

Identificação anatômica e avaliação da melhoria na estabilidade dimensional em espécies amazônicas termorretificadas

Anatomical identification and evaluation of improvement on dimensional stability in amazonian species thermal rectification

Rian Cícero Silva da Silva¹, Plínio Lima de Morais¹,
Alisson Rodrigo Souza Reis¹, Maria Fátima do Nascimento²,
Francisco Antônio Rocco Lahr³, Márcio Rogério da Silva⁴

¹Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Pará, UFPA, Campus Universitário de Altamira, R. Cel. José Porfírio, 2515, São Sebastião, CEP: 68372-040, Altamira, PA, Brasil.

²USP, Universidade de São Paulo, EESC, Escola de Engenharia de São Carlos, Av. Trabalhador São-Carlense, 400, CEP: 13566590, São Carlos, SP, Brasil.

³Departamento de Engenharia de Estruturas, SET, Escola de Engenharia de São Carlos, EESC, Universidade de São Paulo, USP, Av. Trabalhador São-Carlense, 400, 13566-590, São Carlos, SP, Brasil.

⁴Faculdade de Etnodiversidade, Universidade Federal do Pará, UFPA, Campus Universitário de Altamira, R. Cel. José Porfírio, 2515, São Sebastião, CEP: 68372-040, Altamira, PA, Brasil.

E-mail: riancicero15@gmail.com, pliniolmorais@gmail.com, alissonreis@ufpa.br, fatimasc357@alumni.usp.br, frocco@sc.usp.br, marciomrs@ufpa.br.

RESUMO

A Termorretificação é um método que se utiliza visando incrementar as propriedades físicas, químicas e mecânicas da madeira, expondo amostras a temperaturas elevadas. No presente estudo, avaliaram-se as melhorias e implicações proporcionadas pela termorretificação nas espécies amazônicas Angelim Vermelho, Cedro, Quaruba e Muiracatiara, quanto às alterações nas propriedades físicas, alterações na coloração, possíveis trincas, além disso, foi realizada a identificação anatômica destas espécies. A termorretificação foi realizada a temperaturas de 130, 150 e 170 °C. As maiores alterações na coloração foram evidenciadas nas espécies Angelim Vermelho e Muiracatiara. O aparecimento de trincas foi observado, principalmente, a 170 °C. A perda de massa foi diretamente proporcional ao emprego de maiores temperaturas. Alterações na densidade da madeira foram verificadas após o processo de termorretificação, com destaque para o Angelim Vermelho, seguindo um padrão linear com redução da densidade de acordo com o aumento das temperaturas aplicadas. Os ensaios da variação volumétrica revelaram uma redução da higroscopicidade das espécies tratadas em relação às testemunhas, exceto para o tratamento do Angelim Vermelho a 130 °C. A análise anatômica possibilitou a identificação até nível de espécie, sendo as espécies estudadas: *Dinizia excelsa* Ducke, *Cedrela fissilis* Vell, *Astronium ulei* Mattick e *Vochysia maxima* Ducke, para Angelim Vermelho, Cedro, Muiracatiara e Quaruba.

Palavras-chave: Termorretificação, Espécies Amazônicas, Anatomia da Madeira.

ABSTRACT

Thermal rectification is a method that is used to increase the physical, chemical and mechanical properties of the wood, exposing samples to high temperatures. In the present study, the improvements and implications provided by thermal rectification in the Amazon species Angelim Vermelho, Cedro, Quaruba and Muiracatiara were evaluated, regarding changes in physical properties, changes in color, possible cracks, in addition to the anatomical identification of these species. Thermal rectification was carried out at temperatures of 130, 150 and 170 °C. The greatest changes in color were observed in the species Angelim Vermelho and Muiracatiara. The appearance of cracks was observed mainly at 170 °C. The loss of mass was directly proportional to the use of higher temperatures. Changes in the density of the wood were verified after the thermal rectification process, in which Angelim Vermelho stands out following a linear pattern with reduced density according to the increase in applied temperatures. The tests of the volumetric variation revealed a reduction of the hygroscopicity of the treated species in relation to the controls, except for the treatment of Angelim Vermelho at 130 °C. The anatomical analysis allowed the identification up to species level, being the studied species:

Dinizia excelsa Ducke, *Cedrela fissilis* Vell, *Astronium ulei* Mattick and *Vochysia maxima* Ducke, for Angelim Vermelho, Cedro, Muiracatiara and Quaruba.

Keywords: Thermal rectification, Amazonian Species, Wood Anatomy.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material com excelentes propriedades, mas possui características por vezes indesejadas, como alta higroscopicidade, heterogeneidade, anisotropia e baixa resistência a organismos xilófagos. E no que tange ao corte e desdobro das árvores, a estabilidade dimensional é uma das propriedades mais importantes, pois, se esta não for levada em consideração, há perda de matéria-prima e eventuais prejuízos. Estas características próprias da madeira geram necessidade de aplicações de tratamentos que permitam uma melhor utilização, principalmente em sua forma sólida, assim, torna-se relevante o uso de uma técnica que propicie durabilidade à mesma [29, 2]. Para resolver tais problemas, modificações nas propriedades da madeira têm sido objetivo de pesquisas na área de tecnologia de produtos de base madeireira. Fundamentalmente, essas modificações visam reduzir a rejeição de peças com comportamento inadequado em sua formação [10, 30].

A termorreificação da madeira é um método utilizado com o objetivo de incrementar as propriedades físicas, químicas e mecânicas da madeira, expondo amostras ao calor, em temperaturas não maiores que 260 °C. Estudos comprovam que a termorreificação acarreta alterações nas propriedades da madeira, por exemplo: melhorias na estabilidade dimensional (inchamento e retratibilidade), redução da higroscopicidade, modificações na resistência mecânica e alteração da coloração (escurecimento); [18, 29, 17].

Cabe destacar que as temperaturas aplicadas podem variar em função da espécie a ser tratada, pois existem fatores, tais como: densidade, permeabilidade, anatomia, entre outros que podem facilitar ou não o tratamento com calor [29]. Além disso, há mais fatores que influenciam no resultado final, bem como a temperatura final de termorreificação e a velocidade de aquecimento.

Estudos recentes têm se desenvolvido nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, principalmente com espécies de reflorestamento, tais como *Pinus* e Eucalipto. De acordo com DELUCIS *et al.* [10], o processo de termorreificação não está consolidado no Brasil, ao passo que em países da Europa já é empregado amplamente no uso de *decks*, portas, janelas, saunas, mobiliários, entre outros.

Dentre os principais tratamentos utilizados, a termorreificação é um dos processos de modificação da madeira recorrentes no âmbito comercial, gerando novos estudos acerca do tema para a implantação industrial, tais como Lignostone, na Alemanha, Staypak, nos Estados Unidos, Thermowood, na Finlândia, Platowood, na Holanda e Perdure, na França (18).

Alguns fatores, como a diversidade de espécies florestais madeireiras e a distribuição geográfica dos espécimes, incitam a realização de estudos buscando a melhoria tecnológica da madeira [8]. Nos estudos realizados no Brasil acerca da termorreificação, as madeiras de reflorestamento – as chamadas madeiras exóticas (principalmente em espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*) – destacam-se, pois essas espécies apresentam propriedades, por vezes, indesejadas, uma vez que este processo visa agregar valor para sua comercialização [4, 6, 23, 25].

