.
- GIRALDO, JORGE A.; DEL-VALLE, JORGE I.; GONZÁLEZ-CARO, SEBASTIÁN; DAVID, DIEGO A.; TAYLOR, TYEEN; TOBÓN, CONRADO; SIERRA, CARLOS A. Tree growth periodicity in the ever-wet tropical forest of the Americas. **Journal Of Ecology**, [S.L.], v. 111, n. 4, p. 889-902, 31 jan. 2023.
- GORGENS, ERIC BASTOS; MOTTA, ALLINE ZAGNOLI; ASSIS, MAURO; NUNES, MATHEUS HENRIQUE; JACKSON, TOBIAS; COOMES, DAVID; ROSETTE, JACQUELINE; ARAGÃO, LUIZ EDUARDO OLIVEIRA E CRUZ; OMETTO, JEAN PIERRE. The giant trees of the Amazon basin. **Frontiers In Ecology And The Environment**, [S.L.], v. 17, n. 7, p. 373-374, 29 ago. 2019.
- GRIFFIN, DANIEL; PORTER, SAMANTHA T.; TRUMPER, MATTHEW L.; CARLSON, KATE E.; CRAWFORD, DANIEL J.; SCHWALEN, DANIEL; MCFADDEN, COLIN H. Gigapixel Macro Photography of Tree Rings. **Tree-Ring Research**, [S.L.], v. 77, n. 2, p. 345-356, 20 jul. 2021.
- HIETZ, PETER. A simple program to measure and analyse tree rings using Excel, R and SigmaScan. **Dendrochronologia**, [S.L.], v. 29, n. 4, p. 245-250, 2011.
- LARSSON, LARS-AKE. (2005). CDendro & CooRecorder program package, version 9.8.1, 2022.
- NUTTO, LEIF; SPATHELF, PETER; ROGERS, ROBERT. Managing diameter growth and natural pruning of Parana pine, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O Ktze., to produce high value timber. **Annals Of Forest Science**, [S.L.], v. 62, n. 2, p. 163-173, mar. 2005.
- OLIVEIRA, JULIANO MORALES; ROIG, FIDEL ALEJANDRO; PILLAR, VALÉRIO DEPATTA. Climatic signals in tree-rings of *Araucaria angustifolia* in the southern Brazilian highlands. **Austral Ecology**, [S.L.], v. 35, n. 2, p. 134-147, 29 mar. 2010.

REGENT INSTRUMENTS INC. WinDENDRO: Tree Rings and Wood Density, 2023.

SCIPIONI, MARCELO CALLEGARI; SALOMÃO, RAFAEL DE PAIVA; VIBRANS, ALEXANDER CHRISTIAN; ULLER, HEITOR FELIPPE. Decline in Giant Tree Numbers: status report for Santa Catarina state and perspectives for Brazil. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 1-5, mar. 2019.

SCIPIONI, M.C., PACHECO, J.F., APPEL, B., FONTANA, C., OLIVEIRA, J.M., TOMAZELLO-FILHO, M. Mesa de scanner para digitalização de anéis de árvores em grandes amostras. In: **Congreso Forestal Latinoamericano y V Congreso Forestal Argentino**, [S.L.], v.1, n. s.n., p. 3-5, mar. 2023.

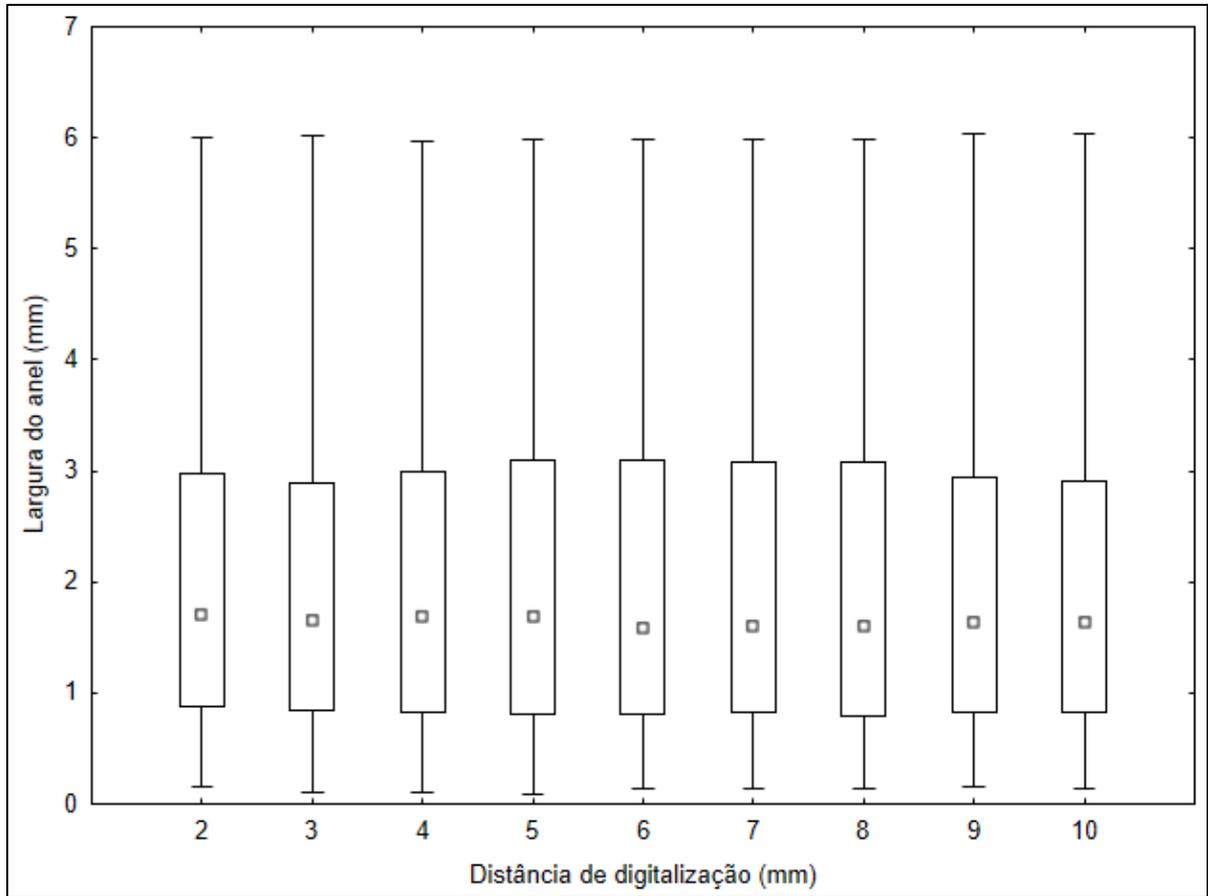
STATSOFT. Statistica (data analysis software system), versão 13.5., 2020.

