



DENDROCRONOLOGIA DE *Cedrela odorata*, APPLICADA NO MANEJO FLORESTAL DE FLORESTA TROPICAL ÚMIDA

Fábio Chaddad¹; Gabriel de Assis Pereira¹; Mário Tommasiello Filho¹; Bruna Hornink²; Leif Armando Portal Cahuana³.

¹Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) – Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP; ²Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas/SP; ³Universidad Nacional Toribio Rordíguez De Mendoza (FICA/UNTRM), Chachapoyas/Peru.

Resumo: A Floresta Amazônica é a maior área contínua de floresta tropical do mundo, abrigando vasta biodiversidade. Nas últimas décadas, a sustentabilidade do manejo florestal tornou-se um desafio devido à exploração intensiva dos recursos naturais. O manejo florestal sustentável visa preservar a integridade dos ecossistemas, especialmente de espécies arbóreas de alto valor comercial e em risco de extinção. A dendrocronologia, que analisa a largura dos anéis de crescimento das árvores, permite entender as condições ecológicas passadas e é uma ferramenta importante de biomonitoramento retrospectivo. Este trabalho tem como objetivo avaliar o crescimento de *Cedrela odorata* nas áreas de manejo florestal de Madre de Dios, Peru, usando informações dos anéis de crescimento. Espera-se fornecer dados relevantes para o manejo sustentável da espécie, contribuindo para sua preservação e para a sustentabilidade da exploração madeireira no Peru.

Palavras-chave: Biomassa; Dendrocronologia; Florestas neotropicais, Mudanças climáticas.

DENDROCRONOLOGY OF *Cedrela odorata*, APPLIED IN FOREST MANAGEMENT IN HUMID TROPICAL FOREST

Abstract: The Amazon Rainforest is the largest continuous tropical forest area in the world, harboring vast biodiversity. In recent decades, the sustainability of forest management has become a challenge due to the intensive exploitation of natural resources. Sustainable forest management aims to preserve the integrity of ecosystems, especially high-value commercial tree species that are at risk of extinction. Dendrochronology, which analyzes the width of tree growth rings, provides insight into past ecological conditions and serves as an important tool for retrospective biomonitoring. This study aims to evaluate the growth of *Cedrela odorata* in the forest management areas of Madre de Dios, Peru, using information from the species' growth rings. The goal is to provide relevant data for the sustainable management of the species, contributing to its preservation and the sustainability of timber exploitation in Peru.

Keywords: Biomass; Dendrochronology; Neotropical forests; Climate change.

1. INTRODUÇÃO

A floresta tropical amazônica abrange uma grande diversidade de serviços e benefícios ecossistêmicos, destacando-se mundialmente por sua influência na climatologia e regulação pluviométrica global e regional. Este bioma tem fundamental importância em debates científicos e políticos sobre as alterações no clima, tendo em vista às contribuições negativas do desmatamento e intensa exploração dos recursos florestais nessa região (Fearnside et al., 2006). O desmatamento na Amazônia, tornou-se uma preocupação internacional no início da década de 1980, por ser um agente intensificador das alterações hidroclimáticas e da redução da biodiversidade tropical, além de impactar negativamente o comércio mundial de recursos florestais e a subsistência de populações tradicionais (Metzker et al., 2012).

Segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), a sustentabilidade dos recursos florestais está intimamente ligada às boas práticas do manejo florestal, a qual pode promover níveis constantes desses recursos a longo prazo. O manejo florestal sustentável é um conjunto de técnicas utilizadas para captar recursos naturais sem prejudicar o meio ambiente, garantindo a continuidade e renovação desses recursos, constantemente (FAO, 2020). As técnicas de manejo incluem a avaliação de diversos parâmetros, dentre os quais as taxas de incremento em diâmetro, altura e volume de plantas lenhosas se mostram amplamente aplicadas dentro do conceito de manejo florestal sustentável na Amazônia (Schöngart 2008). No entanto, essas informações são escassas e altamente exigidas pelo mercado florestal, para as práticas de manejo.