É válido enfatizar que há diversos trabalhos acerca da termorreificação da madeira e que estes têm contribuído para a elucidação da técnica, no entanto, as pesquisas disponíveis na literatura não satisfazem a pluralidade correspondente à diversidade de espécies madeireiras. Em outras palavras, se faz necessária a realização de estudos que demonstrem os efeitos dos tratamentos para cada espécie, visando a melhor adequação ao tratamento [9].

A madeira como matéria-prima é amplamente consumida tanto para uso particular quanto pela indústria. E dada a quantidade de madeiras utilizadas nesses segmentos, é necessário que seja realizada a identificação dessas espécies para a correta destinação da matéria-prima. Então, destaca-se o papel da anatomia da madeira como auxílio primordial para a correta identificação das espécies trabalhadas [26].

Na transformação das toras em madeira serrada, parte dos caracteres morfológicos é perdida, desde a desrama em campo até o beneficiamento final, o que faz com que se opte por outro meio para a identificação científica do vegetal, no qual a análise anatômica da madeira é uma opção [32].

Ferreira, Gomes e Hopkins [14] afirmam que a falta de informações a respeito das características anatômicas das espécies comercializadas no Pará, sejam morfológicas ou fisiológicas, dificulta o emprego das madeiras e o seu beneficiamento. Com essas informações de estrutura anatômica, é possível designar a melhor finalidade às espécies estudadas. Desse modo, se potencializa a correta utilização da madeira, minimizando o desperdício de matéria-prima [24, 1].

O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento de espécies amazônicas disponíveis no mercado local após a termorreificação, com base nas possíveis melhorias na estabilidade dimensional, nas

propriedades físicas e na coloração da madeira, além de possíveis fissuras ou trincas. Foi realizada, também, a identificação anatômica das espécies em estudo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Quatro espécies de madeira foram utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho de identificação anatômica e termorretificação, sendo elas: Angelim Vermelho (*Dinizia excelsa* Ducke), Cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), Muiracatiara (*Astronium ulei* Mattick) e Quaruba (*Vochysia maxima* Ducke). As peças de madeira foram buscadas apenas pelo nome vernacular dentro do mercado local no município de Altamira – PA e região da Transamazônica.

A metodologia utilizada teve como base os trabalhos realizados em coníferas e folhosas por SILVA [29], BORGES & QUIRINO [3], BRITO *et al.* [5]; e, no que tange a realizar a identificação anatômica, usaram-se a Chave de Identificação de Madeiras Comerciais [20] e a Chave Interativa de Identificação a partir de caracteres gerais e macroscópicos do Laboratório de Produtos Florestais, do Serviço Florestal Brasileiro [28].

A Tabela 1 descreve as espécies, as faixas de temperaturas e as siglas que foram utilizadas no processo de termorretificação, a fim de codificar e organizar melhor os experimentos realizados.

Tabela 1: Faixas de temperatura e siglas que foram utilizadas no processo de termorretificação.

LOTE	ESPÉCIE	FAIXAS DE TEMPERATURA (°C)			
		TESTEMUNHA	130	150	170
1	Cedro	C0	C1	C2	C3
	Quaruba	Q0	Q1	Q2	Q3
2	Angelim Vermelho	A0	A1	A2	A3
	Muiracatiara	M0	M1	M2	M3

Ensaio preliminares determinaram que a taxa de aquecimento da estufa foi de $4\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$, sendo esta considerada alta, com base em outros trabalhos, como o de SILVA [29]. A termorretificação, se efetuada a uma velocidade alta de aquecimento, favorece o aparecimento de trincas e fissuras. Neste sentido, para minimizar tais problemas, elaborou-se um gráfico de aquecimento para que a elevação da temperatura fosse de forma escalonada (Figura 1). A temperatura inicial da estufa correspondeu à temperatura ambiente, aproximadamente $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. A umidade da madeira utilizada no processo de termorretificação foi de $12\% \pm 2\%$. Após iniciar o processo, o primeiro patamar atingido foi de $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. A partir deste, o aumento da temperatura se deu de maneira escalonada, de $20\text{ em }20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para todos os ensaios. Elevou-se a temperatura manualmente a cada $6,6$ horas, ou seja, a cada 396 minutos, até atingir a temperatura desejada, sendo $130, 150$ e $170\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Foi efetuada a pesagem das peças antes do processo da termorretificação para se obter a massa inicial das espécies em estudo. Ao final desse processo, a estufa foi desligada, permanecendo fechada até que sua temperatura interior atingisse a temperatura ambiente.

A Figura 1 demonstra como exemplo a elevação da temperatura (t_0/t_1 ; t_1/t_2), patamar final (t_2/t_3) e taxa de resfriamento (t_3 a t_4) pretendidos para o experimento a $130\text{ }^{\circ}\text{C}$. Desta forma, com o aumento da temperatura (T) em $^{\circ}\text{C}$ ocorre também o aumento do tempo (t) em horas de permanência das peças de madeira na estufa.

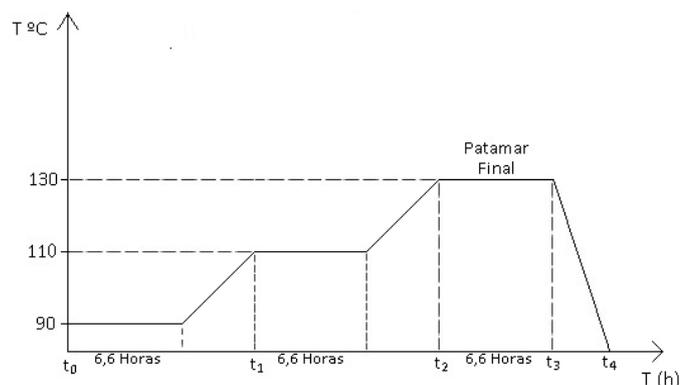


Figura 1: Gráfico de aquecimento e resfriamento utilizado no processo de termorretificação.

Ao final de todo o processo de termorreificação e resfriamento das madeiras, as peças foram novamente pesadas para a realização do cálculo de rendimento gravimétrico (ou perda de massa) da madeira termorreificada, de acordo com a equação 1 (em que R: redução de massa (%); P1: peso da madeira antes da termorreificação (g); P2: peso da madeira após a termorreificação (g)).

$$R = \frac{P2}{P1} * 100 \quad (1)$$

A determinação das propriedades físicas da madeira descritas na NBR 7190/97, anexo B (equações 2 e 3), foi realizada na Faculdade de Engenharia Florestal da UFPA, no Laboratório de Química e Biomassa da Madeira, e a identificação anatômica, no Laboratório de Morfologia e Anatomia da Madeira, ambos situados no *campus* de Altamira. As peças de madeira foram reduzidas a pequenas amostras para a realização dos ensaios, os chamados corpos-de-prova. O desdobro dos corpos-de-prova seguiu conforme a NBR 7190/1997, obtendo-se amostras com dimensões 2 cm x 3 cm x 5 cm de seção transversal (Figura 2).

