

Análise da representatividade da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras da classe C60 da norma brasileira de estruturas de madeira

Representativeness analysis of shear strength parallel to fibers of class C60 of the Brazilian standard for timber structures

Francisco Antonio Rocco Lahr¹, Eduardo Chahud², Felipe Nascimento Arroyo³, André Luis Christoforo³, Edson Fernando Castanheira Rodrigues³, João Paulo Boff Almeida³, Vinicius Borges de Moura Aquino⁴

¹Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, Departamento de Engenharia Estrutural, Av. Trabalhador são-carlense n.400, CEP: 13.566-590, SP, São Carlos, Brasil.

²Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Departamento de Engenharia Civil, Av. Antônio Carlos n.6627, CEP: 31.270-901, MG, Belo Horizonte, Brasil.

³Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR, Departamento de Engenharia Civil, Rod. Washington Luiz s/n, CEP: 36.307-352, SP, São Carlos, Brasil.

⁴Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - UNIFESSPA, Departamento de Engenharia Civil, Folha 31, Quadra 07, Lote Especial s/n, CEP: 68.560-000, PA, Santana do Araguaia, Brasil.
e-mail: frocco@sc.usp.br, echahud@gmail.com, lipe.arroyo@gmail.com, christoforoal@yahoo.com.br, edson.engcivil.projetos@gmail.com, boff.joaopaulo@gmail.com, aquino.vini@hotmail.com

RESUMO

A madeira é um excelente material estrutural, além de possuir excelente resistência tanto à tração como compressão. Para o dimensionamento correto, as premissas da norma brasileira são de extrema valia como norte para os engenheiros estruturais, pois exhibe valores padrão de resistência. Dessa forma, esse estudo tem como objetivo analisar se o valor de resistência ao cisalhamento característico paralelo às fibras da classe C60 exibido na norma brasileira confere com os valores obtidos em ensaio de 23 espécies brasileiras, utilizando a metodologia *Bootstrap* com 1 milhão de simulações. Além disso, buscou analisar, com modelos de regressão, se é possível estimar a propriedade de resistência (f_{v0}) dessas 23 espécies em função da densidade aparente, buscando assim uma obtenção rápida das propriedades dessas espécies com apenas a densidade aparente. Por final, foi possível concluir que a norma brasileira subestima a resistência ao cisalhamento das madeiras brasileiras, apresentado um valor 26% menor ao que realmente resiste, evidenciando que a norma necessita passar por revisão. Outro ponto foi que os modelos de regressão não mostram significância, ou seja, com a densidade aparente não foi possível estimar a propriedade de resistência.

Palavras-chave: Classe resistência. Densidade aparente. Rigidez.

ABSTRACT

Wood is an excellent structural material, in addition to having excellent resistance in traction and compression. For correct dimensioning, the premises of the Brazilian standard are extremely valuable as a guide for structural engineers, as it exhibits standard values of resistance. Thus, this study aims to analyze whether the characteristic shear strength value parallel to class C60 fibers shown in the Brazilian standard matches the values obtained in the test of 23 Brazilian species, using the Bootstrap methodology with 1 million simulations. In addition, it sought to analyze, with regression models, whether it is possible to estimate the resistance property (f_{v0}) of these 23 species as a function of apparent density, thus seeking to obtain quickly the properties of these species with only apparent density. Finally, it was possible to conclude that the Brazilian standard underestimates the shear strength of Brazilian woods, presenting a value 26% smaller to what actually resists, showing that the standard needs to be revised. Another point was that the regression models do not show significance, in other words, with the apparent density it was not possible to estimate the resistance property.

Keywords: Strength class. Apparent density. Stiffness.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material de excelentes propriedades estruturais, principalmente por possuir resistência tanto à tração como compressão. Outro ponto importante é sua fonte renovável, ao contrário dos outros materiais usualmente utilizados: concreto armado e metálica. A vista disso, a madeira, quando feito o reflorestamento, pode ser considerado um dos melhores materiais para utilizar em estruturas. [1, 2].

Segundo BACHA [3], “o Brasil se destaca no cenário internacional por suas extensas florestas nativas tropicais e pelo plantio de florestas homogêneas com espécies exóticas”. Ainda segundo o autor, o Brasil possui 493,5 milhões de hectares de florestas, equivalendo a 12% do mundo. No Brasil, a ABNT NBR 7190 [4] que rege as premissas para o dimensionamento de estrutura de madeira no Brasil. A Tabela 1 apresenta as classes de resistência com as respectivas propriedades físicas e mecânicas médias e características que podem ser tomadas com base de dimensionamento.