A dendrocronologia, ciência que estuda a temporalidade dos anéis de crescimento no lenho das árvores, mostra-se como solução para resgatar o histórico de crescimento das árvores e fornecer dados para o manejo. A presença de anéis de crescimento anuais em árvores tropicais permite a aplicação de métodos dendrocronológicos para obter dados sobre o potencial de produção em volume, dimensões da madeira e noções ecológicas de espécies individuais (Brienen et al. 2016). A partir da associação da dendrocronologia ao manejo florestal, surge o Growth-Oriented Logging (GOL), um conceito de manejo sustentável de recursos madeireiros tropicais, o qual fornece maior grau de sustentabilidade na gestão de

florestas tropicais, considerando a estrutura da população e os incrementos individuais de madeira das árvores (Schöngart 2008).

As árvores de *Cedrela odorata* ocorrem em diversas regiões da América Latina, incluindo o Brasil, e pertencem à família Meliaceae (Lorenzi, 2013). São conhecidas por vários nomes populares, como cedro-rosa e cedro-vermelho. *C. odorata* é uma árvore decídua que atinge de 25 a 35 metros de altura, com tronco de 90 a 150 cm de diâmetro, crescendo melhor em regiões tropicais com precipitação entre 2.500 e 4.000 mm/ano, e apresentando menor crescimento em áreas mais secas.

Na maioria das regiões geográficas, os padrões climáticos de ano para ano induzem variabilidade no volume de madeira que a árvore produz e em certas propriedades físicas e químicas da madeira, como as diferentes larguras dos anéis das árvores. A presença de anéis anuais em árvores tropicais pode permitir a aplicação de métodos dendrocronológicos para determinar a idade e as relações entre clima e crescimento dos anéis e sua densidade. Dessa forma, as condições ambientais são fundamentais para o crescimento das árvores, permitindo que as árvores produzam maiores volumes de madeira (Stahle 1999, Panyushkina, 2014).

Desta forma, tendo em vista a necessidade de informações para subsidiar o manejo florestal das árvores tropicais, este projeto busca aplicar a metodologia GOL no manejo florestal de *Cedrela odorata*. O destaque para esta espécie justifica-se por sua vulnerabilidade, ampla distribuição geográfica nas florestas tropicais, alto potencial dendrocronológico e valor econômico no mercado madeireiro (Centro Nacional de Conservação da Flora 2012, Lisi et al., 2021).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo, caracterização e coleta das amostras

Foram utilizados 17 discos de lenho de *Cedrela odorata*, armazenados no Laboratório de Anatomia, Identificação de Madeiras e Dendrocronologia da ESALQ/USP, Piracicaba-SP. As amostras foram coletadas na concessão florestal da comunidade nativa de Bélgica, na região de Madre de Dios, Peru ($9^{\circ} 57'$ e $13^{\circ} 20'$ latitude sul, $68^{\circ} 39'$ e $72^{\circ} 31'$ longitude oeste). Os discos foram obtidos no final da primeira tora para evitar deformações das raízes (Granato-Sousa et al., 2018). A concessão possui certificação FSC (Conselho de Manejo Florestal), garantindo o manejo florestal

sustentável. A região apresenta altitude média de 250 metros, temperatura média anual de 25°C e precipitação média anual de 2.200 a 2.400 mm, com menos de 100 mm na estação seca (julho a setembro).

2.2 Preparo das amostras e mensuração dos anéis de crescimento

As amostras coletadas foram polidas para evidenciar os anéis de crescimento, seguidas pela delimitação de 6 raios ao longo do disco, evitando áreas deformadas. Após a descrição macroscópica e datação dos anéis com auxílio de microscópio, os raios foram digitalizados em alta resolução. A largura e microdensidade dos anéis foram medidas usando o programa WinDendro, permitindo a construção de séries cronológicas, que foram ajustadas e verificadas com o COFECHA. Essa combinação de análises é crucial para sincronizar corretamente os anéis de crescimento de espécies tropicais, que podem apresentar variações interanuais significativas.

Figura 1. Metodologia para obtenção de amostras para análise de raio-x.



