



**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE  
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE  
FLORESTA NACIONAL DO TAPIRAPÉ-AQUIRI**

**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico  
Mendes de Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio**

**Relatório de Final  
(2020-2021)**

**PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA MADEIRA DE ESPÉCIES  
ÁRBOREAS DA FLORESTA NACIONAL DO TAPIRAPÉ-AQUIRI, PARÁ,  
BRASIL**

**Lohana Vieira Souza**

**André Luís Macedo Vieira**

**Luiz Eduardo de Lima Melo**

**Universidade do Estado do Pará**

**Marabá  
Agosto/2021**

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo determinar as propriedades físicas e dureza dinâmica (obtido através do Durômetro Portátil) das madeiras de espécies ocorrentes na Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, identificando seu potencial de utilização e quais espécies com grande intensidade de colheita e demanda na indústria poderiam ser substituído por elas. Para a realização deste foram feitas coletas das amostras de madeira retiradas na área de supressão florestal, inventariada pelo projeto Salobro Metais. Foram analisados 337 corpos de prova das quatorze espécies, orientados no sentido medula-casca. A partir dos resultados, foi realizado a formação de grupos distintos de acordo com o valor médio da densidade básica das espécies analisadas. O primeiro grupo formado por *Cenostigma tocaninum*, *Endopleura uchi*, *Bagassa guianensis* apresentaram densidade básica pesada ( $> 0,72 \text{ g/cm}^3$ ), o segundo grupo formado por *Senegalia polyphylla*, *Guarea guidonea*, *Zanthoxylum ekmanii*, *Inga marginata*, *Inga alba*, *Ampelocera edentula* apresentaram densidade básica média ( $0,50 \text{ g/cm}^3 - 0,72 \text{ g/cm}^3$ ), o terceiro grupo formado por *Castilla ulei*, *Ficus paraensis*, *Guazuma ulmifolia*, *Jacaranda copaia*, *Parkia multijuga* apresentaram densidade básica leve ( $< 0,50 \text{ g/cm}^3$ ). O estudo evidencia também que a matriz de correlação de Pearson entre as propriedades avaliadas das madeiras, apresentou fortes correlações de dureza dinâmica com as densidades. As espécies *C. tocaninum*, *E. uchi* e *B. guianensis*, formaram o grupo 1 por apresentarem maiores valores de densidade básica. Foi ainda possível realizar uma comparação entre as espécies do estudo com outras que são tradicionalmente comercializadas no mercado. Além de que, o teste com o durômetro portátil foi útil para prever a eficiência do equipamento, como preditor da propriedade mecânica de dureza dinâmica.

Palavras chaves: propriedades físicas, dureza dinâmica, Amazônia.

## ABSTRACT

The present work aims to determine the physical properties and Dynamic Hardness (obtained through Portable Durometer) of the woods of species occurring in the Tapirapé-Aquiri National Forest, identifying their potential for use and which species with high harvest intensity and demand in the industry could be replaced by them. To carry out this study, wood samples were collected from the forest suppression area, inventoried by the Salobro Metals project. A total of 337 specimens of the fourteen species were analyzed, oriented in the direction from pith to bark. From the results, distinct groups were formed according to the average value of the basic density of the species analyzed. The first group formed by *Cenostigma tocantinum*, *Endopleura uchi*, *Bagassa guianensis* presented heavy basic density ( $> 0.72 \text{ g/cm}^3$ ), the second group formed by *Senegalia polyphylla*, *Guarea guidonea*, *Zanthoxylum ekmanii*, *Inga marginata*, *Inga alba*, *Ampelocera edentula* presented medium basic density ( $0.50 \text{ g/cm}^3 - 0.72 \text{ g/cm}^3$ ), the third group formed by *Castilla ulei*, *Ficus paraensis*, *Guazuma ulmifolia*, *Jacaranda copaia*, *Parkia multijuga* presented light basic density ( $< 0.50 \text{ g/cm}^3$ ). The study also shows that the Pearson correlation matrix between the evaluated wood properties showed strong correlations of dynamic hardness with densities. The species *C. tocantinum*, *E. uchi* and *B. guianensis*, formed the group 1 by presenting higher values of basic density. It was also possible to make a comparison between the species of the study and others that are traditionally sold in the market. In addition, the test with the portable hardness tester was useful for predicting the efficiency of the equipment, as a predictor of the mechanical property of dynamic hardness.

Keywords: physical properties, dynamic hardness, Amazon.

## Lista de Figuras, Quadros, Tabelas, Abreviaturas e Siglas, Símbolos

Figura 1 – Esquema de retirada do disco e preparação dos corpos de prova -----	09
Figura 2 – Matriz de correlação de Pearson entre as propriedades da madeira das espécies -----	14
Figura 3 – Relação funcional de Dureza dinâmica com a densidade básica-----	14
Figura 4 – Relação funcional de Dureza dinâmica com a densidade aparente -----	15
Tabela 1 – Propriedades físicas e mecânica da madeira das espécies ocorrentes na FLONATA -----	11
Tabela 2 – Valores médios de densidade básica de cada espécie estudada -----	12
Tabela 3 – Valores médios de propriedades físicas e mecânica dos grupos formados e de algumas espécies comerciais -----	13

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	6
2. Objetivos.....	8
2.1 Objetivo geral.....	8
6.2 Objetivos específicos .....	8
3. Material e Métodos.....	9
4. Resultados.....	11
5. Discussão e Conclusões .....	16
6. Recomendações para o manejo.....	19
7. Agradecimentos .....	19
9. Citações e referências bibliográficas .....	20

## 1. Introdução

O bioma Amazônia é conhecido por ser detentor da maior extensão de floresta tropical do mundo, e conta com uma área geográfica de cerca de 4.100.000 km<sup>2</sup> (COSTA; ALVES, 2018), que abriga uma hiperdiversidade vegetal, com mais de 12.000 espécies de Angiospermas conhecidas, das quais cerca de 39% são árvores que atingem DAP  $\geq 10$  cm (CARDOSO et al., 2017; BFG, 2018). Apesar das florestas representarem uma fonte extraordinária de recursos madeireiro, há pouca informação disponível sobre a diversidade arbórea da Amazônia, principalmente sobre as propriedades de suas madeiras e o potencial de utilização.

