



CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA MADEIRA DA HEVEA BRASILIENSIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA PARA PROMOVER A SUSTENTABILIDADE NO SETOR MADEIREIRO

MURILO PEREIRA DA SILVA; RAILAN DOS SANTOS SILVA; ERDER PINHO
MAGALHÃES; LUARA DOS SANTOS MARACAS ; ANA CLARA SILVA SANTOS

RESUMO

O Brasil é reconhecido como um país tropical, destaca-se globalmente pela sua diversidade de flora. Suas florestas abrigam uma variedade de espécies com alto valor econômico, dentre elas destaca-se a seringueira (*Hevea brasiliensis*), pertencente à família Euphorbiaceae, vem cumprindo um grande papel na economia brasileira, de acordo o IBGE em 2017, a produção brasileira de borracha natural atingiu 170.000 toneladas, com um número aproximado de 97.048 indivíduos. No entanto, esse plantio possui um período viável econômico limitado, após 25 a 30 anos as áreas plantadas são restauradas, e a exploração da madeira de seringueira emerge como a alternativa mais significativa. Em território nacional, esta madeira é frequentemente utilizada como fonte de energia barata, servindo para produção de carvão vegetal e queima como lenha. O que vai contra as práticas sustentáveis, tendo em vista que a incineração em grande escala desse material irá causar danos ao meio ambiente ao liberar gases que contribuem para o aquecimento global. Tal prática decorre pela ausência de informações técnicas sobre suas propriedades, dentre elas a anatomia, diretamente ligada ao comportamento desse material após seu corte. Portanto, o objetivo deste trabalho é investigar os estudos realizados sobre a anatomia da *Hevea brasiliensis*, por meio de uma revisão sistemática, buscando dados que venha mudar a cultura brasileira de queima dessa madeira, proporcionando uma valorização econômica a esse recurso, e uma relação mais limpa com o meio ambiente. Para isso, foram pré-selecionados 521 trabalhos, onde, após triagem desse material, um total de 16 artigos foram escolhidos. Destes, 7 artigos foram direcionados para análise específica e 9 descartados por desvio do tema alvo. Cada material foi devidamente analisado, concluindo um potencial uso da madeira da seringueira na indústria de papel e celulose, no setor moveleiro e até mesmo na construção civil. No entanto, é necessário maiores investigações sobre o seu uso, a escassez de estudos para esta espécie vem sendo um dos principais obstáculos para um uso sustentável desse material.

Palavras-chave: Seringueira; Práticas sustentáveis; Tecnologia da madeira; Anatomia da madeira; Economia ambiental.

1 INTRODUÇÃO

Um estudo de revisão sistemática pode ser entendido como uma forma de pesquisa que reunirá dados da literatura sobre um determinado tema, resultando na produção de uma síntese das evidências vinculadas a uma estratégia de intervenção, por meio do uso de métodos claros e sistematizados de busca, avaliação crítica e resumos das informações coletadas. Por tanto são valiosos para consolidar as informações oriundas de diversos estudos produzidos de forma independente sobre um determinado assunto, podendo mostrar resultados contraditórios e/ou convergentes, além de apontar áreas que necessitam de maior evidência, contribuindo para o direcionamento de pesquisas futuras. (Sampaio, RF; Mancini, 2007).

A seringueira é uma espécie nativa da região amazônica e vem realizando um papel relevante na economia brasileira, sendo amplamente empregada na produção de látex, no qual após a fase de extração que norteia um período entre 25 e 30 anos, tem suas áreas plantadas regeneradas, e a madeira extraída dessa reformulação é comumente utilizada como lenha (Faria, D. *et al.*, 2018). Tal destino não se alinha com as práticas sustentáveis, uma vez que envolve a emissão de gases durante o processo, contribuindo para o aumento do efeito estufa.

A madeira é um material biológico e heterogêneo. Possui uma ampla diversidade de aplicação, podendo ser na construção civil, indústria moveleira, geração de bioenergia, produção de papel e celulose (Faria, D. *et al.*, 2019). Contudo, para que se haja um aproveitamento mais sustentável desse recurso, é fundamental que se tenha conhecimentos sobre suas propriedades físicas, mecânicas, químicas e anatômicas. O conjunto desses atributos delineia o comportamento da madeira e, por consequência, suas possíveis aplicações. Destacando-se que o entendimento anatômico específico de uma madeira é fundamental para orientar efetivamente as operações de desdobro, secagem, acabamento e preservação. Seu comportamento tecnológico é influenciado pela sua constituição anatômica, que varia conforme a direção tangencial, radial ou longitudinal (Silva *et al.*, 2014).