Fonte: (Autor)

Por meio da coleta de amostras dendrológicas e da realização de análises comparativas entre paisagens florestais distintas, objetiva-se aperfeiçoar a aplicação de diversas técnicas de observação, identificação dendrológica e coleta com trado de incremento. Este processo engloba o processamento e análise das amostras

dendrológicas, empregando técnicas de raio X para discernir variações nos padrões celulares e de fibras das árvores selecionadas. Além disso, visa-se aprofundar o entendimento sobre dendrologia e seus campos correlatos, cuja relevância se destaca na abordagem de temas cruciais na esfera florestal e ecológica, como sucessão ecológica, estoque de carbono e preservação ambiental e florestal.

2.3 Incremento corrente e médio do fuste e diâmetro mínimo de corte

O crescimento em diâmetro das árvores foi modelado usando as medições do incremento radial acumulado e as idades obtidas pela contagem dos anéis de crescimento. A relação entre diâmetro (variável dependente) e idade (variável independente) foi testada com três modelos sigmoidais de regressão não linear. A expressão de Schongart propõe uma abordagem sustentável para o manejo florestal tropical, considerando a estrutura populacional e os incrementos de madeira para definir ciclos de corte e diâmetros mínimos de corte (DMC). O crescimento em diâmetro pode ser modelado acumulando incrementos radiais para formar curvas de crescimento individuais, ou relacionando a idade da árvore ao diâmetro correspondente, ambas ajustadas a uma função sigmoidal.

2.4 Modelagem do crescimento: Crescimento em diâmetro e relação hipsométrica

A partir dos modelos apresentados no relatório anterior, foram construídas as curvas de incremento corrente e médio em diâmetro, área basal e volume em função da idade para a espécie. O valor de incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) do lenho é obtido a partir do crescimento cumulativo (CrC) nos diferentes anos (Schöngart et al. 2008).

O estoque volumétrico de um povoamento florestal tropical é comumente estimado por meio de análise de regressão, onde o volume da árvore (variável dependente) é relacionado ao diâmetro a 1,30 m do solo e à altura (variáveis independentes). Equações volumétricas específicas, ajustadas para diferentes espécies, regiões e tipologias florestais, são essenciais no planejamento e execução de planos de manejo florestal, garantindo estimativas mais precisas do volume. Embora a fórmula alemã $V=g \cdot h \cdot f$, com um fator de forma de 0,7, seja usada, ela pode

subestimar o volume comercial em comparação com as equações volumétricas mais específicas (Gama et al., 2017).

Comentado [U1]: Corrigir todas as referências.
Esse autor não está citado na lista de referências.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

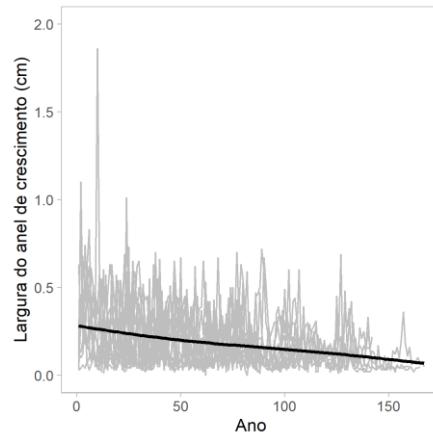
Os resultados da Tabela 1 mostram que as médias de crescimento em largura dos anéis para a floresta tropical úmida são coerentes, com DAP médio de 47,70 cm. Em comparação, amostras de *Cedrela odorata* em remanescentes de caatinga apresentam DAP médio de 25,50 cm, com crescimento anual menor. Estudos anteriores encontraram crescimento médio de 2,95 mm/ano na Amazônia Central, enquanto neste estudo, as médias observadas foram de 2,31 e 2,18 mm/ano para áreas de Mata Atlântica e Caatinga, respectivamente.

