



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

TALLYTA MARTINS DE SOUSA

**TERMORRETIFICAÇÃO DA MADEIRA DE ALBURNO DE *Auxemma oncocalyx*
(Allemão) Taub.**

MOSSORÓ/RN

2019

TALLYTA MARTINS DE SOUSA

**TERMORRETIFICAÇÃO DA MADEIRA DE ALBURNO DE *Auxemma oncocalyx*
(Allemão) Taub.**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Vinicius Gomes de Castro

MOSSORÓ/RN

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S725t Sousa, Tallyta Martins de.

Termorretificação da madeira de alburno de *Auxemma oncocalyx* (Allemão) Taub. / Tallyta Martins de Sousa. - 2019.

38 f. : il.

Orientador: Vinicius Gomes de Castro.
Monografia (graduação) - Universidade Federal

Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Florestal, 2019.

1. Caatinga. 2. Tratamento térmico. 3. Cerne.

I. Castro, Vinicius Gomes de, orient. II. Título.

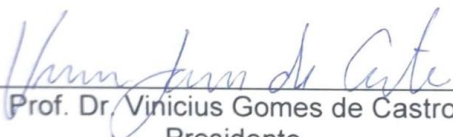
TALLYTA MARTINS DE SOUSA

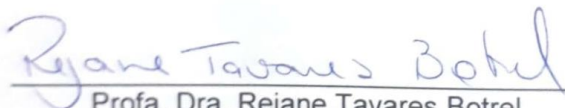
**TERMORRETIFICAÇÃO DA MADEIRA DE ALBURNO DE *Auxemma oncocalyx*
(Allemão) Taub.**

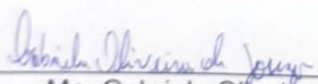
Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Defendida em: 12/08/2019

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.


Prof. Dr. Vinicius Gomes de Castro
Presidente


Profa. Dra. Rejane Tavares Botrel
Membro


Me. Gabriela Oliveira de Sousa
Membro

*Aos meus pais, Francisco Martins e Aldenora
Martins, que acreditaram em mim desde o
começo.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, minha fortaleza, por ouvir minhas orações e me abençoar, me permitindo chegar onde estou. Aos meus pais, Aldenora, pelo seu coração tão grande e compreensivo, e Francisco, meu exemplo de força e coragem. Obrigada pelo amor, apoio e incentivo, por dividirem essa luta comigo. A vitória é nossa!

À Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA) e ao curso de Engenharia Florestal, pela oportunidade única oferecida de aprendizado ao longo desses anos. Ao Laboratório de Engenharia Florestal, ao Laboratório de Ensaios e Caracterização, em nome do professor Manoel Quirino, e ao Centro de Pesquisas Vegetais do Semiárido (CPVSA), em nome da professora Elizângela Cabral, por disponibilizarem os equipamentos usados na realização das análises deste trabalho. À Lidiane, técnica do Laboratório de Engenharia Florestal, e à Antônio Fabrício, técnico do laboratório de Ensaios e Caracterização, por me auxiliarem nas pesquisas.

Ao professor Vinicius, pela paciente orientação. Obrigada pela disponibilidade de me ouvir e aconselhar, pelos ensinamentos transmitidos e por fazer parte do meu crescimento pessoal e profissional. Tenho grande admiração e respeito pela pessoa e profissional que o senhor é. Sou muito grata por todo apoio recebido.

Quero agradecer especialmente à professora Rejane, por ser a primeira a me adotar nesse universo acadêmico e me transmitir tantos conhecimentos.

A Gabriela, por ter aceitado o convite de participação na banca examinadora deste trabalho.

Ao meu irmão, Tullyo, e minha cunhada, Kelly, pela ajuda recebida, principalmente na reta final dessa jornada.

A Icaro, por ser abrigo e luz em minha vida. Dividir a vida com você a torna mais especial.

A Isaias, primo e amigo, pelo suporte dado durante toda essa jornada e pela companhia nas horas vagas.

Aos amigos da Universidade, Edislan, Gutierrez, Hohana, Juliana e Lohany por dividirem comigo os perrengues e alegrias da vida acadêmica.

A todos, minha gratidão!

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar duas diferentes temperaturas de termorretificação (140 e 200°C) na madeira de alburno de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco), a fim de se obter propriedades físicas e mecânicas, além de uma coloração, próximas à do cerne. Dessa forma, analisou-se a massa específica e a estabilidade dimensional, como parâmetros da propriedade física, a resistência à compressão paralela às fibras, como exemplo de propriedade mecânica, além de analisar a luminosidade, parâmetro que está relacionado com a cor da madeira. Os resultados obtidos mostraram que a temperatura de 140°C foi suficiente para aumentar a massa específica do alburno tratado, mas que a 200°C, por causar perda de massa devido ao início de uma degradação térmica, ocasionou uma diminuição de seu valor médio. Ainda em relação ao uso da temperatura de 200°C, concluiu-se que, de maneira geral, a termorretificação foi eficiente na diminuição da instabilidade dimensional que o alburno apresentou sem tratamento, além de possibilitar uma aproximação da coloração do alburno a do cerne. No que diz respeito à resistência à compressão paralela às fibras, os dados demonstraram que ambas as temperaturas de tratamento permitiram o aumento da resistência, mostrando que as duas foram eficientes nesse sentido.

Palavras-chave: Caatinga. Tratamento térmico. Cerne.

ABSTRACT

The aim of this work was evaluate two different temperatures of thermorretification (140 and 200°C) on *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco) sapwood, looking to obtain physical and mechanical properties, as well as a color, close to the heartwood typical values. For that, it was analyzed the specific gravity and dimensional stability, as physical parameters, axial compressive strength, as example of mechanical property, and luminosity, parameter related to the wood color. The results showed that thermorretification temperature of 140°C was high enough to increase the sapwood specific gravity, but at 200°C, duo to a mass loss, an indication of the beginning of a thermal degradation, there was a decrease of the specific gravity value. Still about the use of 200°C temperature, it was possible to conclude that, generally, thermorretification was efficient to lower the sapwood dimensional instability, and was also able to change the wood color to be similar to the heartwood. Concerning to axial compressive strength, the data showed that both temperatures allowed the increase of resistance.

Keywords: Caatinga; Thermal treatment; heartwood

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Rampa de aquecimento da estufa com relação ao tempo (min) para os tratamentos aplicados à madeira de alburno de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco)..... 18
- Figura 2.** Medição do volume dos corpos de prova de alburno de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco) pelo método de pesagem por imersão em água, utilizando o Princípio de Arquimedes. Ensaio realizado no Laboratório de Tecnologia da Madeira (UFERSA)..... 19
- Figura 3.** Ensaio de compressão paralela às fibras, utilizando a Máquina Universal de Ensaio Mecânicos, sendo aplicada a força constante sobre o corpo de prova de alburno de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco). Ensaio realizado no Laboratório de Ensaio e Caracterização – Prédio de Laboratórios de Engenharia I (UFERSA) 21
- Figura 4.** Obtenção do parâmetro Luminosidade pelo equipamento Konica Minolta CR-410, em superfície de madeira de cerne de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco). Ensaio realizado no Laboratório de Pós-Colheita – Centro de Pesquisas Vegetais do Semi-Árido (UFERSA)..... 22
- Figura 5.** Valores da massa específica aparente, para a madeira de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco) sem tratamento e termorretificada a 140 e 200°C. 23
- Figura 6.** Valores da massa específica básica, para a madeira para a madeira de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco) sem tratamento e termorretificada a 140 e 200°C. 24
- Figura 7.** Valores de resistência à compressão paralela às fibras de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco) para cerne e alburno sem tratamento e tratamentos a T140 e T200. 28
- Figura 8.** Dados para o parâmetro da luminosidade através da colorimetria da madeira de cerne e alburno, com e sem tratamento térmico, de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco). 29
- Figura 9.** Efeito da termorretificação na luminosidade da madeira do alburno de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco): A – amostras correspondentes ao alburno sem tratamento; B – amostras do cerne; C – amostras termorretificadas a T140; e D – amostras referentes a T200 30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fórmulas utilizadas na análise das propriedades físicas da madeira De *Auxemma oncocalyx* (Pau-Branco) 20

