

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MADEIRA TRATADA EM AUTOCLAVE E MADEIRA NATURAL DE *EUCALYPTUS CITRIODORA*

Adrielly Marcolino Fernandes (1), Márcio Vito (2);

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) adrielly.mf@hotmail.com, (2) marciovito@unesc.net

RESUMO

A madeira é um material de grande abundância e um dos elementos mais antigos utilizados na construção civil. Devido suas propriedades físicas e mecânicas, seu uso como elemento estrutural vem crescendo no Brasil. O objetivo desse estudo é analisar o módulo de elasticidade e a tensão de flexão para peças estruturais e de dimensões estabelecidas pela NBR 7190/1997, e também analisar a dureza superficial de corpos de prova da NBR 7190/1997, de madeira *Eucalyptus Citriodora* sem tratamento, comparando-a com a mesma submetida a impregnação do tipo CCA. Para isso foram realizados ensaios de umidade, flexão a quatro pontos e dureza Janka. O ensaio de flexão foi dividido em dois grupos: o primeiro com vigas de dimensões naturais (estruturais) a fim de simular peças utilizadas na construção civil, com seção de 10,5 x 10,5 x 200 cm e o segundo grupo com dimensões estabelecidas de acordo com a NBR 7190/1997, com seção quadrada de 5 cm e comprimento livre de 105 cm ao longo das fibras. O módulo de elasticidade foi determinado pelo ensaio de flexão. O preservativo químico escolhido foi CCA do tipo C por ser o mais utilizado no Brasil. A aplicação estatística do Teste T de Student bilateral, com 95% de confiança, comprovou nos resultados que o módulo de elasticidade, dureza Janka perpendicular às fibras e flexão estática a quatro pontos, que o tratamento não interferiu com valores significativos nas propriedades mecânicas da madeira. Porém para a dureza Janka paralelo às fibras a análise estatística mostrou que o tratamento em CCA interferiu na resistência a penetração.

Palavras-Chave: Eucalyptus. CCA. Propriedades mecânicas.

1. INTRODUÇÃO

Muitos são os setores importantes para o desenvolvimento econômico e social, tomando destaque o da construção civil. Esse setor usufrui de uma gama de materiais, dentre estes está a madeira, que é um elemento fundamental por ser utilizada de diversas formas e etapas durante uma obra (MELLO, 2016, p.32).

Segundo Silva (2017, p.17), a madeira é um material de grande abundância e um dos elementos mais antigos utilizados na construção civil, devido sua disponibilidade, facilidade de manuseio e sua relação resistência/peso.

Além disso, seu uso possui vantagens em relação às obras de alvenaria tradicional no âmbito técnico construtivo, por ser um polímero natural cuja função é estrutural, além de propiciar características arquitetônicas como cor e textura (MANFRINATO 2015, p. 10). O material possui elevada resistência mecânica à tração e compressão, bom isolamento térmico, elétrico e acústico (MORAES, 2012, p.236).

Devido às propriedades físicas e mecânicas da madeira, houve uma demanda de árvores de rápido crescimento para suprir as necessidades do mercado. Entre algumas espécies florestais, uma que vem sendo muito utilizada é o *Eucalyptus*, resultado de sua boa adaptação em diversos solos e climas (FERNANDES *et al*, 2018, p.02).

Entre diversas espécies de *Eucalyptus* o mais adequado para produção de elementos estruturais é o *Eucalyptus citriodora*, por suas características de resistência mecânica, durabilidade natural, menor tendência ao rachamento e resistência ao apodrecimento (ZENID, 2009, p. 63).

De acordo com Vivian (2012, p.445), a madeira por ser de origem orgânica, dependendo das condições ambientais e regionais que é submetida, tem sua durabilidade natural afetada, tornando mais vulnerável a ataques de agentes biológicos agressores.

A baixa durabilidade natural de algumas espécies pode ser compensada com o uso de tratamento através de preservativos químicos, alcançando níveis de durabilidade próximos ou iguais ao apresentado pelas árvores naturalmente resistentes (Szücs *et al*, 2015, p. 30). Como descreve Vidal (2015, p.258) tal tratamento se torna imprescindível para aumentar a vida útil dessas madeiras, bem como contribuir com a preservação das florestas nativas.

