VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
A inovação e o desafio do projeto na sociedade: A qualidade como alvo
Londrina, 17 a 19 de Novembro de 2021

O IMPACTO DA CLASSIFICAÇÃO VISUAL E ULTRASSONOGRÁFICA NA QUALIDADE DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS EM MADEIRA[1]

THE IMPACT OF VISUAL AND ULTRASOUND CLASSIFICATION ON THE QUALITY OF WOOD BUILDING ELEMENTS

SARAPIÃO, Fernanda de Dio (1); MOURA, Jorge Daniel de Melo (2)

(1) Universidade Estadual de Londrina, fernanda.dedio@uel.br

(2) Universidade Estadual de Londrina, jordan@uel.br

RESUMO

A demanda mundial por construções sustentáveis tornou-se incontornável, e devido sua natureza no uso de material renovável a construção em madeira de reflorestamento foi colocada em evidência. Contudo, a heterogeneidade do material faz com que sua utilização como elemento construtivo seja dificultada, devido à variabilidade das propriedades mecânicas das peças. Desta forma, quando ocorre o dimensionamento de elementos estruturais, o projetista a via de regra indica dois caminhos: ou a majoração das seções calculadas de maneira radical ou especifica outro material sobre o qual tenha mais segurança de suas propriedades mecânicas, tal como o concreto ou o aço. Desta forma, com a intenção de aumentar a potencialidade do material, neste trabalho procedeu-se à classificação em peças de madeira para utilização em estruturas. Através de métodos não destrutivos de classificação, realizou-se o agrupamento de peças de dimensões estruturais com propriedades mecânicas semelhantes, para a composição de painéis em duas pesquisas diferentes: análise estrutural de painéis em Cross Laminated Timber- CLT e o estudo de paredes de contraventamento longitudinal – Shear walls, realizadas em painéis Wood frame. Este agrupamento resultou em quatro níveis, sendo que a maioria das peças foi categorizada na classe N°3, cuja recomendação é o uso em situações que necessitam baixa rigidez e resistência, e o fator estético não é crucial. O caráter não destrutivo do procedimento, permitiu classificar as peças estruturais num primeiro momento, visualmente, e a seguir, através de ensaio mecânico estático, obtendo-se o módulo de elasticidade longitudinal em flexão - MOE, para o conjunto de peças. A classificação assim executada, permitiu a confecção de painéis CLT e wood frame, com propriedades mecânicas semelhantes possibilitando a comparação estrutural intragrupos, nas pesquisas citadas acima.

Palavras-chave: *Madeira de reflorestamento, Ensaio não destrutivo - NDT, Classificação visual, Pinus spp, Metodologia de projeto*

---

[1] SARAPIÃO, Fernanda de Dio; MOURA, Jorge Daniel de Melo. O impacto da Classificação Visual e Ultrassonográfica na qualidade dos elementos construtivos em madeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO, 7., 2021, Londrina. **Anais**... Londrina: PPU/UEL/UEM, 2021. p. 1-10. DOI https://doi.org/10.29327/sbqp2021.438107

ABSTRACT

The worldwide demand for sustainable constructions became unavoidable and due to its nature of using renewable material, the wood construction was put in evidence. However, the heterogeneity of the material makes its use as a constructive element difficult, due to the variability of the mechanical properties of the parts. Thus, when designing structural elements, the designer usually indicates two paths: either the increase in the calculated cross sections or in a radical way, specifies another material on which he has more security of its mechanical properties, such as concrete or steel. Thus, with the intention of increasing the potential of the material, this work proceeded to the grading of timber pieces for use in structures. Using non-destructive grading methods NDT (Non-destructive Testing), pieces of structural dimensions with similar mechanical properties were grouped for the composition of panels in two different studies: structural analysis of panels in Cross Laminated Timber- CLT and the study of light longitudinal Shear wood framed walls. This grouping resulted in four levels, and most parts were categorized in class N°3, whose recommendation is to be used in situations that require low stiffness and strength, and the aesthetic factor is not crucial. The non-destructive nature of the procedure allowed the structural parts to be classified at first, visually, and then, through static mechanical testing, obtaining the modulus of longitudinal elasticity in flexion - MOE, for the whole set of parts. The grading carried out in this way allowed the manufacture of CLT and wood frame panels, with similar mechanical properties, enabling the intragroup structural comparison, in the two studies mentioned above.