Tabela 2. Valores médios encontrados para a estabilidade dimensional de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco), para seu cerne, alburno, termorretificação a 140 e 200°C 26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Caatinga	12
2.2 Espécie estudada	12
2.3 Termorretificação	13
2.4 Propriedades físicas da madeira	14
2.4.1 Massa específica	14
2.4.2 Estabilidade dimensional	15
2.5 Propriedade mecânica	15
2.6 Colorimetria	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Caracterização do local de coleta das amostras	17
3.2 Amostragem	17
3.3 Termorretificação	18
3.4 Propriedades físicas	19
3.5 Propriedade mecânica	20
3.6 Avaliação da luminosidade	21
3.7 Análise estatística	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Propriedades físicas	23
4.1.1 Massa específica	23
4.1.2 Estabilidade dimensional	26
4.2 Propriedade mecânica	28
4.2.1 Resistência à compressão paralela às fibras	28
4.3 Avaliação da luminosidade	29
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1 INTRODUÇÃO

As madeiras provenientes da Caatinga, em sua maioria, são utilizadas para produção de lenha e carvão. No entanto, existem diversas outras finalidades que possuem grande potencial econômico, que podem agregar valor a essas madeiras, já que estas podem apresentar características interessantes para a indicação do seu uso.

Para determinados fins, a utilização da madeira de algumas espécies pode ser limitada por características e propriedades que apresentam, como massa específica, instabilidade dimensional e, até mesmo a coloração. Muitas vezes, do ponto de vista estético, a cor da madeira influencia no momento da compra, favorecendo madeiras que possuem coloração mais escura, que por ser mais procurada no mercado, possui um valor alto de comercialização. Ainda, em algumas espécies, o cerne pode possuir características distintas ao alburno, o levando a ter uma aceitação de mercado melhor quando comparado com este último. Entre os principais aspectos indesejados que a madeira pode apresentar está a probabilidade da ocorrência de problemas decorrentes da biodeterioração, que podem assumir proporções muito graves. Dessa forma, a adoção de medidas preservativas também torna-se prioritária quando existe a intenção de utilizar este material.

Diversas novas técnicas para melhorar as propriedades da madeira têm sido adotadas, e dentre elas, pode-se citar o tratamento térmico. Essa técnica tornou-se comum fora do Brasil e vem sendo cada vez mais aplicada internamente (ANJOS, 2014). A termorreificação é um tratamento preservativo, em que altas temperaturas são aplicadas à madeira com o objetivo de melhorar suas propriedades tecnológicas a fim de evitar possíveis problemas decorrentes do uso da madeira. Este tratamento não faz uso de substâncias que podem ser tóxicas ao meio ambiente, e é considerado de baixo custo quando comparado a outros tratamentos preservativos existentes. Ele aumenta a durabilidade da madeira através de alterações em suas propriedades, prolongando o seu uso, além de proporcionar coloração escurecida, semelhante às madeiras mais procuradas no mercado.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou a análise dos efeitos da termorreificação na madeira de alburno de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco) em duas diferentes temperaturas, a fim de obter homogeneidade tanto nas propriedades físicas e mecânicas, quanto na coloração entre seu cerne e alburno.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caatinga

A Caatinga é um bioma tipicamente brasileiro, que compreende principalmente a região nordeste do país, onde engloba os municípios: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019). Tal bioma vem sofrendo degradação, principalmente nos últimos anos, para a obtenção de lenha nativa (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019) e abertura de novas áreas para inserção de culturas agrícolas (SILVA; SAMPAIO, 2008). Ambas situações, geralmente, ocorrem de forma exploratória e ilegal.

O bioma Caatinga possui clima semiárido e suas espécies animais e vegetais apresentam adaptações para condições climáticas extremas (SILVA et al., 2017). Um exemplo de tal adaptação são as plantas decíduas. As árvores e arbustos desse bioma podem atingir 4-7m de altura, podendo chegar a valores maiores (SILVA; SAMPAIO, 2008).

Este bioma é muitas vezes associado a ideia de improdutividade pelos motivos já citados (ALBUQUERQUE; ANDRADE, 2002). No entanto, o que está em falta é um correto manejo dessas espécies, para obter produtos de qualidade de forma responsável e sustentável. Dessa forma, pode-se citar a madeira como um dos principais produtos florestais, uma vez que é um dos produtos mais utilizados nessa região, principalmente como lenha, mas que também é utilizada, por exemplo, na construção civil, na construção de barcos e de móveis artesanais, dentre outros.

2.2 Espécie estudada

Auxemma oncocalyx (Allemão) Taub., popularmente conhecida como Pau-branco, é pertencente à família Boraginaceae, sendo uma espécie arbórea típica da Caatinga e sua distribuição geográfica compreende os estados: Bahia, Ceará, Minas Gerais, Pará, Pernambuco e Rio Grande do Norte (CARVALHO, 2008).

A característica de perder folhas e frutos na época final das chuvas e início da seca é inerente a esta espécie (PEREIRA et al., 1989), no entanto, quando presente em áreas raleadas, permanece com toda sua folhagem, mesmo após o período de pluviosidade constante (CAVALCANTE et al., 2000). Sua distribuição não ocorre de forma contínua e acontece espaçadamente e é considerada uma espécie secundária tardia (CARVALHO, 2008;

LORENZI, 2009). Possui altura que varia de 8 a 16m, com tronco ereto e cilíndrico, e casca lisa com coloração quase branca (LORENZI, 2009; RIZZINI, 1978). Possui folhas alternas espiraladas, simples e coriáceas, além disso apresenta inflorescências com flores brancas perfumadas (LORENZI, 2009). Sua madeira é pesada, dura, com boa resistência mecânica e durabilidade natural, além de ser fácil de trabalhar (RIZZINI, 1978; MAIA, 2012). É bem diferenciada com relação ao cerne e alburno, sendo que este primeiro possui uma coloração chocolate, pardo-arroxeadado, enquanto que o segundo possui cor amarelada ou pardo-claro (CARVALHO, 2008).

A utilização de sua madeira está ligada principalmente com a construção civil, sendo a madeira nativa mais utilizada neste setor no Ceará (CARVALHO, 2008). Também é considerada de boa qualidade na fabricação de móveis, assoalhos, tábuas, vigas, caixilhos, caixões para cereais, carpintaria, estacas, mourões, entre outros (RIZZINI, 1978).

2.3 Termorreificação

A termorreificação consiste em submeter peças de madeira a temperaturas na faixa de 120 a 200°C, intervalo correspondente a secagem através de altas temperaturas sem que haja a torrefação total da madeira (MODES et al., 2017). A depender da espécie a ser trabalhada, tamanho das amostras, teor de umidade da madeira, propriedades mecânicas desejadas, resistência ao ataque biológico e estabilidade dimensional do produto final, o processo de tratamento térmico pode variar de 15 minutos até 24 horas (KANDEM; PIZZI; JERMANNAUD, 2002). O processo de termorreificação é realizado em faixas de temperaturas abaixo daquelas que inicializam as reações exotérmicas do processo, que ocorrem aproximadamente à 280°C (BORGES; QUIRINO, 2004).

A madeira possui três constituintes estruturais: celulose, hemiceluloses e lignina. Sendo a celulose o principal componente da parede celular e refere-se a um polissacarídeo linear, responsável pela maioria das propriedades que a madeira apresenta. As hemiceluloses são polissacarídeos de estrutura ramificada, em que formam uma complexa ligação com a celulose, fazendo parte da constituição da parede celular. E por fim, tem-se a lignina, um polímero que possui estrutura amorfa e que atua fornecendo rigidez às paredes celulares, sendo responsável pela resistência mecânica que a madeira apresenta (MODES, et al., 2017; MORAIS; NASCIMENTO; MELO, 2005).