A Associação Brasileira de Preservadores de Madeira (ABPM, 2017) diz que preservar a madeira é adotar técnicas que ajudam na defesa contra agentes agressores provenientes de organismos biológicos, químicos ou físicos que ao longo do tempo deterioram o material.

O tratamento que possui uma ampla utilização é o arseniato de cobre cromatado (CCA), por sua eficiência, pois a protege de fungos apodrecedores, insetos e xilófagos marinhos. Vêm sendo utilizado em postes de eletrificação, dormentes,

estacas, mourões e construções residenciais, não apresentando nenhuma restrição de uso no Brasil (VALLE *et al*, 2013, p.482). O CCA do tipo C garante a durabilidade da madeira quando a mesma está em contato com o solo e também prolonga a resistência contra agentes biológicos por mais de 30 anos (Manfrinato, 2015, p. 42). Esta pesquisa dá continuidade a um trabalho de conclusão de curso, da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), do curso de Engenharia Civil. Os estudos foram realizados pela autora Thaís dos Santos de Souza em 2014. O presente artigo tem como objetivo analisar o módulo de elasticidade, tensão de flexão e dureza superficial de peças em tamanho natural (estruturais) e segundo dimensões estabelecidas na NBR 7190:1997, de madeira *Eucalyptus Citriodora* no seu estado natural, sem tratamento, comparando-a com a mesma submetida a impregnação do tipo CCA.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

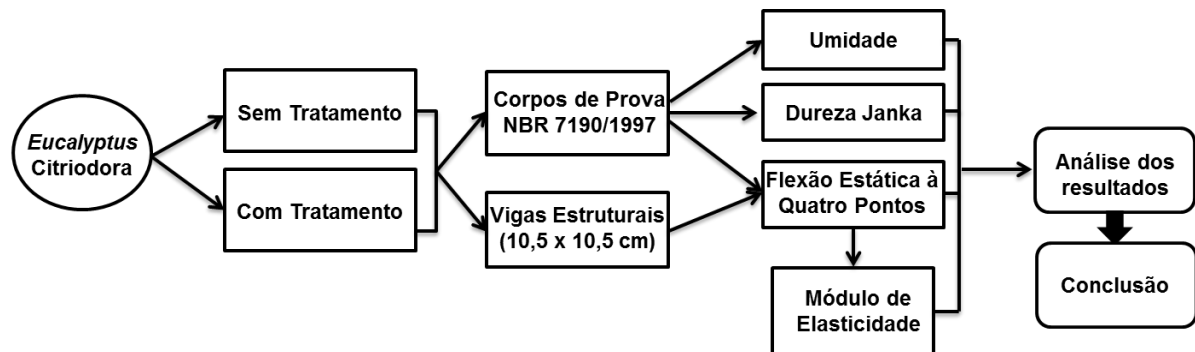
As partes experimentais foram executadas no I-Parque (Parque Científico e Tecnológico), que pertence ao Campus da UNESC (Universidade do Extremo Sul Catarinense), e seguidas conforme a Norma técnica NBR 7190: 1997. Procederam-se ensaios de umidade, flexão a quatro pontos, módulo de elasticidade por flexão e dureza Janka.

Para análise dos resultados foi aplicado o Teste T de Student com grau de confiança de 95%, um modelo estatístico utilizado para duas variâncias. Para os ensaios realizados, o método verificou se o tratamento em CCA interferiu nas propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus Citriodora*.

Os corpos de prova foram divididos em dois grupos, sendo o primeiro composto por dimensões estabelecidas de acordo com a NBR 7190:1997, e o segundo, vigas com dimensões naturais (estruturais). Para cada grupo serão utilizadas cinco amostras.

Os ensaios para a caracterização das propriedades mecânicas foram submetidos à condição padrão de umidade (U=12%), conforme o item 6.3.1 da NBR 7190/1997. As principais atividades desenvolvidas estão presentes no fluxograma a seguir (Figura 01).

Figura 01: Fluxograma das atividades realizadas



Fonte: Autor, 2018

2.1 MADEIRA

A madeira utilizada para a fabricação dos corpos de prova foi o *Eucalyptus Citriodora*, devido suas propriedades físico-mecânicas e ampla utilização na construção civil. Os valores médios retirados da NBR 7190/1997 da madeira utilizada, estão descritos na Tabela 01.