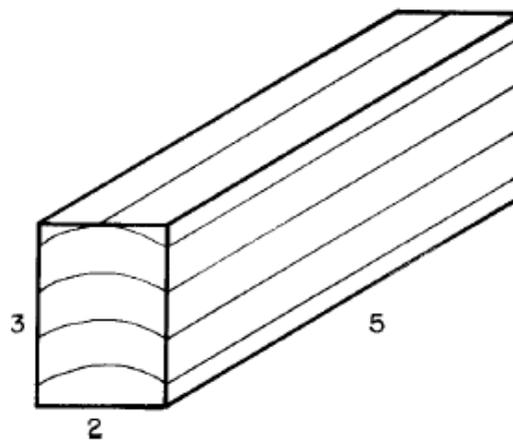


Figura 2: Dimensões dos corpos-de-prova utilizados. Fonte: NBR 7190/97.

As propriedades de densidade e variação volumétrica (inchamento e retratibilidade) foram determinadas antes e após o processo de termorreificação da madeira. E, ainda, na determinação das propriedades físicas, foram utilizados 10 corpos-de-prova para cada faixa de temperatura, em que o teor de umidade para avaliação das propriedades físicas foi de 0% (+2%). Para alcançar os resultados, foram utilizadas as equações 2 (cálculo para densidade aparente (ρ) a 0%, em que M: massa seca e V: volume seco da madeira) e 3 (variação volumétrica (ΔV); onde V_{sat}: volume da madeira saturado; V_{seco}: volume da madeira seca).

$$\rho_{ap} = \frac{m(0\%)}{V(0\%)} \quad (2)$$

$$\Delta V = \frac{V_{sat} - V_{seco}}{V_{seco}} \quad (3)$$

No que tange à identificação anatômica, para descrição das estruturas macroscópicas da madeira, utilizaram-se as normativas do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis - IBAMA [7], sendo obtidos corpos-de-prova com dimensões de 2 cm x 2 cm x 2 cm nos planos transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial. A obtenção dos planos transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial foi realizada com o auxílio de um micrótomo de deslize Reichert.

Devido ao material objeto deste estudo não ser oriundo de xiloteca, todas as amostras foram submetidas à identificação taxonômica por meio da versão de abril de 2012 da Chave de Identificação de Madeiras Comerciais, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo [20], e da Chave Interativa de Identificação, baseada em caracteres gerais e macroscópicos, do Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro [28], a fim de se determinar as espécies amostradas.

A observação microscópica das estruturas anatômicas da madeira foi realizada de acordo com as recomendações da International Association of Wood Anatomists / IAWA [19]. As estruturas anatômicas

foram visualizadas com o auxílio de uma lupa conta-fios com aumento de 10 vezes. Cabe ressaltar que a microscopia, neste estudo, foi feita somente com o intuito de corroborar a visualização dos caracteres macroscópicos, a fim de se obter um maior detalhamento das estruturas anatômicas, não havendo qualquer tipo de detalhamento das estruturas microscópicas da madeira.

Para a análise estatística dos dados a serem obtidos em função das diferentes temperaturas de termorreificação, efetuou-se a análise de variância (ANOVA) com nível de significância de $\alpha = 0,05$, sendo a hipótese nula quando as médias determinadas forem iguais, e a hipótese alternativa, com a ocorrência de médias estatisticamente diferentes entre si. Posteriormente, foi aplicado o teste de Tukey para comparação das diferenças estatísticas entre as médias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A termorreificação resultou em alterações visuais na coloração de todas as amostras das madeiras em estudo, sendo mais perceptíveis nas espécies Angelim Vermelho e Muiracatiara. Cabe ressaltar que as amostras obtidas da espécie Muiracatiara continham alborno e cerne. A Figura 3 mostra as peças de madeira já serradas, pouco antes do desdobro dos corpos-de-prova, e o aparecimento de trincas em determinadas faixas de temperatura, principalmente a 170 °C (Figura 6).

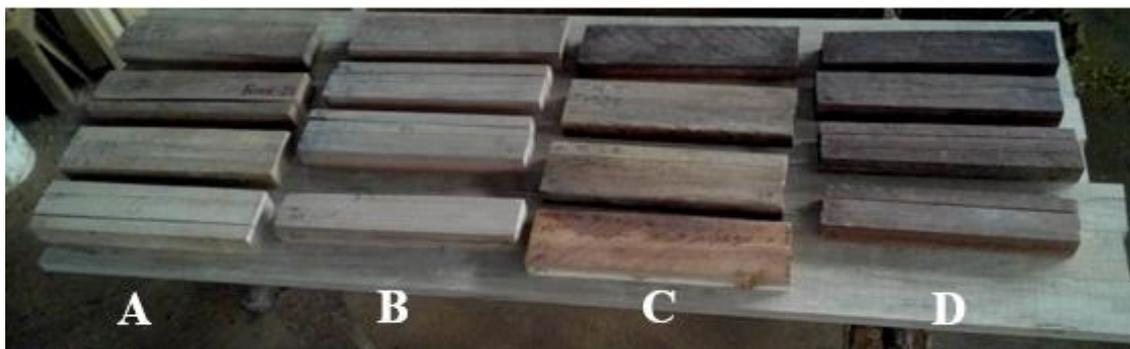


Figura 3: Peças de madeira termorreificadas e suas respectivas testemunhas; A: Cedro, B: Quaruba, C: Muiracatiara e D: Angelim Vermelho.

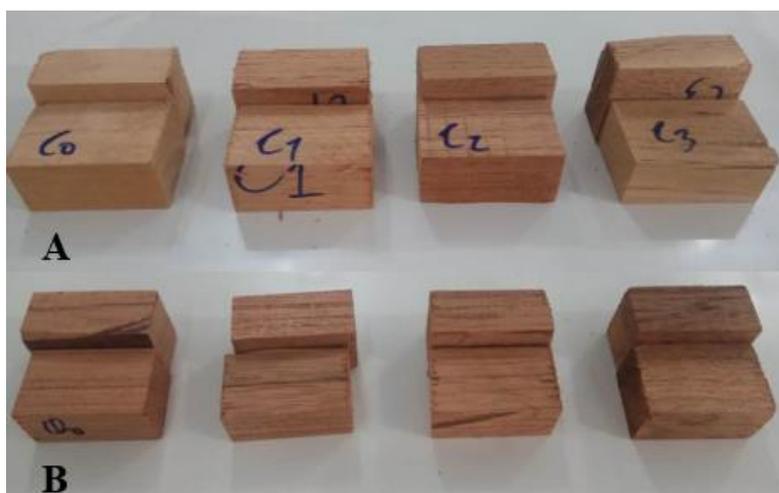


Figura 4: Corpos-de-prova de Cedro (A) e Quaruba (B) após termorreificação.