A termorreificação altera as propriedades da madeira, através da degradação das hemiceluloses e condensação da lignina e celulose, transformando-a em um material

modificado de alta complexidade. Alterando sensivelmente seus componentes, obtém-se um material final com características diferentes daquelas do original, com menos higroscopicidade, maior estabilidade dimensional e resistência biológica, aumentando sua durabilidade (CALONEGO; SEVERO, 2010; KANDEM; PIZZI; JERMANNAUD, 2002; MODES et al., 2017; PRZYBYSZ et al., 2013). Além de melhorar a durabilidade natural, favorece também a aparência de madeiras com valores de mercado inferiores, pois quando termorretificada a madeira fica com coloração escurecida, que possuem um valor econômico maior no mercado (MOURA; BRITO, 2011).

O processo de termorretificação da madeira pode ser considerado como uma alternativa econômica para outros tipos de tratamentos, pois pode ser realizada somente uma vez por meio de baixos custos tecnológicos para sua execução, não necessitando de reaplicações, como acontece com os vernizes, tintas e *stains*, por exemplo (GOUVEIA, 2008). Além da economia, a utilização deste processo possui viés sustentável, já que não utiliza substâncias químicas que podem ser prejudiciais ao meio ambiente (MODES et al., 2017). De acordo com Freitas, Gonzalez, Del Menezzi (2016), esse tratamento pode ser uma das soluções para aumentar a qualidade e a competitividade das madeiras, pois agrega vários benefícios ao produto, como a melhoria de sua resistência biológica e da estabilidade dimensional.

2.4 Propriedades físicas da madeira

2.4.1 Massa específica

Uma das características da madeira mais importantes a serem estudadas e analisadas refere-se a sua massa específica, por possuir relação com outras propriedades da mesma. Quando se pode modificá-las, ocasiona consequente alteração do produto final. Portanto, a massa específica é uma característica de referência de qualidade da madeira (MELO; CAMARGOS, 2016; ALMEIDA et al., 2015).

Esta propriedade física corresponde a relação entre a massa da amostra por unidade de volume. Como o teor de umidade da madeira afeta a massa e volume da mesma, é possível obter diferentes massas específicas, levando em consideração o teor de umidade que a madeira apresenta no momento da análise. A massa específica aparente é referente a relação entre massa e volume, obtidos a um teor de umidade determinado (em equilíbrio com a

madeira), em que é utilizada na determinação de fins específicos (MELO; CAMARGOS, 2016).

Em contrapartida a massa específica básica consiste na relação entre massa seca em estufa (0%) e volume verde (saturado) e, por ser de fácil determinação, é utilizada na comparação entre espécies e na realização de programa de secagem (MELO; CAMARGOS, 2016).

2.4.2 Estabilidade dimensional

A estabilidade dimensional corresponde a capacidade da madeira de inchar e contrair, fenômeno que acontece abaixo do ponto de saturação das fibras. Ela causa alteração nas dimensões de cada face, de acordo com o teor de umidade do ambiente em que esta se encontra. Portanto, ter conhecimento sobre essa característica se faz importante na indicação de uso de determinada madeira, além de permitir a elaboração de um programa ideal de secagem para a mesma (MELO; CAMARGOS, 2016).

A madeira, por ser um material higroscópico, apresenta comportamentos de acordo com as alterações que ocorrem no seu teor de umidade, ou seja, as variações dimensionais que a madeira apresenta acontece em decorrência do aumento ou diminuição do teor de umidade, o que acarreta em problemas decorridos durante sua utilização (OLIVEIRA; SILVA, 2003; MELO; CAMARGOS, 2016). Como a madeira possui a característica de ser anisotrópica, então essas alterações estruturais são diferentes de acordo com cada direção: no sentido tangencial a contração ocorre, aproximadamente, duas vezes maior do que no sentido radial (OLIVEIRA; SILVA, 2003), e no sentido longitudinal apresenta menor alteração, pois acontece no sentido dos vasos.

2.5 Propriedade mecânica

Pode ser definida como sendo a resistência que a madeira apresenta em suportar tensões, sendo a análise realizada com a máxima tensão que corpos de prova aguentam (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997).

As propriedades mecânicas possuem importante relação com os variados esforços que a madeira exerce em uma determinada utilização (RODRIGUES, 2009). Essas propriedades juntamente com a resistência que a madeira apresenta possuem relação direta

com a massa específica deste material, o que significa dizer que, geralmente, madeiras mais resistentes possuem uma maior massa específica, e vice-versa (MELO; CAMARGOS, 2016).

Há dois conceitos importantes no estudo das propriedades mecânicas da madeira. O primeiro é a tensão, que consiste nas forças internas exercidas pelo material quando há aplicação de carga sobre este. O segundo conceito é a deformação, que é uma alteração ocorrida na forma do material original, devido a aplicação de força (RODRIGUES, 2009).

Um exemplo de propriedade mecânica importante é a resistência da madeira à compressão paralela às fibras. Esse tipo de ensaio, além de ser destrutivo, está relacionado com a característica elastoplástica da madeira e permite a comparação entre espécies e o dimensionamento de colunas e pilares, utilizados na construção civil (MELO; CAMARGOS, 2016; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997).

2.6 Colorimetria

A cor é uma característica organoléptica que consiste em ser o primeiro aspecto a ser observado em um primeiro contato com a madeira. Por ser uma característica visual, a cor é, portanto, bastante importante no processo de escolha do tipo de madeira a ser utilizada para determinado uso. No entanto, além de melhorar a estabilidade dimensional, o tratamento térmico altera a cor original da madeira, dependendo do tratamento aplicado, podendo modificar a cor do material, agregando valor (LOPES et al., 2014).

O sistema mais utilizado para a medição de coloração é o CIE (Comissão Internacional de Iluminantes – 1976), no qual é baseado em três parâmetros analisados, sendo o primeiro correspondente à luminosidade (L^*), em que mede a escala cinza entre o preto e o branco, sendo valor igual a 0 para o preto absoluto e 100 para o branco absoluto; o segundo parâmetro (a^*) corresponde às variáveis cromáticas vermelho, valores positivos, e verde, valores negativos; e por último a variável (b^*) correspondente às colorações amarelo, valores positivos, e azul, valores negativos (COELHO JUNIOR, 2016; GOUVEIA, 2008).

A coloração da madeira pode ser alterada por fatores externos que alteram os extrativos e constituintes da madeira, como oxidação, causada pela reação entre a luz e componentes químicos existentes, além de vários outros fatores como composição química, idade, anatomia, pH, teor de extrativos (COELHO JUNIOR, 2016; PINCELLI; MOURA; BRITO, 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local de coleta das amostras

As amostras de madeira de *Auxemma oncocalyx* (Allemão) Taub. (Pau-branco) foram provenientes de três indivíduos coletados em uma propriedade contendo vegetação de caatinga manejada na zona rural de Mossoró, Rio Grande do Norte. Segundo a caracterização do município pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte – IDEMA (2008), este possui formação vegetal pertencente a caatinga hiperxerófila, carnaubal e vegetação halófito. Sendo que esta primeira é caracterizada por uma vegetação mais seca, com cactáceas em abundância e plantas de porte baixo. No carnaubal, há predominância da espécie *Copernicia prunifera* (Carnaúba), espécie pertencente a família Arecaceae. Já a vegetação halófito é composta por espécies que suportam altos níveis de salinidade presentes no solo. O tipo de clima é quente e semiárido. A temperatura média anual é de 27,4°C, sendo máxima de 36,0°C e mínima de 21,0°C. A precipitação média anual do município é 703,7 mm, com período chuvoso entre os meses de fevereiro a abril.

3.2 Amostragem

Os corpos de prova utilizados nos ensaios referentes às propriedades físicas da madeira possuíam dimensões de 2,0 x 2,0 x 5,0 cm nos sentidos radiais, tangenciais e longitudinais, respectivamente. Foram utilizados 74 amostras, com a seguinte divisão: 18 corpos de prova de alburno e 18 de cerne não tratados, e 19 para a termorretificação com estufa a 140°C (T140) e 19 para 200°C (T200), sendo que para ambos os tratamentos foram utilizados somente corpos de prova de alburno.

Para os ensaios de compressão, na análise da resistência mecânica da madeira, foram utilizados corpos de prova com dimensões de 3,0 x 3,0 x 9,0 cm respectivamente para os sentidos radiais, tangenciais e longitudinais. Foram confeccionados 16 corpos de prova, sendo 4 de cerne e 4 de alburno, ambos não submetidos ao tratamento de termorretificação, e 4 para T140 e 4 para T200.