Tabela 01: Valores médios da madeira utilizada nos ensaios

| Nome Comum | Nome Científico | P_{ap} (12%) (kg/m^3) | F_{c0} (MPa) | F_{t0} (MPa) | E_{c0} (MPa) |
|----------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Eucalipto citriodora | <i>Eucalyptus Citriodora</i> | 999 | 62 | 123,6 | 18 421 |

Fonte: Anexo E da NBR 7190 (1997, p. 90).

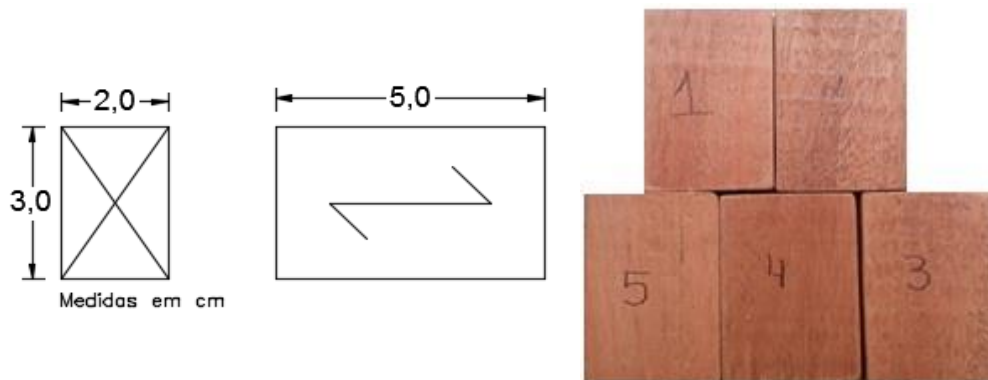
2.2 TRATAMENTO

O tratamento utilizado foi o de autoclave do tipo CCA classificado como categoria C, cujo produto é um líquido viscoso de coloração marrom escura, com três componentes solúveis em água, o trióxido de cromo (CrO_3) representando 47,5%, óxido cúprico (CuO) com 34,0% e o pentóxido de arsênio (As_2O_5) com 18,5%. A porcentagem de cada componente varia com o ambiente e o uso destinado da madeira tratada.

2.3 ENSAIO DE UMIDADE

O presente ensaio foi realizado conforme o anexo B.5 da NBR 7190 (1997, p.48), com cinco amostras de cada grupo e dimensões retangulares de 2,0 cm x 3,0 cm e comprimento ao longo das fibras de 5,0 cm, representadas na Figura 02.

Figura 02– Corpo de Prova para Ensaio de Umidade



Fonte: Autor, 2018.

Iniciou-se o procedimento medindo a massa das amostras em temperatura ambiente aproximadamente 25°C e após foram levadas a estufa de secagem com temperatura de 103°C ± 2°C, onde ficaram até a massa obter uma variação de 0,5%.

Nas primeiras 24 horas o valor da massa das amostras estabilizaram e pode-se obter o teor de umidade.

O teor de umidade da madeira corresponde à relação entre a massa da água nela contida e a massa da madeira seca, que foi calculado através da equação definida no item B.5.2 da NBR 7190 (1997, p.48), representada pela Equação 01.

$$U (\%) = \frac{m_i - m_s}{m_s} \times 100 \quad \text{Equação 01}$$

Onde, U é o percentual do teor de umidade da madeira, m_i e m_s são as massas inicial e seca, respectivamente, em gramas.

2.4 ENSAIO DE FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE

Para o ensaio de flexão utilizou-se dois grupos com dimensões diferentes, ambos com dez amostras, sendo cinco com tratamento e cinco de madeira natural. O primeiro grupo foi constituído por peças estruturais, com seção transversal quadrada de 10,5 cm de lado e comprimento livre ao longo das fibras de 200 cm, totalizando uma área transversal de 110,25 cm². Já o segundo, com seção transversal quadrada de 5,0 cm de lado e comprimento livre ao longo das fibras de 105 cm, totalizando 25 cm², conforme item B.14.3 da NBR 7190 (1997, p.63).