Palavras-chave: *Plantation wood, Southern pine, Non destructive testing – NDT, Grading, Design methodology*

1 INTRODUÇÃO

Em décadas recentes, muito se discute a respeito da sustentabilidade na cadeia produtiva da construção civil e com o passar dos anos os sistemas construtivos derivados da madeira de reflorestamento têm ganhado força no mercado, buscando estabelecer caminhos sustentáveis, pois o material reage ao ambiente, absorvendo uma quantidade significativa de gás carbônico presente atmosfera, este processo é conhecido como "sequestro de carbono" (RENNER,2004). O baixo investimento e a pouca utilização dos sistemas construtivos derivados deste material no Brasil, destaca a baixa competitividade no mercado em comparação ao aço e o concreto (GONÇALVES, BARTHOLOMEU,2000). Visto a dificuldade de reconhecimento das propriedades mecânicas do material, perpetua-se o majoramento das dimensões de peças estruturais colaborando para a escassez de madeiras provenientes de florestas nativas (FIORELLI et al., 2009). Embora este problema, segundo Fiorelli et al (2009) o sítio brasileiro contém condições climáticas favoráveis para a produção de florestas da espécie Pinus, o que possibilita o alto consumo na construção civil. Contudo, o volume necessário para atender ao setor da construção é elevado, produzindo madeiramentos com baixa densidade e grande quantidade de nós, originadas do crescimento acelerado dessas florestas. Necessitado da utilização de métodos de controle de qualidade do material e possibilitando a criação de selos de qualidade, com informações de origem, propriedades mecânicas acordadas com a classe, o local da classificação, a tipagem de nós e defeitos entre outras informações necessárias para a aplicação do material em estruturas (Figura 1).

Figura 1 – Selo de qualidade para controle de peças estruturais de madeira no mercado da construção civil



Fonte: BM Trada. (2019)

Para isto, é indispensável a realização da classificação visual das peças para aplicação estrutural e a realização de ensaios de caráter não destrutivo, como a ultrassonografia (CARREIRA, DIAS, 2005). Desta forma, o presente estudo consiste em aplicar estes métodos nas peças de Pinus *spp*. agrupando-as em classes de qualidade (EE, n°1, n°2, n°3), para obtenção do dimensionamento de painéis de Cross Laminated Timber (CLT) e Wood Frame. Este processo garante a segurança da especificação em projetos arquitetônicos e o bom desempenho do material nas seções transversais idealizadas pelo arquiteto, tornando o processo de projeto eficaz e sem alterações estruturais e estéticas na edificação.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a análise foram utilizadas vigas (n=118) secas de madeira da espécie Pinus *spp*, provenientes de reflorestamento, armazenadas em laboratório. Após a classificação as peças foram destinadas aos estudos de ALMEIDA (2019), que consiste na pesquisa de compósitos poliméricos reforçados com fibra de vidro- GFRP em ligações cavilhadas para CLT, e o de BARCAROLO (2019), que se concentra no estudo de eficiência de ligações por cavilha de compósito estrutural em vigas de madeira laminada**.**

2.1 Coleta de dados das características físicas das peças estruturais

A primeira etapa do trabalho consistiu em coletar as informações a respeito das características volumétricas da peça. Aferindo as dimensões (base, b; altura, h) em 3 localidades distintas, as duas extremidades e o centro da viga (Figura 2), com o intuito de considerar bitolamentos derivados do processo de emparelhamento, descontou-se 25 cm de suas extremidades para a aferição dessas medidas. Após este procedimento, foi verificado o comprimento (L) de cada viga. Efetuando a média aritmética dos dados de altura, comprimento e base das peças.

Figura 2 –Demonstração da coleta de dados da seção das peças estruturais de pinus spp, realizada pelo paquímetro no Laboratório de Maquetes da Universidade Estadual de Londrina (UEL).



Fonte: Própria autora. (2019).

A segunda etapa do estudo foi direcionada a analisar a seção transversal dos elementos, observando as nervuras dos anéis de crescimento, a fim de obter a contagem dos anéis no sentido diagonal da seção (Figura 3). Este procedimento foi realizado com o intuito de calcular a densidade. Definiram-se relações de menor inércia nas peças, através da aferição do encurvamento (Figura 4), verificando os pontos de maior deslocamento com relação ao eixo traçado de cada extremidade (CARREIRA et. al, 2004), essa demonstração foi realizada de forma esquemática, a partir do método criado em laboratório pelos autores (Figura 5).