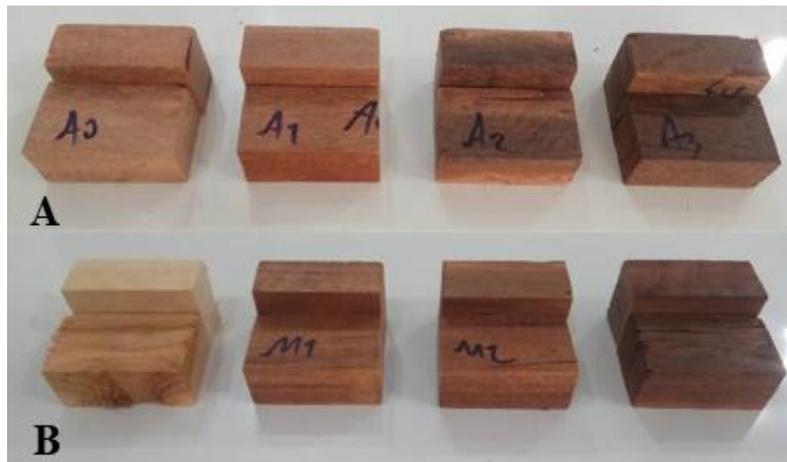


Figura 5: Fotos dos corpos-de-prova de Angelim (A) e Muiracatiara (B) após termorretificação.



Figura 6: Trincas em alguns corpos-de-prova termorretificados a 170°C em Cedro (A), Quaruba (B), Muiracatiara (C) e Angelim (D).

A alteração na coloração confirma os resultados obtidos por ZANUNCIO [31] e SILVA [29], nos quais a mudança da cor ocorreu de forma gradual e proporcional ao aumento da temperatura. SILVA [29] constatou alteração semelhante em termorretificação nas espécies de *Eucalypto citriodora* (*Corymbia citriodora*) e *Pinus taeda*, em que relaciona a mudança de cor das amostras com a degradação, principalmente, das hemiceluloses, ocasionada pelo calor aplicado. Ainda em seu estudo, SILVA [29] faz menção às rachaduras que ocorreram nas amostras do tratamento como resultado de movimentações nos planos tangenciais e radiais, os quais provocam tensões que ultrapassam a resistência da madeira, causando rupturas na sua estrutura. O mesmo pôde ser observado no presente estudo.

A perda de massa foi diretamente proporcional ao emprego de maiores temperaturas. Esse resultado foi constatado também por BRITO *et al.* [4], FERREIRA *et al.* [15] e SCHULZ *et al.* [27]. Apesar de utilizarem em seus estudos espécies distintas, reforçam que, em termorretificações da madeira, a perda de massa é comumente observada. Conforme ocorre perda de umidade e de degradação pelo calor das hemiceluloses e outros constituintes da madeira, a massa sofre redução durante o processo de termorretificação da madeira [6, 25]. A Tabela 2 demonstra as massas antes e após os ensaios de termorretificação na estufa e sua redução de massa em porcentagem.

Tabela 2: Redução das massas em porcentagem.

MASSA DAS PEÇAS			
PEÇA	%	PEÇA	%
Cedro-1 (130°)	9,16	Quaruba-1 (130°)	8,49
Cedro-2 (150°)	14,61	Quaruba-2 (150°)	10,48
Cedro-3 (170°)	21,43	Quaruba-3 (170°)	12,22
Angelim V.-1 (130°)	8,19	Muiracatiara-1 (130°)	6,64
Angelim V.-2 (150°)	12,26	Muiracatiara-2 (150°)	7,64
Angelim V.-3 (170°)	-	Muiracatiara-3 (170°)	-

Obs: “-” não foi possível obter as massas por motivos de equipamento danificado.

Com a perda de massa, a densidade da madeira também é alterada, já que essas propriedades estão diretamente ligadas. Os valores médios de densidade aparente a 0% de umidade e a comparação das médias pelo teste de Tukey estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Valores médios da densidade aparente obtidos de 10 corpos-de-prova para cada espécie em estudo, em seus respectivos tratamentos.

DENSIDADE APARENTE (G/CM ³)				
TEMPERATURA	CEDRO	QUARUBA	MUIRACATIARA	ANGELIM V.
Testemunha	0,53 ± 0,03 A	0,52 ± 0,01 A	0,76 ± 0,03 A	1,02 ± 0,02 A
130°C	0,50 ± 0,02 B	0,43 ± 0,02 B	0,75 ± 0,04 A	0,95 ± 0,08 B
150°C	0,48 ± 0,01 B	0,47 ± 0,03 C	0,78 ± 0,05 A	0,94 ± 0,04 B
170°C	0,55 ± 0,02 A	0,53 ± 0,02 A	0,78 ± 0,03 A	0,93 ± 0,04 B

Valores médios ± desvio padrão (DP).

Médias seguidas pela mesma letra não possuem diferenças significativas (Tukey $\alpha=5\%$).

Na análise quanto à densidade aparente das madeiras em estudo (Quadro 3), observou-se um comportamento semelhante entre as espécies Quaruba e Cedro, isto é, nas faixas de temperatura a 130 e 150 °C, apresentaram uma redução das suas densidades comparadas à testemunha e ambas obtiveram aumento de sua densidade com o tratamento a 170 °C de temperatura. Para a espécie Muiracatiara, houve um decréscimo da densidade na faixa dos 130 °C, porém, nas outras faixas superiores, a sua densidade foi maior que a da testemunha. A espécie de Angelim Vermelho seguiu um padrão linear e proporcional à perda de massa, sendo constatada uma redução da sua densidade de acordo com o aumento das faixas de temperatura aplicadas.

BRITO *et al.* [4] relataram em seu estudo a influência da termorretificação na densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* e verificaram resultados semelhantes em um de seus tratamentos. A 140 °C, a madeira demonstrou uma redução do valor de densidade quando comparada à testemunha, ainda assim, nas outras faixas de temperatura, houve um acréscimo da densidade da madeira. Atribuem-se esses dois resultados distintos ao processo da pirólise, no qual as reações e alterações na madeira retificada foram desproporcionais em massa e volume, obtendo-se novos valores de densidade.

A espécie Muiracatiara não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos realizados, o que significa que a termorretificação nestas faixas de temperatura para a referida espécie foi menor em relação às demais, para a densidade da madeira. Angelim Vermelho apresentou resultados estatisticamente significativos para todas as temperaturas, quando comparados com a madeira original. Cedro revelou valores equivalentes, no teste de Tukey, para a amostra testemunha e tratada a 170 °C, comportamento também observado para a espécie Quaruba.

Os ensaios de inchamento para as espécies Cedro e Quaruba duraram, ao todo, dezessete dias, e para Angelim Vermelho e Muiracatiara, treze dias. A partir do 10º dia, as medidas ocorreram a cada 48 horas, devido à baixa movimentação dimensional dos corpos-de-prova para os dois lotes, realizadas sempre nos mesmos dez corpos-de-prova para cada faixa de temperatura. Com base nos resultados obtidos, notou-se que, conforme o calor aplicado aumentava, a variação volumétrica diminuía. Isso é explicado por ESTEVES e PEREIRA [12], que atribuem este resultado à redução da higroscopicidade obtida pela termorretificação da

madeira, melhorando a estabilidade dimensional, ambas resultantes das alterações químicas derivadas do tratamento, além de relacionarem a redução da higroscopicidade com a menor umidade de equilíbrio na madeira termoretificada, assim como SILVA [29] apontou em seu trabalho com *Corymbia citriodora* e *Pinus taeda*.

Estes resultados também podem ser atribuídos à degradação das hemiceluloses e seus constituintes dos grupos hidroxilas presentes na estrutura da madeira, pois estes polímeros são altamente hidrofílicos e, em sua alteração ocasionada pela termoretificação, logo a absorção de água é diminuída significativamente [22, 13].