A Amazônia brasileira é uma das principais regiões produtoras de madeira tropical no mundo, ainda assim, se considerarmos a diversidade arbórea da região, a indústria de base florestal extrai um número limitado de espécies, cerca de 350 (MARTINI et al., 1994), no caso específico do Estado do Pará as espécies madeireiras mais exploradas correspondem a pouca mais que 12% dessas espécies (VERÍSSIMO, 2002). Há uma grande quantidade de espécies provenientes da floresta Amazônica com grandes volumes de madeira que são consideradas de baixo valor ou sem aplicação por serem desconhecidas comercialmente, onde muitas delas possuem propriedades similares àquelas tradicionalmente comercializadas (BALBONI et al., 2018).

Dentre as medidas governamentais para promover, por exemplo, o uso sustentável dos recursos e a ampliação do conhecimento científico da floresta, destaca-se a criação de Unidades de Conservação (UC), dentre elas as Florestas Nacionais de Uso Sustentável, que buscam o uso racional e sustentável dos recursos naturais (ICMBIO, 2019)

A Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri (FLONATA) é uma Unidade de Conservação de uso sustentável, localizada no estado do Pará, que integra Província Mineral de Carajás, onde ocorrem periodicamente supressões autorizadas da vegetação nativa (instrução normativa nº 01/2018 MMA, 2018) para mineração da área. A FLONATA apresenta uma vasta diversidade de plantas distribuídas em diferentes formações florestais, tais como Floresta Ombrófila Aberta Submontana com Palmeiras, Floresta Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Aluvial (ICMBIO, 2006)

Quando comparada a outras UCs, como por exemplo a Floresta Nacional de Saracá-Taquera/Reserva Biológica do Rio Trombetas e Floresta Nacional de Carajás, as informações existentes sobre a biodiversidade, principalmente vegetal, da FLONATA ainda são limitadas (IBAMA, 2006). Os levantamentos florestais realizados até o

momento, indicam uma composição florística com diversas espécies arbóreas ainda não estudadas quanto as propriedades e diagnóstico da qualidade de suas madeiras para diferentes utilizações, pode-se citar *Cenostigma tocantinum* Ducke e *Zanthoxylum ekmanii* (Urb.) Alain, citadas no inventário florestal da área (STCP dados não publicados), e que não apresentam dados científicos sobre as propriedades tecnológicas da madeira (InsideWood- onwards 2004; cf WHEELER, 2011).

Segundo a Instrução normativa nº 01/2018 (MMA, 2018) dentre as intervenções presentes no Plano de Supressão de Vegetação em Unidades de Conservação, consta a necessidade de informar todas as espécies arbóreas (com DAP  $\geq 10$  cm) que são, passíveis de aproveitamento para serraria, estacas, lenha, poste, moirão entre outros. A partir do estudo e da caracterização tecnológica das propriedades da madeira das espécies suprimidas pode-se obter essas informações, contribuindo assim com: o diagnóstico de potenciais espécies madeireiras passíveis de aproveitamento, a valoração dos produtos florestais para fins de indenização, a indicação de possíveis usos para o passivo de madeira já suprimida das UCs e por fim consequentemente reduzir a exploração florestal sobre aquelas espécies massivamente procuradas pelo mercado.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo geral**

Caracterizar as propriedades tecnológicas da madeira de espécies arbóreas que ocorrem na Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, Pará, Brasil, identificando seu potencial de utilização e quais espécies com grande intensidade de colheita e demanda na indústria poderiam ser substituído por elas.

### **6.2 Objetivos específicos**

- 1- Elaborar uma ficha tecnológica com os valores quantitativos das propriedades físicas e mecânica da madeira de cada espécie avaliada;
- 2- Agrupar as espécies a partir das suas propriedades físicas e mecânica a fim de contribuir com informações sobre as espécies e verificar o potencial de utilização;
- 3- Testar a eficiência do ‘durômetro portátil para madeiras – DPM3’ como preditor da propriedade mecânica de dureza dinâmica.



### 3. Material e Métodos

O estudo foi conduzido na área de supressão florestal inventariada pelo Projeto Salobo Metais, destinado a exploração de minério de cobre, que pertence à Companhia Vale S.A e encontra-se localizado na Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri (FLONATA), Estado do Pará, Brasil ( $5^{\circ}35'52''$  e  $5^{\circ}57'13''$  de latitude sul e  $50^{\circ}01'57''$  e  $51^{\circ}04' 20''$  de longitude oeste). A vegetação predominante da área é representada pela Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas caracterizada por elevada densidade de cipós e árvores esparsas, tipologia esta que se distingue em Montana e Submontana (IBAMA 2006).

As espécies para estudo foram selecionadas a partir da análise prévia do inventário florestal da área (STCP dados não publicados), restringindo-se a indivíduos com DAP  $\geq 10$  cm. As madeiras foram coletadas durante o processo de supressão florestal da área, sendo coletadas de uma a três árvores de cada espécie selecionada. A identificação botânica das espécies foi realizada por especialistas do Herbário de Carajás (HCJS) e do Herbário MFS - Prof.<sup>a</sup> Dra. Marlene Freitas da Silva, da Universidade do Estado do Pará (UEPA), a partir de coleta de material botânico (exsicatas) durante o inventário florestal contínuo e nas etapas de supressão florestal da área.

Discos com oito cm de espessura foram obtidos da porção basal das árvores, estes foram então desdobrados em pranchas diametrais divididas na porção central (medula) das quais foram produzidos os corpos de prova no sentido radial (medula-casca) para a caracterização física e mecânica das madeiras (Figura 1).