Tabela 1: Classe de resistência de madeiras folhosas conforme ABNT NBR 7190 [4].

Classes	$f_{c0,k}$ [MPa]	$f_{v0,k}$ [MPa]	$E_{c0,m}$ [MPa]	$\rho_{12\%}$ [kg/m ³]
C20	$20 \leq f_{c0,k} < 30$	4	9500	650
C30	$30 \leq f_{c0,k} < 40$	5	14500	800
C40	$40 \leq f_{c0,k} < 60$	6	19500	950
C60	$f_{c0,k} \geq 60$	8	24500	1000

Para um dimensionamento correto e seguro de uma estrutura, é ideal que se conheça todas as propriedades de resistência e rigidez [5, 6]. No caso da estrutura de madeira, vários ensaios são necessários para obter as propriedades, sendo alguns mais complicados de serem realizados. Contudo, existem algumas formas fáceis de obter as propriedades para realizar o dimensionamento. Uma forma é utilizando do método simplificado contido na NBR 7190 [4], que consegue fazer a estimativa com a relação entre as propriedades. Outra é através da tabela de classes de resistência (Tabela 1). Por último, seria através de modelos de regressão, utilizando a densidade aparente como estimadora das outras propriedades [7].

Entretanto, conforme um estudo mostrado por Couto *et al.* [8], a norma brasileira atual está desatualizada e os valores exibidos podem ser muito distante da realidade. Em seu estudo, foi investigado a relação entre as propriedades (método simplificado) considerando dez espécies de madeira do grupo das folhosas. Com isso, foi possível concluir que os valores analisados são 86,40% superiores aos exibidos na norma brasileira [4], mostrando a lacuna existente dessa norma.

Conforme no trabalho desenvolvido por Christoforo *et al.* [9], em que analisou a densidade aparente como estimadora das outras propriedades da *Calycophyllum multiflorum*, a densidade consegue estimar 4 propriedades das 14 analisadas, sendo elas: módulo de elasticidade médio, compressão perpendicular às fibras, módulo de elasticidade na compressão perpendicular às fibras e compressão paralela às fibras. O maior coeficiente de variação obtido foi de 85,23% utilizando o modelo logarítmico.

A vista disso, este artigo tem como objetivo avaliar a representatividade do cisalhamento característico da classe C60 para 23 espécies do grupo das folhosas brasileiras. Esse estudo checou se o valor apresentado de 8 MPa (Tabela 1) na norma brasileira de estruturas de madeira, a ABNT NBR 7190 [4], está de acordo com a realidade, considerando um intervalo de confiança de 5% e utilizando a técnica de reamostragem *Bootstrap* para simulação do intervalo de confiança médio (100 a 1000000 simulações). Por final, foi analisado a possibilidade da densidade aparente em estimar a resistência ao cisalhamento das espécies estudadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As 23 espécies utilizadas neste trabalho estão listadas na Tabela 2. Todas são da classe C60 de resistência, conforme norma vigente [4].

Tabela 2: Nomes das madeiras folhosas utilizadas no estudo.

Nome Popular	Nome Popular	Nome Popular	Nome Popular
Cutiúba	Sucupira	Mandioqueira	Angelim Ferro
Garrote	Tachi	Oiuchu	Angelim Vermelho
Guajará	Quina Rosa	Breu Vermelho	Roxinho
Ipê	Tatajuba	Champanhe	Angico Preto
Itaúba	Jatobá	Maçaranduba	

As madeiras provenientes de lotes homogêneos foram devidamente estocadas, resultando em teor de umidade próximo de 12%, conforme as premissas da ABNT NBR 7190 [4]. Os métodos de ensaio da norma brasileira também foram seguidos para as obtenções das propriedades físicas e mecânicas.

Também como recomenda a norma brasileira, foram fabricados e testados doze corpos de provas por espécie na resistência ao cisalhamento (Figura 1), assim com outros doze para a determinação dos valores da densidade aparente, resultando em 552 determinações experimentais ao todo.