Como já mencionado, houve ocorrências de trincas nos corpos-de-prova expostos às maiores temperaturas, ocasionando diversas implicações, como maior absorção de água nos ensaios de inchamento, por conta da ampliação da área de contato de água na madeira.

As Tabelas 4 e 5 apresentam os resultados médios da variação volumétrica (ΔV), em porcentagem, de cada tratamento e seus respectivos desvios padrões. Cabe destacar que, para o lote 1 (Cedro e Quaruba), foram feitas 1.360 determinações ao longo dos dezessete dias e, para o lote 2, 1.040 determinações (Muiracatiara e Angelim Vermelho) em treze dias.

Tabela 4: Médias da variação volumétrica para as espécies Cedro e Quaruba.

MEDIDA	MÉDIA ΔV (%)							
	C0	C1	C2	C3	Q0	Q1	Q2	Q3
1°	7,69 ± 0,57	7,36 ± 0,40	6,90 ± 0,64	6,27 ± 0,77	11,32 ± 1,30	10,07 ± 0,47	10,19 ± 1,70	8,71 ± 0,60
2°	8,82 ± 0,60	8,35 ± 0,38	7,62 ± 0,59	7,38 ± 1,04	11,88 ± 1,34	11,01 ± 0,48	10,91 ± 1,79	9,57 ± 0,42
3°	9,43 ± 0,79	8,64 ± 0,52	8,06 ± 0,60	7,86 ± 0,73	12,73 ± 1,34	11,62 ± 0,43	11,19 ± 1,83	9,66 ± 0,57
4°	9,66 ± 0,71	8,71 ± 0,50	8,06 ± 0,65	7,79 ± 0,65	12,91 ± 1,31	15,42 ± 0,39	11,22 ± 1,81	9,86 ± 0,68
5°	9,78 ± 0,78	8,89 ± 0,36	8,26 ± 0,71	8,08 ± 0,47	13,01 ± 1,17	12,03 ± 0,42	11,50 ± 1,76	10,08 ± 0,72
6°	9,94 ± 0,64	9,13 ± 0,48	8,45 ± 0,78	8,03 ± 0,99	13,28 ± 1,27	12,35 ± 0,47	11,53 ± 1,66	10,12 ± 1,05
7°	9,95 ± 0,75	9,03 ± 0,53	8,30 ± 0,82	7,99 ± 1,02	13,22 ± 1,19	12,17 ± 0,25	11,49 ± 1,70	10,25 ± 0,78
8°	10,21 ± 0,67	9,32 ± 0,59	9,49 ± 0,47	8,59 ± 0,88	13,18 ± 1,25	13,45 ± 0,32	11,52 ± 1,71	10,13 ± 0,64
9°	10,08 ± 0,65	9,15 ± 0,56	8,52 ± 0,79	8,73 ± 0,62	13,25 ± 1,21	12,24 ± 0,35	11,55 ± 1,69	9,97 ± 0,69
10°	10,04 ± 0,65	9,11 ± 0,52	8,22 ± 0,57	8,05 ± 0,73	13,07 ± 1,16	12,14 ± 0,29	11,60 ± 1,82	10,25 ± 1,05
11°	9,81 ± 0,75	8,96 ± 0,48	8,30 ± 0,75	9,15 ± 0,63	13,13 ± 1,22	12,14 ± 0,37	11,46 ± 1,74	9,51 ± 1,40
12°	9,98 ± 0,64	8,78 ± 0,80	8,54 ± 0,65	8,29 ± 0,58	13,23 ± 1,26	11,95 ± 0,35	11,69 ± 2,01	9,98 ± 0,71
13°	9,89 ± 0,65	9,06 ± 0,43	8,55 ± 0,83	7,90 ± 0,95	13,26 ± 1,34	12,08 ± 0,37	11,26 ± 1,67	9,59 ± 0,58
Média	9,64	8,81	8,16	7,90	12,88	11,83	11,32	9,82

Valores médios ± desvio padrão (DP).

Tabela 5: Médias da variação volumétrica para as espécies Muiracatiara e Angelim Vermelho.

MEDIDA	MÉDIA ΔV (%)							
	M0	M1	M2	M3	A0	A1	A2	A3
1°	6,92 ± 1,18	4,18 ± 1,51	4,02 ± 1,69	3,71 ± 0,89	5,74 ± 0,58	5,66 ± 1,07	5,34 ± 1,70	3,97 ± 0,66
2°	9,12 ± 0,86	5,40 ± 1,87	5,12 ± 2,11	4,56 ± 1,08	6,75 ± 0,64	6,90 ± 1,08	6,66 ± 1,54	5,40 ± 0,70
3°	10,58 ± 0,73	6,04 ± 1,97	5,79 ± 2,13	5,57 ± 1,15	7,51 ± 0,80	8,49 ± 1,79	7,55 ± 1,89	6,04 ± 0,80
4°	11,14 ± 0,61	6,41 ± 1,99	5,98 ± 2,33	5,67 ± 1,23	8,1 ± 0,81	8,79 ± 1,16	7,91 ± 1,67	6,61 ± 0,70
5°	11,85 ± 0,67	6,54 ± 2,10	6,17 ± 2,23	6,04 ± 1,29	8,40 ± 1,09	9,25 ± 1,07	8,16 ± 1,83	6,64 ± 1,09
6°	11,84 ± 0,63	6,65 ± 1,94	6,64 ± 2,25	6,39 ± 1,29	8,50 ± 0,79	9,70 ± 1,42	8,34 ± 1,92	7,13 ± 0,65
7°	12,14 ± 0,58	6,83 ± 1,92	6,4 ± 2,39	6,25 ± 1,27	8,46 ± 0,66	9,53 ± 1,37	8,27 ± 1,91	7,08 ± 0,75
8°	11,97 ± 0,45	6,86 ± 1,97	6,37 ± 2,18	6,76 ± 1,31	8,49 ± 0,57	9,68 ± 1,24	8,54 ± 1,73	7,06 ± 0,70
9°	11,97 ± 0,61	6,98 ± 2,12	6,84 ± 2,15	6,50 ± 1,07	8,60 ± 0,78	9,76 ± 1,19	8,44 ± 2,06	7,41 ± 0,77
10°	11,99 ± 1,37	6,99 ± 1,93	6,64 ± 2,19	6,62 ± 1,30	8,64 ± 0,69	9,71 ± 1,37	8,46 ± 2,04	7,33 ± 0,71
11°	12,14 ± 0,7	7,13 ± 1,98	7,05 ± 1,95	6,64 ± 1,55	9,00 ± 0,53	10,11 ± 1,26	8,63 ± 1,79	7,50 ± 0,74
Média	11,06	6,36	6,09	5,88	8,02	8,87	7,85	6,56

Valores médios ± desvio padrão (DP).

Apenas em A1, houve um aumento na média da variação de volume quando comparado com a testemunha, resultado obtido em função das trincas que surgiram na madeira devido ao tratamento. Para os demais lotes, os resultados seguiram a tendência inversamente proporcional à progressão dos tratamentos.