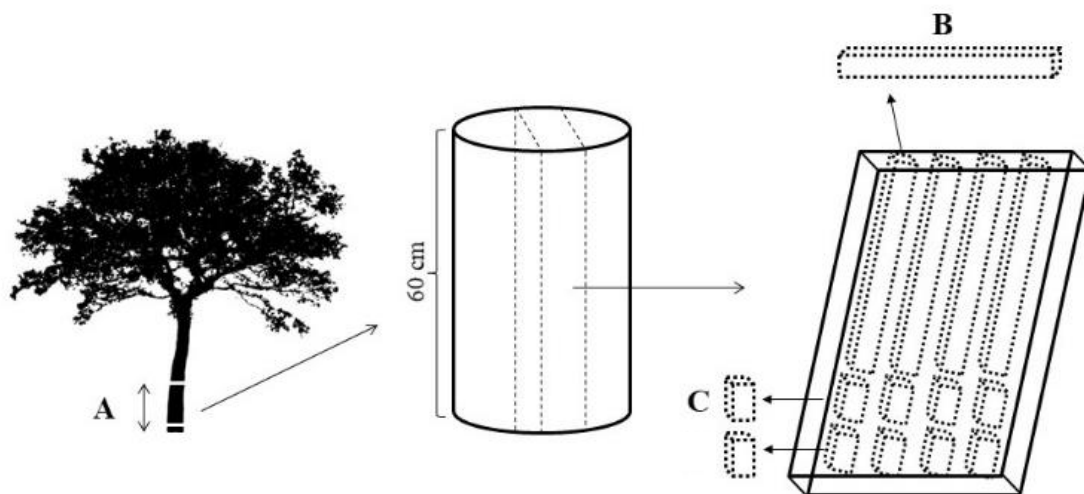


Figura 1. Esquema de retirada do disco e preparação dos corpos de prova. A: Local de retirada do disco. B = dureza dinâmica 20 (R) x 20 (T) x 60 (L) mm. C = propriedades físicas 20 (R) x 20 (T) x 460 (L) mm. \*Os corpos de prova serão retirados no sentido medula-casca em todas as posições radiais.

As propriedades físicas analisadas foram, densidade básica ( $\rho_{bas}$ ), contração tangencial ( $\epsilon_t$ ), contração radial ( $\epsilon_r$ ) e contração volumétrica ( $\epsilon_v$ ), bem como o coeficiente de anisotropia (TR). Todos os testes foram realizados de acordo com a Norma Brasileira para Estruturas de Madeira, NBR 7190 (ABNT, 1997).

A propriedade mecânica avaliada foi a dureza dinâmica, determinada por meio de um durômetro portátil desenvolvido recentemente pelo Grupo de Pesquisa em Produtos Florestais da FCA, para avaliação da dureza dinâmica da madeira (DE ASSIS, 2015; DE ASSIS et al., 2017), pela primeira vez testado para determinar a eficiência dessa ferramenta em madeiras amazônica. Foram utilizadas peças seccionadas em amostras de forma prismáticas com 2cm<sup>2</sup> de área transversal e 6 cm de comprimento na direção longitudinal (ao longo das fibras). Em cada amostra foram feitas quatro aplicações de carga através de um equipamento denominado Durômetro Portátil para Madeiras - Terceira Geração (DPM3) o princípio do equipamento se dá a partir da mobilização de energia (queda livre de massa) e a utilização de endentador esférico (DE ASSIS, 2015; DE ASSIS et al., 2017). Para a determinação da Dureza dinâmica (HD), foi considerado como resultado médio final, a média das cargas máximas correspondentes aos extremos das faces das amostras de cada árvore e seção dos indivíduos em estudo.

Para ordenar as espécies estudadas e propor a formação de grupos a partir das propriedades físicas, que possibilitassem a identificação de potencial de utilização bem como quais espécies com grande intensidade de colheita e demanda na indústria poderiam ser substituídas pelas do estudo, foi realizada a estatística descritiva média das espécies e com isso foram formados grupos a partir da densidade básica. A dureza dinâmica determinada a partir do “Durômetro Portátil para Madeiras - DPM3” apresenta boa correlação positiva com a densidade da madeira, em testes com *Eucalyptus* spp. (DE ASSIS et al., 2017), para testar a eficiência do equipamento, serão aplicadas análises de correlação de Pearson e regressão para determinar a relação entre a dureza avaliada pelo durômetro portátil e a densidade das madeiras. Todos os testes estatísticos serão executados em um nível de significância de 5% com o *software* R, versão 3.0.1 (R Development Core Team, 2013).

#### 4. Resultados

##### Propriedades físicas e mecânica das espécies

Os resultados encontrados de médias e desvio padrão, para as propriedades físicas e mecânica de cada espécie estudada são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades físicas e mecânica da madeira das espécies ocorrentes na FLONATA. Valores médios seguidos de desvio padrão, entre parênteses.