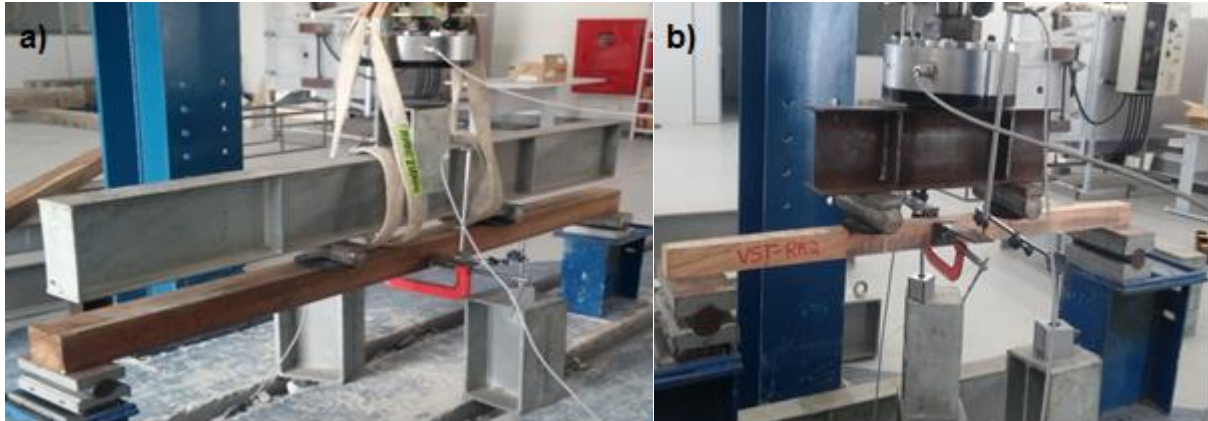
Para o primeiro será seguido o item 10.2.1 da NBR 7190 (1997, p.39), que considera peças principais isoladas, como vigas e barras longitudinais de treliças. A área mínima das seções transversais deverá ser igual a 50 cm² e com espessura mínima de 5 cm. Tais medidas foram selecionadas para simular os comportamentos mecânicos de vigas empregadas em tamanho real nas construções.

O ensaio foi realizado para determinar a resistência à flexão a quatro pontos das amostras tratadas e não tratadas e também comparar o módulo de elasticidade conforme o anexo B.14.2 da NBR 7190 (1997, p.62).

O equipamento utilizado foi o pórtico de reações do Laboratório Experimental de Estruturas (LEE) e os dados foram armazenados em computador através de sistema de aquisição de dados o *QuantumX* modelo MX840B, um amplificador universal compacto com 08 canais.

No ensaio de flexão estática a quatro pontos, as vigas foram divididas em três partes iguais, onde foram aplicadas as cargas concentradas. No centro do vão posicionaram-se os sensores de deslocamento LVDT (*Liner Variable Differential Transformer* – Transformador Diferencial Variável Linear), utilizado para medir o deslocamento vertical, conforme apresentado na Figura 03.

Figura 03: Ensaio de flexão estática a quatro pontos e módulo de elasticidade –
a) Vigas estruturais e b) Vigas com tamanho da NBR 7190/1997



Fonte: Autor, 2018.

Para realizar o ensaio de módulo de elasticidade, primeiro deve-se estimar a carga média do corpo de prova, utilizando quatro amostras sendo duas com tratamento e duas sem tratamento. Após a resistência média conhecida, calcularam-se as cargas e os deslocamentos a 50% e 10%, pois o ensaio é realizado em ciclos de cargas, variando nessas porcentagens, atendendo o item B.14.2 da NBR 7190 (1997, p. 62). Por último foi utilizado seis amostras, sendo metade natural e a outra parte com CCA, para apontar o valor do módulo de elasticidade.

Conforme o item B.14.2 da NBR 7190 (1997, p. 62), “A rigidez da madeira à flexão é caracterizada pelo módulo de elasticidade determinado no trecho linear do diagrama carga x deslocamento”. Os módulos de elasticidades (EM) em média foram obtidos através da Equação 02.

$$EM = \frac{(FM\ 50\% - FM\ 10\%) I^3}{(V\ 50\% - V\ 10\%) 4bh^3} \quad \text{Equação 02}$$

FM10% e FM50% = cargas correspondentes a 10% e 50% da carga máxima estimada, aplicada ao corpo de prova (N);