Já para a análise da luminosidade da madeira, foram utilizados 10 corpos de prova, com dimensões de 10,0 x 5,0 cm, correspondendo aos sentidos longitudinal e tangencial respectivamente, sendo 3 destes de alburno e 3 de cerne, também não tratados, e 2 para a termorretificação T140 e 2 para T200.

3.3 Termorretificação

Os ensaios referentes à termorretificação do alburno foram realizados no laboratório de Tecnologia da Madeira, localizado na Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Todas as amostras submetidas ao tratamento de termorretificação foram colocadas na estufa ainda em processo de aquecimento. Após atingida a temperatura de 140°C, os corpos de prova foram mantidos durante 1 hora no processo de termorretificação. Decorrido este tempo as amostras submetidas à primeira temperatura de tratamento foram retiradas da estufa, restando apenas os corpos de prova que seriam submetidos a segunda temperatura. Dessa forma, programou-se a estufa para a temperatura de 200°C, sendo mantida esta temperatura por um período de, também, 1 hora (Figura 1). Assim, foram realizados dois tratamentos de termorretificação: o primeiro a 140°C (T140) e o segundo a 200°C (T200).

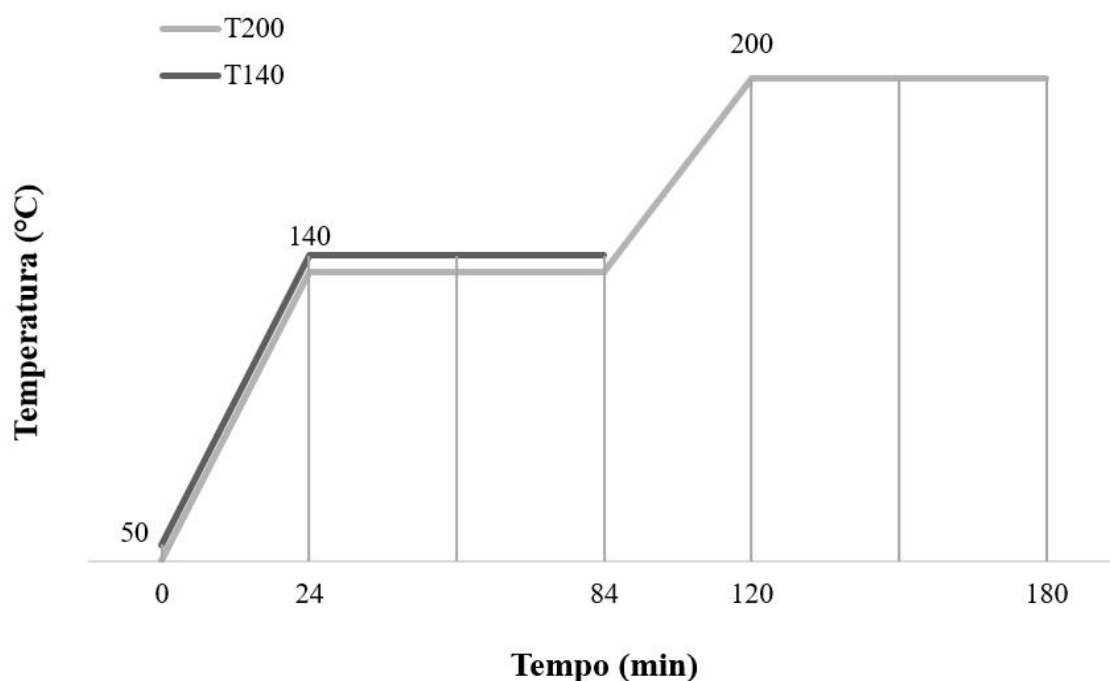


Figura 1. Rampa de aquecimento da estufa com relação ao tempo (min) para os tratamentos aplicados à madeira de alburno de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco).

FONTE: A autora (2019).

3.4 Propriedades físicas

Os ensaios realizados referentes às propriedades físicas da madeira do Pau-branco foram realizados no Laboratório de Tecnologia da Madeira, pertencente a Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Os corpos de prova de cerne, alburno e tratados termicamente foram analisados nos teores de umidade em equilíbrio, saturado e a 0%, assim obtendo os seguintes dados:

- a) medida de cada face através de um paquímetro digital, realizando-se sempre no mesmo local marcado em cada corpo de prova anteriormente;
- b) valor de sua massa com o auxílio de uma balança de precisão; e
- c) volume através do método de pesagem por imersão em água, com auxílio de uma balança de precisão, determinado pela pesagem do volume do líquido deslocado após a imersão do corpo de prova, seguindo assim o Princípio de Arquimedes (Figura 2).



Figura 2. Medição do volume dos corpos de prova de alburno de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco) pelo método de pesagem por imersão em água, utilizando o Princípio de Arquimedes. Ensaios realizados no Laboratório de Tecnologia da Madeira (UFERSA).
FONTE: A autora (2019).

A massa específica aparente e básica; coeficiente de contração volumétrico máximo; coeficiente de contração linear tangencial, radial e longitudinal; e coeficiente de anisotropia foram calculados através das equações descritas na Tabela 1, disposta a seguir.

Tabela 1. Fórmulas utilizadas na análise das propriedades físicas da madeira De *Auxemma oncocalyx* (Pau-Branco).

Parâmetro	Equação
Massa específica aparente (g/cm ³)	$MeA = \frac{m}{v}$
Massa específica básica (g/cm ³)	$MeB = \frac{m_s}{v_v}$
Coeficiente de contração volumétrico máximo (%)	$\beta Vmáx = \frac{v_v - v_s}{v_v} \times 100$
Coeficiente de contração linear tangencial, radial e longitudinal (%)	$\beta \text{ linear T, R, L} = \frac{v_v - v_s}{v_v} \times 100$
Coeficiente de anisotropia	$CA = \frac{\beta \text{ linear T}}{\beta \text{ linear R}}$

Em que: MeA = massa específica aparente; MeB = massa específica básica; m = massa; v = volume; m_s = massa seca; v_v = volume verde; v_s = volume seco; β = contração; CA = coeficiente de anisotropia; T = tangencial; R = radial; L = longitudinal.

3.5 Propriedade mecânica

Para a análise da propriedade mecânica da madeira do Pau-branco, foram realizados ensaios de compressão paralela às fibras, no Laboratório de Ensaios e Caracterização, localizado no Prédio de Laboratórios de Engenharia I, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

O ensaio teve como embasamento a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 7190:1997. Os corpos de prova de cerne e alburno, sem e com tratamentos de termorretificação, foram submetidos ao teste de resistência à compressão paralela às fibras, utilizando a Máquina Universal de Ensaios Mecânicos, em que consistiu na aplicação de força constante (Figura 3) até o limite de ruptura, obtendo dessa forma a carga máxima suportada pela amostra analisada.

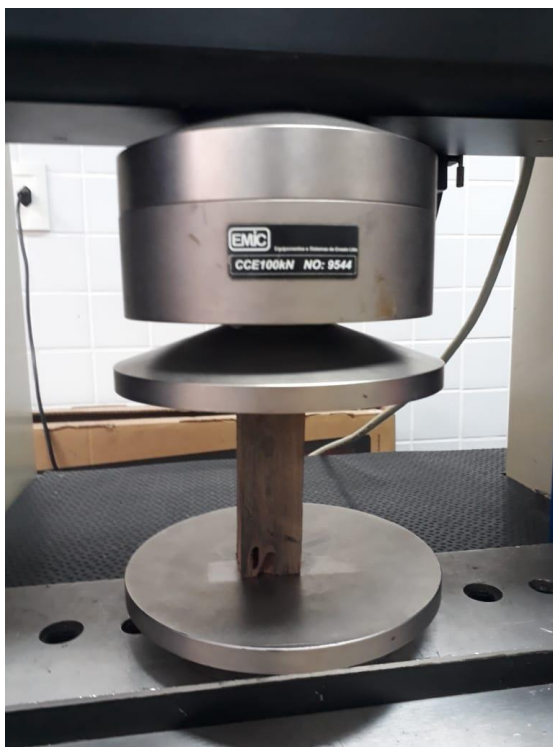


Figura 3. Ensaio de compressão paralela às fibras, utilizando a Máquina Universal de Ensaio Mecânicos, sendo aplicada a força constante sobre o corpo de prova de alburno de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco). Ensaio realizado no Laboratório de Ensaio e Caracterização – Prédio de Laboratórios de Engenharia I (UFERSA).