Propriedades							
Espécies	$\rho_{ap}$ (g.cm <sup>-3</sup> )	$\rho_{bas}$ (g.cm <sup>-3</sup> )	$\epsilon_r$ (%)	$\epsilon_t$ (%)	$\epsilon_v$ (%)	T/R	Dureza (Mpa)
<i>Cenostigma tocantinum</i>	1,13 (0,05)	0,93 (0,06)	7,00 (1,87)	3,39 (1,54)	10,98 (2,47)	1,03 (0,04)	89,26 (16,76)
<i>Bagassa guianensis</i>	0,89 (0,02)	0,76 (0,03)	4,87 (1,03)	3,82 (0,87)	9,84 (1,11)	1,06 (0,01)	54,82 (9,13)
<i>Endopleura uchi</i>	0,92 (0,02)	0,74 (0,01)	9,44 (0,89)	5,36 (1,02)	15,05 (1,74)	1,02 (0,07)	49,89 (3,09)
<i>Ampelocera edentula</i>	0,88 (0,03)	0,71 (0,03)	8,21 (1,70)	4,84 (1,33)	14,38 (1,07)	1,02 (0,04)	45,26 (3,63)
<i>Inga alba</i>	0,86 (0,06)	0,70 (0,07)	9,33 (1,57)	3,84 (1,21)	14,66 (5,44)	0,98 (0,06)	39,74 (8,70)
<i>Senegalia polyphylla</i>	0,85 (0,04)	0,68 (0,03)	10,14 (2,26)	3,58 (0,67)	14,39 (0,85)	0,96 (0,05)	42,39 (6,46)
<i>Inga marginata</i>	0,67 (0,11)	0,54 (0,09)	8,34 (1,46)	4,11 (1,35)	12,94 (1,41)	1,04 (0,12)	24,94 (8,62)
<i>Guarea guidonea</i>	0,66 (0,04)	0,53 (0,03)	7,62 (0,79)	4,50 (1,61)	12,47 (1,09)	0,98 (0,09)	23,08 (3,08)
<i>Zanthoxylum ekimani</i>	0,64 (0,11)	0,52 (0,09)	7,15 (0,80)	4,44 (2,25)	10,82 (0,88)	0,97 (0,06)	30,06 (9,55)
<i>Parkia multijuga</i>	0,56 (0,04)	0,46 (0,03)	6,66 (2,80)	4,42 (2,01)	11,94 (2,79)	1,04 (0,05)	19,50 (3,12)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0,57 (0,06)	0,46 (0,06)	6,97 (1,04)	3,39 (0,67)	10,31 (0,93)	1,02 (0,04)	20,18 (6,02)
<i>Castilla ulei</i>	0,51 (0,06)	0,40 (0,05)	8,32 (0,98)	3,43 (1,24)	12,51 (1,28)	1,02 (0,04)	15,51 (3,88)
<i>Jacaranda copaia</i>	0,47 (0,04)	0,37 (0,04)	7,68 (1,47)	3,74 (0,85)	12,72 (1,37)	1,01 (0,06)	12,83 (2,69)
<i>Ficus paraensis</i>	0,42 (0,06)	0,33 (0,05)	4,09 (2,02)	4,58 (1,97)	10,74 (1,86)	0,98 (0,10)	10,93 (3,50)

pap: Densidade aparente; pbas: Densidade básica;  $\epsilon_r$ : Contração radial;  $\epsilon_t$ : Contração tangencial;  $\epsilon_v$ : Contração volumétrica; T/R: Anisotropia; Dureza: Dureza dinâmica.

Os resultados encontrados com a estatística descritiva permitiram formar três grupos distintos a partir do valor médio da densidade básica das espécies analisadas (Tabela 2). O primeiro grupo formado por *Cenostigma tocantinum*, *Endopleura uchi*, *Bagassa guianensis* apresentaram densidade básica pesada ( $> 0,72 \text{ g/cm}^3$ ), o segundo grupo formado por *Senegalia polyphylla*, *Guarea guidonea*, *Zanthoxylum ekmanii*, *Inga marginata*, *Inga alba*, *Ampelocera edentula* apresentaram densidade básica média ( $0,50 \text{ g/cm}^3 - 0,72 \text{ g/cm}^3$ ), e o terceiro grupo formado por *Castilla ulei*, *Ficus paraensis*, *Guazuma ulmifolia*, *Jacaranda copaia*, *Parkia multijuga* apresentaram densidade básica leve ( $< 0,50 \text{ g/cm}^3$ ).

Tabela 2. Valores médios de densidade básica e dureza dinâmica de cada espécie estudada.

	<b>Espécies</b>	<b><math>\rho_{bas}</math> (<math>\text{g.cm}^{-3}</math>)</b>	<b>Dureza (Mpa)</b>
<b>Grupo 1</b> $> 0,72 \text{ g.cm}^{-3}$	<i>Cenostigma tocantinum</i>	0,93	89,26
	<i>Bagassa guianensis</i>	0,76	54,82
	<i>Endopleura uchi</i>	0,74	49,89
<b>Grupo 2</b> $> 0,50 \text{ g.cm}^{-3} - 0,72 \text{ g.cm}^{-3}$	<i>Ampelocera edentula</i>	0,71	45,26
	<i>Inga alba</i>	0,70	39,74
	<i>Senegalia polyphylla</i>	0,68	42,39
	<i>Inga marginata</i>	0,54	24,94
	<i>Guarea guidonia</i>	0,53	23,08
	<i>Zanthoxylum ekmanii</i>	0,52	30,06
<b>Grupo 3</b> $< 0,50 \text{ g.cm}^{-3}$	<i>Parkia multijuga</i>	0,46	19,50
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	0,46	20,18
	<i>Castilla ulei</i>	0,40	15,51
	<i>Jacaranda Copaia</i>	0,37	12,83
	<i>Ficus paraensis</i>	0,33	10,93

$\rho_{bas}$ : Densidade básica; Dureza: Dureza dinâmica.

Tabela 3. Valores médios de propriedades físicas e mecânica dos grupos formados de algumas espécies comerciais.

<b>GRUPO 1</b> <b>&gt; 0,72 g.cm<sup>-3</sup></b>	$\rho_{\text{bas}}$	$\epsilon_r$	$\epsilon_t$	$\epsilon_v$	T/R	Dureza	Aplicações
<i>Dinizia excelsa</i> *	0,83	5,7	9,5	14,5	1,67	99,92	Construção pesada, construção leve, embarcações, torneados, armação de móveis e chapas*
<i>Dipteryx odorata</i> *	0,91	5,4	8,4	13,5	1,56	126,7	Construção pesada, construção leve, embarcações, torneados e chapas*
<i>Hymenaea courbaril</i> *	0,76	3,4	7,7	11,4	2,26	88,45	Construção pesada, construção leve, tábuas e móveis finos**
<b>GRUPO 2</b> <b>0,50 g.cm<sup>-3</sup> - 0,72 g.cm<sup>-3</sup></b>	$\rho_{\text{bas}}$	$\epsilon_r$	$\epsilon_t$	$\epsilon_v$	T/R	Dureza	
<i>Goupia glabra</i> *	0,71	4,5	8,4	13,2	1,87	76,29	Construção pesada, construção leve, embarcações, chapas, caixas e engradados*
<i>Couratari guianensis</i> *	0,52	3,6	6,1	10,4	1,69	47,17	Construção civil leve, móveis, instrumento musicais**
<i>Hymenolobium petraeum</i> *	0,59	4,1	6,3	10,1	1,54	53,25	Construção pesada, construção leve, embarcações, armação de móveis, chapas, caixas e engradados*
<b>GRUPO 3</b> <b>&lt; 0,50 g.cm<sup>-3</sup></b>	$\rho_{\text{bas}}$	$\epsilon_r$	$\epsilon_t$	$\epsilon_v$	T/R	Dureza	
<i>Erisma uncinatum</i> *	0,48	3,6	8,7	12,9	2,42	37,65	Construção civil leve, lâmina decorativa, chapas compensadas, embalagens**
<i>Cedrelinga cateniformis</i> *	0,45	4,05	8	11,61	1,98	37,75	Construção civil leve, moveis decorativos, lâminas decorativas, chapas e embalagens**