Fica evidente com estes resultados que a termorretificação dessas espécies ocasionou a redução de variação volumétrica e, com isto, ocasionando melhoria na estabilidade dimensional da madeira. A Tabela 6 evidencia os valores apurados na comparação das médias obtidas nos experimentos de variação volumétrica utilizando o teste de Tukey.

Tabela 6: Teste de Tukey para variação volumétrica (ΔV).

TESTE DE TUKEY – ΔV				
TEMPERATURA	CEDRO	QUARUBA	MUIRACATIARA	ANGELIM V.
Testemunha	9,64 A	12,88 A	11,06 A	8,02 A
130°C	8,81 B	11,83 B	6,36 B	8,87 A
150°C	8,16 C	11,32 B	6,09 B	7,84 A
170°C	7,90 C	9,82 C	5,88 B	6,56 B

Médias seguidas pela mesma letra não possuem diferenças significativas (Tukey $\alpha=5\%$).

Para Cedro, a testemunha e C1 diferiram, bem como C2 e C3 que são equivalentes entre si. A espécie Quaruba mostrou equivalência em Q1 e Q2. Já Muiracatiara apresentou valores estatisticamente iguais para todas as faixas do tratamento, diferindo apenas da testemunha. Angelim Vermelho, porém, foi a espécie que demonstrou menores diferenças, tendo as faixas A1 e A2 equivalentes à madeira original, apenas A3 revelou diferença significativa, no teste de Tukey, das demais. Essas diferenças comprovam o efeito do tratamento nas madeiras, já que as amostras obtiveram valores significativamente diferentes em comparação à testemunha para, pelo menos, uma faixa de temperatura.

A análise anatômica da madeira revelou diversas características das amostras, o que possibilitou a chegada da identificação até o nível de espécie. A madeira que foi estudada, conhecida pelo nome vulgar de Angelim Vermelho, fora identificada como a espécie *Dinizia excelsa* Ducke, pertencente à família Fabaceae. Apresentou madeira pesada, dura ao corte na seção transversal, cerne de coloração avermelhado quando em contato com meio aquoso, sem brilho nas seções longitudinais (B e C), odor perceptível e desagradável, textura média e grã entrecruzada, as camadas de crescimento, indistintas. Possui poros visíveis a olho nu, difusos, múltiplos, de arranjo diagonal, com a maioria obstruída por substância esbranquiçada (A). Parênquima axial visível a olho nu, paratraqueal aliforme de extensão linear e em faixas estreitas ou linhas (A). Raios visíveis a olho nu na seção transversal (A) e visíveis somente sob lente 10x em seção tangencial (B), não estratificados, linhas vasculares irregulares, espelhado pouco contrastado em seção radial (C). (Figura 7).

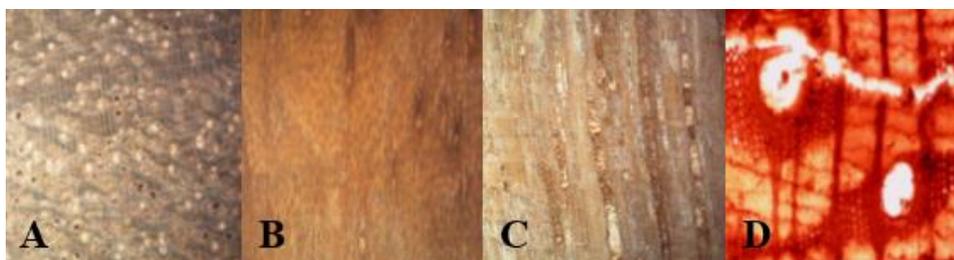


Figura 7: Observações de *Dinizia excelsa* Ducke, nos planos transversal (A), tangencial (B), radial (C) e transversal microscopia (D).

Quanto à caracterização anatômica do Cedro, foi identificado pelo nome científico de *Cedrela fissilis* Vell., da família Meliaceae, evidenciando características como: madeira leve, macia ao corte na seção transversal, cerne de coloração acastanhada quando em contato com meio aquoso, com brilho nas seções longitudinais (B e C), odor perceptível, textura média e grã direita. Possui camadas de crescimento individualizadas por parênquima marginal (A). Poros visíveis a olho nu, porosidade em anéis semiporosos, múltiplos, de arranjo não definido, alguns poros estavam obstruídos por substância esbranquiçada (A). Canais

secretores axiais presentes (A). Parênquima axial visível a olho nu, em faixas marginais ou simulando faixas marginais (A). Raios visíveis a olho nu na seção transversal e tangencial (A e B), não estratificados, linhas vasculares retilíneas, espelhado contrastado em seção radial (C). (Figura 8).

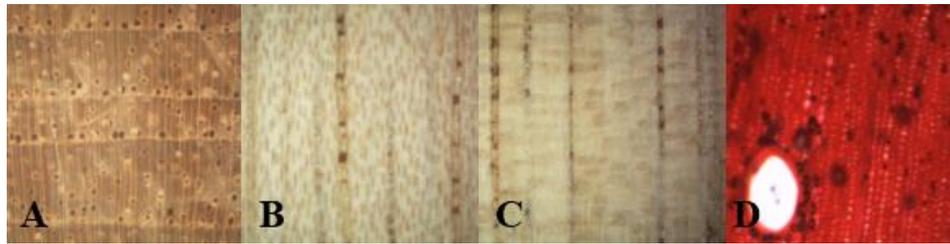


Figura 8: Observações de *Cedrela fissilis* Vell., nos planos transversal (A), tangencial (B), radial (C) e transversal microscopia (D).

A amostra conhecida como Muiracatiara foi identificada como a espécie *Astronium ulei* Mattick, pertencente à família Anacardiaceae. Cerne/alburno distintos pela cor, coloração amarronzada. Contém anéis de crescimento indistintos. Madeira com brilho nas superfícies longitudinais (B e C), com odor imperceptível, apresentando moderada dureza ao corte transversal manual, com grã inclinada, de textura média. Poros presentes, visíveis a olho nu, distribuição difusa e predominantemente solitários (A), dispostos em padrão não definido, no formato circular a oval. Maioria dos vasos obstruída por tilos. Parênquima axial não observado; não foi possível montar a lâmina e realizar a observação no microscópio para esta espécie. (Figura 9).



Figura 9: Observações de *Astronium ulei* Mattick, nos planos transversal (A), tangencial (B), radial (C).

E, por fim, a madeira de nome vulgar Quaruba, espécie *Vochysia maxima* Ducke, da família Vochysiaceae. Madeira leve, moderadamente dura ao corte na seção transversal, cerne de coloração rosada quando em contato com meio aquoso, com brilho nas seções longitudinais (B e C), odor perceptível e desagradável, textura média e grã direita. Camadas de crescimento indistintas. Poros visíveis a olho nu, difusos, solitários, dispostos sem padrão definido, com alguns obstruídos por substância esbranquiçada e com canais secretores (A). Parênquima axial visível a olho nu, paratraqueal aliforme de extensão linear (A). Raios são visíveis a olho nu na seção transversal (A) e são visíveis somente sob lente 10x na seção tangencial (B), não estratificados, linhas vasculares retilíneas, espelhado contrastado na seção radial (C). (Figura 10).