O presente estudo apresenta uma análise anatômica da madeira da *Hevea brasilienses*, fundamentada em uma revisão sistemática. O objetivo desta pesquisa é avaliar os dados referentes às propriedades anatômicas da seringueira e, dessa forma, identificar e incentivar um uso mais sustentável de sua madeira após o período de extração do látex.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Considerando o exposto, o presente estudo de revisão sistemática considerou referências publicadas entre 2014 e 2024. A temática norteadora definiu os seguintes descritores para a busca em bibliotecas eletrônicas SciELO e Google Acadêmico: “*Hevea brasiliensis*”, “Anatomia da madeira”, “Madeira”. Foram pré-selecionados 521 trabalhos, dentre eles artigos, teses e dissertações. Se ocorreu então a triagem desse material, tendo como alvo os artigos científicos, portanto, excluindo os demais gêneros textuais. Sendo assim, um total de 16 artigos foram escolhidos, destes, 7 artigos foram direcionados para análise específica e 9 descartados por desvio do tema alvo. Foi elaborado um quadro analítico; sendo registrado o título das referências selecionadas, os autores, o ano de publicação e uma síntese do conteúdo abordado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quadro 1 apresenta minuciosamente o título dos artigos selecionadas para análise, acompanhado dos respectivos autores, ano de publicação, e uma concisa síntese do conteúdo abordado em cada uma das publicações. Esta estrutura proporciona uma visão ampla e organizada das fontes primárias utilizadas no estudo, fornecendo uma base sólida para a análise crítica e aprofundamento do conteúdo.

Quadro 1: Palavras-chave de tais referências e a síntese do que foi abordado em cada publicação

Título, autores e ano	Síntese (objetivo, metodologia e principais resultados)
-----------------------	---

Referência Variação diâmetro tangencial de poros no lenho de tensão e oposto em <i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.. Autores: Leticia M. A. Ramos, João V. de F.Latorraca. 2014	1: O propósito do estudo foi examinar as variações nos diâmetros tangenciais dos poros do lenho de reação e do lenho oposto em <i>Hevea brasiliensis</i> . Foram coletadas amostras de três árvores em uma plantação comercial em São José do Rio Preto–SP. Discos foram retirados na altura de 50% do fuste, e seções radiais foram obtidas do lenho de reação e lenho oposto, divididas em quatro regiões para mensurar os diâmetros de poros. A variação radial dos diâmetros foi observada e comparada em duas situações: lenho de reação em relação ao lenho oposto, e seções com e sem fibras gelatinosas. Os diâmetros tangenciais aumentaram da medula para a casca, sendo maiores no lenho de reação em toda a extensão do raio. A presença de fibras gelatinosas influenciou nos diâmetros, sendo estes maiores em regiões sem essas fibras. A redução dos diâmetros dos poros visa proteger os vasos da cavitação e fornecer suporte mecânico à planta. Dessa forma, foi possível concluir que os diâmetros tangenciais dos poros podem ser influenciados pela presença de fibras gelatinosas no lenho, demonstrando diferenças significativas entre o lenho de tensão e o lenho de tensão.
Referência ANATOMICAL CHARACTERIZA TIO N OF TENSION WOOD IN <i>Hevea</i> <i>brasiliensis</i> (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.1 Autores: Ramos, L. et al., 2016	2: Esta investigação abordou a importância do lenho de tração na estruturação do tronco da seringueira. Foram coletados discos em diferentes alturas do tronco em uma plantação em Tabapoã, SP, e analisadas características anatômicas, como comprimento de fibras, diâmetro dos elementos de vaso e proporção de elementos celulares. Observou-se a presença de fibras gelatinosas em ambos os tipos de lenho e em diferentes alturas do tronco, com o lenho de tração no meio do fuste apresentando as maiores diferenças estruturais. A madeira tensionada foi caracterizada por fibras gelatinosas mais longas e maior proporção de vasos, parênquima axial e fibras não gelatinosas. Além disso, a análise estatística identificou diferenças significativas entre os grupos de amostras, com destaque para a região de tensão no meio do tronco. A presença de fibras gelatinosas influenciou negativamente o diâmetro dos elementos de vaso, sugerindo um investimento da planta em suporte mecânico em detrimento do transporte de líquidos.
Referência VARIAÇÃO INTRAESPECÍFI CA NAD ANATOMIA DO LENHO DE <i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. RELACIONADA À EXTRAÇÃO DE LÁTEX. Autores: Ramos, L. et al., 2017	3: A pesquisa investigou a influência da exploração do látex na anatomia do lenho de árvores exploradas e não exploradas de seringueira, sendo avaliados: o comprimento das fibras (não- gelatinosas e gelatinosas); diâmetro total e diâmetro do lume de fibras não gelatinosas; diâmetro e frequência dos elementos de vaso; largura, altura e frequência de raios; e a proporção de tecidos. buscando identificar alterações anatômicas provocadas pela exploração. As árvores analisadas apresentaram diferenças estatísticas em diversos aspectos, como o comprimento e a largura das fibras, o diâmetro dos vasos, entre outros. Observou-se também uma menor proporção de fibras gelatinosas nas árvores exploradas, possivelmente devido ao desvio de foto assimilados para a regeneração do látex. O crescimento das árvores exploradas foi significativamente afetado, sugerindo competição por carbono entre o crescimento e a regeneração do látex. Esses resultados