FONTE: A autora (2019).

A resistência à compressão paralela às fibras foi calculada pela Equação 1:

$$\sigma_{c \text{ máx}} = \frac{P_{\text{máx}}}{A} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

$\sigma_{c \text{ máx}}$ = resistência máxima a compressão (N/mm²);

$P_{\text{máx}}$ = carga no limite de ruptura (N);

A = área da seção transversal do corpo de prova (mm²).

3.6 Avaliação da luminosidade

A avaliação da luminosidade da madeira foi realizada em corpos de prova de cerne, alburno sem tratamento e termorretificados a 140 e 200°C, no Laboratório de Pós-Colheita,

localizado no Centro de Pesquisas Vegetais do Semi-Árido (CPVSA), pertencente a Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

A análise foi realizada com o auxílio do colorímetro Konica Minolta CR-410, utilizando o sistema CIEL*a*b (Figura 4). As mensurações foram obtidas em três pontos distintos do corpo de prova, obtendo valores para o parâmetro L (luminosidade) indicando o quão próximo do preto (valor próximo a 0) ou do branco (valor próximo a 100) encontrava-se a cor da peça analisada.



Figura 4. Obtenção do parâmetro Luminosidade pelo equipamento Konica Minolta CR-410, em superfície de madeira de cerne de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco). Ensaio realizado no Laboratório de Pós-Colheita – Centro de Pesquisas Vegetais do Semi-Árido (UFERSA).

FONTE: A autora (2019).

3.7 Análise estatística

A análise estatística dos dados consistiu na realização de uma análise de variância (ANOVA) para as avaliações das propriedades físicas, resistência à compressão paralela às fibras e o parâmetro colorimétrico luminosidade da madeira de cerne e alburno sem e com termorretificação a 140 e 200°C. Foi aplicado teste de diferenciação de médias Tukey a 5% de significância, através do programa estatístico Sisvar 5.7.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Propriedades físicas

4.1.1 Massa específica

A partir dos dados obtidos nos ensaios referentes às propriedades físicas da madeira do Pau-branco, foi possível calcular e obter as massas específicas aparentes que estão dispostas na Figura 5, apresentada a seguir.

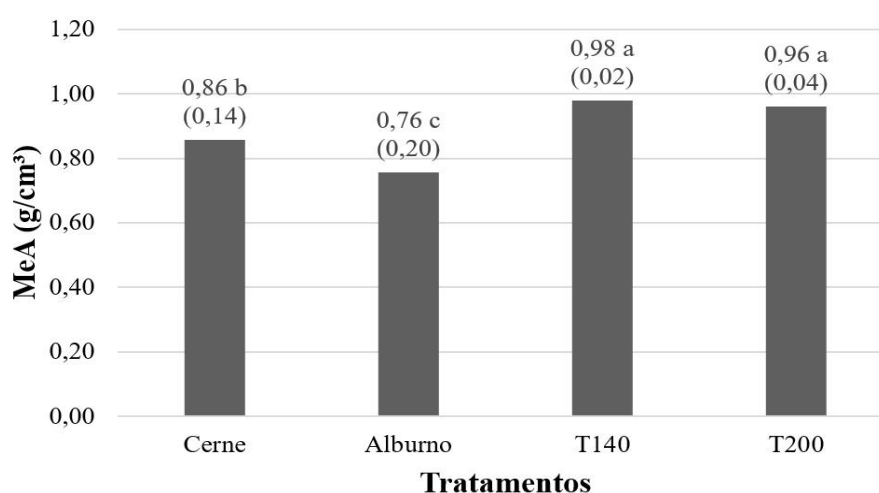


Figura 5. Valores da massa específica aparente, para a madeira de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco) sem tratamento e termorretificada a 140 e 200°C. Em que: valores seguidos por mesma letra não diferem estatisticamente; valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.

FONTE: A autora (2019).

Os valores médios encontrados para o cerne e alburno não tratados de Pau-branco no que diz respeito a massa específica aparente, foram semelhantes aos encontrados na literatura para a espécie. Por exemplo, foram apresentados valores iguais a 0,70 g/cm³ (CARVALHO, 2008) e 0,84 g/cm³ (LORENZI, 2009), sendo considera uma madeira pesada, dura e forte, além de ser muito resistente ao apodrecimento (RIZZINI, 1978; MAIA, 2012). A critério de comparação, para outras espécies da caatinga *Mimosa tenuiflora*, *Poincianella bracteosa*, *Combretum leprosum*, e *Croton argyrophyllodes* foram encontrados os seguintes valores para massa específica aparente (g/cm³): 0,94; 0,91; 0,84 e 0,73, respectivamente (FRANÇA, 2015). Os dados encontrados na literatura, referentes a algumas espécies nativas da caatinga quanto a

sua massa específica aparente, estão em conformidade com os obtidos na análise, que resultou em valores para alburno e cerne, de 0,76 g/cm³ e 0,86 g/cm³ respectivamente.

No entanto, de acordo com a Figura 5, é possível perceber que a massa específica aparente do cerne diferiu estatisticamente do alburno, resultando em um valor superior. Uma possível explicação para a maior massa específica que o cerne apresentou é o fato de ser constituído por células que possuem extrativos em seu interior, além de estas poderem estar obstruídas por tiloses que objetivam impedir a passagem de ar e umidade, diminuindo a ocorrência de proliferação de fungos e insetos, aumentando também a sua durabilidade (MELO; CAMARGOS, 2016).

A termorretificação ocasionou um aumento significativo na massa específica aparente na madeira do alburno. No entanto, as duas temperaturas de tratamento não obtiveram diferença estatística entre si. Caso semelhante foi observado no estudo da madeira de *Eucalyptus grandis* realizado por Calonego (2009), que também encontrou valores idênticos de massa específica aparente para a termorretificação a 140°C e 200°C a 2,5 horas. Lopes et al. (2014), em sua análise da madeira de *Tectona grandis* (Teca), também encontraram valores iguais estatisticamente para a termorretificação de alburno a 180 e 200°C a 2,5 horas.

A Figura 6 apresenta os valores encontrados para a massa específica básica do Pau-branco.

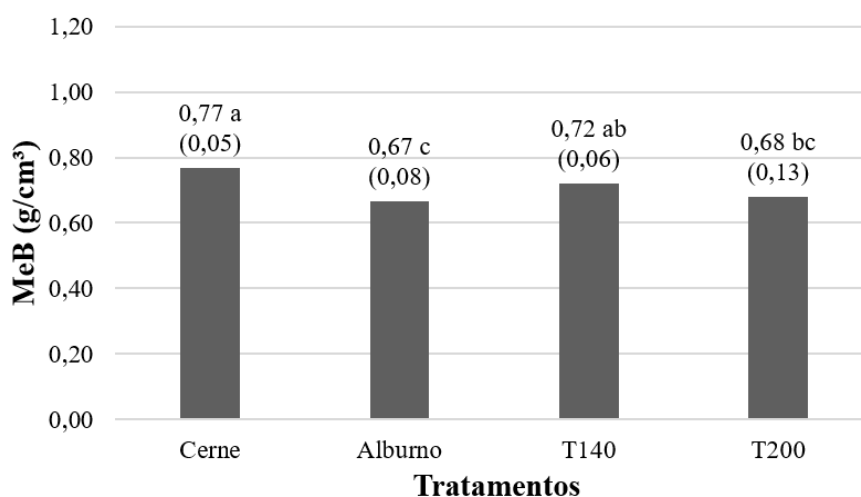


Figura 6. Valores da massa específica básica, para a madeira para a madeira de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco) sem tratamento e termorretificada a 140 e 200°C. Em que: valores seguidos por mesma letra não diferem estatisticamente; valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.