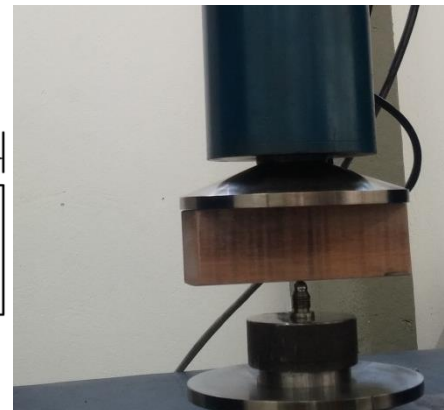
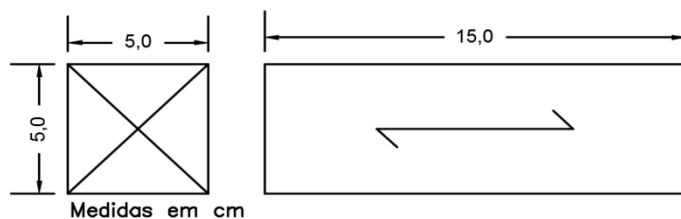
V10% e V50% são as deformações no meio do vão correspondentes a 10% e 50% da carga estimada (m).

2.5 DUREZA JANKA

O ensaio de dureza Janka, foi desenvolvido pelo tecnólogo em madeiras, Gabriel Janka e foi baseado no modelo de dureza Brinell. A dureza de um material pode ser definida como a resistência que um corpo sólido apresenta à penetração de outro através da aplicação de uma determinada carga. O método Janka consiste na determinação da tensão que atua em uma das faces de uma amostra prismática, produzida pela penetração de uma semiesfera de aço com área diametral de 1 cm². A dureza da madeira é medida nas direções perpendiculares e paralelas às fibras (Xavier, 2008).

Para o ensaio de dureza Janka, utilizou-se cinco amostras por grupo, e as mesmas possuíam forma prismática com seção transversal quadrada de 5,0 cm de lado e comprimento de 15 cm, atendendo o item B.15.3 da NBR 7190 (1997, p.65), conforme a Figura 05. O ensaio aconteceu paralelo e perpendicular às fibras.

Figura 04 – Corpo de prova para o ensaio de dureza Janka



Fonte: Autor, 2018.

O equipamento utilizado para o ensaio foi a máquina universal de ensaios da EMIC modelo DL30000 com capacidade de 300 kN (30000 kgf), os dados são enviados para um computador onde um software (*Test Script*) reproduz os dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ENSAIO DE UMIDADE

As médias dos teores de umidades das amostras com tratamento CCA e sem tratamento, após estabilizar os pesos com variação de 0,5%, estão apresentados na Tabela 02.

Tabela 02: Teor de umidade

| | Massa inicial (g) | Massa seca (g) | Teor de umidade (%) |
|----------------|-------------------|----------------|---------------------|
| Natural | 30,97 | 26,31 | 17,69 |
| Tratada | 32,69 | 27,02 | 20,98 |

Fonte: Autor, 2018.

Conforme apresentado na Tabela 02, os resultados obtidos mostraram que a madeira tratada com CCA obteve um aumento de 18,60% no teor de umidade em relação à madeira sem tratamento químico.

Vivian (2011, p. 47), em estudos realizados com *eucalyptus grandis* e eucalipto cloeziana, submetido ao tratamento químico em CCA, também encontrou um aumento significativo na umidade das amostras. Segundo o autor o aumento da umidade está relacionado com a maior absorção de água pelas paredes celulares da madeira, decorrente da mudança química, através dos sais que compõem o tratamento.

3.2 ENSAIO DE DUREZA JANKA

Os resultados obtidos no ensaio estão descritos na Tabela 03, que demonstra o diâmetro de penetração utilizado para a semiesfera em milímetros (mm) e a resistência a penetração em ambos os sentidos, paralelo e perpendicular as fibras, em mega Pascal (MPa), com a média e o desvio padrão das amostras utilizadas.

Tabela 03: Resultados obtidos no ensaio de dureza Janka

| Amostra de madeira | Diâmetro (mm) | Resistência a Penetração Paralelo (MPa) | | Resistência a Penetração Perpendicular (MPa) | |
|--------------------|---------------|---|---------------|--|---------------|
| | | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão |
| Tratada | 10 | 38,79 | 4,47 | 36,11 | 9,47 |
| Natural | 10 | 28,16 | 8,19 | 37,11 | 1,29 |
| p - valor | - | 0,03 | - | 0,83 | - |

Fonte: Autor, 2018.

