



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

MÁRCIA ELLEN CHAGAS DOS SANTOS

**VARIAÇÃO NA DENSIDADE DA MADEIRA PRODUZIDA NA REGIÃO  
SEMIÁRIDA SUBMETIDA A DIFERENTES REGIMES DE IRRIGAÇÃO**

MOSSORÓ

2023

MÁRCIA ELLEN CHAGAS DOS SANTOS

**VARIAÇÃO NA DENSIDADE DA MADEIRA PRODUZIDA NA REGIÃO  
SEMIÁRIDA SUBMETIDA A DIFERENTES REGIMES DE IRRIGAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Linha de Pesquisa: Tecnologias Sustentáveis e Recursos Naturais do Semiárido

Orientador: Rafael Rodolfo de Melo, Prof. Dr.

Co-orientadores:

Mário Vanoli Scatolino, Prof. Dr.

Allyson Rocha Alves, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2023

© 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.

SS237 Santos, Márcia Ellen Chagas dos.  
v Variação na densidade da madeira produzida na região semiárida submetida a diferentes regimes de irrigação / Márcia Ellen Chagas dos Santos. - 2023.  
59 f. : il.

Orientador: Rafael Rodolfo de Melo.  
Coorientador: Mário Vanoli Scatolino.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade, 2023.

1. Densidade básica. 2. variação longitudinal.  
3. variação radial. I. Melo, Rafael Rodolfo de, orient. II. Scatolino, Mário Vanoli, co-orient.  
III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência  
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva  
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MÁRCIA ELLEN CHAGAS DOS SANTOS

**VARIAÇÃO NA DENSIDADE DA MADEIRA PRODUZIDA NA REGIÃO  
SEMIÁRIDA SUBMETIDA A DIFERENTES REGIMES DE IRRIGAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Linha de Pesquisa: Tecnologias Sustentáveis e Recursos Naturais do Semiárido

Defendida em: 20 / 07 / 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Rafael Rodolfo de Melo, Prof. Dr. (UFERSA)  
Presidente e Orientador

---

Mário Vanoli Scatolino, Prof. Dr. (UFERSA)  
Coorientador

---

Diego Martins Stargelin, Prof. Dr. (UFMT)  
Examinador

---

Diva Correia, Pesq. Dra. (Embrapa Agroindústria Tropical)  
Examinador

---

Fernando Rusch, Pesq. Dr. (PNPD-UFERSA)  
Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela proteção e sustento.

Ao meu esposo e aos meus pais, pelo companheirismo e incentivo diário.

As minhas amigas Karla e Thamiris por todo o apoio na área acadêmica e na vida pessoal.

Aos colegas de laboratório, Alice, Ramona, Yuri e Allan por terem sido prestativos durante todo o experimento.

Ao meu amigo Edgley, pela imensurável ajuda que nunca conseguirei retribuir.

Ao meu orientador Rafael, por todo profissionalismo, dedicação e ensino.

A Banca e todos os presentes em minha defesa, pela disponibilidade em avaliar e assistir ao meu trabalho.

À Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE), ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e à Embrapa Agroindústria Tropical pelo suporte financeiro.

Aos demais parceiros do projeto Embrapa Floresta, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), Sindicato das Indústrias de Móveis do Ceará (Sindmóveis), Sindicato das Indústrias de Serrarias Carpintarias e Tanoarias de Fortaleza (Sindserrarias), Instituto de Desenvolvimento Industrial do Ceará (INDI) e Fabricantes Associados de Marco (FAMA) e a Empresa Copan Agroindustrial.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## **VARIAÇÃO NA DENSIDADE DA MADEIRA PRODUZIDA NA REGIÃO SEMIÁRIDA SUBMETIDA A DIFERENTES REGIMES DE IRRIGAÇÃO**

### **RESUMO**

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da madeira de quatorze materiais genéticos (nove espécies, entre nativas e exóticas; e cinco clones de *Eucalyptus*), cultivados sob dois regimes de irrigação pós plantio no Semiárido brasileiro. Para cada genótipo foram selecionadas seis árvores, submetidos a dois regimes de irrigação inicial (até 12 meses; até 36 meses), ambos após o plantio com idade de aproximadamente 11 anos. Para a análise, foram retirados discos de diferentes alturas do fuste: 0% (base), altura do peito (DAP), 20%, 40%, 60%, 80% e 100%. Subamostras do disco nas posições radiais próximo à medula, intermediária e próximo à casca também foram coletadas e saturadas em água para realizar a determinação da densidade, estabelecida pelo método de deslocamento da água. Os sistemas de irrigação provocaram alterações no padrão de variação radial e longitudinal nos clones quanto a proporção de material lenhoso no fuste. Entre as espécies nativas, destacou-se o Angico com alta densidade e pouca madeira juvenil, e o Pau d'arco, com baixa densidade e alta taxa de madeira juvenil. Nas espécies exóticas, o Nim apresentou alta densidade e baixa taxa de madeira juvenil e o Chichá apresentou alta taxa de madeira juvenil e baixa densidade. Nos híbridos de *Eucalyptus*, se destacou o VE38 com densidade elevada e maior teor de material lenhoso. Ocorreu influência dos manejos de irrigação, observada com maior intensidade nas espécies exóticas para o Mogno e a Acácia, e para os clones de *Eucalyptus* VE41 e AEC1528. Os valores das densidades básicas nas árvores variaram no intervalo de 0,35 a 0,85 g.cm<sup>-3</sup>. Houve boa adaptação das espécies nativas, exóticas e dos clones à área de plantio na região Semiárida.

**Palavras-chave:** Densidade básica, variação longitudinal, variação radial.

## **VARIATION IN THE DENSITY OF WOOD PRODUCED IN THE SEMI-ARID REGION SUBJECTED TO DIFFERENT IRRIGATION SCHEMES**

### **ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the wood quality of fourteen genetic materials (nine species, including native and exotic, and five clones of *Eucalyptus*), cultivated under two regimes of post-planting irrigation in the Brazilian semi-arid region. For each genotype, six trees were selected, manifested to two initial irrigation regimes (up to 12 months; up to 36 months), both after planting at an age of approximately 11 years. For the analysis, discs were taken from different heights of the stem: 0% (base), breast height (DBH), 20%, 40%, 60%, 80% and 100%. Disc subsamples at radial positions close to the pith, blood and close to the shell were also collected and tested in water to perform density density established by the water displacement method. The irrigation systems caused changes in the pattern of radial and longitudinal variation in the clones regarding the proportion of woody material in the stem. Among the native species, Angico stood out with high density and little juvenile wood, and Pau d'arco, with low density and high rate of juvenile wood. In the exotic species, Neem showed high density and low rate of juvenile wood and Chichá showed high rate of juvenile wood and low density. In *Eucalyptus* hybrids, VE38 stood out with high density and higher content of woody material. There was influence of irrigation management, observed with greater intensity in exotic species for Mahogany and Acacia, and for *Eucalyptus* clones VE41 and AEC1528. The values of the basic densities in the trees ranged from 0.35 to 0.85 g.cm<sup>-3</sup>. There was good adaptation of native and exotic species and clones to the planting area in the semiarid region.

**Keywords:** Basic density, longitudinal variation, radial variation.

## SUMÁRIO

|                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                                               | <b>11</b> |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                                    | <b>13</b> |
| <b>2.1 Silvicultura na região semiárida do Brasil.....</b>                             | <b>13</b> |
| <b>2.2 Espécies avaliadas.....</b>                                                     | <b>14</b> |
| 2.2.1 Espécies nativas .....                                                           | 15        |
| 2.2.1.1 Angico ( <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan).....                   | 15        |
| 2.2.1.2 Jatobá ( <i>Hymenaea courbaril</i> L.).....                                    | 15        |
| 2.2.1.3 Pau d'arco roxo ( <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. Ex DC) Mattos)..... | 16        |
| 2.2.1.4 Sobrasil ( <i>Colubrina glandulosa</i> var. <i>Reitzii</i> ) .....             | 16        |
| 2.2.2 Espécies exóticas.....                                                           | 17        |
| 2.2.2.1 Mogno africano ( <i>Khaya grandifoliola</i> C. DC.).....                       | 17        |
| 2.2.2.2 Acácia australiana ( <i>Acacia mangium</i> Willd.).....                        | 18        |
| 2.2.2.3 Chichá ( <i>Sterculia foetida</i> L.).....                                     | 18        |
| 2.2.2.4 Nim ( <i>Azadirachta indica</i> A. Juss.) .....                                | 19        |
| 2.2.2.5 Teca ( <i>Tectona grandis</i> Linn. F.).....                                   | 19        |
| 2.2.3 Clones de <i>Eucalyptus</i> .....                                                | 20        |
| <b>2.3 Densidade básica da madeira .....</b>                                           | <b>21</b> |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                                      | <b>23</b> |
| <b>3.1 Espécies selecionadas.....</b>                                                  | <b>23</b> |
| <b>3.2 Condução dos plantios.....</b>                                                  | <b>24</b> |
| <b>3.3 Amostragem das espécies selecionadas .....</b>                                  | <b>25</b> |
| <b>3.4 Determinação da densidade básica .....</b>                                      | <b>26</b> |
| <b>3.5 Análise dos resultados .....</b>                                                | <b>26</b> |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                                  | <b>28</b> |
| <b>4.1 Espécies nativas .....</b>                                                      | <b>28</b> |
| <b>4.2 Espécies exóticas .....</b>                                                     | <b>35</b> |
| <b>4.3 Clones de <i>Eucalyptus</i>.....</b>                                            | <b>40</b> |
| <b>6 CONCLUSÃO .....</b>                                                               | <b>48</b> |
| <b>7 REFERÊNCIAS.....</b>                                                              | <b>44</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Delimitação do semiárido brasileiro. Fonte: Sudene, 2021.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 13 |
| <b>Figura 2.</b> Localização da área experimental de quatorze espécies florestais na região de Marco, estado do Ceará, Brasil. Fonte: Autor, 2023. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 24 |
| <b>Figura 3.</b> Esquema de amostragem: a) Representação da distribuição dos discos no sentido axial do fuste; e, b) Representação das cunhas (no sentido radial) dos discos. Fonte: Autor, 2023.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 26 |
| <b>Figura 4.</b> Posições de coleta dos discos (di) e os respectivos volumes que os mesmos representam (Vi), utilizados para determinação densidade básica ponderada da árvore (Adaptado de VITAL, 1984). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 28 |
| <b>Figura 5.</b> Variação da densidade básica em g.cm <sup>-3</sup> da madeira de quatro espécies nativas na região de Marco, estado do Ceará, Brasil sob os regimes de irrigação até 12 meses (a) e 36 meses (b) após plantio. C – casca; I – posição intermediária; M – medula. *Identificação das espécies analisadas representadas pelas letras: A c – <i>A. colubrina</i> ; C g – <i>C. glandulosa</i> ; H c – <i>H. courbaril</i> e H i – <i>H. impertiginosus</i> . ....                                                                                                                                                  | 31 |
| <b>Figura 6.</b> Dendrograma da influência do manejo de irrigação sobre a densidade básica de quatro espécies nativas do Brasil, implantadas na região de Marco - CE. *Identificação das espécies analisadas representadas pelas letras: A c – <i>A. colubrina</i> ; C g – <i>C. glandulosa</i> ; H c – <i>H. courbaril</i> e H i – <i>H. impertiginosus</i> . ....                                                                                                                                                                                                                                                              | 33 |
| <b>Figura 7.</b> Densidade básica (g.cm <sup>-3</sup> ) em quatro espécies nativas de ampla ocorrência cultivadas em dois regimes de irrigação, implantadas na região de Marco – CE. *Identificação das espécies analisadas representadas pelas letras: A c – <i>A. colubrina</i> ; C g – <i>C. glandulosa</i> ; H c – <i>H. courbaril</i> e H i – <i>H. impertiginosus</i> . ....                                                                                                                                                                                                                                               | 34 |
| <b>Figura 8.</b> Variação da densidade básica em g.cm <sup>-3</sup> da madeira de cinco espécies na região de Marco, estado do Ceará, Brasil sob regimes de irrigação de até 12 meses (a) e 36 meses (b) após plantio. C – casca; I – posição intermediária; M – medula. *Identificação das espécies analisadas representadas pelas letras: A m – <i>A. mangium</i> ; K i – <i>K. grandifoliola</i> ; S f – <i>S. foetida</i> ; T g – <i>T. Grandis</i> ; A i – <i>A. indica</i> . ....                                                                                                                                          | 37 |
| <b>Figura 9.</b> Dendrograma da influência do manejo de irrigação sobre a densidade básica de cinco espécies exóticas, implantadas na região de Marco - CE. *Identificação das espécies analisadas representadas pelas letras: A m – <i>A. mangium</i> ; K i – <i>K. grandifoliola</i> ; S f – <i>S. foetida</i> ; T g – <i>T. Grandis</i> ; A i – <i>A. indica</i> . ....                                                                                                                                                                                                                                                       | 39 |
| <b>Figura 10.</b> Densidade básica (g.cm <sup>-3</sup> ) em cinco espécies exóticas cultivadas em dois regimes de irrigação, implantadas na região de Marco - CE. *Identificação das espécies analisadas representadas pelas letras: A m – <i>A. mangium</i> ; K i – <i>K. grandifoliola</i> ; S f – <i>S. foetida</i> ; T g – <i>T. Grandis</i> ; A i – <i>A. indica</i> . ....                                                                                                                                                                                                                                                 | 40 |
| <b>Figura 11.</b> Variação da densidade básica em g.cm <sup>-3</sup> da madeira de cinco clones de <i>Eucalyptus</i> na região de Marco, estado do Ceará, Brasil sob regimes de irrigação de até 12 meses (a) e 36 meses (b) após plantio. C – casca; I – posição intermediária; M – medula. *Identificação dos clones analisados representadas pelas letras e números: AEC1528 - <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ; VE41 - <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ; GG702 - <i>Eucalyptus urophylla</i> ; GG680 – <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ; VE38 - <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> . .... | 43 |