FONTE: A autora (2019).

No que diz respeito a massa específica básica para *Auxemma oncocalyx*, foi encontrado na literatura um valor igual a 0,61 g/cm³ (PAULA, 2018). Em análises da madeira de *Mimosa tenuiflora*, outra espécie da caatinga, foi encontrado valor de massa específica básica igual a 0,94 g/cm³ (ROCHA et al., 2015). Almeida et al. (2015) encontraram valores de 0,63 para a espécie *Amburana cearensis*. Dessa forma, os dados referentes a massa específica básica obtidos na análise da madeira de Pau-branco se assemelharam com os valores encontrados na literatura referente às espécies de ocorrência da caatinga.

Pode se observar diferença estatística entre os valores médios de massa específica básica entre cerne e alburno. Klitzke et al. (2008) também encontraram valor superior de massa específica básica de *Hymenaea* sp. para o cerne, quando comparado com o alburno, obtendo valores de 0,75 e 0,61 g/cm³ respectivamente.

Brito et al. (2006) e Delucis et al. (2014), obtiveram valores superiores de massa específica básica nas amostras termorretificadas das espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus botryoides*, respectivamente, quando comparadas com as madeiras sem tratamento. No estudo da termorretificação da madeira de *Eucalyptus grandis*, foram encontrados valores superiores de massa específica básica para as amostras submetidas ao tratamento com maior temperatura e maior tempo, diferindo estatisticamente da madeira sem o tratamento de termorretificação (BATISTA, TOMASELLI, KLITZKE, 2011; DIAS JÚNIOR et al., 2015). Tal informação mostra semelhança com os dados obtido com o Pau-branco, confirmando que a termorretificação contribuiu para o aumento da massa específica básica do alburno.

O processo de termorretificação contribuiu para o aumento da massa específica aparente do alburno, pois as amostras tratadas obtiveram valores superiores, tanto comparado com o alburno sem tratamento, como o cerne. No entanto, no que diz respeito a massa específica básica, a T200 obteve valor igual estatisticamente ao de alburno sem tratamento, porém não ultrapassando o valor referente ao cerne não termorretificado. Brito et al. (2006) explicaram que o aumento da ação do calor no processo de termorretificação causa perda de massa em uma proporção maior do que a redução do volume das amostras analisadas, devido à degradação de hemiceluloses da madeira. Este fato faz com que a massa específica diminua a medida que a perda de massa é maior, consequência do aumento da temperatura no processo de termorretificação.

4.1.2 Estabilidade dimensional

Os dados referentes à estabilidade dimensional do Pau-branco, encontram-se dispostos na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios encontrados para a estabilidade dimensional de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco), para seu cerne, alburno, termorretificação a 140 e 200°C.

	Cerne	Alburno	T140	T200
β V max (%)	22,57 b (0,17)	30,08 a (0,13)	25,65 b (0,10)	25,12 b (0,19)
β linear T (%)	5,44 b (0,13)	5,89 ab (0,09)	6,48 a (0,14)	3,78 c (0,11)
β linear R (%)	3,71 ab (0,18)	4,32 a (0,19)	4,34 a (0,13)	3,14 b (0,22)
β linear L (%)	0,28 a (0,74)	0,21 a (0,81)	0,18 a (0,76)	0,17 a (0,81)
Coefficiente de anisotropia	1,54 a (0,19)	1,45 a (0,22)	1,54 a (0,17)	1,33 a (0,31)

Em que: valores com letras iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente e valores entre parênteses refere-se ao coeficiente de variação. β V max = contração volumétrica máxima; β linear T = contração linear tangencial; β linear R = contração linear radial; β linear L = contração volumétrica linear; T140 = alburno termoretificado a 140°C; T200 = alburno termoretificado a 200°C.

Quanto a contração volumétrica máxima, somente o alburno apresentou um valor diferente estatisticamente, em que obteve maior contração quando comparado com os outros dados. Dessa forma, o valor do cerne foi estatisticamente igual às amostras de alburno tratadas, o que mostra que a termorretificação conseguiu diminuir a contração volumétrica do alburno até igualar com o cerne. Os valores apresentados na Tabela 2 estão de acordo com os obtidos por Klitzke et al. (2008), que encontraram valores superiores de contração volumétrica para alburno, quando comparado com o cerne.

Poubel (2011) encontrou valores significativamente menores de madeiras não tratadas quando comparadas com as amostras termorretificadas, resultando em uma semelhança na comparação entre o alburno tratado e não tratado termicamente da madeira do Pau-branco. Eleotério et al. (2015) encontraram valores considerados baixos de contração volumétrica para as espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus pilularis* (11,7% e 12,2%, respectivamente), o que mostra que os dados encontrados para o Pau-branco foram superiores aos encontrados pelos autores. Lopes et al. (2014) explicaram que o processo de tratamento térmico da madeira possibilita uma maior estabilidade dimensional ao material, pois há redução da

higroscopicidade através da ruptura das ligações entre as moléculas de água com as hidroxilas livres da madeira.

Com relação aos coeficientes lineares tangencial e radial, o cerne apresentou resultados iguais ao alburno e o T200 obteve um valor inferior quando comparado a todos os outros. Para o T140, tanto no coeficiente tangencial, como no radial, o valor médio foi igual ao alburno sem tratamento. Klitzke et al. (2008) encontraram valores superiores de coeficiente linear tangencial e radial para o alburno em relação ao cerne, da mesma forma que foi encontrado para o Pau-branco. Eleotério et al. (2015) encontrou valores relacionados aos coeficientes tangenciais e radiais semelhantes aos do Pau-branco, em que citam como sendo intermediário. De modo geral, a instabilidade dimensional foi maior no sentido tangencial do que no radial, e esta foi superior do que no sentido longitudinal. Isso pode ser explicado pois o sentido radial é paralelo aos raios da madeira e, conseqüentemente, este irá contrair menos que o sentido tangencial que se refere ao corte tangente aos anéis de crescimento, além do fato de que a maioria das células estão dispostas no sentido longitudinal da madeira (OLIVEIRA; SILVA, 2003). Isto corrobora que os dados obtidos para o Pau-branco estão de acordo com o comportamento anisotrópico que as madeiras possuem pelo motivo das diferenças presentes em sua anatomia de acordo com o sentido analisado.

No que diz respeito ao coeficiente de anisotropia, nenhum obteve diferença significativa. Klitzke et al. (2008) encontraram valores um pouco acima dos encontrados no presente estudo e iguais estatisticamente para o coeficiente de anisotropia de cerne e alburno, no estudo da madeira de *Hymenaea* sp. (Jatobá), em que caracteriza como madeira de média estabilidade dimensional. Portanto, os níveis encontrados para o coeficiente de anisotropia da madeira do Pau-branco podem ser considerados como estando no limiar, já que uma madeira é considerada estável quando obtem valores para este índice menor a 1,5, indicando que ambas as faces se alteram de forma aproximadamente iguais, diminuindo o desenvolvimento de defeitos na madeira na ocorrência de sua contração. O mesmo aconteceu com Batista, Klitzke, Santos (2010), em que encontraram valores iguais estatisticamente para alguns dos 5 clones analisados de *Eucalyptus saligna*, *E. grandis* e *E. dunnii*. Vale salientar que as amostras de alburno apresentaram valores altos de contração volumétrica e em contrapartida obtiveram valores menores de coeficiente de anisotropia, indicando que este é menos estável do que o cerne (KLITZKE et al., 2008).

4.2 Propriedade mecânica

4.2.1 Resistência à compressão paralela às fibras

Os resultados obtidos referentes ao ensaio de análise da resistência à compressão paralela às fibras estão descritos na Figura 7, exposta a seguir.