p<sub>bas</sub>: densidade básica,  $\epsilon_r$ : contração radial,  $\epsilon_t$ : contração tangencial,  $\epsilon_v$ : contração volumétrica, T/R: anisotropia, Dureza: dureza janka. Fonte: \*LPF ; \*\*IPT . Densidade básica leve (menor que 0,50 g.cm<sup>-3</sup>): Grupo 3 (*C. ulei*, *F. paraensis*, *G. ulmifolia*, *J. copaia*, *P. multijuga*). Densidade básica média (de 0,50 a 0,72 g.cm<sup>-3</sup>): Grupo 2 (*S. polyphylla*, *G. guidonea*, *Z. ekmanii*, *I. marginata*, *I. alba*, *A. edentula*); Densidade básica pesada (maior que 0,72 g.cm<sup>-3</sup>): Grupo 1 (*C. tocaninum*, *E. uchi*, *B. guianensis*).

A análise de correlação de Pearson entre as propriedades avaliadas das madeiras, evidenciou fortes correlações apresentadas na (Figura 2).

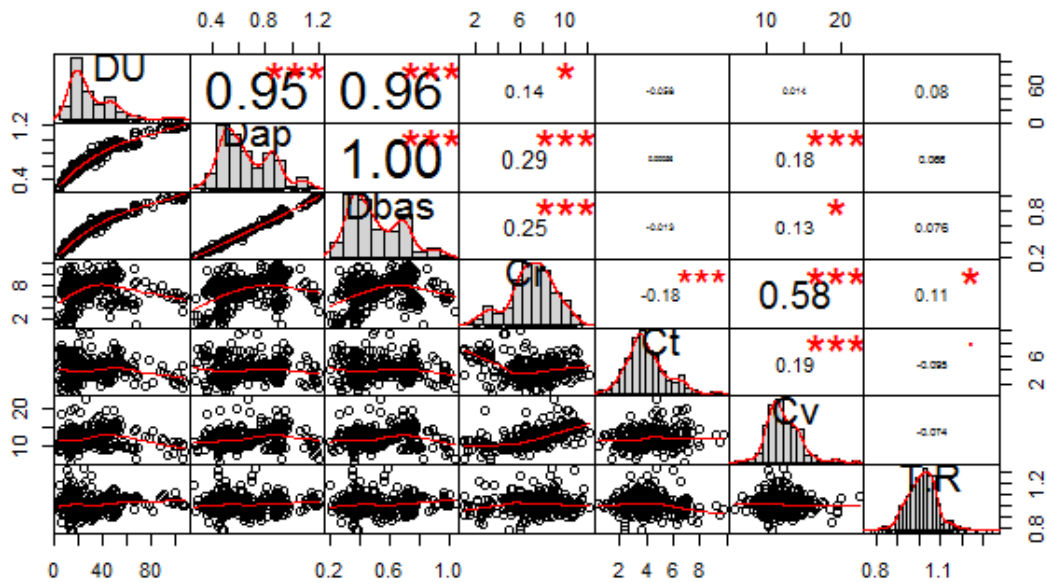


Figura 2. Matriz de correlação de Pearson entre as propriedades da madeira das espécies. DU: Duzera dinâmica; Dap: Densidade aparente; Dbas: Densidade básica; Cr: Contração radial; Contração tangencial; Cv: Contração volumétrica; T/R: Anisotropia. Códigos do valor de p de significância: 0 ‘\*\*\*’; 0,001 ‘\*\*’; 0,01 ‘\*’; 0,05.