**Figura 12.** Dendrograma da influência do manejo de irrigação sobre a densidade básica de cinco clones de *Eucalyptus*, implantadas na região de Marco - CE. \*Identificação dos clones analisados representadas pelas letras e números: AEC1528 - *E. urophylla* x *E. grandis*; VE41 - *E. urophylla* x *E. grandis*; GG702 - *Eucalyptus urophylla*; GG680 – *E. urophylla* x *E. grandis*; VE38 - *E. urophylla* x *E. camaldulensis*. ..... 45

**Figura 13.** Densidade básica ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) em cinco clones de *Eucalyptus* cultivados em dois regimes de irrigação, implantadas na região de Marco - CE. \*Identificação dos clones analisados representadas pelas letras e números: AEC1528 - *E. urophylla* x *E. grandis*; VE41 - *E. urophylla* x *E. grandis*; GG702 - *Eucalyptus urophylla*; GG680 – *E. urophylla* x *E. grandis*; VE38 - *E. urophylla* x *E. camaldulensis*. ..... 46

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1.</b> Espécies selecionadas para caracterização tecnológica provenientes de um plantio comercial experimental localizado no município de Acaraú, Estado do Ceará, Brasil. .... | 23 |
| <b>Tabela 2.</b> Classificação da densidade básica das madeiras. ....                                                                                                                     | 28 |

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo de florestas no Semiárido nordestino destina-se principalmente à produção de lenha para o setor energético e madeira em tora para produção de estacas e mourões. Na região, ainda há um predomínio de práticas de agricultura tradicional e predatória bem como a inexistência de uma cadeia produtiva estabelecida para produtos florestais madeireiros. Esses fatores aliados às especificidades climáticas, limitam as oportunidades de desenvolvimento para projetos de investimento florestal (NOGUEIRA FILHO et al., 2017). Apesar disso, a demanda por madeira e produtos de madeiras também é crescente nestas áreas (CORREIA et al., 2017), o que indica a necessidade da realização de mais estudos que busquem não apenas avaliar alternativas para expansão da silvicultura na região Semiárida, como também, analisem a qualidade e as potencialidades da madeira produzidas por tais plantios.

Dos diversos trabalhos referentes a determinação das propriedades físicas e mecânicas de espécies florestais (ZAQUE et al., 2018; CANDATEN et al., 2020; BOZI et al., 2021), poucos investigam o comportamento das características tecnológicas da madeira quando submetidas a efeitos ambientais em áreas que ainda não são exploradas comercialmente ou, que avaliem a influência de diferentes técnicas de manejo de irrigação (necessárias para áreas com reduzidos níveis pluviométricos) na qualidade da madeira produzida. A maior parte dos estudos se restringe a investigação dos parâmetros de crescimento e desenvolvimento inicial de espécies arbóreas (SILVA et al., 2012; SANTOS & SANTOS, 2013; MOREIRA et al., 2013; SANTOS, 2016). Nesta linha, o clima da região Semiárida brasileira caracteriza-se pela insuficiência hídrica devido às chuvas distribuídas irregularmente e intensa irregularidade no tempo e no espaço, provocando periodicamente a ocorrência de secas prolongadas (FERREIRA, 2011; TAVARES et al., 2019).

A escolha e aperfeiçoamento de procedências florestais é conduzido com o intuito de fornecer matéria-prima com elevada eficiência para os diferentes centros industriais e suas respectivas finalidades. Para inferir sobre a qualidade da madeira são realizadas análises de suas propriedades, uma vez que por meio do conhecimento dessas características é possível beneficiá-la e destiná-la adequadamente ao seu uso.

A densidade é uma das principais propriedades avaliadas na madeira. De acordo com Morechi (2010) e Muller (2014), essa propriedade apresenta boa relação com outras características como a resistência, a rigidez e a produtividade além de ser determinada a partir um ensaio simples (MELO et al., 2013; ROCHA et al., 2019; FAJARDO, 2021).

Essa propriedade varia de acordo com a posição da madeira no tronco, tanto no sentido longitudinal (base-topo) quanto no radial (medula-casca), o que ocasiona também alterações em outras propriedades. A variação nesses dois eixos é influenciada pelas diferenças anatômicas, químicas e físicas, que ocorrem ao longo do fuste e se explica pelas mudanças no comprimento das fibras, proporções dos tipos de células, diâmetro celular, espessura da parede celular, lignina, entre outros (DOCHA et al., 2018), que por sua vez estão condicionados à fatores do genótipo, da idade da árvore (OLIVEIRA, 2021; VIDAURRE et al., 2018) e das condições ambientais (DOWNES et al., 2009; HEIN et al., 2016; ELEOTERIO et al., 2018).

Em espécies de rápido crescimento, a exemplo do gênero *Eucalyptus*, é possível verificar essa diferenciação com nitidez (RIOS et al., 2018). Já para espécies nativas, a diferenciação nesses dois sentidos pode ocorrer de forma mais heterogênea em virtude do maior grau de variabilidade genética que essas espécies apresentam, a depender da própria espécie e sua procedência (CASTRO et al., 2019).

Os fatores locais também influenciam na densidade básica da madeira de espécies florestais comerciais e por isso, devem ser considerados como parâmetro importante na avaliação da qualidade da madeira para apoiar a indústria florestal e de processamento e gerenciar plantios florestais com o intuito de expandir os possíveis usos das espécies empregadas (BALASSO et al., 2021).

Nessa conjectura, torna-se importante promover pesquisas desse cunho como subsídio para ampliar o número de áreas que atendam aos requisitos das práticas silviculturais necessárias na produção florestal presumindo-se que algumas das espécies arbóreas nativas, exóticas e clones de *Eucalyptus*, implantadas na região Semiárida apresentem madeira com potencial para o abastecimento industrial. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a densidade básica da madeira de diferentes espécies florestais, produzidas na região Semiárida, mais precisamente no polo moveleiro de Marco, localizado no estado do Ceará, cultivados sob diferentes regimes de irrigação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Silvicultura na região semiárida do Brasil

O Semiárido brasileiro abrange 1.427 municípios distribuídos em dez Estados, entre estes os nove estados Nordestinos, mais parte do Norte do Estado de Minas Gerais e Espírito Santo (Figura 1) (Sudene, 2021).



**Figura 1.** Delimitação do semiárido brasileiro. Fonte: Sudene, 2021.

As atividades econômicas que predominam nessa região compreendem a agricultura familiar, a agropecuária, o turismo e a exploração dos recursos naturais da região. No setor

florestal prevalece a obtenção de matéria-prima para o setor energético, extrativismo relevante que movimenta a economia, tendo em vista, ser a segunda fonte de energia mais utilizada nos estados pertencentes a essa região (BARBOSA et al., 2005; MDR, 2023).

A região semiárida tem como formação vegetal predominante o bioma Caatinga que ocupa aproximadamente 80% da área e apresenta características peculiares em virtude prioritariamente das condições edafoclimáticas, que se distingue pela prevalência de espécies vegetais rústicas de porte arbustivo e muitas vezes espinhoso, com variações fisionômicas e florísticas (PAES et al., 2014).

A busca pelo embasamento bibliográfico a respeito do desenvolvimento de plantios comerciais no arranjo setorial do semiárido resulta de estudos individualizados de espécies nativas do bioma predominante, essencialmente utilizadas para lenha, carvão, estacas, postes e mourões. E eventualmente para outros fins, haja a vista o porte menor dos indivíduos (SILVA, 2008; MAIA, 2004).

Aliado a isso, existem poucos plantios florestais na região, o que dificulta a fundamentação do potencial local, junto ao setor empresarial, visando promover projetos de investimento florestal (CORREIA et al., 2017; NOGUEIRA FILHO et al., 2017). Dessa forma, o suprimento da matéria-prima de origem florestal tem ocorrido, essencialmente, em função da exploração das florestas nativas de forma desordenada e irregular, sem tecnologias que permitam o total aproveitamento dessas espécies, bem como a incorporação de outras.

## 2.2 Espécies avaliadas

O presente texto buscará abordar as principais características das espécies que foram selecionadas para avaliação neste estudo. Ao todo, foram consideradas quatorze espécies, sendo quatro nativas (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Hymenaea courearia* L., *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos e *Colubrina glandulosa* var. *Reitzii*), cinco exóticas (*Acacia mangium* Willd , *Sterculia foetida* L., *Khaya ivorensis* A. Cbev , *Azedarach indica* A. Juss e *Tetona grandis* Linn. F) e cinco clones do gênero *Eucalyptus* (*Eucalyptus urophylla*, *E. urophylla* x *E. grandis*, *E. urophylla* x *E. grandis*, *E. urophylla* x *E. camaldulensis*), implantadas na região do polo moveleiro de Marco-CE, e que apresentaram bom potencial produtivo após dez anos do plantio.

### 2.2.1 Espécies nativas

#### 2.2.1.1 Angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan)

A espécie *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan pertence à família Mimosaceae e é conhecido popularmente também como Angico-branco ou Angico-vermelho. Sua ocorrência se dá em maior parte em Floresta Estacional Semidecidual abrangendo áreas úmidas e secas, adaptada as mais variadas condições climáticas, característica da família a qual se encontra (MAIA, 2004; REGO et al., 2011). No Brasil, perpassa diferentes estados brasileiros, desde o Maranhão até São Paulo, passando por Minas Gerais e Mato Grosso do Sul até o Paraná, sendo uma das espécies lenhosas típicas do bioma Caatinga (LORENZI, 1998).

Considerada uma espécie heliófita e pioneira a secundária inicial. É comumente utilizada na construção civil, produção de lenha e carvão, arborização e recuperação de áreas degradadas e mata ciliar além da produção de produtos farmacológicos através da extração de taninos. Atinge de 12 a 15 metros em área de Caatinga, mas pode chegar a 30 m, com diâmetro de mais um metro em outras áreas de dispersão. Possui tronco mediano e pouco tortuoso, fornece madeira compacta, não elástica, rígida, pesada, com densidade próxima a 1,00 g/cm<sup>3</sup> (JUSTINIANO e FREDERICKSEN, 1998).

#### 2.2.1.2 Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.)

A espécie *Hymenaea courbaril* L. pertencente à família das Leguminosae (Fabaceae) e subfamília Caesalpinoideae. É popularmente conhecida como Jatobá, mas pode apresentar outros nomes de acordo com a geografia a qual está presente. Possui ocorrência abrangente com presença nas regiões Amazônica, Nordeste, Centro-oeste e no estado do Paraná (MARCHESAN, 2012). É considerada uma espécie heliófita com dispersão ampla e irregular e com preferência por solos bem drenados. Seus indivíduos atingem de 6 a 9 metros de altura e diâmetro do tronco de 30 a 50 cm (LORENZI, 2002; ZUBA JUNIOR et al., 2010). A madeira dessa espécie é bastante resistente e apresenta alta densidade, com valores variando de 0,70 a 0,89 g/cm<sup>3</sup> (SAUSEN et al., 2016), com o cerne na coloração marrom-avermelhada e alburno na coloração marrom pálido distintos. Apresenta ainda grã cruzada irregular, brilho moderado e textura média (Figura 3).

A madeira é caracterizada como dura e apresenta uma difícil trabalhabilidade. Contudo, é resistente a pressão de pregos e parafusos, bem como a utilização de colas e adesivos. Possui uma elevada resistência natural a ataques de fungos e cupins. A madeira é comercializada no

Brasil e no exterior especialmente para utilização na construção civil, móveis, laminados, fabricação de ferramentas e instrumentos musicais (MARCHESAN, 2012; SOUZA et al., 1997). Almeida (2020) também avaliando as características tecnológicas dessa espécie indica sua utilização para produção de mobiliário, construção civil e esquadrias.

#### 2.2.1.3 Pau d'arco roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos)

A espécie *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos pertence à família Bignoniaceae e é comumente conhecida como pau d'arco-roxo ou ipê-roxo (Figura 4). É uma espécie nativa do Brasil, Argentina, Bolívia e Paraguai (LORENZI, 2002). No Brasil, são encontradas mais de 14 espécies de ipês que se dispersam tanto na região sudeste quanto nordeste, nos biomas Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal e Amazônia (FERNANDES et al., 2018). Considerada semidecídua, apresenta porte arbóreo com altura 8 a 20 m, podendo chegar até 30 m, constituindo o extrato superior da floresta com elevada longevidade (LORENZI, 2002; MAIA-SILVA et al., 2012). A densidade da madeira é da ordem de 1,00 g/m<sup>3</sup>, possuindo coloração escura e alburno claro. Além de uma superfície é pouco brilhante, lisa e de aspecto oleoso.