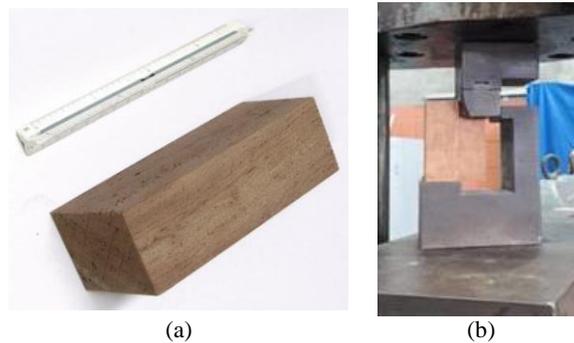


Figura 1: a) Ilustração dos corpos de prova padronizados pela norma (5x5x15 cm - ABNT NBR 7190); b) aparelho utilizado no ensaio de resistência ao cisalhamento paralelo às fibras.

Os corpos de prova foram rompidos na máquina universal de ensaios (AMSLER – capacidade de carga de 25 toneladas). O teor de umidade (U) dos mesmos no momento dos ensaios foi obtido por meio do medidor de umidade por contato Marrari M5 ($10,76 \leq U \leq 12,96\%$). Com posse do teor de umidade das amostras, os valores de resistência (f_U) foram corrigidos para o teor de umidade de 12%, conforme indicado pela ABNT NBR 7190 [4], com o auxílio das equações a seguir, em que f_U consiste na resistência das amostras associado ao teor de umidade U, enquanto $f_{12\%}$ consiste na resistência à 12% de umidade.

$$f_{12\%} = f_U \cdot \left[1 + \frac{3 \cdot (U - 12)}{100} \right] \tag{1}$$

Com base nos valores corrigidos da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras ($f_{v0,12\%}$), a equação 2 foi utilizada para a determinação do valor característico ($f_{v0,k}$) para a categorização das madeiras, em que f_1 , f_2 a f_n denotam os valores da resistência em ordem crescente dos 12 (n) corpos de prova testados, conforme ABNT NBR 7190 [4].

$$f_k \geq \begin{cases} f_1 \\ 0.70 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} \\ 1.10 \cdot \left[2 \cdot \left(\frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{(n/2)-1}}{(n/2) - 1} \right) - f_{n/2} \right] \end{cases} \tag{2}$$

2.1 Análise Estatística: Bootstrap e T-test

O intervalo de confiança médio (inferência de variação no valor médio da população com base na amostra), no nível de confiabilidade de 95%, foi usado para calcular o valor médio, bem como o inferior (2,5%) e superior (97,5%), e o teste de Shapiro-Wilk (5% de significância) foi utilizado para avaliar a distribuição normal dos valores de f_{v0} considerando o conjunto de 23 espécies de madeira. Para os pressupostos

assumidos no teste de normalidade (*T-test*), o valor de p (probabilidade p) igual ou superior ao nível de significância implica normalidade na distribuição f_{v0} , que valida os resultados obtidos a partir do intervalo de confiança.

Para aumentar a confiabilidade dos resultados, foi utilizada a técnica de reamostragem *Bootstrap* para simular os intervalos de confiança médios (95% de confiabilidade), sendo consideradas de 100 a 1000000 simulações.

2.2 Modelos de regressão – ANOVA

A Tabela 3 a seguir mostra os modelos de regressão que foram utilizados nas estimativas. Nesta tabela, Y é a variável independente (cisalhamento paralelo às fibras – f_{v0}), X a variável dependente (densidade aparente – ρ_{ap}) e “a”, “b” e “b1” as constantes (parâmetros) das funções ajustadas pelo método dos mínimos quadrados. Pela ANOVA dos modelos de regressão a serem avaliados também ao nível de significância de 5%, a hipótese nula estipulada consistirá na não representatividade dos modelos testados ($H_0: \beta=0$), e na representatividade como hipótese alternativa ($H_1: \beta \neq 0$). P-valor superior ao nível de significância considerado implica em aceitar H_0 (o modelo testado não é representativo - variações de X são incapazes de explicar as variações em Y), refutando-a em caso contrário (o modelo testado é representativo). Além do uso da ANOVA, que permite aceitar ou não a representatividade dos modelos testados, os valores do coeficiente de determinação ajustado [$R^2(aj)$] serão obtidos como forma de avaliar a capacidade das variações da variável dependente X em explicar a variável preditiva Y, possibilitando eleger, dentre os modelos considerados significativos, o de melhor ajuste por relação testada. Conforme Montgomery [10], o coeficiente de determinação precisa ser superior a 70% para o modelo ser considerado significativo.

Tabela 3: Modelos de regressão utilizados.