Figura 3 –Seção da viga após o desdobro da prancha no laboratório de Maquetes da Universidade Estadual de Londrina, para contagem dos anéis de crescimento.



Fonte: Própria autora. (2019).

Figura 4 Esquema de contagem do encurvamento de uma peça de madeira com relação ao seu comprimento(L).



Fonte: CARREIRA ET AL, 2004.

Figura 5 – Demonstração da coleta de informação do ponto de menor inércia da peça, através do método experimental realizado no Laboratório de Maquetes da Universidade Estadual de Londrina.



Fonte: Própria autora. (2019).

A umidade é um ponto de extrema relevância para as propriedades físicas da madeira (SCHIMIDT, 2021), o equilíbrio dessa propriedade para a espécie estudada, é de 12 % (REHME, 2019). Para a coleta dessas informações, utilizou-se o medidor de contato DUC 2050 L. Para obtenção correta da umidade da peça, visto a heterogeneidade do material, o medidor foi disposto em 3 posições, efetuando a média aritmética dos dados, considerando o padrão de variação de 12%-15%. Além da classificação visual dos defeitos encontrados nas peças, a norma ASTM

D245-93, determina classes de densidade da madeira em função da quantidade de anéis de crescimento encontrados na seção da peça, medidos em uma linha radial de 2,5 cm. Deste modo, para considerar peça como densa, deve-se ter seis ou mais anéis de crescimento neste trecho. Peças que possuem quatro ou mais anéis de crescimento, são consideradas como de média densidade e peças com menos de quatro anéis são consideradas como de baixa densidade (CARREIRA, 2003). As classes de densidade definidas pela ASTM D245-93 são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Classe de Densidade definida na norma ASTM D245-93.

Classe	Anéis / 2,5 cm	Quantidade de madeira de Inverno
Densa	≥ 6	> 1/3
	≥ 4	> 1/2
Média	≥ 4	
Baixa	< 4	

Fonte: Adaptado da norma ASTM D245-93.

Foi observado que na prática, as classes de média e baixa densidade são agrupadas e nomeadas como não densas. Além da classificação como densa ou não densa, também foi realizado o cálculo da densidade de acordo com a NBR 7190, projeto de estruturas em madeira. Utilizando a fórmula abaixo:

$$\rho_{ap}=\frac{M_{12}}{V_{12}}$$

Onde:

M_{12} = massa em 12% de umidade da madeira, em quilogramas

V_{12} = volume da madeira em 12% de umidade, em metros cúbicos

2.2 Classificação visual e ultrassonográfica das peças estruturais

A classificação visual realizada, leva em consideração as faces e as duas extremidades da peça, identificando o tipo e o tamanho do nó. A peça também foi examinada com relação aos seus defeitos, atentando-se para a sua proporção, sendo possível catalogá-las em quatro classes de qualidade, de acordo com o manual de classificação visual das peças estruturais de madeira tipo pinus, coordenado por Moura (2012): Classe Estrutural Especial (EE), Classe Estrutural n°1, Classe Estrutural n°2 e a Classe Estrutural n°3. A classe EE é indicada para aplicações que necessitam de valores elevados de resistência e rigidez, assim como a boa aparência da peça, pois esta classe é isenta de defeitos. A classe n°1, também é recomendada para as aplicações que necessitam de valores elevados de resistência e rigidez e com boa aparência, contudo pode apresentar uma porcentagem pequena de defeitos. Por outro lado, a classe n°2 é recomendada para aplicações gerais em edificações nas quais se solicitam valores moderados para as propriedades de resistência e rigidez. Por fim, a classe n°3 é indicada para aplicações gerais em edificações nas quais é possível utilizar materiais de baixo custo para as propriedades de resistência e rigidez, sendo que a aparência não é um fator significativo (BARCAROLO, 2019). Para a terceira fase da pesquisa foram realizados ensaios dinâmicos com a utilização da ultrassonografia, capaz de

identificar a velocidade longitudinal da onda nos corpos de prova, obtendo-se os valores de propagação em cada viga (CANDIAN; SALES, 2009). Para a realização deste ensaio foi necessário o isolamento da peça com o auxílio de blocos de isopor e utilização de gel medicinal nos transdutores para criar um meio aquoso que facilitasse a propagação das ondas, com a finalidade de definir o módulo de elasticidade (MOE), quanto maior a velocidade da onda, maior a rigidez da peça. Equação de cálculo de MOE:

$Ed = V\,2\,.\,ME$

Onde:

V = velocidade de propagação da onda (m. s −1)

ME= massa específica da madeira a 12% de umidade (kg. m3)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a verificação das coletas das amostras de Pinus, foram agrupadas as peças, sendo que na 1° fase foram classificados 73,7% de peças na classe N°3 (Figura 6). Para a 2° fase do trabalho observou-se em 85,0% de peças da classe N°3. Apenas 15,1% de peças foram identificadas nas classes N°2, N°1 e EE (Figura 7).