Analisando a Tabela 03, pode-se observar que, as médias aritméticas para a resistência a penetração no sentido paralelo as fibras mostraram que os corpos de prova com tratamento possuíram uma resistência maior, representando 37,75% em relação com os naturais. Entretanto, para as amostras no sentido perpendicular, as médias mostraram que resistência à penetração com maior valor foram as das amostras naturais, com um valor de 2,77% maior quando comparadas as amostras com tratamento.

Através da aplicação do Teste T de Student bilateral, para duas variáveis, com grau de confiança de 95%, podemos observar na Tabela 03, que não houve interferência na resistência à penetração perpendicular as fibras. Já para a resistência a penetração no sentido paralelo as fibras, analisando o valor de p, o tratamento interferiu, tornando a madeira com CCA mais dura superficialmente, em 37,75% em relação à madeira natural.

Para estudos realizados por Costa (2015), os valores mais elevados foram os da madeira com tratamento nos dois sentidos da fibra. Porém para Souza (2014), os maiores valores estão no grupo das madeiras sem tratamento no sentido paralelo e perpendicular as fibras.

3.3 ENSAIO DE FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE

Os resultados dos ensaios de flexão estática a quatro pontos dos dois grupos de vigas estão descritos nas Tabelas 04 e 05, estas demonstram a média e o desvio padrão da carga máxima (kN), e a deformação máxima (mm), mensurada pelo sensor LVDT, das vigas com e sem tratamento.

Tabela 04: Flexão estática a quatro pontos - vigas com seção quadrada de 10,5 cm

| Amostra de madeira | Carga Máxima (kN) | | Deslocamento (mm) | |
|--------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
| | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão |
| Natural | 35,39 | 9,13 | 41,94 | 14,80 |
| Tratada | 28,58 | 10,58 | 36,14 | 17,04 |
| p- valor | 0,31 | - | 0,58 | - |

Fonte: Autor, 2018.

Tabela 05: Flexão estática a quatro pontos - vigas com seção quadrada de 5,0 cm

| Amostra de madeira | Carga Máxima (kN) | | Deslocamento (mm) | |
|--------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
| | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão |
| Natural | 8,67 | 2,46 | 48,37 | 12,83 |
| Tratada | 8,77 | 2,90 | 36,84 | 6,78 |
| p- valor | 0,95 | - | 0,11 | - |

Fonte: Autor, 2018.

Verifica-se na Tabela 04, que ao analisar as médias aritméticas das amostras em tamanho estrutural, as vigas sem tratamento resistiram mais, com valor de 23,83% maior quando comparado as com tratamento. Outra característica observada nos corpos de prova naturais é que estes apresentaram maiores deslocamentos, um aumento de 16,05% em relação ao das amostras tratadas.

Analisando a Tabela 05 podemos perceber que, entre as médias aritméticas das vigas em tamanho proposto pela NBR 7190/1997, presumivelmente as amostras que tiveram a maior carga média foram às amostras de madeira tratada, valor 1,15% maior quando comparadas as sem tratamento. Porém os maiores deslocamentos foram dos corpos de prova sem tratamento, sendo 31,30% maiores que o deslocamento dos tratados.

Contudo, com a aplicação do Teste T de Student, com grau de confiança de 95%, podemos analisar nas Tabelas 04 e 05, que o tratamento em CCA não interferiu nas amostragens.

Os resultados da tensão de flexão e módulo de elasticidade dos dois grupos de vigas estão descritos nas Tabelas 06 e 07, que apresentam a média e o desvio padrão da tensão de e o módulo de elasticidade, retirados a partir do ensaio de flexão estática a quatro pontos.

Tabela 06: Tensão de Flexão e Módulo de Elasticidade – Vigas estruturais

| Amostra de madeira | Tensão de Flexão (kN/cm ²) | | Módulo de Elasticidade (MPa) | |
|--------------------|--|---------------|------------------------------|---------------|
| | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão |
| Natural | 6,08 | 1,63 | 16894,57 | 1532,05 |
| Tratada | 4,94 | 1,83 | 16481,80 | 3998,09 |
| p- valor | 0,33 | - | 0,88 | - |

Fonte: Autor, 2018.