WILS, TOMMY H.G.; ROBERTSON, IAIN; ESHETU, ZEWDU; SASS-KLAASSEN, UTE G.W.; KOPROWSKI, MARCIN. Periodicity of growth rings in *Juniperus procera* from Ethiopia inferred from crossdating and radiocarbon dating. **Dendrochronologia**, [S.L.], v. 27, n. 1, p. 45-58, jan. 2009.

WORBES, Martin. Wood Anatomy and Tree-Ring Structure and Their Importance for Tropical Dendrochronology. **Ecological Studies**, [S.L.], p. 329-346, 2010.

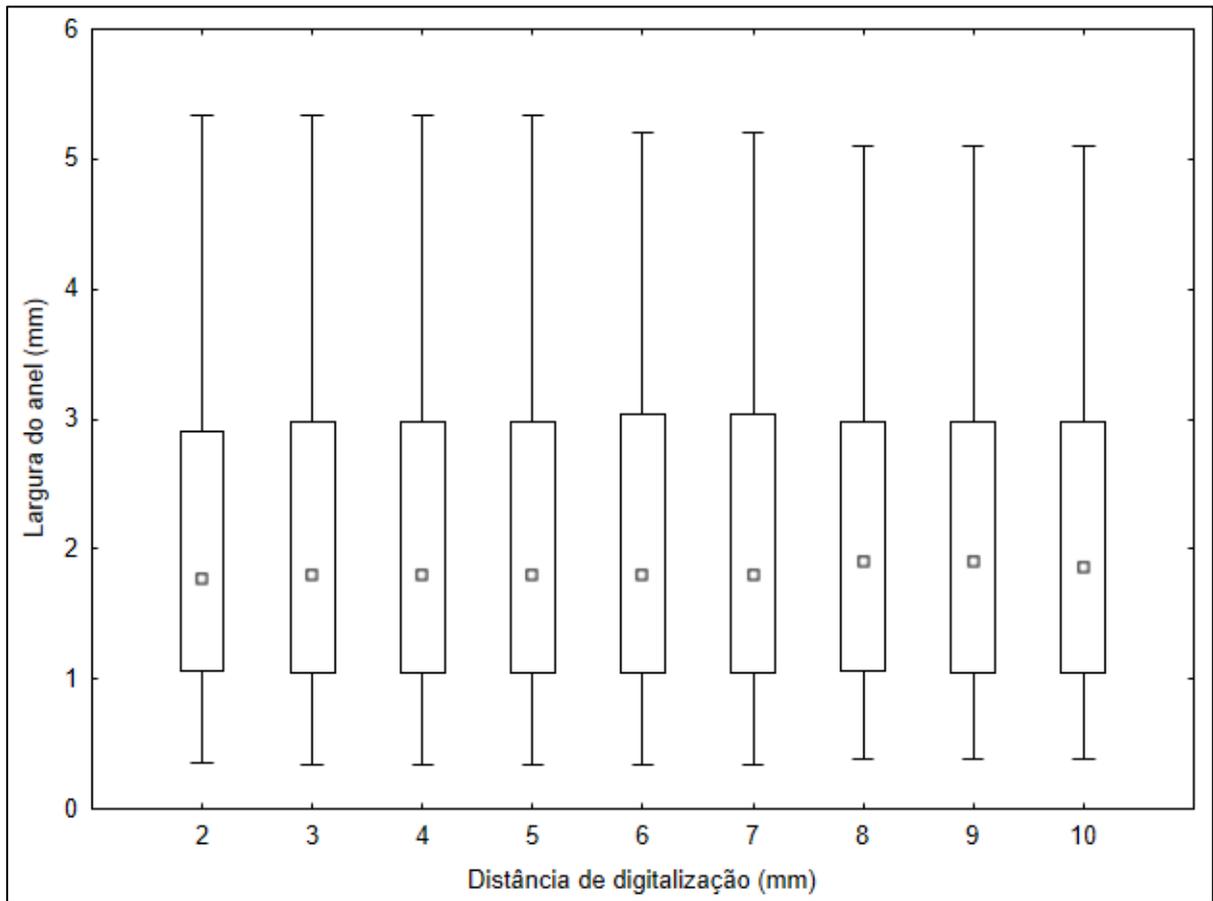
APÊNDICE - A

Figura 1 – Boxplot de larguras de anéis de crescimento (mm), medidos em diferentes alturas de digitalização na amostra de *Araucaria angustifolia*.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Figura 2 – Boxplots de larguras de anéis de crescimento (mm), medidos em diferentes alturas de digitalização na amostra de *Ocotea porosa*.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.