Figura 6 – Identificação das classes de qualidade das vigas de madeira pinus spp da fase 1



Fonte: Própria autora. (2019).

Figura 7 – Identificação das classes de qualidade das vigas de madeira pinus spp da fase 2



Fonte: Própria autora. (2019).

Após o cálculo do Módulo de Elasticidade, foram observadas para as vigas da 1° fase o peso médio de 8,19 kg e a umidade de 13%. A densidade média foi igual à 0,53 g cm−3 e módulo de elasticidade longitudinal ($MOE_{Médio}$) de 8215,95 MPa. Para as vigas de 2° fase, os resultados adquiridos foram: peso médio de 7,34 kg, umidade de 15% e densidade de 0,51 g cm−3, não tendo sido realizado ensaio de ultrassonografia para este grupo, devido a sua finalidade em outra pesquisa. Foi possível contabilizar na 1°fase, 267 nós com predominância de 42,70% de nós de

quina e 31,46% do tipo firme (Tabela 5).Em relação aos defeitos, foi possível observar a prevalência de mancha azul em 68,42% das peças. Para a 2° fase identificaram-se 509 nós, sendo 38,31% de nós do tipo firme (Tabela 5), com preponderância de 93,75% de mancha azul. Após a obtenção destes dados pode-se concluir que 73,7% das peças (1° fase) e 85% das peças (2° fase) foram categorizadas na classe N° 3, cuja a recomendação é de aplicações em edificações com valores baixos de resistência e rigidez, desconsiderando a aparência das peças. Considerando os dados coletados em laboratório, foram analisadas as médias das dimensões em cada classe de qualidade da 1°fase, Tabela 2. Na a classe EE classificada uma única peça. Contudo foi possível identificar as médias da peça, que apresenta uma dimensão atípica do conjunto de peças analisadas, com medidas menores que a média (Tabela 2).

Tabela 2 – Síntese dos dados dimensionais das peças estruturais de madeira pinus spp, da primeira fase.

1°FASE	Classe	N° de peças	Média	Coef. Variação
Base (b)			50,64 ±0,60	1,18
Altura (h)	N°1	2	99,92 ±0,57	0,57
Comprimento			299,5 ±7,78	2,60
Base (b)			50,34 ±1,85	3,68
Altura (h)	N°2	7	99,47 ±1,18	1,19
Comprimento			313,71 ±27,37	8,72
Base (b)			50,41 ±1,30	2,57
Altura (h)	N°3	28	100,22 ±0,78	0,78
Comprimento			303,05 ±3,63	1,20
Base (b)			49,69	0,00
Altura (h)	EE	1	51,57	0,00
Comprimento			99,82	0,00

Fonte: Própria autora. (2021).

Já para a análise dos resultados obtidos na 2° fase, foi realizada uma compatibilização dos dados na Tabela 3, obtendo as médias de cada classe. Também foram adquiridos os dados das médias dos elementos: peso, densidade e encurvamento, assim como o desvio padrão (Tabela 4).

O resultado médio da densidade das peças estruturais de madeira da 1° fase foi 0,53 g/cm³, sendo que o coeficiente de variação foi de 18,91%. A média da umidade é de 13%, enquadrando-se no nível de variação adequado para a espécie Pinus spp.Já para a 2° fase, o resultado médio da densidade das peças estruturais de madeira da segunda fase foi 0,51 g/cm³, sendo que o coeficiente de variação foi de 11,97%, que representa baixa variação. A média da umidade de 15%, com variação de 12,75%, se enquadra dentro do nível de variação adequado para a espécie,

Tabela 3 – Síntese dos dados dimensionais das peças estruturais de madeira pinus spp, da segunda fase.