Sua utilização vai desde a fabricação de móveis e assoalhos finos, pontes, mourões, construção civil e naval em virtude de a madeira apresentar uma boa qualidade, durabilidade e resistência contra organismos xilófagos (MEDEIROS NETO et al., 2014; MAIA, 2004). Também pode ser utilizada para a produção de fármacos com ação anti-inflamatória, analgésica, antibiótica e antineoplásica (LIMA et al., 2014).

#### 2.2.1.4 Sobrasil (*Colubrina glandulosa* var. Reitzii)

A espécie *Colubrina glandulosa* var. Reitzii pertence à família das Rhamnaceae e é reconhecida popularmente como sobrasil, saguari e falso-pau-brasil. De forma natural, é encontrada na Bolívia e Paraguai, já no Brasil ocorre na região Nordeste, Sul e Sudeste, nos Estados do Ceará, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. É considerada uma árvore heliófita, de vegetação secundária, com altura entre 5 e 25 m de altura e diâmetro de 30 a 80 cm com idade adulta. Seu fuste tende a ser cilíndrico e reto com casca de até 10 mm e coloração marrom-escura ou marrom-acinzentada, rugosa e áspera como apresentada na Figura 5 (CARVALHO, 2003).

A madeira é densa, apresentando valores variando de 0,80 a 1,00 g/cm<sup>3</sup>. Também é resistente a deterioração e ao apodrecimento nos ambientes úmidos e alagados, muito semelhante à do pau-brasil. A madeira é usada em construção civil, em caibros, vigamentos, tabuados e em construção naval (CRISÓSTOMO et al., 2020). Pode ser aplicada em obras externas e hidráulicas como: pontes, dormentes, postes telegráficos e de rede elétrica, esteios, estacas e cabos de ferramentas (CARVALHO, 2003).

## 2.2.2 Espécies exóticas

### 2.2.2.1 Mogno-africano (*Khaya grandifoliola* C. DC.)

A espécie *Khaya grandifoliola* pertence à família das Meliaceae e ocorre em todas as regiões tropicais da África, Ásia e Américas. Foi introduzido no Brasil a fim de substituir o uso do mogno-brasileiro. É considerada uma árvore de alto valor comercial por ter um rápido crescimento, madeira de qualidade e alta resistência ao ataque de pragas. Considerada de porte elevado, com indivíduos que atingem dimensões próximas de 50 m de altura e 200 cm de DAP na idade adulta. O tronco se mostra geralmente ereto, sem tortuosidades e sistema radicular amplo. O fuste é retilíneo e cilíndrico, a casca com coloração marrom-avermelhado (Figura 6) (FALESI, 1999; CARVALHO, 2006).

Considera-se uma heliófila, mas tem sido reconhecido como tolerante a moderados níveis de luz, podendo sobreviver sob o dossel, por causa do baixo ponto de compensação de luz. É classificada como espécie pioneira ou secundária tardia e emergente quanto posição sociológica. A madeira do mogno é moderadamente densa (0,48 g.cm<sup>-3</sup>), com 12% a 15% de umidade, tem resistência moderada ao apodrecimento e alta ao ataque de cupins de madeira. Apresenta superfície lisa, brilhante e fácil de ser trabalhada, recebendo acabamento um tanto esmerado. Em virtude valor estético, cultural e financeiro é uma das mais reputadas madeiras do mercado mundial (MAINIERI E CHIMELO, 1989; LEMOS FILHO e DUARTE, 2001).

É muito utilizado em movelaria, faqueado, construção naval, painéis, régua de cálculo, objetos de adorno, esquadrias, folhas faqueadas decorativas e laminados, contraplacados especiais, instrumentos científicos de alta precisão, acabamentos internos em construção civil como guarnições, venezianas, rodapés, molduras, assoalhos, indústria de aviação, e para fazer instrumentos musicais, especialmente pianos (CARVALHO, 2006; RIBEIRO et al, 2017).

#### 2.2.2.2 Acácia australiana (*Acacia mangium* Willd.)

A espécie *Acacia mangium* Willd. pertence à família Leguminosae é nativa da região Noroeste da Austrália, Papua Nova Guiné e Leste da Indonésia e em áreas tropicais e subtropicais (LEMMENS et al., 1995). Contudo, sua incorporação em plantios em outros países ocorre de forma eficiente em virtude do seu crescimento vigoroso, tolerância a solos ácidos e pobres e a presença de doenças. Possui uma boa adaptação em locais com elevada competição e as boas propriedades da madeira pode ser utilizada em diversos fins (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1983; GONÇALVES e LELIS, 2012).

É uma espécie pioneira e heliófita que aparece de forma dispersa nas margens de áreas de cultivos agrícolas ou nas margens de florestas naturais. Em seu habitat natural, alcança de 25 a 30 m de altura e 90 cm de diâmetro à altura do peito (DAP). Geralmente apresenta fuste reto, com ramificações que começam acima da metade da altura total (Figura 7). A densidade da madeira varia entre 0,42 e 0,60 g.cm<sup>-3</sup> (MACKEY, 1996).

Embora o foco da utilização dessa espécie seja a produção de celulose e energia, a fácil tratabilidade da madeira produzida permite que ela seja adequada para outros usos, tais como: a fabricação de painéis de madeira, utensílios para agricultura e produtos para as construções em geral (ROSSI et al., 2003).

#### 2.2.2.3 Chichá (*Sterculia foetida* L.)

A espécie *Sterculia foetida* L. é de origem asiática e foi introduzida no Brasil com a finalidade de ornamentar e gerar sombra. Pertence à família Sterculiaceae, é também reconhecida como chichá-fedorento. É uma árvore de porte grande, reta e decídua, crescendo até 40 m em áreas de origem natural (Figura 8). Chega a medir 20 metros de altura em outras geografias, além de possui folhas alternas, flores vermelhas que exalam odor forte e característico, sementes comestíveis, das quais se extrai óleo, e casca e folhas que possuem propriedades diuréticas utilizado na arte culinária oriental, como combustível e na produção de sabão (SANTOS et al., 2004).

Há poucos estudos referentes as propriedades da madeira, contudo, observa-se que se apresenta como uma madeira de coloração parda, leve, mole e de baixa durabilidade quando exposta ao tempo. Em virtude de sua beleza, é muito usada e recomendada em projetos de paisagismo e arborização em geral. Também é usada em obras internas como forros e taboados, na fabricação de palitos de fósforos. É um material que apresenta potencial para a produção de

celulose e papel devido às fibras do caule, além de ser muito utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas (KAVITHA et al., 2015; LORENZI, 1998).

#### 2.2.2.4 Nim (*Azadirachta indica* A. Juss.)

A espécie *Azadirachta indica* A. Juss., pertencente à família Meliaceae, é uma espécie subtropical, natural de Burma e das regiões áridas da Índia. Essa espécie se popularizou de forma intensa no Brasil e em países de outros continentes com o intuito de fornecer produtos alternativos aos agrotóxicos, como extratos de frutos, sementes, ramos e folhas, e para controlar pragas em culturas (SCHMUTTERER, 1990; MORDUE e BLACKWELL, 1993).

Também pode ser reconhecida com os nomes de neen ou margosa, possui preferência a climas tropicais e subtropicais, se mostrando tolerante a altas temperaturas e resistindo a longos períodos secos (NEVES et al., 2003). É uma árvore de crescimento rápido, podendo alcançar de 10 a 20 m de altura, com tronco semiereto a reto, marrom-avermelhado, de 30 a 80 cm de diâmetro (Figura 9). Apresenta um sistema radicular que pode atingir profundidade de até 15 m, e pode ser usada para arborização de ruas e praças, fabricação de móveis, mourões, estacas, esteios, ripas, caibros e utensílios domésticos (SODEPAZ, 2006). Possui propriedades de ação repelente e de alteração no crescimento e desenvolvimento de um grande número de espécies de pragas (FREIRE et al., 2010).

A madeira tem coloração avermelhada, é dura e resistente a ataques de térmitas ou apodrecimento. O cerne é muito rico em tanino e sais inorgânicos de Cálcio, Potássio e Ferro. Em plantios na região Semiárida do Nordeste brasileiro, a madeira apresentou densidade básica de 0,57 g/cm<sup>3</sup> e porcentagem de carbono fixo de 81,82%, o que revela seu grande potencial para fins energéticos (ARAÚJO, 1999; PATRÍCIO, 2005).

#### 2.2.2.5 Teca (*Tectona grandis* Linn. F.)

A espécie *Tectona grandis* Linn. F. pertence à família Lamiaceae. É originária da Índia, Mianmar, Laos e Tailândia com maior concentração na Ásia tropical. No Brasil, foi introduzida na década de 60 principalmente nos estados do Mato Grosso, Pará e Roraima. Apresenta-se como uma espécie arbórea de rápido crescimento, heliófita e de grande porte, podendo alcançar 2,50 m de diâmetro e ultrapassar 50 m de altura em sua área de ocorrência natural. Já em outras

geografias, tem atingido em média valores entre 10 a 20 m de altura (BONDUELLE et al., 2015; KHERA et al., 2013).

É uma planta de tronco retilíneo, de fácil cultivo e muito resistente ao fogo (Figura 10). Sua madeira nobre, de excelente qualidade, é valorizada pela beleza e durabilidade. Tem característica de ser imune à ação dos fungos apodrecedores e insetos, sendo muito usada na marcenaria para produção de móveis finos e para decoração de ambientes internos e externos. É muito utilizada na construção naval, além de ser empregada comumente como fonte de lenha e carvão vegetal. Situa-se dentre as preferidas para o reflorestamento, para a produção de madeira sólida e laminados, sendo encontrado muitos locais de cultivos distribuídos pelo mundo (MACEDO et al., 2005; ROCHA et al., 2015). A madeira possui alburno estreito e claro que se destaca do cerne, em virtude da sua coloração castanha viva e brilhante. Apresenta densidade aparente média de 0,64 g/cm<sup>3</sup> a 12% de umidade (PINTO, 2007; PELISSARI et al., 2014), sendo considerada uma madeira de densidade moderada e de boa resistência mecânica (ROCHA et al., 2015).

### 2.2.3 Clones de *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus* foi introduzido no Brasil em meados do século XIX com finalidade inicial de ornamentação seguida de reflorestamento. Contudo, o avanço tecnológico nesse setor promoveu o fortalecimento e disseminação dessa essência nos polos industriais florestais do país. Este gênero abrange um elevado número de espécies utilizadas para os mais diferentes fins, como produção de carvão vegetal, celulose, papel, móveis e estruturas para construção civil (PEREIRA et al., 2000).

Cada espécie apresenta características físicas, mecânicas, estéticas e comportamentos diferenciados que promovem o mais variado uso e a substituição de espécies nativas. Entre outras características, procedências desse gênero mostram alta produtividade, idade reduzida de corte, homogeneidade de matéria-prima e custo competitivo da madeira, além da possibilidade de usos múltiplos. A madeira também tem a presença de um alburno delgado com coloração clara e pouco brilho, apresentando grã-direita a revessa (Figura 11) e massa específica com valores variando de 0,40 a 1,20 g/cm<sup>3</sup>, sendo macia a moderadamente dura ao corte (SOUZA et al., 2009; OLIVEIRA, 2003).

Os clones possuem alta produtividade volumétrica em madeira, e tem como principais objetivos o emprego para produção de celulose e carvão vegetal. Contudo, são necessários

maiores estudos quanto à sua qualidade (LIMA et al., 2007), principalmente para fins que usualmente estas não são empregadas, como produções de móveis.

Uma das espécies mais plantadas no Brasil do gênero *Eucalyptus* é o *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake juntamente com seu híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*. Essas espécies possuem um grande potencial de adaptação a ambientes variados, desde as regiões tropicais úmidas até as subtropicais. Também aponta uma boa produtividade, resistência a doenças e rápido crescimento (CARVALHO, 2000).

### 2.3 Densidade básica da madeira

A densidade básica é uma propriedade física e serve como parâmetro de qualidade da madeira para utilização desse material nos diferentes setores florestais. A partir da determinação da densidade é possível caracterizar diferentes árvores de uma mesma espécie, diferentes regiões de uma mesma árvore e diferentes tipos de madeiras. É um dos índices mais utilizados pois correlaciona diretamente o rendimento em massa, a umidade e as propriedades físicas da madeira (JUNIOR et al, 2019; LIMA et al, 2020; LOBATO et al, 2020).

A densidade é definida como a massa da unidade de volume e é expressa comumente por meio da relação entre o peso seco da madeira e o seu volume saturado. Atualmente, há diferentes formas de determinar a densidade, porém a utilização de pequenas amostras de madeira com a aplicação do deslocamento de líquidos é o mais usual (Figura (FOELKEL et al., 1971; VITAL, 1984; CIRILO et al, 2021).