	destacam a influência da exploração do látex nas características do lenho de seringueiras, e sugerem a necessidade de mais estudos sobre o metabolismo e o consumo de carboidratos nessas árvores diretamente ligados com as mudanças na estrutura do xilema de seringueira nativa quanto de seringueira cultivada, bem como estudos acerca do metabolismo na formação do lenho de tração em seringueiras.
Referência 4: MORFOLOGIA DE FIBRAS E RELAÇÃO COM INDICES DE QUALIDADE DO PAPEL EM SERINGUEIRAS NATIVAS Autores: Ramos, L. et al., 2017	A pesquisa teve como objetivo analisar a morfologia das fibras de <i>Hevea brasiliensis</i> e sua relação com índices de qualidade para a produção de polpa celulósica e papel. Foram coletadas amostras de dez árvores, cinco exploradas e cinco não exploradas. As fibras foram caracterizadas quanto ao comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede. Os índices de Runkel, coeficiente de flexibilidade, fração parede e índice de enfiamento foram avaliados. Os resultados indicaram que as fibras de seringueira têm potencial para produção de papel, com valores favoráveis em relação aos índices analisados. Recomendam-se mais estudos para explorar o uso da seringueira na fabricação de papel, incluindo aspectos econômicos.
Referência 5: QUALIDADE DA MADEIRA DE VISANDO PRODUÇÃO DE CELULOSE E PAPEL. Autores: Faria, D. et al., 2019	O trabalho avaliou a madeira da seringueira <i>Hevea brasiliensis</i> para sua viabilidade na produção de celulose e papel. Três árvores foram analisadas do clone Pb 235, com amostras coletadas em 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial. Os resultados mostraram que a madeira apresenta valores de holocelulose compatíveis com outras espécies usadas na produção de papel, porém as fibras tenham sido classificadas como boas para fabricação de papel com base no Índice de Runkel, a fração parede mostrou-se acima do limite recomendado. A densidade básica indicou que a madeira é de média densidade, adequada para esse fim. Os teores de extrativos e cinzas foram considerados satisfatórios para a produção de papel e celulose. Esses resultados indicam que a seringueira tem potencial para ser usada na indústria de papel e celulose, mas algumas características anatômicas e químicas devem ser consideradas para melhorar a qualidade do produto final.
Referência 6: VARIAÇÃO RADIAL DA ANATOMIA E DENSIDADE DA MADEIRA EM CLONES DE SERINGUEIRA [<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A. Juss.) Muell. Arg.] Autores: Amorim, E. P. et al., 2020	Este estudo teve como objetivo avaliar a variação anatômica radial e a densidade em madeira de clones de <i>Hevea brasiliensis</i> . Foram analisadas 30 árvores, três de cada progênie de 10 clones, coletadas em uma área experimental da Universidade de São Paulo, em Selvíria, Mato Grosso do Sul. Os discos de madeira foram removidos a 1,30 m de altura da árvore e transformados em amostras de 1x1x1 cm, que foram maceradas e cortadas para análise anatômica. Os dados quantitativos foram baseados em pelo menos 25 medições para cada característica de cada árvore. Observou-se aumento no comprimento da fibra e no diâmetro do vaso em direção à casca na maioria dos clones, enquanto a espessura da parede da fibra foi a característica anatômica mais distinta, influenciando na densidade básica dos clones. A frequência dos raios aumentou da medula para a casca na maioria dos clones, e a densidade básica apresentou diferentes padrões entre os clones, com aumento em direção à casca ou maior densidade na posição intermediária. Esses resultados contribuem para o entendimento da anatomia e da densidade da madeira de seringueira, essenciais para seu uso industrial.