2°FASE	Classe	N° de peças	Média	Coef. Variação
Base (b)			49,57 ±1,72	3,48
Altura (h)	N°2	11	91,46 ±9,94	10,87
Comprimento			308,37 ±4,72	1,53
Base (b)			49,89 ±2,26	4,53
Altura (h)	N°3	68	93,10±4,53	4,87
Comprimento			308,64 ±6,81	2,21
Base (b)			51,93	0,00
Altura (h)	EE	1	91,48	0,00
Comprimento			303	0,00

Fonte: Própria autora. (2021).

Tabela 4 – Síntese dos resultados das características físicas das peças estruturais de madeira pinus spp, da 1° e 2° fase.

		Peso (kg)	Umidade (%)	Desensidade (ρ)	Encurvamento (mm)	
					(b)	(h)
1° Fase	**Media**	8,19±0,87	13±1,75	0,53±0,10	0,97±0,73	3,63±2,06
	Coef.variação (%)	10,63	13,48	18,91	75,40	56,65
2° Fase	**Media**	7,34±0,98	15±1,91	15±0,06	2,14±4,28	3,03±8,37
	Coef.variação (%)	13,39	12,75	11,97	199,98	275,97

Fonte: Própria autora. (2021).

Foi possível observar as peças em relação aos seus defeitos, causados por agentes externos e gerados no processamento ou na armazenagem. Os defeitos do tipo mancha azul foram encontrados em 68,42% das peças, enquanto outros tipos de defeitos apareceram em 31,58%. Também identificaram-se os defeitos da segunda fase, sendo que 68,42% das peças possuem mancha azul, enquanto outros tipos de defeitos apareceram em 31,58% das peças. A partir dos dados obtidos na etapa de cálculo de densidade e de módulo de elasticidade (MOE), estimou-se que o módulo de elasticidade (MOE) longitudinal à umidade de 13%, apresentou para o lote do grupo 1 o valor médio de 8215,94 Mpa (Tabela 6). A classe EE apresentou o

maior valor, com 8650 MPa, +5,28 % do valor do grupo completo. As classes N°1, N°2 e N°3 apesentaram valores iguais a 8160 MPa (- 0,69%), 7834,28 MPa (- 4,64%), 8302,96 MPa (+1,06%) respectivamente. Os valores médios para as classes N°1, N°2 e N°3 foram próximos, sendo que os valores dos MOE, estão dentro do valor para a classe C25 de resistência para as coníferas, apresentada na NBR 7190 com valor de 8500 Mpa .

Tabela 5 – Síntese dos dados referentes aos tipos de nós das vigas estruturais de madeira pinus spp, das 1° e 2° fase.

Tipos de nós		**Cariado**	**Gravata**	**Quina**	**Solto**	**Firme**	**Espora**	**Vazado**
1°Fase	Média	2,83±2,39	1,50±0,84	3,56±1,93	1,00	2,80±2,4	1,25±0,5	1,00
	Coef. Variação (%)	84,22	55,78	54,27	0,00	85,65	40,00	0,00
2°Fase	Média	2,28±1,67	1,3±0,67	2,25±1,41	2,25±1,45	3,31±2,33	1,2±0,45	1,00
	Coef. Variação (%)	73,25	51,92	62,61	64,28	70,39	37,27	0,00

Fonte: Própria autora. (2021).

Tabela 6 –Módulo de elasticidade médio ($MOE_{médio}$) das classes de qualidade

	Média	Coef, Variação (%)
Mod. Elastic. Long. Din.(MOE)	8215,95± 861,05	10,48

Fonte: Própria autora. (2019).

A variação dos valores característicos das propriedades dessas classes de qualidade foi pequena. No entanto as peças da classe EE mostraram valor médio de MOE igual a 8650 MPa, sendo classificadas dentro da classe de resistência C30, demonstrando a superioridade da classe com relação a resistência. Este grupo foi retirado do mesmo lote de tábuas utilizados por Barcarolo (2019), que passaram por ensaios pelo método mecânico estático 1 e o método de ultrassonografia longitudinal dinâmica, que classificaram as tábuas na classe C30. Contudo no ensaio mecânico, as peças em sua maioria foram classificadas como C20. Da mesma forma, o ensaio de ultrassom realizado no grupo 1 desta pesquisa, classificou as peças em C25 enquanto o ensaio mecânico realizado por Almeida (2019) classificou o grupo de tábuas como C20. Os testes de ultrassom superestimam os valores de MOE em relação aos ensaios mecânicos. Essa diferença pode ser explicada, de acordo com Trinca e Gonçalves (2009), devido à dimensão da seção transversal das tábuas serem maiores com relação ao diâmetro dos transdutores, isto afeta a condição do meio finito e também o resultado do ensaio.