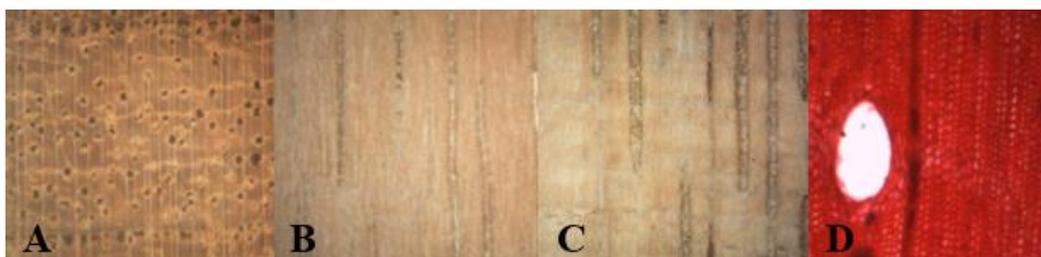


Figura 10: Observações de *Vochysia maxima* Ducke, nos planos transversal (A), tangencial (B), radial (C) e transversal microscopia (D).

As espécies em estudo possuem estruturas e características distintas ao que se refere à análise macroscópica, sendo que as principais características para distinção e identificação das espécies foram os poros e sua disposição, parênquima axial e os raios. As características organolépticas foram levantadas neste estudo, porém desconsideradas para realizar a identificação, pois uma mesma característica pode ser compartilhada por várias espécies, o que poderia levar ao erro na identificação.

4. CONCLUSÕES

A termorreificação resultou em alteração na coloração das espécies em estudo, sendo mais perceptível nas espécies Angelim Vermelho e Muiracatiara. Ocorreu aparecimento de trincas em determinadas faixas de temperatura, principalmente a 170 °C, o que provocou efeito contrário em relação à variação volumétrica, por exemplo, em Angelim a 130 °C, por conta da ampliação de área de contato de água na madeira. A perda de massa foi diretamente proporcional ao emprego de maiores temperaturas e, quanto maior a quantidade de calor utilizado, maior foi a redução de massa. Com a perda de massa, a densidade da madeira também foi alterada. Observou-se comportamento semelhante entre Quaruba e Cedro nas temperaturas de 130 e 150 °C, em que apresentaram uma redução das suas densidades comparadas à testemunha e, a 170 °C, ambas obtiveram um aumento do valor de densidade. Para a espécie Muiracatiara, houve um decréscimo da densidade a 130 °C, porém, nas outras faixas superiores, a sua densidade foi maior que a da testemunha. Angelim Vermelho seguiu um padrão linear e proporcional à perda de massa, constatada a redução da sua densidade de acordo com o aumento das faixas de temperatura aplicadas. No que tange à densidade da madeira, Cedro e Quaruba revelaram valores equivalentes para a amostra testemunha e a tratada a 170 °C, já a espécie Muiracatiara apresentou diferenças significativas entre a testemunha e demais tratamentos. O Angelim Vermelho termorreificado apresentou diferenças estatísticas em relação à testemunha. Isto comprova os efeitos da termorreificação na madeira, variando a intensidade do calor aplicado de espécie para espécie.

Os resultados dos ensaios de inchamento evidenciaram a redução da higroscopicidade da madeira termorreificada, obtendo melhoria na estabilidade dimensional, resultado das alterações químicas na madeira. Apenas em A1 houve um aumento da variação de volume, em função das trincas que surgiram na madeira devido ao tratamento.

A anatomia da madeira revelou diversas características das amostras possibilitando a chegada da identificação até o nível de espécie, sendo as espécies *Dinizia excelsa* Ducke, *Cedrela fissilis* Vell, *Astronium ulei* Mattick e *Vochysia maxima* Ducke para Angelim Vermelho, Cedro, Muiracatiara e Quaruba, respectivamente.

Portanto, a termorreificação de tais espécies amazônicas influenciou na estrutura dessas espécies de madeira, alterando coloração, modificando a densidade, reduzindo a higroscopicidade e, conseqüentemente, a variação volumétrica, contudo, também ocasionou trincas nas amostras, principalmente na faixa de 170 °C.

5. AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à minha família por todo o suporte durante a execução deste trabalho. Agradeço à Faculdade de Engenharia por proporcionar a infraestrutura necessária para o cumprimento de todas as etapas, tanto da minha formação como da elaboração do trabalho. Agradeço a cada docente que contribuiu, de alguma maneira, para a minha formação pessoal e profissional, em especial, ao meu caro orientador, Prof. Dr. Márcio Rogério da Silva, que me acolheu como bolsista e apoiou ao longo do caminho com dedicação e afinco. E ao CNPQ, pela concessão da Bolsa PIBIC. Obrigado a todos pelo carinho, paciência e suporte.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] ALVES, R.C., OLIVEIRA, J.T.S., MOTTA, J.P., *et al.* “Caracterização anatômica macroscópica de madeiras folhosas comercializadas no Estado do Espírito Santo”. *Floresta e Ambiente*, v. 19, n. 3, p. 352-361, 2012.
- [2] ANDRADE, E.G. *Influência da termorreificação de amostras de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden nas propriedades físicas, dureza janka e flexão estática*, (Monografia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2011.
- [3] BORGES, L.M., QUIRINO, W.F., “Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tratado termicamente”. *Revista Biomassa & Energia*, v. 1, n. 2, p. 173-182, 2004.
- [4] BRITO, J.O., BORTOLETTO JÚNIOR, G., PESSOA, A.M.C., *et al.* “Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, submetida a diferentes temperaturas de termorreificação”. *CERNE*, Lavras, v. 12, n. abr./ju, p.