Tabela 1. Resultados obtidos durante o processo de dendrocronologia de *Cedrela odorata* L.(*) Considera somente 07 árvores

Nº Árvore s	Nºraio s totais	Idade	Increment o anual (cm)	DAP (cm)	Área basal (m ²)	Densidade anual (g.cm ³)*
09	15	133 ± 27.57	0.19 ± 0.18	47.40 ± 7.47	0.18 ± 0.05	0.5713 ± 0.1083

Neste estudo, o Diâmetro Mínimo de Corte (DMC) foi definido com base no valor máximo do Incremento Anual Atual para volume (IAAvmax), o que indica que a espécie atingiu seu pico de produção no local em questão. O Ciclo de Corte foi estabelecido como o tempo estimado, em anos, para que as árvores pertencentes às classes de diâmetro mais baixas (DAP < 50 cm) alcancem as classes de diâmetro determinadas para o DMC (Schöngart, et al 2007., pegando a idade (55 anos) com maior crescimento de diâmetro (25,31 cm), conforme mostra a Figura 03).

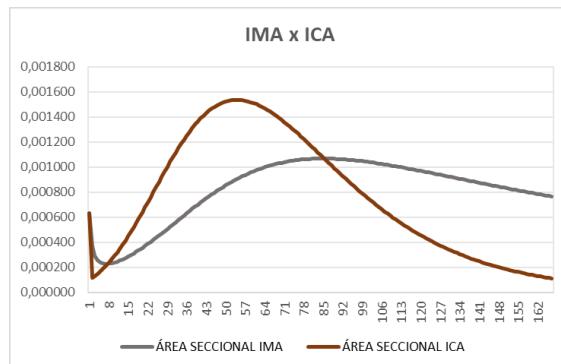
Figura 2. Curva de crescimento da largura do anel das amostras de *C. odorata*.



Fonte: (Autor)

Os anéis de crescimento refletem as influências climáticas no desenvolvimento das árvores, permitindo a análise de condições ambientais passadas e recentes. A Figura 03 mostra que a densidade dos anéis tende a aumentar constantemente, enquanto a largura diminui ao longo do ciclo de crescimento. No entanto, flutuações intra-anuais podem dificultar a marcação dos anéis, devido à falta de correlação entre lenho inicial, lenho tardio e largura do anel.

Figura 3. Gráfico de distribuição de crescimento em diâmetro em relação à idade.



Fonte: (Autor)

4. CONCLUSÃO

Pode concluir-se com a realização deste trabalho que:

- O manejo sustentável de florestas tropicais exige dados específicos sobre taxas de crescimento, idades das árvores e processos de regeneração;
- Sistemas policílicos que utilizam um único limite de corte e ciclo para diversas espécies não são sustentáveis;
- A metodologia GOL apresenta um conceito pioneiro para a colheita sustentável de madeira em florestas alagáveis da Amazônia Central;
- A análise de anéis de crescimento mostrou-se eficaz para prever a produção futura de madeira e pode ser integrada com sucesso aos inventários florestais na Amazônia.

5. REFERÊNCIAS

FEARNSIDE, P. M., & PAULO, S. (2006). As Mudanças Climáticas Globais e a Floresta Amazônica. Marcos Buckeridge. São Paulo.

HUMPHREYS D (1996) Forest politics: the evolution of international cooperation. **Earthscan Publications**, London, p 299.

METZKER, T., C., T., S., B., A., J., & S., Q. (2012). Tropical Forest and Carbon Stock's Valuation: A Monitoring Policy. **Biodiversity Enrichment in a Diverse World**, June. <https://doi.org/10.5772/48355>.

SCHÖNGART, J. Growth-Oriented Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 1–2, p. 46–58, 2008.

TOMAZELLO M, BRAZOLIN S, CHAGAS MP et al (2008) Application of X-ray technique in nondestructive evaluation of Eucalypt wood. **Maderas Cienc Tecnol** 10(2):139–145

TOMAZELLO-FILHO, M., BOTOSSO, P. C., LISI,, C. S., & ROIG, F. A. (2000). Potencialidade da família *Meliaceae* para dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais. **Dendrocronología En América Latina**. Editorial de La Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, August 2015, 381–431.

GAMA, J. R. V., DE SOUZA, A. L., DOS SANTOS VIEIRA, D., & LEITE, H. G. (2017). Volume equations for an open omnibrophylous forest, Codó county, Maranhão state, Brazil. **Revista Brasileira de Ciencias Agrarias**, 12(4), 535–542. <https://doi.org/10.5039/agraria.v12i4a5489>