Tabela 07: Tensão de Flexão e Módulo de Elasticidade – Vigas de tamanho da NBR 7190/1997

| Amostra de madeira | Tensão de Flexão (kN/cm ²) | | Módulo de Elasticidade (MPa) | |
|--------------------|--|---------------|------------------------------|---------------|
| | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão |
| Natural | 7,24 | 2,07 | 15758,35 | 4642,94 |
| Tratada | 7,36 | 2,45 | 23838,28 | 6351,36 |
| p- valor | 0,93 | - | 0,15 | - |

Fonte: Autor, 2018.

De acordo com a Tabela 06, as médias aritméticas mostraram que as amostras naturais obtiveram valores mais altos de tensão de flexão, sendo 23,08% maior em relação as vigas tratadas. Para a Tabela 07 as médias apresentaram que os corpos de provas tratados atingiram valores mais altos de tensão de flexão, representando 1,66% maior em relação as amostras não tratadas.

Porém, com aplicação do Teste T de Student bilateral, com grau de confiança de 95%, com o valor de p, analisamos nas Tabelas 06 e 07 que o tratamento não interferiu na tensão de flexão das vigas.

Constata-se, na Tabela 06 que, através da média aritmética, o maior módulo de elasticidade foi apresentado pelas vigas sem tratamento, representando um valor de 2,50% maior em relação as vigas tratadas. As médias aritméticas da Tabela 07 apresentaram que o maior módulo de elasticidade para as vigas com tamanho da NBR 7190/1997 foram as tratadas, sendo 36,80% maior em relação as amostras naturais.

Entretanto, aplicando o Teste T de Student bilateral, com grau de confiança de 95%, conseguimos verificar nas Tabelas 06 e 07, através do valor de p, que o tratamento em CCA não interferiu nas amostragens utilizadas para o ensaio de módulo de elasticidade.

Para Winandy (1992), os tratamentos hidrossolúveis quando aplicados na madeira, reduzem as propriedades mecânicas da mesma. Os efeitos estão relacionados com a espécie da madeira, propriedades mecânicas e químicas da mesma, temperatura de secagem, retenção e preservativo químico utilizado.

Souza (2014), em estudos com *eucalyptus citiriodora* e tratamento em CCA com classe C, de dimensões de 10,5 x 10,5 x 200 cm, concluiu após a análise dos resultados que a madeira tratada adquiriu melhores resultados, inclusive resistência mecânica, se comparada à mesma peça de madeira sem nenhum tratamento químico. Aumentando 23,90% a resistência a flexão.

Para Costa (2015), a madeira tratada, em seus estudos com *pinus* e tratamento em CCA classe C, com dimensões de 10,5 x 10,5 x 90 cm, mostrou melhores resultados na resistência a flexão quando comparadas com a madeira natural, valor que representa 85,30%.

Nos experimentos realizados, com o mesmo tipo de tratamento químico, os resultados não se repetiram. Pois com a aplicação do Teste T de Student, as amostras não sofreram nenhum tipo de interferência, sendo assim a madeira com tratamento não propiciou ganho ou perda de resistência nos ensaios de flexão estática a quatro pontos e módulo de elasticidade.

4. CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados dos ensaios de umidade, dureza Janka, flexão estática a quatro pontos e determinação do módulo de elasticidade. Conclui-se através do modelo estatístico Teste T de Student bilateral, com grau de confiança de 95%, que a madeira tratada com preservativo químico em CCA classe C, de maneira geral não houve alteração na resistência mecânica da madeira natural (sem tratamento) quando comparada a peças tratadas.

Para o ensaio de dureza Janka no sentido perpendicular as fibras o tratamento não interferiu na resistência a penetração, porém para o sentido paralelo as fibras, o tratamento gerou um acréscimo em relação à madeira natural de 37,75%, tornando a madeira tratada em CCA mais dura superficialmente quando comparada com a natural. No ensaio de umidade as amostras com maior teor de umidade foram as tratadas, representando um valor de 20,98%.

Os resultados do ensaio de flexão estática a quatro pontos, para as amostras com dimensões propostas pela NBR 7190/1997 e as vigas estruturais, o tratamento não interferiu na resistência. Como também para o módulo de elasticidade não teve interferência do tratamento.