- 182-188, 2006. Disponível em: <http://www.dcf.ufla.br/cerne/artigos/10-02-20094432v12_n2_artigo%2009.pdf>. Acesso em: 26 de dez. 2017.
- [5] BRITO, J.O., SILVA, F.G., LEÃO, M.M., *et al.* “Chemical composition changes in; *Eucalyptus* and *Pinus* woods submitted to heat treatment”. *Bioresource Technology*, v.99, p. 8545–8548, 2008.
- [6] CADEMARTORI, P.H.G., SCHNEID, E., GATTO, D.A., *et al.* “Modification of static bending strength properties of *Eucalyptus grandis* heat-treated wood”. *Material. Research.*, São Carlos, v. 15, n. 6, p. 922-927, Dec. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392012000600014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 26 de dez. 2017. Epub Out. 11, 2012.
- [7] CORADIN, V.T.R., MUNIZ, G.I.B., “*Normas para procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiosperma, II. Gimnosperma. Brasília*”; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis - IBAMA. Série Técnica, 15, 19 p., 1992.
- [8] DE MEDEIROS, D.T. *et al.* Alterações físico-mecânicas na madeira de cambará (*Qualea paraensis*) termorretificada. *Madera y Bosques*, v. 27, n. 2, p. e2722176-e2722176, 2021.
- [9] DE SOUZA MANGINI, T. *et al.* Características anatômicas da madeira de *Handroanthus cryshotchus* submetida ao processo de modificação térmica. *Advances in Forestry Science*, v. 8, n. 2, p. 1403-1408, 2021.
- [10] DELUCIS, R.A., GATTO, D.A., CADEMARTORI, P.H.G., *et al.* “Propriedades físicas da madeira termorretificada de quatro folhosas”. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 21, n. 1, p. 99-107, Mar. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872014000100013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 18 de set. 2017. Epub Fev 18, 2014. <http://dx.doi.org/10.4322/loram.2014.008>.
- [11] DUCHEZ, L., GUYONNET, R. “Principles & applications of wood retification”. In: *5th World Conference On Timber Engineering*. 1998. p. 648-653.
- [12] ESTEVES, B., PEREIRA, H. “Wood modification by heat treatment: A review”. *BioResources*, v. 4, n. 1, p. 370-404, 2009. Disponível em: <https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_04_1_%23%23%23%23_Esteves_P_Wood_Mod_Heat_Treatment>. Acesso em 02 de ago. 2018.
- [13] FERREIRA, B.S., CAMPOS, C.I., RANGEL, E.C. “Efeito da termorretificação na qualidade de colagem de lâminas de madeira para a produção de compensado”. *Ciência. Florestal.*, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 274-282, Mar. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982018000100274&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05 de nov. de 2020. DOI: <<https://dx.doi.org/10.5902/1980509831585>>.
- [14] FERREIRA, G.C., GOMES, J.I., HOPKINS, M.J.G. “Estudo anatômico das espécies de Leguminosae comercializadas no Estado do Pará como ‘angelim’”. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 34, n. 3, p. 387-398, Set. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672004000300005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 15 de Jul. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672004000300005>.
- [15] FERREIRA, M.D. *et al.* “Propriedades físicas e mecânicas da madeira de angelim-pedra submetida a tratamento térmico”. *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*, v. 16, n. 1, p. 3-7, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/2176-1523.20191297>.
- [16] FRANKLIN, G.L. “Preparation of thin sections of synthetic resins and wood – resin composites macerating method for wood”. *Nature*, v. 155, nº 3924, p. 51. 1945. DOI: <https://doi.org/10.1038/155051a0>.
- [17] GALLIO, Ezequiel *et al.* Influência dos tratamentos de termorretificação e furfuração em propriedades tecnológicas de uma conífera. *Revista Matéria* (Rio de Janeiro), v. 24, 2019.
- [18] HILL, C.A.S. “Wood modification: chemical, thermal and other processes”. *John Wiley & Sons*, pp. 99-127, 2006. ISBN: 978-0-470-02172-9.
- [19] INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS (IAWA). IAWA - list of microscopic features for hardwood identification”. WHEELER, E. A., BASS, P., GASSON, P. E. (eds). *IAWA Bulletin*, n.10, p.219-332.1989.
- [20] IPT - Identificação Macroscópica de madeiras: “Chave de identificação de madeiras comerciais. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, versão: abril de 2012. Disponível em: <<https://lrf1.paginas.ufsc.br/files/2016/05/Chave-madeiras-comerciais-IPT-abril-2012.pdf>>. Acesso em: 20 de jul. 2018.
- [21] JOHANSEN, D.A. “Plant microtechnique”. New York: *McGraw-Hill Book Company Inc.*, 523p. 1940.
- [22] MODES, K.S., SANTINI, E.J., VIVIAN, M.A., *et al.* “Efeito da Termorretificação nas Propriedades Mecânicas das Madeiras de *Pinus taeda* E *Eucalyptus grandis*”. *Ciênc. Florest.*, Santa Maria, v.27, n.1, p.291-302, Mar. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982017000100291&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05 de nov. de 2020.
- [23] MOURA, L.F., BRITO, J.O., SILVA JUNIOR, F.G. “Effect of thermal treatment on the chemical characteristics of wood from *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden under different atmospheric conditions”. *CERNE*, Lavras, v. 18, n. 3, p. 449-455, set. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602012000300012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 de set. de 2017. DOI: <<https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000300012>>.

- [24] PAULA, J.E. “Caracterização anatômica da madeira de sete espécies da Amazônia com vistas à produção de energia e papel”. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 33, n. 2, p. 243-262, abr./jun. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672003000200243&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 de jul. 2018. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392200332262>>.
- [25] POUBEL, D.S., GARCIA, R.A., SANTOS, W.A., *et al.* “Efeito da termorretificação nas propriedades físicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea*”. *CERNE*, Lavras, v. 19, n. 3, p. 391-398, set. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602013000300005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 de out. de 2020. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602013000300005>>.
- [26] REIS, A.R.S., *et al.* “Anatomia do xilema secundário de sete espécies do gênero *Tachigali* aubl. (Fabaceae), disponíveis na xiloteca Walter A. Egler, do museu paraense Emílio Goeldi, Pará, Brasil. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi”. *Ciências Naturais*, n. 6, v.3, p. 319-333, 2011. Disponível em: <http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-81142011000300007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 22 de set. 2017.
- [27] SCHULZ, H.R. *et al.* “Efeito do tratamento térmico da madeira de *Pinus elliottii* nos parâmetros físico-mecânicos e colorimétricos”. *BIOFIX Scientific Journal*, v. 5, n. 1, p. 86-93, 2019. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/68111/39472>>. Acesso em: 22 de set. 2020. DOI: <<http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v5i1.68111>>.
- [28] SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB. Software Madeiras comerciais do Brasil - Chave interativa de Identificação baseada em caracteres gerais e macroscópicos. Laboratório de Produtos Florestais – LPF. Disponível em: <<https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/chave-interativa-de-identificacao>>. Acesso em: 10 de fev. de 2021.
- [29] SILVA, M.R. “*Efeito do tratamento térmico nas propriedades químicas, físicas e mecânicas em elementos estruturais de Eucalipto citriodora e Pinus taeda*”. 2012. 222 f. Tese (D.Sc. em Ciências e Engenharia de Materiais), Universidade de São Paulo. São Carlos, 2012.
- [30] SOARES, A.K., *et al.* Eficiência do tratamento combinado de impregnação e termorretificação nas propriedades da madeira de *Pinus*. *Revista Matéria* (Rio de Janeiro), v. 23, n.4, 2018. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/rm/article/view/25942>>. Acesso em: 06/02/2022.
- [31] ZANUNCIO, A.J.V., DE SÁ FARIAS, E., DA SILVEIRA, T.A. “Termorretificação e Colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis*”. *Floresta e Ambiente*, Seropédica v. 21, n. 1, p. 85-90, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872014000100011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 18 de set. 2017. Epub Feb 11, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4322/loram.2014.005>.
- [32] ZENID, G.J., CECCANTINI, G.C.T. *Identificação macroscópica de madeiras*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo–IPT, abril de, 2012. Disponível em: <<https://lrfp.paginas.ufsc.br/files/2016/05/Apostila-Identifica%C3%A7%C3%A3o-Macroc%C3%B3pica-IPT-abril-2012.pdf>>. Acesso em 10 de fev. 2021.

ORCID

Rian Cícero Silva da Silva

<https://orcid.org/0000-0001-5203-6089>

Plínio Lima de Moraes

<https://orcid.org/0000-0002-0913-6014>

Alisson Rodrigo Souza Reis

<https://orcid.org/0000-0001-7182-4814>

Maria Fátima do Nascimento

<https://orcid.org/0000-0002-8096-7312>

Francisco Antônio Rocco Lahr

<https://orcid.org/0000-0002-3510-8498>

Marcio Rogério da Silva

<https://orcid.org/0000-0002-7728-8589>