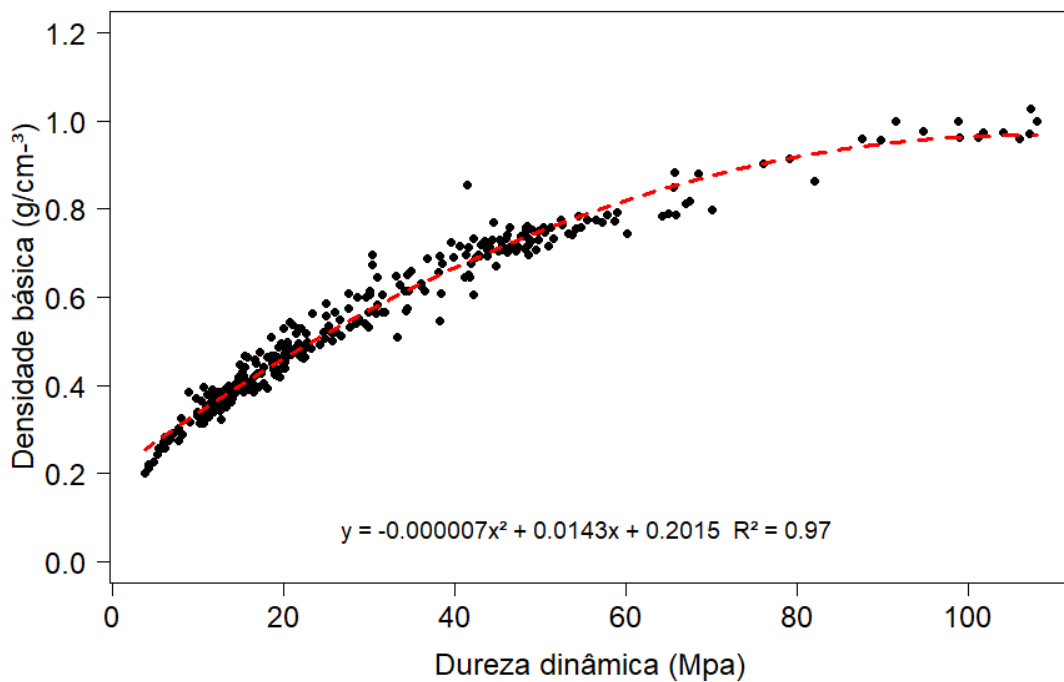


Figura 3: Relação funcional de Dureza dinâmica com a densidade básica

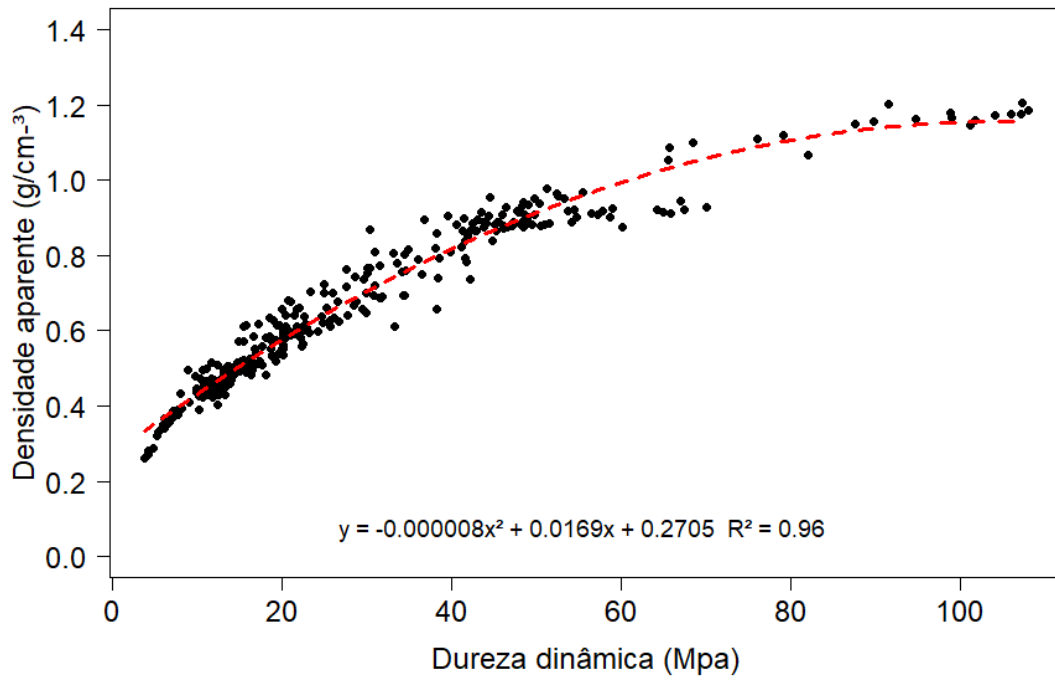


Figura 4: Relação funcional de Dureza dinâmica com a densidade aparente.

## 5. Discussão e Conclusões

A partir das análises de densidade básica das espécies foi possível a formação de três grupos distintos, divididos em: densidade básica leve ( $<0,50 \text{ g.cm}^{-3}$ ), densidade básica média ( $0,50 \text{ g.cm}^{-3} - 0,72 \text{ g.cm}^{-3}$ ) e densidade básica pesada ( $> 0,72 \text{ g.cm}^{-3}$ ), seguindo as classificações de densidade básica do Laboratório de Produtos Florestais (LPF, 2021)

As espécies *Cenostigma tocantinum* ( $0,93 \text{ g.cm}^{-3}$ ), *Endopleura uchi* ( $0,76 \text{ g.cm}^{-3}$ ) e *Bagassa guianensis* ( $0,74 \text{ g.cm}^{-3}$ ), formaram o grupo 1 por apresentarem maiores valores de densidade básica (Tabela 2). E nesse grupo, encontra-se espécies já consolidadas no mercado (*E. uch* e *B. guianensis*) conhecidas principalmente por serem destinadas a construção civil, naval e de painéis (BASTOS,2020; LIMA et al.,2018). A espécie *C. tocantinum* ainda é desconhecida comercialmente, no entanto, pertence ao mesmo grupo de espécies tradicionalmente utilizadas no mercado e pode ser indicada para produção de madeira, bem como na confecção de caibros, vigas, ripas e para obras externas (LIMA JUNIOR, 2017)

As propriedades tecnológicas do grupo 1 assemelha-se com as espécies comerciais de *Dinizia excelsa*, *Dipteryx odorata*, *Hymenaea courbaril* (Tabela 3). Sendo essas, listadas pelo trabalho de Brandes et al. (2020) por aparecerem nos dados sobre o transporte de espécies de madeira legal no Brasil de 2012 a 2016 e que são destinadas para Construção civil, embarcações, torneados e chapas (LPF,2021)

O grupo 2 formado por *Senegalia polyphylla* ( $0,68 \text{ g.cm}^{-3}$ ), *Guarea guidonea* ( $0,53 \text{ g.cm}^{-3}$ ), *Zanthoxylum ekmanii* ( $0,52 \text{ g.cm}^{-3}$ ), *Inga marginata* ( $0,54 \text{ g.cm}^{-3}$ ), *Inga alba* ( $0,70 \text{ g.cm}^{-3}$ ), *Ampelocera edentula* ( $0,71 \text{ g.cm}^{-3}$ ) apresentaram densidade básica média (tabela 2). Visto que, nesse grupo encontra-se também espécies comercializadas tradicionalmente no mercado, destacando-se (*S. polyphylla* e *I. alba*) destinadas principalmente para embarcações, marcenaria e produção lenha e carvão (FILHO; SARTORELLI,2015; EMBRAPA,2015)

As propriedades físicas e mecânica do grupo 2 são semelhantes aos resultados das espécies comerciais exposto na tabela 3, sendo essas *Goupia glabra* ( $0,71 \text{ g.cm}^{-3}$ ), *Couratari guianensis* ( $0,52 \text{ g.cm}^{-3}$ ), *Hymenolobium petraeum* ( $0,59 \text{ g.cm}^{-3}$ ). Espécies essas encontradas no mercado madeireiro para a utilização na construção civil, confecção de ripas, caibros e moveis (IPT,2021)