Ajuste	Função [$Y=f(X)$]
Linear [Lin]	$Y = a + b1 \cdot X$
Exponencial [Exp]	$Y = a \cdot e^{b1 \cdot X}$
Logarítmico [Log]	$Y = a + b1 \cdot Ln(X)$
Geométrico [Geo]	$Y = a \cdot X^{b1}$

3. RESULTADOS

A Tabela 4 apresenta os valores médios da densidade aparente ($\rho_{12\%}$) e resistência ao cisalhamento paralelo às fibras característico ($f_{v0,k}$). Como pode-se observar, todas as madeiras são da classe C60 por possuir um $f_{v0,k}$ igual ou superior a 8 MPa (Tabela 1). Além disso, essas espécies possuem uma resistência à compressão paralela às fibras característica superior à 60 MPa, conforme Instituto de Pesquisas Tecnológicas [11].

Tabela 4: Resultado das propriedades físicas e mecânicas das espécies analisadas.

Espécie	$\rho_{12\%}$ [kg/m^3]	$f_{v0,k}$ [MPa]
Angelim Ferro	1178	11,90
Angelim Ferro	1147	9,80
Angelim Vermelho	1131	9,10
Angico Preto	898	12,60
Breu Vermelho	887	14,00
Champanhe	1087	9,80
Cutiúba	1160	8,40
Garrote	904	9,10
Guajará	781	11,90
Ipê	1036	12,60
Itaúba	915	11,20
Itaúba	933	12,60
Jatobá	1082	17,50
Jatobá	884	16,10
Maçaranduba	1143	14,70
Maçaranduba	1124	13,30
Mandioqueira	853	10,50

Oiuchu	932	10,50
Quina Rosa	935	8,40
Roxinho	938	9,80
Sucupira	1106	13,30
Tachi	1045	9,80
Tatajuba	935	12,60

A Tabela 5 apresenta o coeficiente de variação (C.V.) das propriedades analisadas, assim como o desvio padrão (*DesvPad*) e os valores mínimos (*Mín.*) e máximos (*Máx.*) obtidos nos ensaios. É possível notar que todas as propriedades ficaram abaixo dos 18% exigido pela norma ABNT NBR 7190 [4], mostrando a qualidade dos ensaios laboratoriais.

Tabela 5: Análise das propriedades.

Propriedades	Média	DesvPad	C.V.	Mín.	Máx.
ρ_{ap} [kg/m ³]	1001,50	117,70	11,75%	781	1178
$f_{v0,k}$ [MPa]	11,72	3,01	17,98%	8,40	17,50

3.1 Análise estatística

A Tabela 6 a seguir representa o resultado do intervalo de confiança, considerando 95% de confiabilidade (5% de significância) para as médias das espécies da Tabela 4. Esses resultados são expressos através do método *T-test* com uma amostra e através do *Bootstrap*, considerando até um milhão de simulações.

Tabela 6: Resultado do intervalo de Confiança para a resistência ao cisalhamento característico (MPa).

Método	CI (95% de confiabilidade)		
	Limite Inferior	Média	Limite Superior
<i>T test</i>	10,672	11,717	12,763
<i>Bootstrap</i> - 100 simulações	10,926	11,659	12,327
<i>Bootstrap</i> - 500 simulações	10,744	11,732	12,570
<i>Bootstrap</i> - 1000 simulações	10,774	11,695	12,510
<i>Bootstrap</i> - 5000 simulações	10,744	11,712	12,540
<i>Bootstrap</i> - 10000 simulações	10,774	11,715	12,540
<i>Bootstrap</i> - 50000 simulações	10,774	11,718	12,540
<i>Bootstrap</i> - 100000 simulações	10,774	11,718	12,540
<i>Bootstrap</i> - 500000 simulações	10,774	11,717	12,540
<i>Bootstrap</i> - 1000000 simulações	10,774	11,717	12,540

Como pode-se observar, o menor valor obtido em todas as análises estatísticas para a classe C60 foi de 10,774 MPa de resistência ao cisalhamento paralelo às fibras característico, mas a norma considera como sendo apenas 8 MPa (Tabela 1). Dessa forma, é possível notar que a ABNT NBR 7190 [4] considera um pouco mais da metade do que a madeira realmente suportaria, fazendo com que a estrutura fique superdimensionada. Com a correção da norma para o valor de 10,774 MPa, a estrutura teria uma resistência bem maior que o considerado.