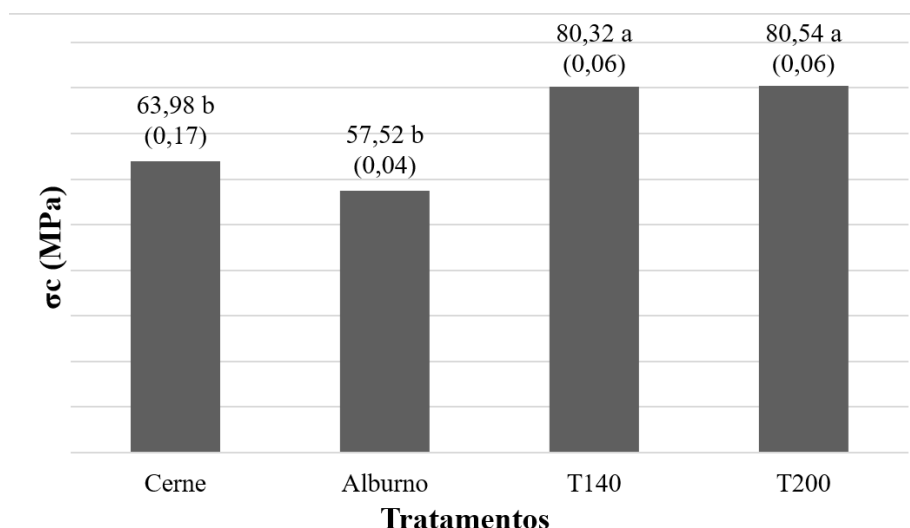


Figura 7. Valores de resistência à compressão paralela às fibras de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco) para cerne e alburno sem tratamento e tratamentos a T140 e T200. Em que: valores seguidos pelas mesmas letras não diferem estatisticamente; valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.

FONTE: A autora (2019).

Para espécies nativas da caatinga, foram encontrados, na literatura, valores semelhantes para a resistência à compressão como 58,25 MPa para a madeira de *Mimosa tenuiflora* (ROCHA et al., 2015) e 64,7 MPa para *Mimosa schomburgkii* (COSTA et al., 2017). Esta informação está em conformidade com os dados encontrados para o Pau-branco referentes ao seu cerne e alburno não tratados, que obtiveram valores estatisticamente iguais para a resistência à compressão paralela às fibras.

Como é possível observar na Figura 7, o tratamento térmico proporcionou um aumento para este parâmetro, mostrando que ambas as temperaturas de termorretificação se fez eficiente no quesito de resistência mecânica à compressão, superando até mesmo o valor da resistência apresentado pelo cerne sem tratamento. Dessa forma, os dados obtidos foram de acordo com o encontrado em pesquisas realizadas anteriormente, como no estudo da

termorretificação de *Pinus taeda* por Silva et al. (2013), que obtiveram aumento da resistência com o aumento de temperatura de tratamento. O mesmo aumento foi encontrado também para madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*, no estudo realizado por Missio (2014).

4.3 Avaliação da luminosidade

Os dados obtidos para o parâmetro da luminosidade estão expostos na Figura 8 apresentada a seguir.

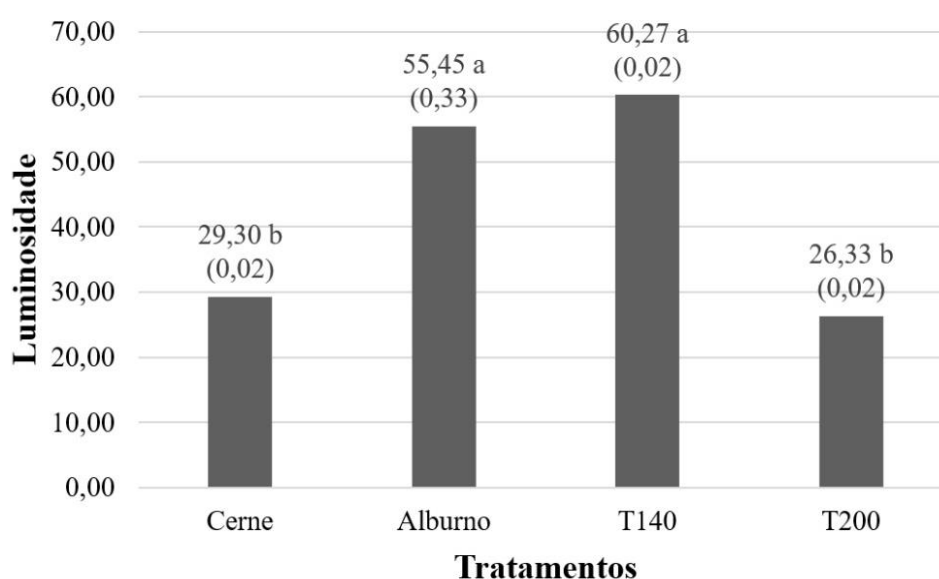


Figura 8. Dados para o parâmetro da luminosidade através da colorimetria da madeira de cerne e alburno, com e sem tratamento térmico, de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco). Em que: valores seguidos pelas mesmas letras não diferem estatisticamente; valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.

FONTE: A autora (2019).

De acordo com Rizzini (1978), a madeira de *Auxemma oncocalyx* possui alburno com uma cor pardo-claro ou amarelado em que o restante da madeira é constituída por uma coloração chocolate, pardo-arroxeadado ou violáceo-escura, possuindo cerne e alburno bem distintos entre si. No estudo da espécie *Tectona grandis*, foram encontrados maiores valores de luminosidade para alburno quando comparados com os do cerne, já que esta madeira possui tais regiões bem distintas (LOPES et al., 2014), da mesma forma que ocorreu com o Pau-branco (Figura 8). Em pesquisas realizadas anteriormente com as espécies *Tectona*

grandis, *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribea* foram observadas uma diminuição no parâmetro da luminosidade à medida que a temperatura de termorretificação aumentava, indicando que o tratamento térmico escurecia a madeira (LOPES et al., 2014; MOURA, BRITO, 2011; ZANUNCIO et al., 2014).

De acordo com as Figura 8 e 9, é possível observar que a termorretificação a T200 escureceu as amostras, deixando-as com valor estatisticamente igual às amostras do cerne. O fato do escurecimento da madeira com o aumento da temperatura de termorretificação foi explicado por Moura, Brito (2011) como sendo proveniente da tendência da madeira à conversão em carvão vegetal, consequentemente, tendendo à cor preta. Tal escurecimento também pode ser justificado a partir dos seguintes motivos: a formação de substâncias oxidativas, provenientes da degradação das hemiceluloses e lignina, além de extrativos, que migram até a superfície da madeira; e o aumento do teor de lignina (LOPES et al., 2014).

O efeito da termorretificação da madeira em sua coloração foi demonstrado na Figura 9 que se segue.

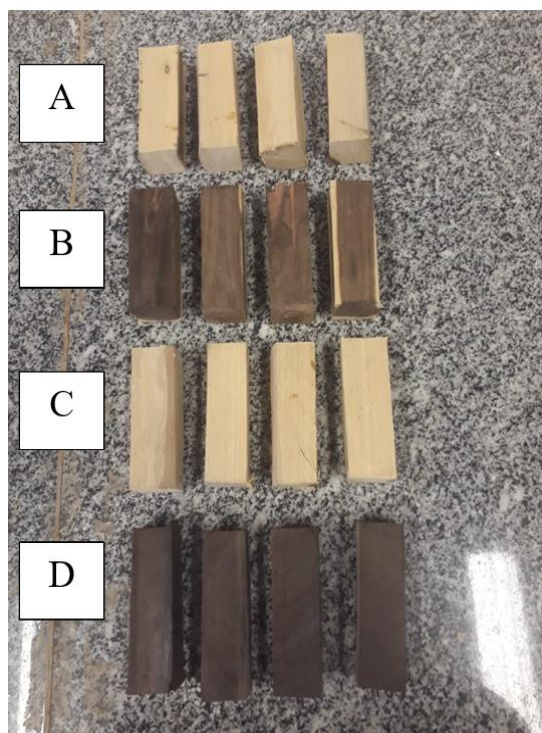


Figura 9. Efeito da termorretificação na luminosidade da madeira do alburno de *Auxemma oncocalyx* (Pau-branco): A – amostras correspondentes ao alburno sem tratamento; B – amostras do cerne; C – amostras termorretificadas a T140; e D – amostras referentes a T200. FONTE: A autora (2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados obtidos e das análises realizadas no presente estudo, pode-se concluir que:

- A termorretificação a 140°C foi suficiente para elevar a massa específica do alburno, enquanto que a 200°C teve como consequência perda de massa, ocorrendo a redução deste parâmetro.
- De forma geral, a temperatura de termorretificação a 200°C se mostrou mais eficiente do que a 140°C no que diz respeito ao aumento da estabilidade dimensional.
- Ambas as temperaturas de termorretificação se mostraram eficientes no aumento da resistência à compressão paralela às fibras, tornando o alburno tratado mais resistente, até mesmo, do que o cerne, podendo ser utilizado para fins que exigem elevada resistência à compressão.
- A termorretificação a 200°C se mostrou adequada na homogeneização da cor do alburno, o aproximando da coloração do cerne.