Referência	7:O estudo avaliou propriedades físicas e características anatômicas de clones de <i>Hevea brasiliensis</i> com 33 anos após a extração de látex, visando sua utilização industrial. Amostras foram obtidas de cinco clones em plantios no Mato Grosso do Sul, sendo eles os clones LCB510, RRIM600, IAN873, IAN717 e GT1. Foram realizadas análises de densidade básica, retração volumétrica e características anatômicas. Os resultados mostraram diferenças entre clones, com destaque para a densidade básica e a espessura da parede da fibra. Não foram observadas diferenças significativas na largura dos raios, mas as demais dimensões anatômicas variaram entre os clones. Os clones apresentaram potencial para uso em atividades industriais específicas, como construção civil leve e fabricação de móveis e objetos de decora.
PHYSICAL AND ANATOMICAL PROPERTIES OF <i>Hevea brasiliensis</i> CLONES.	
Autores: Lima. <i>et al.</i> , 2023	

Elaborado pela/o autora/or.

Os resultados encontrados apresentam possibilidades para avanços e descobertas sobre o uso da madeira de seringueira. Segundo Ramos, L. *et al.*, (2017) a qualidade da madeira para celulose e papel está diretamente ligado à sua morfologia anatômica, através das dimensões das fibras, os quais são o índice de Runkel, coeficiente de flexibilidade, fração parede e de enfeltramento. Por tanto a caracterização da madeira, principalmente a anatômica, é de extrema importância para seu uso de maneira correta e sustentável. Permitindo até mesmo redescobrir novas aplicações a determinadas espécies madeireiras, aumentando por si a variedade de madeiras com potencial comercial e industrial.

Ao analisar a morfologia das fibras da madeira de seringueira submetidas à exploração de látex, visando seu potencial uso na indústria de celulose e papel, Ramos, L. *et al.*, (2014) não identificou diferença significativa no comprimento das fibras de indivíduos explorados e não explorados. Por outro lado, em um estudo posterior, Ramos, L. *et al.*, (2017), pôde notar a influência da exploração do látex na anatomia do lenho de seringueiras nativas, onde se avaliou mais a fundo as possibilidades de alterações nas características anatômicas associadas à extração de látex. Os pesquisadores identificaram mudanças nas características do lenho da seringueira quando comparado a espécies sem a injúria da extração, sendo elas, uma maior dimensão dos raios e fibras nos indivíduos explorados. Além disso, outras variáveis foram identificadas, como a menor quantidade de fibras gelatinosas nas árvores exploradas e alterações nas frequências e diâmetro dos elementos de vaso, que por consequência influenciará na sua aplicação.

Os estudos de Faria, D. *et al.*, (2019) e Ramos, L. *et al.*, (2017) avaliaram a *Hevea brasiliensis* visando seu uso para fabricação de celulose e papel. Para chegar ao objetivo proposto, os autores realizaram análises químicas e anatômicas da madeira da seringueira, sendo que o primeiro trabalho identificou em seus estudos, que o comprimento médio das fibras celulósicas analisadas foi de 1,35 mm e espessura média de parede de 5,75 µm, as classificando como fibras curtas, ofertando uma maior capacidade de absorção para o papel produzido desse material. Também se observou valores médios de holocelulose de 80,83%, sendo compatível com as madeiras de eucalipto. Ambos os trabalhos chegaram à mesma conclusão com relação ao índice de Runkel, classificando a fibra de *Hevea brasiliensis* como propícia para fabricação de papel.

Já Ramos, L. *et al.*, (2016) caracterizou as estruturas celulares no lenho oposto e de tração da seringueira, associados à sua distribuição radial e longitudinal. Os autores realizaram avaliações das fibras gelatinosas e a proporção do parênquima axial, no qual os resultados evidenciaram diferenças estruturais entre os dois tipos de lenho, sendo elas, a proporção das fibras gelatinosas, qual foi menor quando comparada a madeira oposta, no qual seja mais comum encontrar a abundância dessa fibra na madeira tensionada, tal fenômeno pode estar

associado a compressão de forma análoga aos traqueídeos nas coníferas, no qual tende a ser menor. Ramos, L. *et al.*, (2014) investigando as variações nos diâmetros tangenciais do lenho oposto e de reação, chegaram ao consenso que os valores do lenho de reação foram maiores que os valores para o lenho oposto em toda a extensão do raio, O estudo também concluiu que os diâmetros tangências dos poros tiveram relação com a distância radial, sendo possível perceber uma tendência crescente no sentido medula-casca.