Para um melhor entendimento do superdimensionamento, se considerarmos uma viga biapoiada sujeita a ação de forças principais próximas ao apoio, ou seja, o esforço cisalhando é principal em relação ao momento fletor, de vão *L* e medidas “*b*” e “*h*” para a base e altura da seção transversal retangular, respectivamente, é possível fazer a seguinte análise.

Para esse esquema adotado, temos a tensão tangencial de cisalhamento atuante de cálculo (τ_d) e a tensão de cisalhamento resistente de cálculo ($f_{v0,d}$), conforme as equações a seguir, respectivamente. Conforme a norma vigente [4], a seguinte condição precisa ser atendida: $\tau_d \leq f_{v0,d}$.

$$\tau_d = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot b \cdot h} \quad (3)$$

$$f_{v0,d} = K_{mod} \cdot \frac{f_{v0,k}}{\gamma_w} \quad (4)$$

Adotando um esforço de cisalhamento de cálculo atuante (V_d) de 50 kN, coeficiente de modificação (K_{mod}) de 0,64, coeficiente de ponderação (γ_w) de 1,80 e seção quadrada ($b = h$), é possível concluir que,

para o valor de resistência ao cisalhamento exibido na norma ABNT NBR 7190 [4] de 8 MPa (Tabela 1), a seção necessária mínima para resistir a esse esforço é de 263,67 cm². Entretanto, com o valor encontrado nesta pesquisa de 10,774 MPa, a seção necessária seria de 195,78 cm², uma redução de 25,75% quando considerado apenas o cisalhamento.

3.2 Modelos de regressão

A Figura 2 a seguir mostra o resultado do modelo de regressão, utilizando a densidade aparente da classe estudada como estimadora da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras.

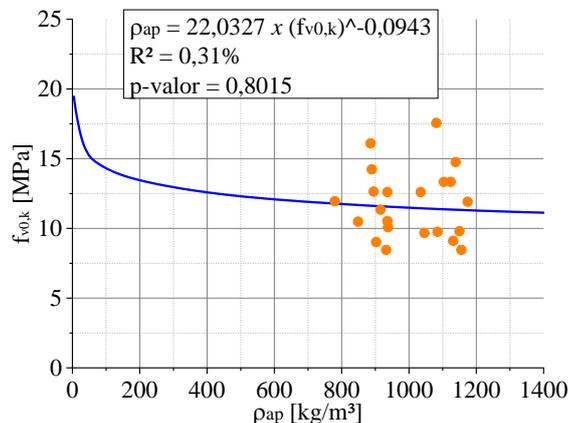


Figura 2: Melhor ajuste obtido dentre os 4 modelos de regressão analisados.

Através dessa figura é possível concluir que, o ajuste geométrico foi o que obteve melhor resultado para essas espécies da classe C60 analisadas. Entretanto, a densidade aparente não apresentou como boa estimadora da propriedade analisada, por apresentar coeficientes de determinação (R^2) inferiores a 70%, como indicado por Montgomery [10], diferentemente da pesquisa apresentada por Christoforo *et al.* [9] e Adamopoulos e Passialis [7], em que o coeficiente de determinação chegou a 85,23% e 92,30%, respectivamente, para o melhor ajuste. Uma forma de melhorar os ajustes obtidos, segundo Duarte *et al.* [11], é considerando os constituintes químicos da madeira nos modelos de regressão.

Importante destacar também que o p-valor foi superior a 5%, dessa forma, variações na densidade aparente são incapazes de explicar as variações que ocorrem na propriedade de resistência analisada (o modelo não é representativo).

4. CONCLUSÕES

Através dessa pesquisa, é possível chegar as seguintes conclusões:

1. Os coeficientes de variação foram inferiores ao exigido pela norma brasileira de estruturas de madeira (18%), evidenciando a qualidade nos ensaios laboratoriais executados.
2. O valor apresentado na norma brasileira de estruturas de madeira é muito inferior ao realmente resistido pelas espécies nativas. A norma adota como valor de referência, para a resistência característica do cisalhamento paralelo às fibras da classe C60, como sendo de 8MPa. Entretanto, foi possível notar que esse valor chega a 10,774 MPa (34,68% maior).
3. A ABNT NBR 7190 [4] precisa passar por revisão, pois está superdimensionando as estruturas de madeira no Brasil em relação ao cisalhamento resistido. Com a revisão, a estrutura de madeira passará a ter maior relevância no Brasil, pois os dimensionamentos ficarão mais precisos e as estruturas menos robustas e mais baratas, conforme mostrado no exemplo, tendo uma redução de 25,75% da seção considerando apenas o cisalhamento.
4. Considerando os modelos de regressão analisados, o geométrico foi o que obteve melhor ajuste, entretanto, com a densidade da classe C60 não foi possível fazer a estimativa da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras, pois os ajustes não atingiram os 70% exigidos por Montgomery [10].
5. Como o p-valor foi superior a 5%, variações na densidade não são capazes de explicar as variações na propriedade de resistência analisada neste estudo.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] PIGOZZO, J.C., CHAHUD, E., ARROYO, F.N., *et al.*, “Comparison of Anchorage Strength of Bonded-In Steel Bars with Epoxy Resin, Varying the Superficial Treatments and Moisture after Bonding, Using *Corymbia citriodora* Wood,” *Current Journal of Applied Science and Technology*, v. 28, n. 5, pp. 1-6, 2018.
- [2] Pigozzo, J.C., Arroyo, F.N., Christoforo, A.L., *et al.* “Design and Execution of Wood-concrete Deck Bridge,” *Current Journal of Applied Science and Technology*, v. 28, n. 3, pp. 1-10, 2018.
- [3] BACHA, C.J.C. “Os mercados de produtos florestais no Brasil em 2017 e 2018,” 26 06 2017. [Online]. Available: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniaio-cepea/os-mercados-de-produtos-florestais-no-brasil-em-2017-e-2018.aspx>. [Acesso em 09 10 2020].
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, “NBR 7190: Projeto de Estruturas de Madeira,” Rio de Janeiro, 1997.
- [5] OLIVEIRA, G.O.B., PINHEIRO, R.V., ARROYO, F.N., *et al.*, “Technical Feasibility Study of the Use of Softwoods in Lattice Structure “Howe” Type for Roofing (Gaps between 8-18 Meters),” *Current Journal of Applied Science and Technology*, v. 35, n. 4, pp. 1-8, 2019.
- [6] PIGOZZO, J.C., ARROYO, F.N., CHRISTOFORO, A.L., *et al.*, “Behavior of Shear Connectors Formed by Bonded-in “X” Type Steel Bars in Wood-Concrete Specimens,” *Current Journal of Applied Science and Technology*, v. 28, n. 5, pp. 1-8, 2018.
- [7] ADAMOPOULOS, S., PASSIALIS, C. “Relationship of toughness and modulus of elasticity in static bending of small clear spruce wood specimens,” *European Journal of Wood and Wood Products*, v. 68, pp. 109-111, 2010.
- [8] COUTO, N.G., ALMEIDA, J.P.B., GOVONE, J.S., *et al.*, “Relação entre a resistência ao cisalhamento e a resistência à compressão paralela às fibras de madeiras folhosas,” *Ambiente Construído*, vol. 20, nº 4, pp. 319-327, 2020.
- [9] CHRISTOFORO, A.L., ARROYO, F.N., SILVA, D.A.L., *et al.*, “Full characterization of *Calycophyllum multiflorum* wood specie,” *Engenharia Agrícola*, vol. 37, nº 4, pp. 637-643, 2017.
- [10] Montgomery, D.C. *Design and Analysis of Experiments*, 8 ed., Arizona State University: John Wiley & Sons, Inc, 2013.
- [11] IPT, “Instituto de Pesquisas Tecnológicas,” 2021. [Online]. Available: <https://www.ipt.br/>. [Acesso em 30 agosto 2021].
- [12] DUARTE, B.B., LAHR, F.A.R., CURVELO, A.A.D.S., *et al.* Christoforo, “Influence of Physical and Chemical Components on the Physical-Mechanical Properties of Ten Brazilian Wood Species,” *Materials Research*, vol. 23, nº 2, pp. 1-10, 2020.

ORCID

Francisco Antonio Rocco Lahr

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

Eduardo Chahud

<http://orcid.org/0000-0003-3168-7055>

Felipe Nascimento Arroyo

<http://orcid.org/0000-0001-8226-172X>

André Luis Christoforo

<http://orcid.org/0000-0002-4066-080X>

Edson Fernando Castanheira Rodrigues

<http://orcid.org/0000-0002-9028-0565>

João Paulo Boff Almeida

<http://orcid.org/0000-0001-8667-1718>

Vinicius Borges de Moura Aquino

<http://orcid.org/0000-0003-3483-7506>