A complexidade dessa característica é resultado da combinação de diversos constituintes que compõem o material lenhoso vegetal, como fibras, vasos e parênquimas, que uma vez arranjados, formados em períodos distintos, com tamanhos e proporções diferentes promovem a diferenciação nos valores da densidade básica das espécies. Além disso, a densidade da árvore mesmo que numa mesma espécie sofre variação sob influência da idade da árvore, do genótipo, do clima, localização geográfica e dos tratos silviculturais (COSTA et al, 2010; COELHO et al, 2021).

Oliveira et al (2021) verificaram correlação entre a densidade básica da madeira e densidade aparente do carvão vegetal do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* sob influência dos espaçamentos de plantio, Ribeiro et al (2021) observaram relação diretamente proporcional da densidade básica com a resistência e a rigidez de três espécies nativas do cerrado, Maciel et al. (2020) reportaram que a densidade básica da madeira adulta é

maior que a densidade da madeira juvenil ao estudar *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, Jesus et al (2020) e SOARES (2022) averiguaram variação intraespecífica de densidade básica em uma espécie do gênero *Eucalyptus* valores muito baixos na região medular e de crescimento nas posições mais externas do tronco.

Na literatura são apresentados inúmeros trabalhos a respeito da determinação da densidade básica da madeira de espécies florestais nativas, exóticas e clones, exploradas comercialmente com o intuito de nortear o uso racial e ampliar o uso de procedências para o abastecimento da indústria de papel e celulose, mobiliário, construção civil e afins por meio de testes de seleção e melhoramento genético e técnicas de manejo com diversificadas práticas silviculturais (BATISTA et al, 2010; SILVA, 2019; MAGALHÃES et al, 2020; OLIVEIRA, 2022).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Espécies selecionadas

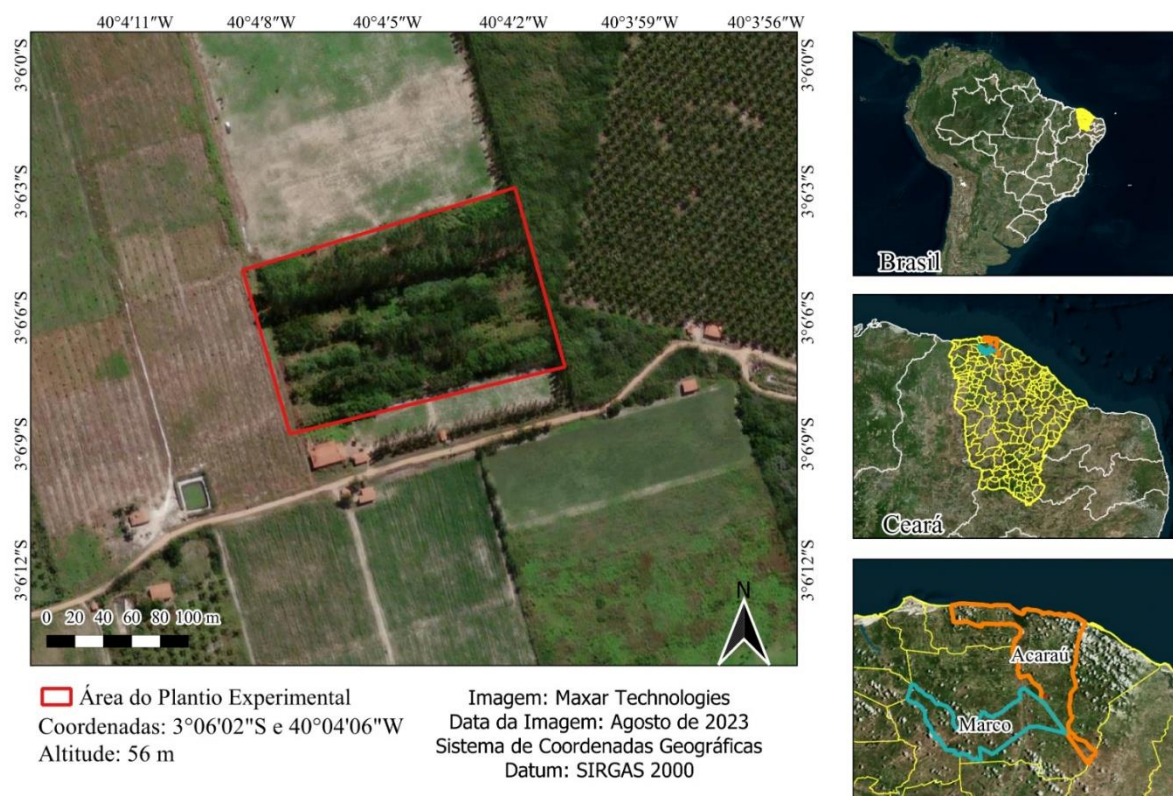
Para a realização da pesquisa foram selecionadas quatorze espécies, sendo quatro nativas, cinco exóticas e cinco clones de *Eucaliptus* (uma espécie e 4 híbridos) com idade de aproximadamente 11 anos, implantados entre os municípios de Acaraú e Marco, ambos localizados na Região Semiárida do Estado do Ceará, Brasil (Tabela 1). Estes foram cultivados em um lote manejado do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú, situado a 2,2 km da margem direita da CE-178 (longitude: 03°06'02" S, latitude: 40°04'06" O e altitude de 56 m acima do nível do mar) (Figura 1). De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Aw' (tropical com inverno seco) com estação chuvosa entre os meses de janeiro e abril, e estação seca entre os meses de maio a dezembro (ANDRADE et al., 2018). A precipitação média anual é de aproximadamente 1.000 mm, com temperatura média anual de 28 °C, podendo variar entre 23 a 34 °C, e umidade relativa do ar média anual de 70% (CARVALHO et al., 2020). O relevo é razoavelmente plano, com solos geralmente profundos, bem drenados, e de textura média ou média/leve e muito permeáveis (INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ, 2017).

**Tabela 1.** Espécies selecionadas para caracterização tecnológica.

| Nome comum      | Nome científico                                        | Classificação              | Ht (m) | DAP   |
|-----------------|--------------------------------------------------------|----------------------------|--------|-------|
| Angico          | <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan          | Nativa de ampla ocorrência | 13,31  | 16,12 |
| Jatobá          | <i>Hymenaea courbaril</i> L.                           | Nativa de ampla ocorrência | 9,99   | 10,14 |
| Pau d'arco roxo | <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. Ex DC) Mattos | Nativa de ampla ocorrência | 18,88  | 20,63 |
| Sobrasil        | <i>Colubrina glandulosa</i> var. Reitzii               | Nativa de ampla ocorrência | 13,57  | 14,48 |

|          |                                               |                             |        |       |
|----------|-----------------------------------------------|-----------------------------|--------|-------|
| Mogno    | <i>Khaya grandifoliola</i> C. DC.             | Exótica                     | 11,63  | 13,43 |
| Acácia   | <i>Acacia mangium</i> Willd.                  | Exótica                     | 20,48  | 28,06 |
| Chichá   | <i>Sterculia foetida</i> L.                   | Exótica                     | 13,23  | 16,41 |
| Nim      | <i>Azedarach indica</i> A. Juss               | Exótica                     | 10,88  | 15,58 |
| Teca     | <i>Tectona grandis</i> Linn. F                | Exótica                     | 13,73  | 15,96 |
| GG 702   | <i>Eucalyptus urophylla</i> S. T. Blake       | Clones de <i>Eucalyptus</i> | 29,48  | 27,45 |
| GG 680   | <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>       | Clones de <i>Eucalyptus</i> | 28,60  | 24,02 |
| VE 41    | <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>       | Clones de <i>Eucalyptus</i> | 332,69 | 35,86 |
| VE 38    | <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> | Clones de <i>Eucalyptus</i> | 29,86  | 31,25 |
| AEC 1528 | <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>       | Clones de <i>Eucalyptus</i> | 26,59  | 28,03 |

Ht = altura total; DAP = diâmetro a altura do peito.



**Figura 2.** Localização da área experimental de quatorze espécies florestais na região de Marco, estado do Ceará, Brasil. Fonte: Autor, 2023.

### 3.2 Condução dos plantios

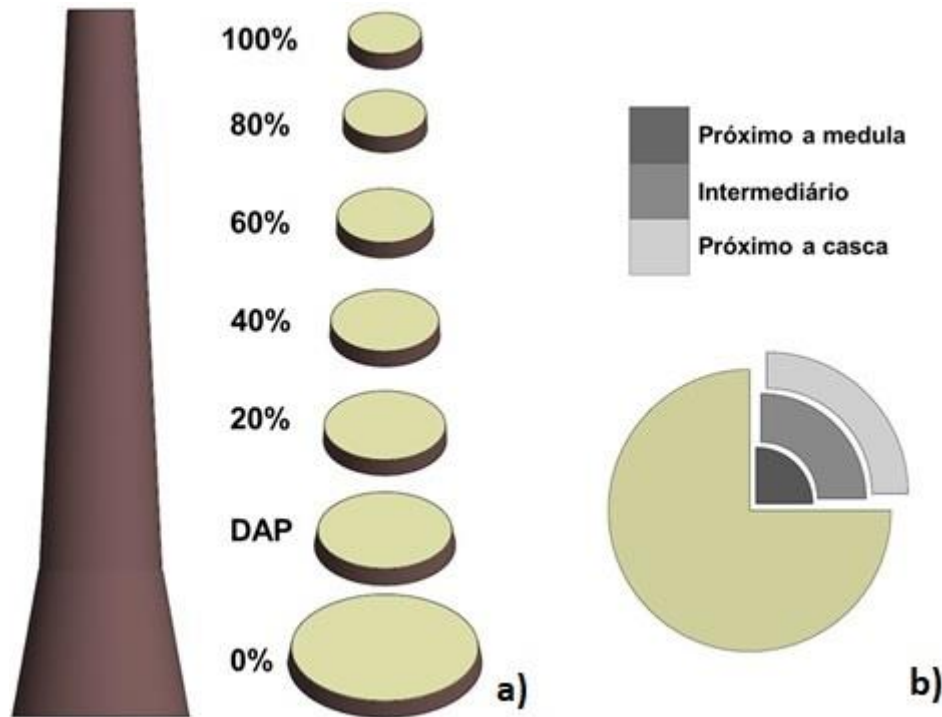
O plantio das espécies foi realizado em três linhas, sendo cada linha constituída por 15 plantas. Foi adotado um espaçamento 3 x 2 m, sendo 3 m entre linhas e 2 m entre plantas na linha, sendo que a primeira e a terceira linhas foram utilizadas como bordadura. Inicialmente, todas as espécies e os clones foram submetidos ao sistema de irrigação por micro aspersão por um período de 12 meses. Após esse período, uma parte do experimento foi conduzida sem irrigação e a outra parte permaneceu com irrigação contínua até os 36 meses.

Aos quatro anos após o plantio dos clones, foi realizado um desbaste sistemático equivalente a 50% dos indivíduos. Para as espécies nativas e exóticas, após esse mesmo período de tempo de instalação do experimento, foi realizado um desbaste seletivo equivalente a 30% dos indivíduos. Tais procedimentos resultaram no aumento do espaçamento para otimizar o desempenho dos indivíduos remanescentes. A condução do estudo foi realizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Dessa forma, o desenho experimental da área implantada foi constituído por 14 quatorzes materiais genéticos e 2 manejos de irrigação.

### **3.3 Amostragem das espécies selecionadas**

Para a seleção das amostras, foram coletados seis indivíduos (3 para cada tipo de irrigação) de cada espécie nativa e exótica, bem como dos cinco clones de *Eucalyptus*, aproximadamente 11 anos após o plantio. Para garantir uma maior qualidade e confiabilidade nos resultados, foram selecionadas árvores-amostras com boas condições fitossanitárias e com ausência de nós e/ou bifurcações até a altura comercial de seu fuste. A amostragem considerou ainda as duas condições de manejo que árvores foram submetidas um com irrigação até 12 meses e outro até 36 meses, ambos após plantio.

Foram retirados discos de 5 cm de espessura ao longo do fuste nas posições correspondentes a 0% (base), DAP, 20 %, 40 %, 60 %, 80 % e 100 % da altura total (Figura 13a). A preparação das amostras para as análises físicas da madeira ocorreu a partir de cunhas de ¼ de cada disco (Figura 13b). De cada fração, foram retiradas três subamostras com formas e tamanho irregulares, no sentido radial (próxima à medula, intermediário e próxima à casca).



**Figura 3.** Esquema de amostragem: a) Representação da distribuição dos discos no sentido axial do fuste; e, b) Representação das cunhas (no sentido radial) dos discos. Fonte: Autor, 2023.

### 3.4 Determinação da densidade básica

As cunhas obtidas a partir dos discos de cada espécie foram submersas em água durante 14 dias até a saturação completa das paredes celulares (ponto de saturação das fibras – PSF), para obtenção do volume saturado dos corpos de prova. As amostras saturadas tiveram o volume determinado pelo método de deslocamento da água (método de imersão), conforme procedimentos descritos por Vital (1984) e pela norma Norma Técnica (NBR) 11941 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003). Seguidamente, as amostras foram colocadas na estufa a  $103 \pm 2$  °C até alcançarem a massa constante. A densidade básica foi obtida pela relação entre massa seca e volume saturado.

$$Db \text{ (g.cm}^{-3}\text{)} = \frac{Ps}{V \text{ (deslocado)}} \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde, Db = densidade básica em g.cm<sup>-3</sup>; Ps = peso seco da amostra; V = volume do líquido deslocado.