Tal resultado também foi similar para Amorim, E. P. *et al.*, (2020) referente ao aumento do comprimento de fibra e diâmetro do vaso em direção à casca. O presente estudo avaliou a variação anatômica, radial e densidade em madeira de clones de *Hevea brasiliensis*, onde se foi possível notar um aumento no diâmetro do vaso e uma diminuição em sua frequência para a maioria dos clones estudados. Foi possível observar também uma estabilização de raios próximo à casca, já a densidade básica apresentou diferentes padrões entre clones, com maior densidade na posição intermediária.

Buscando determinar as propriedades físicas e anatômicas, Lima. *et al.*, (2023) investigou cinco indivíduos com cerca de 33 anos, onde se foi determinado a densidade básica, retração volumétrica e a caracterização anatômica. No qual O valor médio da densidade básica encontrado foi de 0,580 g/cm³, o que não diverge muito dos resultados dos estudos de Farias, D. *et al.*, (2019) que obtiveram o valor de 0,541 g/cm. Já para a retração volumétrica, o autor encontrou valor de 8,32%. De modo geral, os autores chegaram à conclusão de que os clones da *Hevea brasiliensis* diferem entre si em suas propriedades físicas e anatômicas, com exceção da largura dos raios. Com base nos resultados obtidos, os pesquisadores chegaram à conclusão de que a madeira da seringueira possui o potencial necessário para o uso em determinadas atividades industriais que não exigem muita resistência física, podendo ser aplicada na construção civil ou na indústria moveleira.

4 CONCLUSÃO

Os trabalhos analisados evidenciam a importância do conhecimento das propriedades da madeira, sendo elas, físicas, anatômicas, químicas e mecânicas, visando seu uso sustentável. Além disso, as análises feitas deixam claro a demanda sobre a necessidade de informações sobre as características tecnológicas da madeira de *Hevea brasiliensis*, espécie que vem demonstrando pontos promissores para novas aplicações, com potencial de uso na construção civil, indústria de celulose e papel, e no setor moveleiro. porém a escassez de estudos no contexto deixa uma lacuna qual impossibilita o avanço na amplitude no uso da madeira oriunda da espécie mencionada após seu ápice econômico de extração de látex

REFERÊNCIAS

AMORIM, E. P. et al. VARIAÇÃO RADIAL DA ANATOMIA E DENSIDADE DA MADEIRA EM CLONES DE SERINGUEIRA [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Muell. Arg.].

Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 7–16, 2021. DOI: 10.24278/2178-5031.202133101. Disponível em: <https://rif.emnuvens.com.br/revista/article/view/20>. Acesso em: 3 abr. 2024.

DA SILVA LIMA, R. et al. INFLUÊNCIA DA ANATOMIA NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *IRYANTHERA GRANDIS* DUCKE . Disponível em:

<<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2014b/AGRARIAS/influencia%20da%20anatomia.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2024.

FARIA, D. et al. ESTUDO DA POROSIDADE E DUREZA DA MADEIRA DE SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **Agrarian Academy**, v. 5, n. 9, 2018.

FARIA, D. et al. QUALIDADE DA MADEIRA DE *Hevea brasiliensis* VISANDO A PRODUÇÃO DE CELULOSE E PAPEL. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 11, p. 303–314, 2019.

LIMA, I. L. DE et al. Physical and anatomical properties of *Hevea brasiliensis* clones. **Maderas Ciencia y tecnología**, v. 25, 2023.

RAMOS, L. M. A. et al. ANATOMICAL CHARACTERIZATION OF TENSION WOOD IN *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Mull. Arg. **Revista Árvore**, v. 40, n. 6, p. 1099–1107, 2016.

RAMOS, L. M. A. et al. VARIAÇÃO INTRAESPECÍFICA NA ANATOMIA DO LENHO DE *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Mull. Arg. RELACIONADA À EXTRAÇÃO DE LÁTEX. **Floresta**, v. 48, n. 2, p. 255, 2018.

RAMOS, L. M. A.; LATORRACA, J. V. F. **Variação do diâmetro tangencial de poros no lenho de tensão e oposto em *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.** Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Ciências Florestais. **Anais...Recife**, Pernambuco, Brasil: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014.

RAMOS, L. M. A. et al. **MORFOLOGIA DE FIBRAS E RELAÇÃO COM INDICES DE QUALIDADE DO PAPEL EM SERINGUEIRAS NATIVAS.** In: ANAIS CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 2017, . Anais eletrônicos... Campinas, Galoá 2017. Disponível em:
<<https://proceedings.science/cbctem/trabalhos/morfologia-de-fibras-e-relacao-com-indices-dequalidade-do-papel-em-seringueiras?lang=pt-br>> Acesso em: 03 Abr. 2024.

SAMPAIO, RF; MANCINI, MC Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia** , v. 11, n. 1, pág. 83–89, 2007.