As espécies *Castilla ulei* ( $0,40 \text{ g.cm}^{-3}$ ), *Ficus paraenses* ( $0,33 \text{ g.cm}^{-3}$ ), *Guazuma ulmifolia* ( $0,46 \text{ g.cm}^{-3}$ ), *Jacaranda copaia* ( $0,37 \text{ g.cm}^{-3}$ ), *Parkia multijuga* ( $0,46 \text{ g.cm}^{-3}$ ),



<sup>3</sup>), representam o grupo 3 por apresentarem densidade básica leve (Tabela 2). Destaca-se as espécies *P. multijuga*, utilizada fabricação de compensados, caixotes e brinquedos (SOUZA,2019) *J. copaia* destinada a construção civil, principalmente em acabamentos em peças como caxilhos de portas, janelas, pisos, forros (GURGEL et al., 2006) e a *C. ulei* indicada para fabricação de compensados (PINATI et al.,2018)

O grupo 3 da tabela 2 possui características semelhante as espécies comerciais apresentadas na Tabela 3, *Erismia uncinatum* (0,48 g.cm<sup>-3</sup>) e *Cedrelinga cateniformis* (0,45 g.cm<sup>-3</sup>) que já são conhecidas no mercado e são designadas para confecção de lâmina decorativa, chapas compensadas e embalagens (IPT,2021). O estudo evidencia também que as espécies separadas por grupo de densidades apresentaram correlação positiva e significativa com a dureza dinâmica.

Os resultados mostrados na tabela 1 e 2 são de dureza dinâmica e da tabela 3 é da dureza de Janka, os dois ensaio foram comparados devido apresentam alta correlação R<sup>2</sup> 0,87 (DE ASSIS, 2017), sendo o segundo utilizado com predominância na América do Norte e América do Sul, e que envolve equipamentos de grande porte e forças de alta magnitude para sua realização, com isso estudiosos propuseram o desenvolvimento de durômetros portáteis, devido a viabilização de ensaios em condições de campo (DE ASSIS,2015)

A relação de dureza e densidade são fortemente associadas, já que a dureza da madeira tem mais influência sobre a densidade, levando em consideração qualquer outra característica (DE ASSIS, 2015). Segundo De Assis (2017) no seu trabalho usando o duromêtro portátil, encontrou valores médios de dureza dinâmica (34,52 Mpa) testada em sete espécies *Eucalyptus* spp., e esse resultado é semelhante ao encontrado no grupo 2 (tabela 2) que é referente a essa propriedade mecânica.

A matriz de correlação de Pearson (figura 2) evidencia a relação de dureza dinâmica com as propriedades físicas da madeira das espécies estudadas. A análise apresentou fortes correlações positivas e significativas de densidade básica e aparente, no entanto a contração radial, contração tangencial, contração volumétrica e o coeficiente anisotrópico não apresentaram correlações significativas com a dureza.

A relação funcional de dureza com as densidades apresentada na figura 3 e 4, demonstra o grau de correlação entre essas propriedades. A dureza dinâmica em função da densidade básica possui o R<sup>2</sup> de 0,97 e em relação a densidade aparente o R<sup>2</sup> é de 0,96. Abreu Neto (2018) no seu trabalho sobre a influência da temperatura final de carbonização do carvão vegetal na dureza, que avaliou também o efeito da densidade da

madeira em relação a dureza dinâmica encontrou o  $R^2$  de 0,89, evidenciando alta correlação.

Portanto, a análise feita com a estética descritiva a partir das densidades básicas das espécies, possibilitou a formação de grupos distintos, e foi importante para direcionar as espécies desconhecidas ou pouco conhecidas no mercado e que possuem propriedades semelhante com aquelas que são tradicionalmente comercializadas, indicando seu potencial e direcionando possíveis usos. Já o ensaio mecânico com o teste no duromêtro portátil foi útil para demonstrar a eficiência do equipamento, como preditor da propriedade mecânica de dureza dinâmica, testadas em espécies amazônicas.

## **6. Recomendações para o manejo**

A Pesquisa busca fornecer informações das propriedades tecnológicas da biodiversidade, visto que a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri sofre pela ação de atividades conflitantes, como a exploração ilegal de madeira, fato que coloca em risco, por exemplo, espécies arbóreas de alto valor comercial madeireiro que ocorrem na Flona, como *Bertholletia excelsa* (castanheira) e *Swietenia macrophylla* King (mogno) espécies ameaçadas de extinção e protegidas por lei que a despeito da proteção legal, sofrem com a exploração madeireira ilegal mesmo em áreas protegidas, devido a demanda do mercado pela madeira dessas espécies. Assim a indicação de espécies madeireiras alternativas, que apresentem propriedades tecnológicas similares, pode contribuir com a redução da exploração dessas espécies.

O reduzido número de trabalhos sobre as propriedades tecnológicas da madeira de espécies nativas da Amazônia diante da hiperdiversidade de espécies arbóreas presentes neste bioma, agrava o problema do desmatamento pois incentiva maior exploração florestal madeireira de um número limitado de espécies, que atendem o interesse do mercado, o que resulta no crescente aumento do número de espécies de plantas em risco de extinção na região.

Conforme as informações apresentadas no trabalho, faz-se necessário mais estudos relacionados as propriedades tecnológicas das espécies, uma vez que há grande pressão de exploração de espécies no mercado, sendo que, as mesmas podem ser substituídas por outras que possuem propriedades semelhantes e não são comercializadas, porque não há disponibilidade de informações.

## **7. Agradecimentos**

Agradeço ao ICMBio, pela oportunidade de estágio e por toda assistência para a realização desse projeto.

Ao meu orientador André Luís Macedo Vieira e coorientador Luiz Eduardo de Lima Melo, pela dedicação, orientação e por fazerem o possível para o desenvolvimento desse trabalho.

A Liga Acadêmica de Ciência e Tecnologia da Madeira - LCTM, em especial aos meus amigos que compõem esse grupo, por todo o apoio, incentivo e ajuda.