### 3.5 Análise dos resultados

Os dados foram tabulados considerando as diferentes variações nos sentidos radial e axail do fuste. Em seguida, realizou-se a organização e interpolação dos dados com o intuito de alcançar a distribuição da densidade da árvore ao longo do fuste utilizando uma planilha do Software Microsoft Excel. A partir dos resultados obtidos, foram geradas imagens gráficas que permitissem a identificação da variação de densidade dentro da árvores. Os softwares utilizados foram: o AutoCAD versão 2021, para o esboço da figura em forma de árvore; ArcMap versão 10.5, para adicionar os valores da densidade básica em seus respectivos pontos na árvore e promover a diferenciação na coloração nos intervalos da variável estudada e por fim; o CorelDraw, versões 2021, para organizar e melhorar a qualidade das imagens.

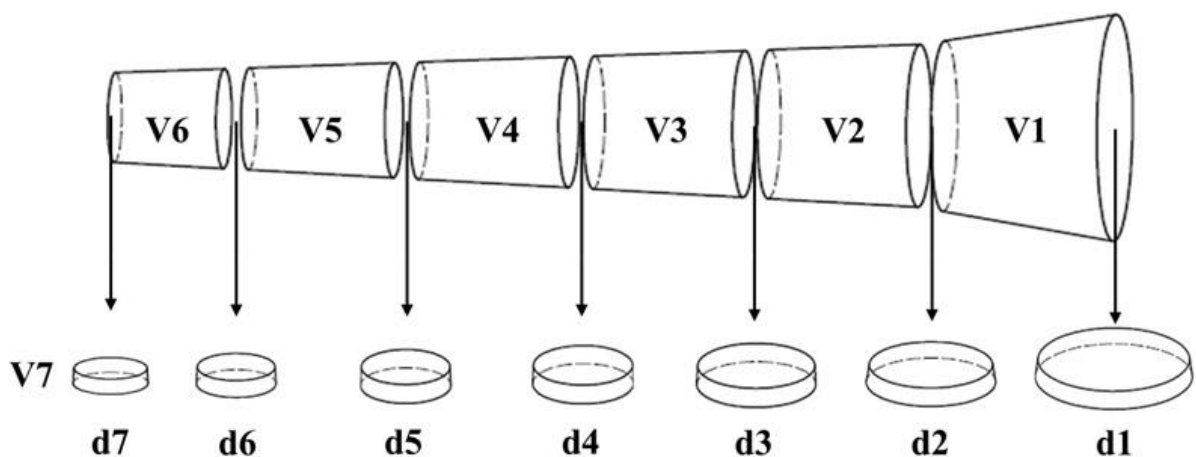
Foram consideradas as variáveis: espécies/clones com quatorze níveis, e dois regimes de irrigação pós plantio (até 12 meses e até 36 meses).

Realizou-se uma análise multivariada para verificar similaridade quanto ao parâmetro densidade, entre os diferentes tratamentos avaliados (espécies e tempo de irrigação). O procedimento adotado foi a utilização de dendrogramas, adotando o método de Ward, onde foi estabelecido para efeito de comparação o percentual de 20% dissimilaridade.

A densidade média da árvore foi determinada, considerando a proporcionalidade do volume representado por cada cunha da madeira, conforme recomendado por Vital (1984), seguindo os procedimentos que podem ser observados Equação 2 e Figura 14. O volume de cada segmento da árvore (toras) foi determinado pelo método de Smalian.

$$\rho = \frac{\sum d_i \times V_i}{V} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:  $d_i$  = densidade média dos discos;  $V_i$  = volume que cada disco representa;  $V$  = volume total da árvore.



**Figura 4.** Posições de coleta dos discos (di) e os respectivos volumes que os mesmos representam (Vi), utilizados para determinação densidade básica ponderada da árvore (Adaptado de VITAL, 1984).

Os valores de densidade da árvore, foram comparados por meio de estatística descritiva (média e desvio padrão). Os valores obtidos, foram utilizados para classificação das madeiras, categorizando-as conforme a classificação apresentada por ZAQUE *et al.* (2019) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Classificação da densidade básica das madeiras de quatorze espécies florestais na região de Marco, estado do Ceará, Brasil. Fonte: Autor, 2023.

| Massa específica            | Classificação        |
|-----------------------------|----------------------|
| $\leq 0,40 \text{ g/cm}^3$  | Muito leve           |
| 0,41 a 0,55 $\text{g/cm}^3$ | Leve                 |
| 0,56 a 0,75 $\text{g/cm}^3$ | Moderadamente pesada |
| 0,76 a 0,95 $\text{g/cm}^3$ | Pesada               |
| $\geq 0,96 \text{ g/cm}^3$  | Muito pesada         |

Fonte: ZAQUE et al. (2019)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Espécies nativas

A figuras 5 representa a variação da densidade nos sentidos radial e axial do fuste de quatro espécies nativas do Brasil, localizadas em um plantio experimental na região Semiárida, sob dois diferentes sistemas de irrigação.

No sentido radial, observou-se a tendência de valores inferiores na região da medula para todas as espécies em todas as alturas testadas, já os maiores valores se mantiveram na região periférica do tronco. Na sentido axial, os valores mais elevados de densidades se concentraram na região basal das árvores para as espécies de *C. glandulosa* e *A. colubrina*, enquanto a *H. impetiginosus* obteve maior densidade no ápice da árvore. Já a *H. courbaril*, se mostrou mais densa em posições intermediárias, próximo a 60% da altura.

Nogueira e Castro (2021) encontraram resultado semelhante ao avaliar a madeira de *Mimosa tenuiflora*, em que os valores médios da densidade básica se mantiveram nas proporções inferiores e centrais do tronco desta espécie(área da base e 50% a 75%), sugerindo a maior quantidade de cerne nestas regiões do fuste para explicar esse resultado.

A tendência de aumento da densidade básica no sentido medula-casca como ocorreu nas espécies nativas é considerada como padrão à maioria das espécies florestais, e relaciona-se com à diferenciação da espessura das paredes das fibras e nos tipos de células que constituem

o material lenhoso nessas regiões no tronco, sendo observados por diversos autores (OLIVEIRA e SILVA, 2003; SILVA et al., 2019; ARAÚJO et al., 2020; ABRAHÃO et al., 2020).

Houve variação no padrão de distribuição da densidade com relação a proporção de lenho mais e menos denso no tronco ao longo do fuste, quando se comparou as diferentes espécies. Contudo, ao compará-las individualmente e sob os dois sistemas de irrigação, notou-se que ocorreu um aumento nos valores da densidade básica quando irrigadas por 12 meses após plantio.

Na espécie *C. glandulosa*, a maior proporção de lenho denso se apresentou da base até próximo a altura de 20% atingindo desde a região da casca até a área intermediária do fuste. Seguido de uma estreita camada também na área da casca até atingir 80 % da altura total. Já a maior representação de lenho menos denso se concentrou a partir da altura de 20% próximo a região da casca e, intensamente em toda região do tronco a partir de 80% da altura total. Esse comportamento foi visualizado quando submetidas aos dois regimes de irrigação conforme apresentado também na Figura 5.

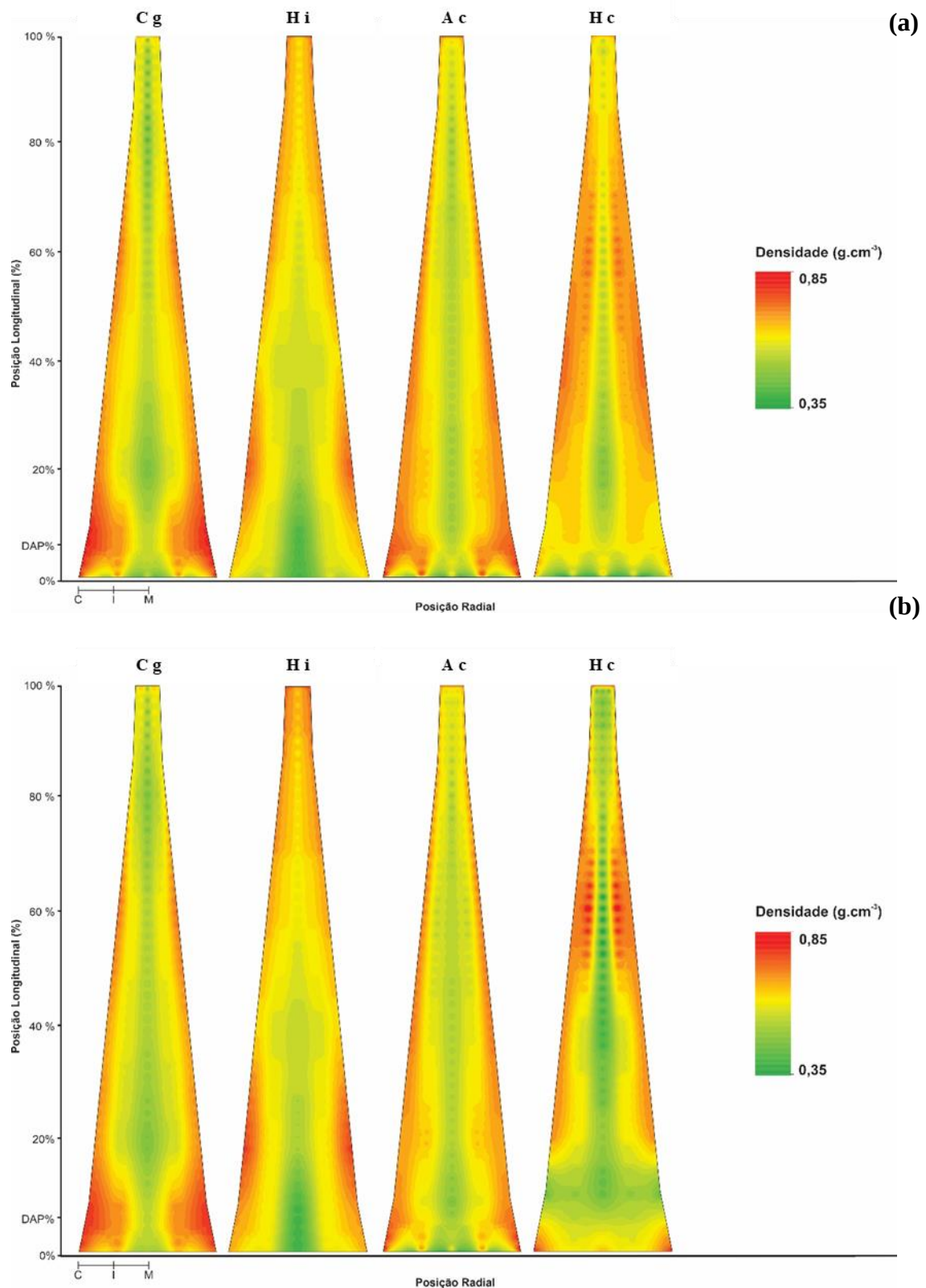
Para a *H. impetiginosus* a maior densidade localizou-se na região da casca na altura acima do DAP até 35%, sendo mais expressiva nas árvores submetidas ao sistema de irrigação até 36 meses após plantio (Figura 5b), porém, mantendo o mesmo padrão na distribuição do parâmetro avaliado. Ocorreu maior proporção de material menos lenhoso na região referente a 40% e na região da medula, da base até acima de 20% da altura de forma mais intensa. Após essa posição, a variação da densidade para os dois tratamentos se manteve estável até a altura total.

Nas árvores da espécie *A. colubrina*, a distribuição dos valores de densidade ocorreu de forma semelhante nos dois regimes de irrigação utilizados. As maiores densidades se concentraram na região periférica da casca desde a altura da base até a posição 80%. No regime de irrigação até 12 meses (Figura 5a), observou-se pontos específicos com maior intensidade dos maiores valores de densidade, especialmente da região da base até o DAP. Valores menores de densidade foram encontrados na região da altura da base também nas áreas intermediária e casca do tronco.

Em relação a espécie *H. courbaril*, a maior proporção da madeira com elevada densidade básica ocorreu na região intermediária e próximo a casca, entre 50 e 70% da altura total do fuste nos dois sistemas de irrigação com maior intensidade no regime 36 meses após plantio. Nas árvores com irrigação até 36 meses, as regiões com menor densidade ocorreram na totalidade da faixa entre DAP e 20 % e entre 80 e 100 % da altura, da mesma forma, na região

da medula entre estas regiões. Enquanto que no tratamento com irrigação até 12 meses, na faixa próxima a 0 % de altura e na medula do DAP até 70% da altura. A maior proporção de lenho menos denso ocorreu em ambos os tratamentos na região da medula e intermediária ao longo de todo o fuste, com ênfase na posição 40% até a altura máxima.

Já a diminuição da densidade básica no sentido base-topo (sentido axial) como no caso das espécies *A. colubrina* e *C. glandulosa*, Teixeira et al. (2008) e MODES et al. (2020), explica que pode ocorrer em virtude da maior quantidade de madeira juvenil presente na zona apical das árvores formada por galhos grossos e finos. Diferentemente da *H. impetiginosus* e da *H. courbaril* que se observou um aumento à medida que a altura aumentou, ocorrendo concentração de material menos lenhoso na base e no centro do fuste.