Como sugestões para trabalhos futuros, é indicada a utilização de outras temperaturas de termorretificação, para saber exatamente qual a temperatura máxima ideal para que o alburno adquira características aproximadas ao cerne do Pau-branco. Além da possibilidade de se analisar a resistência da madeira termorretificada a fungos xilófagos e cupins deterioradores de madeira.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, U. P. ANDRADE, L. H. C. Conhecimento botânico tradicional e conservação em uma área de caatinga no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Revista Acta Botanica Brasilica**, vol. 16, n. 3, p. 273-285, 2002.

ALMEIDA, A. M. C. et al. Avaliação físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Duck e *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 165-173, 2015.

ANJOS, P. F. **Efeitos da termorretificação nas propriedades físicas de três espécies madeireiras da Amazônia**. 2014. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 107 p. 1997.

BATISTA, D. C. KLITZKE, R. J. SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010.

BATISTA, D. C. TOMASELLI, I. KLITZKE, R. J. Efeito do tempo e da temperatura de modificação térmica na redução do inchamento máximo da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 533-540, 2011.

BORGES, L. M. QUIRINO, W. F. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribea* var. *hondurensis* tratado termicamente. **Revista Biomassa e Energia**, vol. 1, n. 2, p. 173-182, 2004.

BRITO, J. O. et al. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, submetida a diferentes temperaturas de termorretificação. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 2, 2006.

CALONEGO, F. W. **Efeito da termorretificação nas propriedades físicas, mecânicas e na resistência a fungos deterioradores da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** 2009. 149 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2009.

CALONEGO, F. W. SEVERO, E. T. D. Variação dimensional das tábuas de *Eucalyptus grandis* durante alguns níveis de tempo e temperatura de termorretificação. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 58-67, 2010.

CARVALHO, P. E. R. Circular técnica: Pau-branco-do-sertão (*Auxemma oncocalyx*). **Embrapa**, Colombo/PR, 2008.

CAVALCANTE, A. C. R. et al. Persistência da folhagem de espécies lenhosas da caatinga durante a estação seca. In: **Reunião anual da SBZ**, Viçosa-MG, 3 p., julho-2000.

COELHO JUNIOR, M. G. **Efeito do tratamento térmico na qualidade da superfície, na resistência mecânica e rigidez da madeira de *Corymbia citriodora*.** 2016. 32 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2016.

COSTA, L. J. et al. Caracterização anatômica e descrição físico-química e mecânica da madeira de *Mimosa schomburgkii*. **Floresta**, Curitiba/PR, v. 47, n. 4, p. 383-390, 2017.

DELUCIS, R. A. et al. Propriedades físicas da madeira termorretificada de quatro folhosas. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 1, p. 99-107, 2014.

DIAS JÚNIOR, A. F. et al. Propriedades físicas e acabamento superficial da madeira de eucalipto termicamente tratada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 3, p. 270-276, 2015.

ELEOTÉRIO, J. R. et al. Massa específica e retratibilidade da madeira de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de Santa Catarina. **Floresta**, Curitiba/PR, v. 45, n. 2, p. 329-336, 2015.

FRANÇA, R. F. **Estrutura anatômica da madeira e do carvão de espécies da caatinga**. 2015. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

FREITAS, A. S. GONÇALEZ, J. C. DEL MENEZZI, C. H. Tratamento termomecânico e seus efeitos nas propriedades da *Simarouba amara* (Aubl.). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 4, p. 565-572, 2016.

GOUVEIA, F. N. **Aplicação de tratamentos térmicos para estabilização colorimétrica de madeiras tropicais**. 2008. 87 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília. Brasília, 2008.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. **Perfil do seu município – Mossoró**. v. 10, p. 1-24, 2008.

KANDEM, D. P. PIZZI, A. JERMANNAUD, A. Durability of heat-treated wood. **European journal of wood and wood products**, v. 60, n. 1, p. 1-6, 2002.

KLITZKE, R. J. et al. Caracterização dos lenhos do cerne, alburno e transição de jatobá (*Hymenea* sp.) visando ao agrupamento para fins de secagem convencional. **Ciência Florestal**, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 279-284, 2008.

LOPES, J. O. et al. Alteração da cor da madeira de teca por tratamento térmico. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 521-534, 2014.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. vol. 2. ed. 3 – Instituto Plantarum, 2009.

MAIA, G. N. **Caatinga**: árvores e arbustos e suas utilidades. ed. 2 – Fortaleza: Printcolor Gráfica e Editora, 2012.

MELO, J. E. CAMARGOS, J. A. A. **A madeira e seus usos**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro/Laboratório de Produtos Florestais/Ministério do Meio Ambiente, 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caatinga**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga.html>>. Acesso em: fevereiro, 2019.

MISSIO, A. L. **Propriedades tecnológicas da madeira de *Eucalyptus* submetida a tratamentos de congelamento e termorreificação**. 2014. 152 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

MODES, K. S. et al. Efeito da termorreificação nas propriedades mecânicas das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 291-302, 2017.

MORAIS, S. A. L. NASCIMENTO, E. A. MELO, D. C. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I – Estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 3, p. 461-470, 2005.

MOURA, L. F. BRITO, J. O. Efeito da termorreificação sobre as propriedades colorimétricas das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribea* var. *hondurensis*. **Ciência Florestal**, Piracicaba, v. 39, n. 89, p. 069-076, 2011.

OLIVEIRA, J. T. S. SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

PAULA, Y. L. **Caracterização anatômica da madeira de três espécies do semiárido**. 2018. 66 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2018.

PEREIRA, R. M. A. et al. Estudos fenológicos de algumas espécies lenhosas e herbáceas da caatinga. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 20, n. 2, p. 11-20, 1989.

PINCELLI, A. L. P. S. MOURA, L. F. BRITO, J. O. Effect of thermal rectification on colors of *Eucalyptus saligna* and *Pinus caribea* woods. **Ciencia y tecnología**, v. 14, n. 2, p. 239-248, 2012.

POUBEL, D. S. **Efeito da termorretificação nas propriedades tecnológicas da madeira normal e de compressão de *Pinus caribea* Morelet.** 2011. 29 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2011.

PRZYBYSZ, M. et al. Resistência biológica a fungos xilófagos da madeira de *Pinus oocarpa* termorretificada. **Revista Madeira**, v. 14, n. 35, p. 25-32, 2013.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil:** Manual de dendrologia brasileira. ed. 2 – São Paulo: Blucher, 1978.

ROCHA, H. L. S. et al. Caracterização físico mecânica da madeira de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) visando seu emprego na indústria moveleira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife/PE, v. 10, n. 2, p. 262-267, 2015.

RODRIGUES, T.O. **Efeitos da torrefação no condicionamento de biomassa para fins energéticos.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

SILVA, G. C. SAMPAIO, E. V. S. B. Biomassas de partes aéreas em plantas da caatinga. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 567-575, 2008.

SILVA, L. L. H. et al. Características dendrométricas, físicas e químicas da *Myracrodruin urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, 2017.

SILVA, M. R. et al. Resistência do *Pinus taeda* termorretificado. **Madeira: Arquitetura e Engenharia**, v. 14, n. 34, 2013.

ZANUNCIO, A. J. V. et al. Química e colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Mill ex Maiden termorretificada. **Revista Árvore**, Viçosa/MG, v. 38, n. 4, p. 765-770, 2014.