Apesar de alguns estudos mostrarem que a madeira quando tratada perde resistência mecânica e rigidez e outros estudos alegarem que a madeira tratada em CCA ganha resistência mecânica e rigidez, isso não foi verificado nos ensaios realizados com *Eucalyptus Citriodora* tratado com CCA nesta pesquisa.

Desta forma após analisar todos os resultados dos ensaios realizados, pode-se dizer que o tratamento em CCA, aumenta a durabilidade natural da madeira, protege contra agentes agressores que deterioram o material sejam eles físicos ou químicos, e não interfere com valores significativos para a diminuição das propriedades físicas e mecânicas da madeira.

5. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Em relação a trabalho futuros, sugere-se:

- ✓ Testar esses ensaios em outras espécies;
- ✓ Aplicar o mesmo estudo, com o mesmo de tipo de madeira, porém utilizar outro tratamento.
- ✓ Analisar as propriedades químicas da madeira tratada em CCA e da madeira natural de *Eucalyptus Citriodora*.
- ✓ Verificar a influência do tratamento em CCA no ensaio de dureza Janka.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). “**Projeto de estruturas de madeira**” – NBR 7190. Rio de Janeiro, 1997.

ABPM (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRESERVADORES DE MADEIRA), www.abpm.com.br, acessado em agosto de 2017.

COSTA, Leandro Buzzanello. **Análise Experimental das Propriedades Mecânicas de Vigas de Pinus Elliottii In Natura e Tratadas com CCA.** Artigo de Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense. 2015.

Fernandes, J. S. *et al.* **Field Performance of Eucalyptus Hybrids at Planalto da Conquista, Bahia, Brazil.** Floresta e Ambiente, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 1-8, 2018.

MANFRINATO, Maria Eduarda. **Estudo Sobre o Uso da Madeira para Fins Estruturais e Arquitetônicos.** 87 f. Monografia (Graduação) - Departamento de Construção Civil – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

MELLO, FÁBIA SANTOS. **Aproveitamento dos Resíduos Sólidos de Madeira da Construção Civil para Geração de Energia Alternativa.** Revista Engenharia e Construção Civil, Curitiba, Paraná. v. 3, n.1, p. 32-41, jan./jun., 2016.

MORAES, Poliana dias de. **Aderência à Madeira de Polímeros Reforçados com Fibras de Carbono sob Temperaturas Elevadas.** Floresta e Ambiente. Santa Catarina, 19 (2), 236-242, abr./jun. 2012.

SILVA, Marcos Roberto R. da. **Construções Sustentáveis: Método Construtivo em Wood Frame para Unidades Residenciais.** 72 f. Monografia (Graduação) – Departamento de Engenharia Civil – Universidade do Sul de Santa Catarina de Palhoça, 2017.

SOUZA, Thaís dos Santos. **Análise Comparativa das Propriedades Mecânicas da Madeira Tratada e Madeira Natural.** Artigo de Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense. 2014.

SZÜCS, C. A. et al. **Estruturas de Madeira.** Apostila do departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Campos Florianópolis, 2015.

VALLE, M. L. A. et al. **Retenção e Penetração de CCA em Madeira de Primeira e Segunda Rotação de Eucalyptus Urophylla S.T. Blake.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 481-490, abr.-jun., 2013.

VIDAL, J. M. et al. **Preservação de Madeiras no Brasil: Histórico, Cenário Atual e Tendências.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 257-271, jan.-mar., 2015.

VIVIAN, A. M. et al. **Qualidade do Tratamento Preservativo em Autoclave para a Madeira de Eucalyptus Grandis e Eucalyptus Cloeziana.** Scientia Forestalis. Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 445-453, dez. 2012.

VIVIAN, Magnos Alan. **Resistência Biológica da Madeira Tratada de *Eucalyptus Grandis* e *Eucalyptus Cloeziana* em Ensaios de Laboratório e Campo.** 2011. 105p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria.

WINANDY, Jarold E. **Effects of Waterborne Preservative Treatment on Mechanical Properties: a Review.** 1995. Vol. 91. American Wood-preservers Association, New York.

XAVIER, Rafael Borba. **Avaliação da dureza Janka, densidade e estabilidade de quatro espécies de *eucalyptus* implantados no estado do Rio de Janeiro.** 2008. 31p. Monografia de Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

ZENID, G.J. **Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil.** 2. Ed. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT; 2009. 99 p.