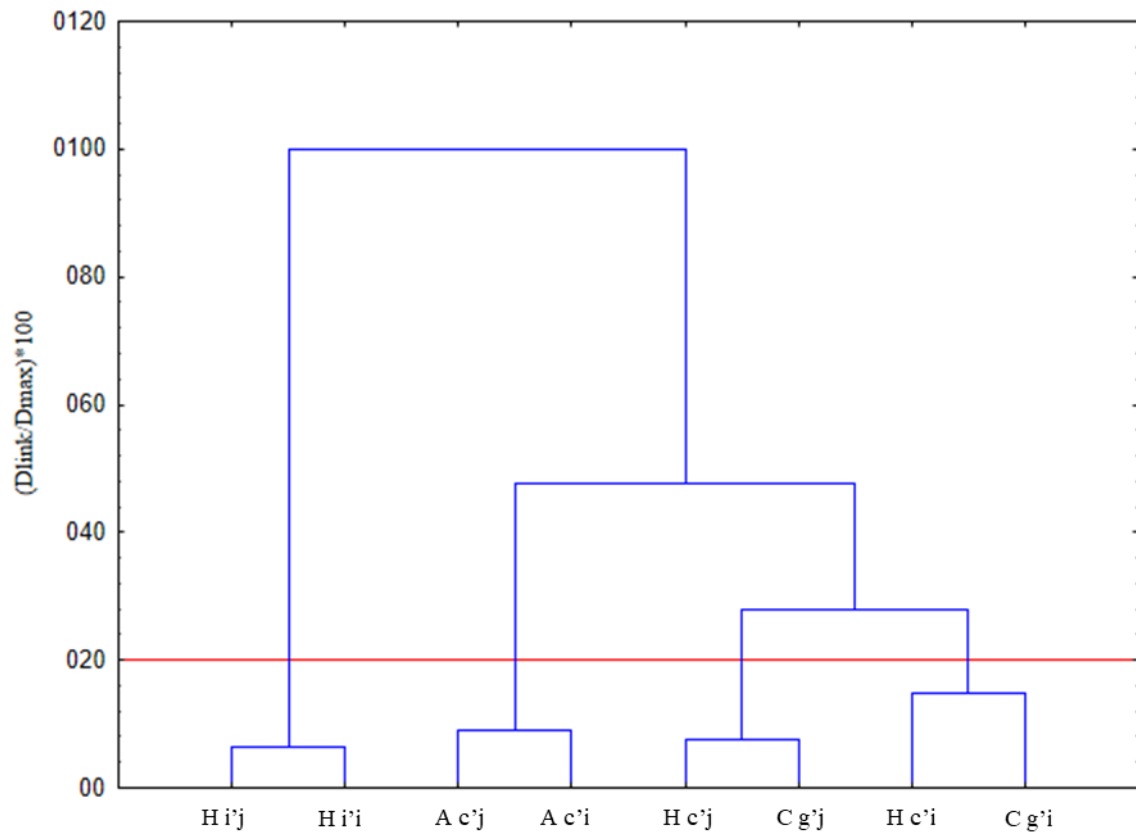
**Figura 5.** Variação da densidade básica em  $\text{g.cm}^{-3}$  da madeira de quatro espécies nativas na região de Marco, estado do Ceará, Brasil sob os regimes de irrigação até 12 meses (a) e 36 meses (b) após plantio. C – casca; I – posição intermediária; M – medula. \*Identificação das espécies analisadas representadas pelas letras: A c – *A. colubrina*; C g – *C. glandulosa*; H c – *H. courbaril* e H i – *H. impertiginosus*.

Fonte: Autor, 2023.

A análise de similaridade destes resultados (Figura 6) indicou que para as espécies nativas *H. impetiginosus* e *A. colubrina*, os efeitos dos dois sistemas de irrigação sobre a variável densidade básica se mantiveram os mesmos. A proximidade com base na avaliação da distância Euclidiana relativa entre essas duas espécies permite também corroborar com esse resultado. Quanto as espécies *H. courbaril* e *C. glandulosa*, quando submetidas aos diferentes sistemas de irrigação (12 e 36 meses após plantio), apresentaram comportamentos divergentes, indicando a influência da irrigação na densidade básica da madeira dessas espécies.

É evidente também a dissimilaridade no comportamento entre as espécies *H. impetiginosus* sob influência dos dois manejos de irrigação com os outros grupos apresentados, especialmente com as espécies *H. courbaril* e *C. glandulosa*, indicando respostas diferenciadas à variável em estudo mesmo sujeitas as mesmas condições ambientais. No grupo de espécies nativas, menciona-se a espécie vegetal como fator influente sobre a densidade, tendo em vista que os diferentes elementos anatômicos e suas proporções, uma vez condicionados geneticamente a cada árvore, as diferenciam de outras espécies apresentando pesos específicos próprios (SOUZA et al., 2009).

Há grande variação entre as espécies florestais principalmente em espécies folhosas nativas, quanto à qualidade do material vegetal produzido, ocasionada tanto pelas características intrínsecas ligadas a alta variabilidade genética interespecífica, quanto pelos recursos fisiológicos e morfológicos adaptativos em resposta a manejos diferentes no plantio ao qual estão inseridas (BARROSO, 2012).



Ao final da identificação das letras “i” e “j”, representam tempo de irrigação adotado para cada área, sendo “i” equivalente 36 meses, e “j” equivalente a 12 meses.

**Figura 6.** Dendrograma da influência do manejo de irrigação sobre a densidade básica de quatro espécies nativas do Brasil, implantadas na região de Marco - CE. \*Identificação das espécies analisadas representadas pelas letras: A c – *A. colubrina*; C g – *C. glandulosa*; H c – *H. courbaril* e H i – *H. impetiginosus*.

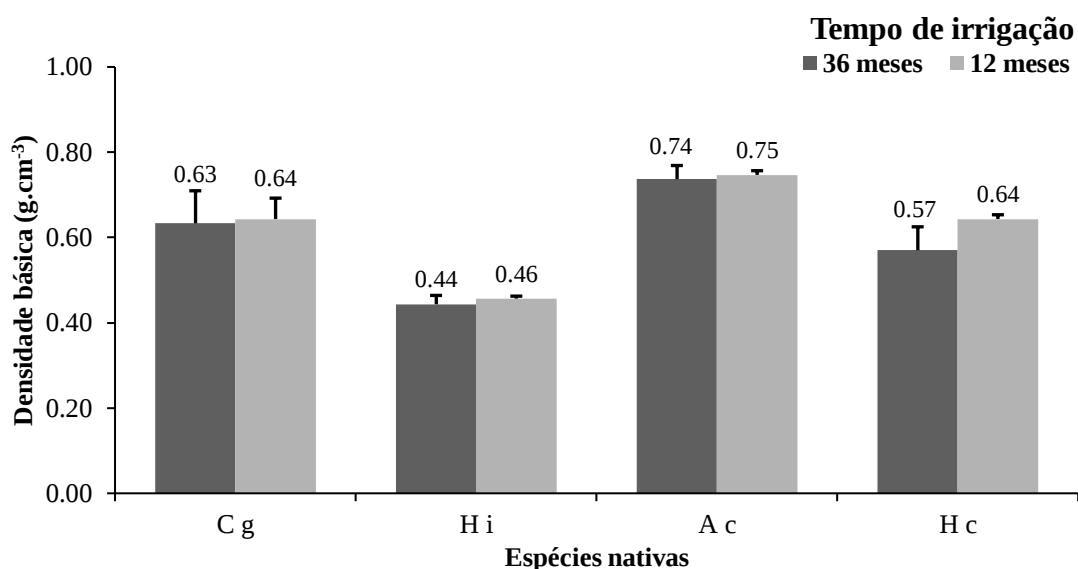
Fonte: Autor, 2023.

Os valores médios de densidade básica das madeiras das quatro espécies nativas avaliadas, para as duas diferentes condições de manejo da irrigação (12 e 36 meses), podem ser observados na Figura 7. Considerando dados determinados neste estudo e os parâmetros citados por Zaque et al. (2019), a densidade básica da madeira da espécie *H. impetiginosus* é considerada leve, e das espécies *C. glandulosa*, *A. colubrina* e *H. courbaril* se classificam como moderadamente pesadas. Ao se considerar a média geral da madeira das árvores nativas avaliadas verifica-se que a densidade básica mais alta foi encontrada na espécie *A. colubrina* nos dois tratamentos (12 e 36 meses), seguida das espécies *H. courbaril* e *C. glandulosa*, ambas no regime de irrigação até 12 meses. Na escolha da madeira correta para um determinado uso, deve-se considerar quais são as características tecnológicas, suas propriedades e os respectivos níveis requeridos para que a madeira possa ter um desempenho satisfatório. A densidade se

mostra como importante índice de qualidade, mas não pode ser utilizado de forma isolada (MOTTA et al., 2014).

A densidade básica influencia positivamente a densidade energética. Quanto maior a massa por volume, maior será a energia liberada durante a queima (SANTOS, 2019). Dessa forma, para fins de energia recomenda-se materiais com valores elevados de densidade básica da madeira acima de  $0,52 \text{ g.cm}^{-3}$ . A maioria das espécies atenderam esse critério, com exceção da *H. impetiginosus* (FORTALEZA et al., 2019).

Santos (2017) avaliando a espécie Jatobá apresentou verificou densidade básica de  $0,64 \text{ g.cm}^{-3}$  localizada no Cerrado brasileiro, valor próximo ao encontrado nesse estudo ( $0,64 \text{ g.cm}^{-3}$ ) quando a espécie foi submetida a 12 meses de irrigação. Carlos et al. (2021) avaliando estacas de Angico produzidas sob plano de manejo em um município localizado no semiárido nordestino observou densidade básica média de  $0,90 \text{ g.cm}^{-3}$ . Para *C. glandulosa*, em uma área de estudo no estado do Pará, Brasil, Machado (2021) encontrou o valor de  $0,74 \text{ g.cm}^{-3}$ .



**Figura 7.** Densidade básica ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) em quatro espécies nativas de ampla ocorrência cultivadas em dois regimes de irrigação, implantadas na região de Marco – CE. \*Identificação das espécies analisadas representadas pelas letras: A c – *A. colubrina*; C g – *C. glandulosa*; H c – *H. courbaril* e H i – *H. impetiginosus*.

Fonte: Autor, 2023.

## 4.2 Espécies exóticas

A Figura 8 demonstra o padrão de variação da densidade básica de cinco espécies exóticas ao longo do fuste, em dois regimes de irrigação após plantio. As espécies Acácia e Chichá seguiram a tendência de aumento da densidade da medula para casca. Já as espécies *K. grandifoliola*, *T. grandis* e *A. indica* mostraram alterações significativas nesse comportamento especialmente nas posições mais elevadas das árvores nos dois tratamentos. No sentido axial, houve uma tendência de diminuição da densidade no sentido base-topo para as espécies *A. mangium*, *K. grandifoliola* e *S. foetida* e de aumento para a *T. grandis* e *A. indica*.

Ao analisar o comportamento da espécie *A. mangium*, observou-se pouca variação nos dois sentidos avaliados, quando realizou-se a comparação entre os dois tratamentos. O que ocorreu foi um pequeno aumento na proporção de lenho mais denso próximo a base da árvore quando submetida ao manejo com maior tempo de irrigação (Figura 8b). A proporção de lenho menos denso manteve-se para os dois tratamentos na região da medula desde a base até o topo. Quanto ao material mais lenhoso, predominou na região da casca, significativamente na região basal até um pouco mais acima do DAP, diminuindo sua proporção a medida que a altura aumentava.

Quando formadas em período vegetativo, as células da madeira são distintas por apresentarem paredes finas e lumens grandes, formando o que se conhece por lenho inicial, diferentemente do lenho tardio desenvolvido no final do período vegetativo, manifestando células mais espessas e com lumens menores. Quando há uma maior quantidade de lenho tardio, os indivíduos vegetais exibem densidades maiores. Isso se relaciona e é explicado também com o fato da direção de maiores densidades se exibirem na região mais próxima a casca, onde há maior quantidade de lenho tardio e crescimento e desenvolvimento de lenho adulto (VITAL, 1984; DURLO, 1991; LIMA et. al, 2021).

Para o *K. grandifoliola*, também constatou-se pequenas alterações quanto ao padrão de apresentação da densidade básica nas essências florestais, quando submetidas aos dois regimes de irrigação. Nesta espécie destacou-se o material mais denso concentrado na região da casca e na parte basal da região intermediária, em maior proporção para o sistema irrigado até 12 meses após plantio (Figura 8a). Nos dois sistemas, a espécie apresentou menores densidades na região da medula em todo fuste.

Quanto ao *S. foetida*, o padrão de distribuição foi semelhante para as árvores nos dois sistemas de irrigação. Contudo, ocorreu diferenças significativas na proporção de lenho mais e menos denso quando submetidos as diferentes situações de irrigação. No sistema irrigado por

36 meses após plantio (Figura 8b), ocorreu maior proporção de material menos denso na região medular próxima da base.