## 9. Citações e referências bibliográficas

ABNT– ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ABREU NETO, R. de et al. Dynamic hardness of charcoal varies according to the final temperature of carbonization. **Energy & Fuels**, Washington, v. 32, n. 9, p. 9659-9665, 2018.

ASSIS, A. A. de. **Desenvolvimento de um durômetro portátil para madeiras com o uso de transdutor de deslocamento**. 2015. 76 f. (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2015.

BALBONI, B. M. et al. Physical-mechanical characterization of two amazon woods coming from the second cutting cycle. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 90, n. 4, p. 3565-3572, 2018.

BASTOS, L. M. **Contribuição ao conhecimento da composição fenólica e avaliação do potencial antioxidante das cascas de *Endopleura uchi* (Huber) Cuatrec**. 2020. 122 f. Tese (Doutorado em Inovação Farmacêutica) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2020.

BFG - The Brazil Flora Group. Brazilian Flora 2020: innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 4, p. 1513-1527, 2018.

BOZELLI, R. L. et al. Interactive effects of environmental variability and human impacts on the long-term dynamics of an Amazonian floodplain lake and a South Atlantic coastal lagoon. **Limnologia**, Netherlands, v. 39, n. 4, p. 306-313, 2009.

BRANDES, A. F. das N. et al. Endangered species account for 10% of Brazil's documented timber trade. **Journal for Nature Conservation**, v. 55, p. 125821, 2020.

CAMPOS FILHO, E. M. et al. Guia de árvores com valor econômico. **São Paulo: Agroicone**, 2015.

CARDOSO, D. et al. Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 114, n. 40, p. 10695-10700, 2017.

DA COSTA, J. F. et al. Os recursos estratégicos da Amazônia brasileira e a cobiça internacional. **Revista Perspectiva: reflexões sobre a temática internacional**, Porto Alegre, v. 11, n. 20, p. 65-86, 2018.

DE ASSIS, A. A. et al. Dynamic hardness of wood–measurements with an automated portable hardness tester. **Holzforschung**, Berlin, v. 71, n. 5, p. 383-389, 2017.

GOMES, J. I. et al. Conhecendo espécies de plantas da Amazônia: ingá-vermelha [*Inga alba* (Sw.) Willd.-Leguminosae-Mimosoideae]. **Embrapa Amazônia Oriental- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2014.

GURGEL, E. S. C. Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don. subsp. spectabilis (Mart. ex A. DC) Gentry (Bignoniaceae): aspectos morfológicos do fruto, semente, germinação e plântula. **Ciências Naturais**, Belém, v. 1, n. 2, p. 113-120, 2006.

IAWA – INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS. List of microscopic features for hardwood identification. **Iawa Bulletin**, Leiden, v. 10, p. 219-232, 1989.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Plano de manejo para uso múltiplo da floresta nacional do Tapirapé-Aquiri**. Brasília, 2006. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/flona\\_tapirape-aquiri.pdf](https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/flona_tapirape-aquiri.pdf). Acesso em: 20 jan 2021.

ICMBIO – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Plano de pesquisa geossistemas ferruginosos da Floresta Nacional de Carajás: temas prioritários. Brasília, 2017. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/plano\\_de\\_pesquisa\\_flona\\_carajas\\_-\\_06-09-2017\\_-\\_final\\_2.pdf](https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/plano_de_pesquisa_flona_carajas_-_06-09-2017_-_final_2.pdf). Acesso em: 05 maio 2020.

ICMBIO – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Plano de Manejo para uso Múltiplo da Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri. Brasília, 2006. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/flona\\_tapirape-aquiri.pdf](https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/flona_tapirape-aquiri.pdf). Acesso em: 15 fev 2021.

ICMBIO – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Uso sustentável e conservação da biodiversidade. Brasília, 2019. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/downloads/icmbioemfoc\\_oespecialusosustentavel.pdf](https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/downloads/icmbioemfoc_oespecialusosustentavel.pdf). Acesso em: 25 jan 2021.

INSIDEWOOD. 2004-onwards. 2004. [http:// insidewood.lib.ncsu.edu/search](http://insidewood.lib.ncsu.edu/search). Acesso em 01 Mar 2020.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. Informações sobre madeiras. 2021. Disponível em: [https://www.ipt.br/informacoes\\_madeiras.php?tipo=simples](https://www.ipt.br/informacoes_madeiras.php?tipo=simples). São Paulo. Acesso em: 5 Jun 2021.

LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS. Banco de Dados de Madeiras Brasileiras. 2021 Disponível em: // sistemas. Florestal.gov.br/ madeirasdobrasil/características.php?ID=80&característica=271. Brasília. Acesso em 14 jun. 2021.

LIMA JUNIOR, M. de J. V. et al. Pau-prezinho *Cenostigma tocantinum* Ducke. Londrina: Associação Brasileira de Tecnologia em Sementes (Abrates), p. 4, 2017.

LIMA, T. F. P. et al. Propriedades físicas e mecânicas da madeira Tatajuba (*Bagassa guianensis*) proveniente de duas diferentes regiões brasileiras. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 23, 2018.

MARTINI, A. M. Z. et al. An attempt to predict which Amazonian tree species may be threatened by logging activities. **Environmental Conservation**, Reino Unido, v. 21, n. 2, p. 152-162, 1994.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Instrução normativa n. 1, de 15 de janeiro de 2018. Brasília, 2018. Acesso em: 10 mar 2021.

PINATI, E. et al. Painéis compensados sarrafeados produzidos com *Pinus oocarpa*, *Castilla ulei* e *Acrocarpus fraxinifolius*. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 9, n. 3, 2018.

R Development Core Team, 2013. A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>. Accessed 1 Dec 2015. 2013.

SOUZA, B. P. A. de. **Sementes de *Parkia multijuga* BENTH, submetidas a tratamentos pré-germinativos**. 30 f. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Paragominas, 2019.

VERÍSSIMO, A. et al. **Pólos madeireiros do Estado do Pará**. Belém: Imazon, 2002.

WHEELER, E. A. Inside Wood—A web resource for hardwood anatomy. **Iawa Journal**, Leiden, v. 32, n. 2, p. 199-211, 2011.