4 CONCLUSÕES

A utilização da madeira na construção civil está associada ao desenvolvimento de técnicas construtivas e a sustentabilidade, no entanto a necessidade de uma classificação das

peças se faz necessária para a otimização do uso do material com finalidade estrutural. Resultante dos ensaios não destrutivos catalogaram-se 118 peças estruturais de madeira de Pinus spp, resultando em quatro classes de qualidade, sendo que 73,7% (1°Etapa da pesquisa) e 85% das peças (2°Etapa da pesquisa) foram classificadas na classe N°3, observando-se na maioria das peças defeitos de mancha azul causadas por agentes externos, nas vigas de ambas as fases. O uso de métodos de classificação não destrutiva traz várias vantagens tais como, a agilidade e a rapidez dos ensaios. O ensaio de peças estruturais permite uma avaliação muito mais criteriosa do que o realizado em pequenos corpos de prova, pois incorpora defeitos e sua inflluência sobre as propriedades mecânicas madeira. O ensaio de ultrassom superestima a rigidez das peças,no entanto a correlação entre os valores observados nos dois testes é adequada, permitindo a utilização do ultrassom com coeficientes de redução para um julgamento bastante preciso das propriedades mecânicas do material. No universo estudado, observou-se um grande número de peças classificadas na classe mais baixa (N°3) indicando a necessidade de uma especificação criteriosa desta madeira para aplicações estruturais. Uma maioria de peças apresentou manchas azuis, que não tem consequências sobre a sua qualidade estrutural, comprometendo entretanto, a qualidade estética e valor comercial. Esta observação aponta para um gerenciamento inadequado da secagem da madeira, que nesta espécie, é crucial para garantir boa aparência e minimização de defeitos.Também foi detectada uma grande quantidade de nós. O manejo florestal com operações de desrama criteriosa, poderia mitigar este aspecto, melhorando a qualidade da madeira de Pinus para utilização em estruturas

REFERÊNCIAS

_____. **ASTM D245**: Standard practice for estabilishing structural grades and related allowable properties for visuality graded lumber, 1993.

_____. **NBR 7190**: Projeto de estrutura de madeira - Citações em documentos - Apresentação. Rio de Janeiro, 1997.

ALMEIDA, A. C. **Aplicação de compósitos poliméricos reforçados com fibra de vidro- GFRP em ligações cavilhadas para CLT,** 2019. Dissertação (Mestrado em Metodologia de projeto) – Universidade Estadual de Londrina, 2019

BARCAROLO, L. R. V. **Estudo de eficiência de ligações por cavilha de compósito estrutural em vigas de madeira laminada,** 2019. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Londrina, 2019.

CANDIAN, M.; SALES, A. **Aplicação das técnicas não – destrutivas de ultra – som, vibração transversal e ondas de tensão para avaliação de madeira. Ambiente construído.** Porto Alegre, 2009.

CARREIRA, M. R. **Critérios para classificação visual de peças estruturais de Pinus Sp**, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, 2004.

CARREIRA, M. R.; DIAS, A. A. **Classificação visual de coníferas: análise da aplicação do método norte-americano às espécies de Pinus spp plantadas no Brasil.** Scientia Forestalis, Piracicaba – SP, n.67, p.78-87, abr. 2005.

FIORELLI, J.; DIAS, A. A.; COIADO, B. **Propriedades mecânicas de peças com dimensões estruturais de Pinus spp: correlação entre resistência à tração e classificação visual.** R. Árvore, Viçosa, MG, v.33, n.4, p.741-750, 2009

MOURA, et al (2012). **Qualidade e processo produtivo da madeira para a utilização em mobiliário**. Organização Emanuelle Graça Recco – Londrina: Universidade Estadual de Londrina. Ed. 1,p.112.

SCHIMIDT, S. (2021). **Determinação das propriedades físicas da madeira DE Pinus Taeda e Eucalyptus grandis: base para recomendação e uso.** Projeto acadêmico (Graduação). Universidade Federal de Santa Catarina.

TRINCA, A.; GONÇALVES, R. **Efeito das dimensões da seção transversal e da frequência do transdutor na velocidade de propagção de ondas de ultra – som na madeira,** 2009. Dissertação (Pós graduação em engenharia agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.