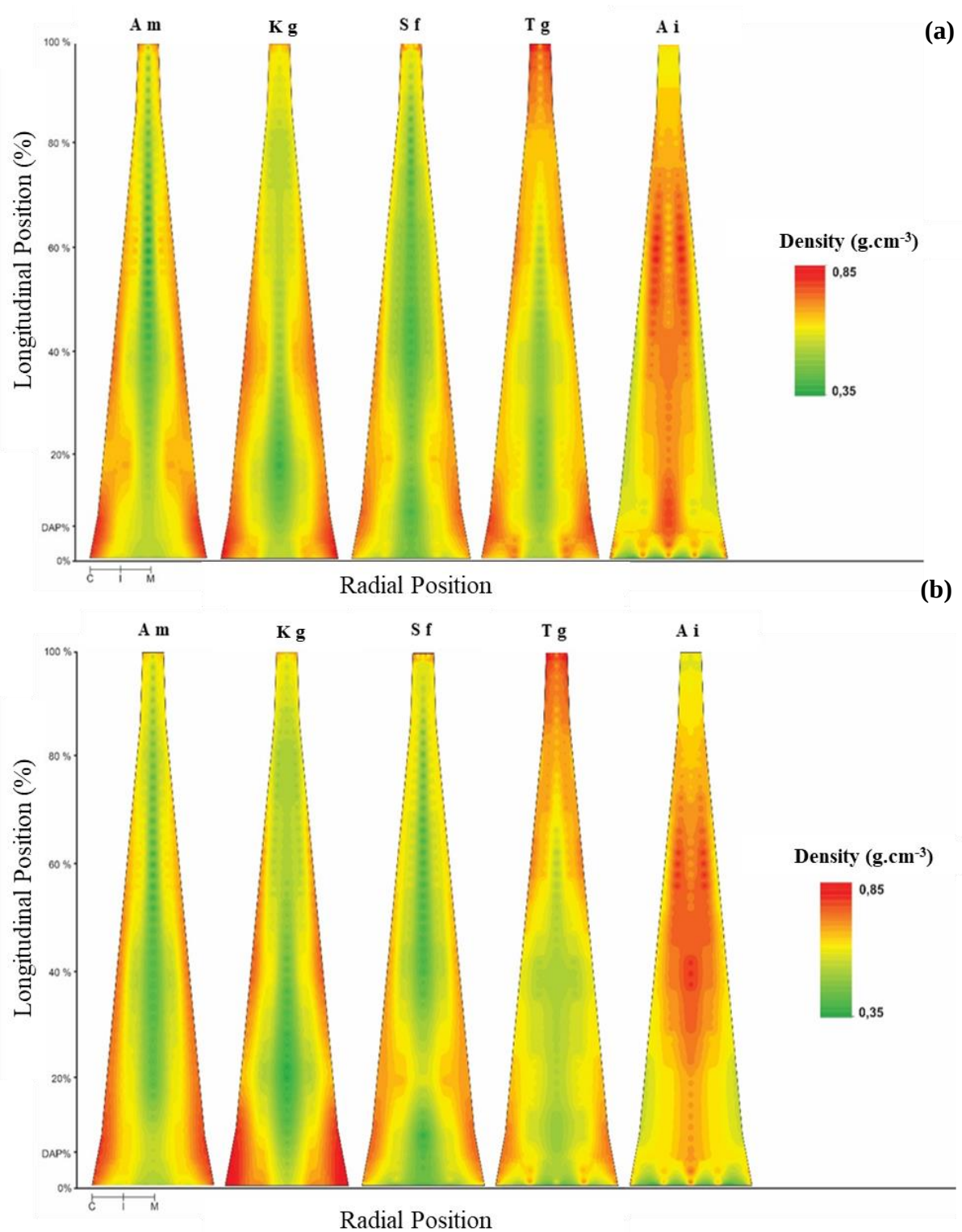
Em relação a *T. grandis*, a madeira mais densa se mostrou na região da casca à altura da base até a posição 10%. E também em todas as regiões do tronco um pouco acima da posição 60% até a altura total, em ambos os tratamentos. A maior proporção de lenho menos denso se concentrou em todas as regiões do tronco nas posições de 20 e 40% da altura, quando submetidas ao sistema irrigado até 12 meses após o plantio (Figura 8a). Enquanto que para a irrigação até 36 meses (Figura 8b), os valores intermediários se mantiveram.

A espécie *A. indica* foi a que mostrou padrão de distribuição de densidade mais diferenciado, comparativamente as demais. Nesta espécie o padrão da densidade foi semelhante para as árvores nos dois regimes de irrigação. A menor densidade foi observada nas regiões da medula, intermediária e casca na base do fuste. As maiores densidades localizaram-se nas regiões intermediárias e da medula, entre 25 e 75 % da altura. A região do topo, apresentou valores intermediários de densidade.

Algumas pequenas variações na distribuição radial do tronco na região da base nas árvores, como ocorridas nas espécies exóticas desse estudo sugerem-se estar ligada ao fato de algumas espécies responderem de forma mais homogênea, quando comparadas a outras em virtude da própria espécie, isto é, do fator genético (LONGUI et al., 2014).

O comportamento da densidade básica da espécie *A. mangium*, por exemplo, diferiu dos resultados encontrados por Gonçalves e Lelis (2012) e Vale et al. (1999) uma vez que no trabalho desses autores a espécie seguiu uma tendência de diminuição da densidade até à metade da altura da árvore, seguido de um aumento até o topo. Enquanto que nesse trabalho a diminuição se estendeu até a altura máxima em ambos os tratamentos.

Na espécie *T. grandis*, verificou-se o aumento da densidade básica a partir da posição próxima a 60%, praticamente metade da altura da árvore até o topo em todas as regiões do tronco e isso pode estar relacionado a uma maior resistência nessa região ocasionada pelas inserções de ramos (BRASIL, 1972; VALE; NOGUEIRA, 1998).

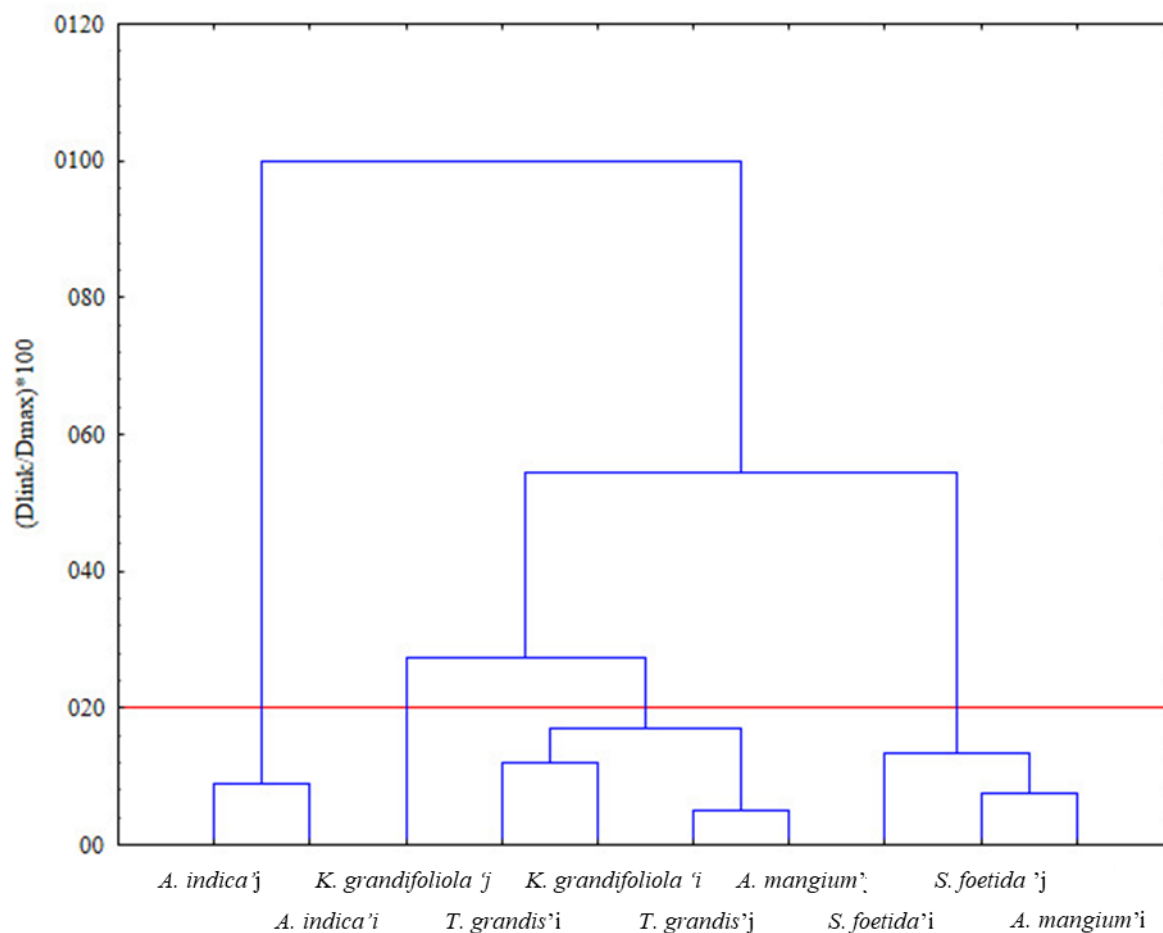


**Figura 8.** Variação da densidade básica em g.cm<sup>-3</sup> da madeira de cinco espécies na região de Marco, estado do Ceará, Brasil sob regimes de irrigação de até 12 meses (a) e 36 meses (b) após plantio. C – casca; I – posição intermediária; M – medula. \*Identificação das espécies analisadas representadas pelas letras: A m – *A.mangium* ; K i – *K. grandifoliola*; S f – *S. foetida*; T g – *T. Grandis*; A i – *A.indica*.

Fonte: Autor, 2023.

Na Figura 9 é desenvolvida a análise de dendrograma para as espécies exóticas. Neste contexto, foi possível verificar a similaridade nas espécies *A. indica*, *T. grandis* e *S. foetida* quando submetidas aos regimes diferentes de irrigação (12 e 36 meses após plantio) sugerindo a não variação no padrão da densidade básica dessas madeiras quando submetidas as condições distintas. A espécie *A. indica*, considerando os dois regimes de irrigação (até 12 e até 36 meses), diferiu completamente das demais espécies sob os diferentes regimes de irrigação. Nas espécies *K. grandifoliola* e *A. mangium* ocorreu comportamento diferenciado ao serem submetidas a essas duas condições apontando o efeito da irrigação na densidade. Ocorreu semelhanças mais acentuadas entre as espécies *T. grandis* e *K. grandifoliola*, ambas sob influência do sistema de irrigação até 36 meses após plantio, entre as espécies *T. grandis* e *A. mangium* sob influência do sistema de irrigação até 12 meses após plantio e entre o grupo *S. foetida* nos dois regimes de irrigação e a espécie *A. mangium* irrigada até 36 meses, todas evidenciadas pela proximidade entre as espécies.

Um fator que interfere na variação da densidade básica da madeira são as condições edafoclimáticas, uma vez que, quando se associa a natureza genética das espécies, podem ocasionar diferenciação no padrão estrutural dos diferentes tipos de constituintes vegetais: as células, fibras, vasos, raios e espessura das paredes celulares, alterando as características anatômicas do indivíduo, seu desenvolvimento no plantio e a qualidade do produto final (OLIVEIRA et al., 2012).



Ao final da identificação das letras “i” e “j”, representam tempo de irrigação adotado para cada área, sendo “i” equivalente 36 meses, e “j” equivalente a 12 meses.

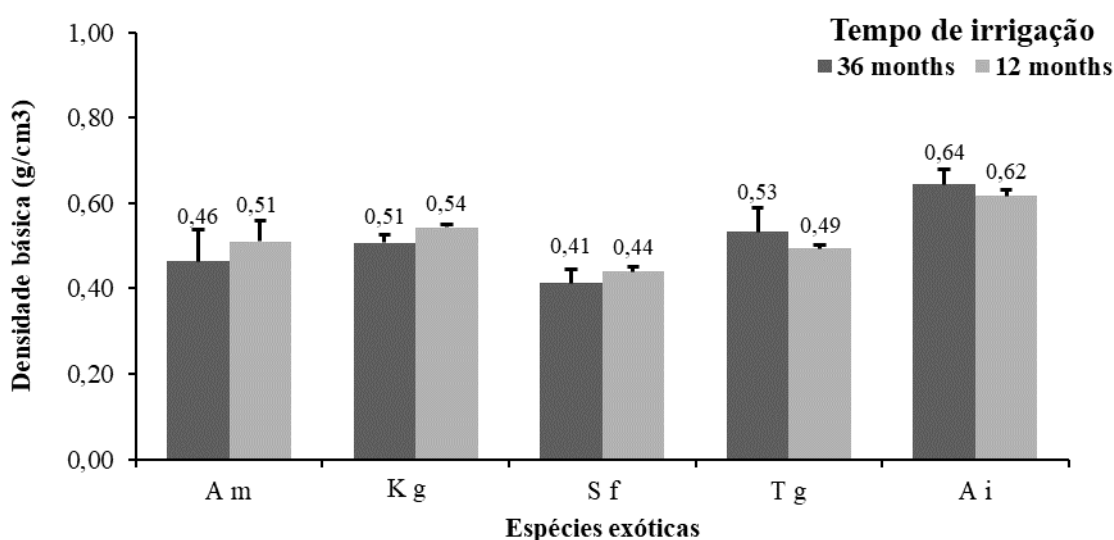
**Figura 9.** Dendrograma da influência do manejo de irrigação sobre a densidade básica de cinco espécies exóticas, implantadas na região de Marco - CE. \*Identificação das espécies analisadas representadas pelas letras: A m – *A.mangium* ; K i – *K. grandifoliola*; S f – *S. foetida*; T g – *T. Grandis*; A i – *A.indica*.

Fonte: Autor, 2023.

Os valores médios de densidade básica das madeiras das quatro espécies nativas avaliadas, para as duas diferentes condições de manejo da irrigação com duração de 12 e 36 meses após plantio podem ser observados na Figura 10. Neste grupo de espécies de acordo com Zaque et al. (2019) apenas a espécie *A. indica* foi classificada com a densidade básica moderadamente pesada, todas as outras foram classificadas como madeiras de densidade básica leve. Ao avaliar a média global das árvores nativas de cada espécie verifica-se que a densidade básica mais alta foi encontrada na espécie *A. indica* nos dois tratamentos seguida da espécie *C. glandulosa* quando submetida a condição de irrigação por menos tempo (12 meses após plantio).

Quanto a média global da densidade básica, em um estudo com Nim (*A. indica*) no estado da Paraíba, Assis (2012) encontrou uma média de  $0,60 \text{ g.cm}^{-3}$  de densidade básica, valor próximo ao verificado neste estudo ( $0,62$  e  $0,64 \text{ g.cm}^{-3}$ , para irrigação de 12 e 26 meses, respectivamente) classificando-a com madeira moderadamente pesada. Carvalho (2010), para *K. grandifoliola* observou densidade básica média inferior ( $0,47 \text{ g.cm}^{-3}$ ) a encontrada nesse estudo e próximo ao encontrado por Lima et al (2019) correspondente a  $0,45 \text{ g.cm}^{-3}$ .

Espécies que apresentam densidades básicas entre  $0,50$  a  $0,72 \text{ g.cm}^{-3}$  são consideradas como madeiras de densidades médias e se restringe ao uso na construção civil apenas de forma leve para produção de portas, forros, janelas e partes estruturais secundárias (AMARAL e PINHEIRO, 2021). Com exceção do *S. foetida*, as espécies deste estudo demonstraram valores de densidades inclusas nesse intervalo.



**Figura 10.** Densidade básica ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) em cinco espécies exóticas cultivadas em dois regimes de irrigação, implantadas na região de Marco - CE. \*Identificação das espécies analisadas representadas pelas letras: A m – *A.mangium* ; K g – *K. grandifoliola*; S f – *S. foetida*; T g – *T. Grandis*; A i – *A.indica*.

Fonte: Autor, 2023.

#### 4.3 Clones de Eucalyptus

A Figura 11 demonstra uma tendência de variação na densidade básica dos clones de *Eucalyptus* implantados na região Semiárida, submetidas a diferentes condições de irrigação.

De modo geral, observou-se um padrão de variação da densidade básica das espécies nos sentidos radial e axial. No radial, houve predominância de valores inferiores na região da medula, aumentando na região intermediária constituída pelo alburno, com valores superiores na região da casca. Já no sentido axial, a madeira apresentou elevados valores de densidade na região da base até 20% da altura total. Destacou-se também a diferenciação acentuada nas proporções que representam a quantidade de lenho mais denso e menos denso nas árvores, em virtude do sistema de irrigação aos quais estavam submetidos a medida que a altura aumentou.

Em relação ao clone AEC1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*), a maior proporção da madeira com elevada densidade básica ocorreu na região mais próxima da casca até 50% da altura total do fuste no sistema irrigado até 36 meses. Enquanto que ocorreu maior proporção na base até o DAP, e entre 20 até 70% da altura total no sistema irrigado até 12 meses (Figura 11a). Esse fenômeno também foi observado analisando a variação radial da densidade da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. apresentando densidade média mais alta à altura do DAP na região da casca (OLIVEIRA e SILVA, 2003), de *Pinus taeda* L. com diferentes idades e maior densidade média na região mais externa (MELO, 2015), de Tauari (*Couratari oblongifolia* Ducke & R. Knuth.) com maior densidade média na área entre a medula e a casca e na casca (BOZI et al. 2021), o mesmo para a madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* (SERPA et al. 2003), e de *Eucalyptus pellita* e *E. acmenioides* com aumento de 50% em direção a casca (TOMAZELLO FILHO, 1987).

Nas árvores com irrigação até 12 meses notou-se que a área da base até 20 % da altura compreende a maior proporção de material menos denso, o que denota a diferença do comportamento do clone nas diferentes condições de irrigação. O clone VE41 (*E. urophylla* x *E. grandis*) apresentou comportamento semelhante nos dois sistemas de irrigação. Os valores mais altos de densidade se deram na região periférica da base até cerca de 35% da altura. No clone VE41 (*E. urophylla* x *E. grandis*) a partir dos valores observados, alguns autores sugerem que esse padrão de distribuição de densidades mais elevadas no sentido base-topo em ambos os regimes, ocorre por essa região ser a mais propícia a inserção de ramos laterais onde ocorrem recorrentes alterações na estrutura anatômica (MELO et al., 2013; PALEMO et al., 2003; Mattos et al., 2011).

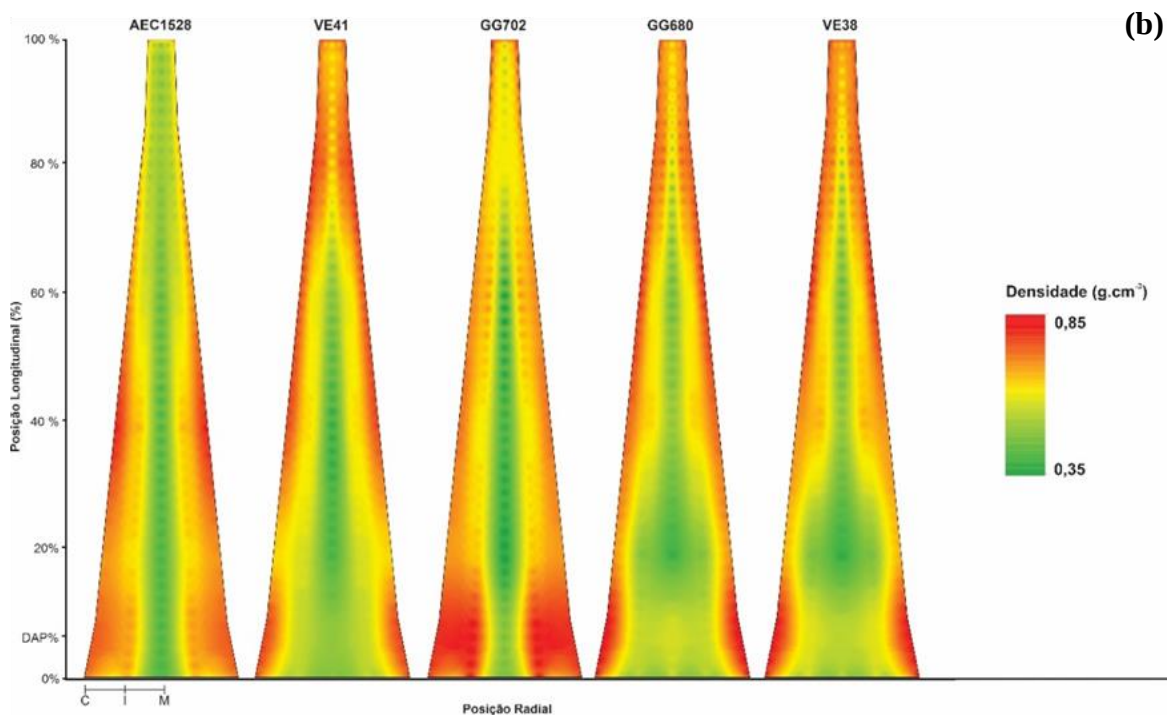
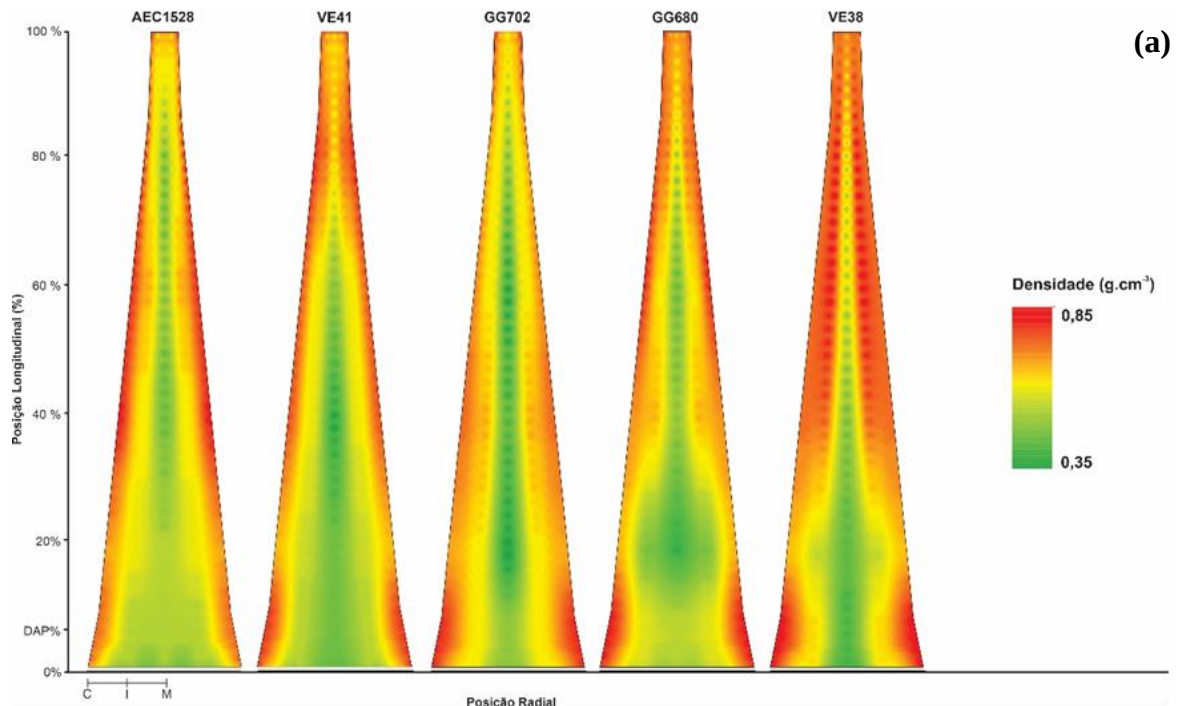
Quanto ao padrão de densidade do clone GG702 (*Eucalyptus urophylla*), as maiores densidades ocorreram na posição próximo a 20 % altura, apresentando madeira com densidade de 0,67 g.cm<sup>-3</sup> na região da casca e intermediária, no sistema irrigado até 36 meses. No clone GG680 (*E. urophylla* x *E. grandis*) a variação da densidade básica se comportou de forma semelhante quando submetidos aos dois sistemas de irrigação. Constatou-se maior proporção

de material lenhoso entre as posições da base até 20 % da altura na seção da casca e intermediária do fuste, com densidade máxima de  $0,65 \text{ g.cm}^{-3}$  nesta região. A maior proporção de lenho menos denso se deu desde a base até a posição de 40% da altura. Após esta altura, observou-se novamente a presença de lenho mais denso na região periférica do tronco e aumento na proporção de lenho com maior densidade até a altura máxima dos clones.

Os maiores valores de densidade na área correspondente à base, DAP e próximo a altura de 20% das árvores com um recorrente aumento ou estabilização desses valores ao atingir percentuais a partir de 35% de altura até a altura total foram visualizados nos clones. Em uma pesquisa avaliando um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Gonçalves et al. (2009), verificou uma tendência crescente da densidade básica da madeira em função da altura da base e a copa, similar ao encontrado de forma significativa no clone VE38 (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*) quando cultivado com regime de irrigação até 12 meses. Avaliando árvores adultas de *Eucalyptus globulus*, Gominho et al. (2015) constataram que o cerne externo apresentou maior densidade básica, principalmente na parte inferior do fuste, corroborando aos resultados encontrados em todos os clones estudados neste trabalho nos dois regimes de irrigação após plantio.

Para o clone VE38 (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*) submetido a irrigação até 36 meses (Figura 11b), verificou-se os maiores valores de densidade em uma parcela extrema da casca, desde a base do tronco até próximo a posição 20% alcançando valores máximos de  $0,70 \text{ g.cm}^{-3}$ . Já os clones submetidos a irrigação até 12 meses (Figura 11a), demonstraram maiores densidades da base até próximo a 20% de altura na região periférica do fuste. Também apresentou uma significativa proporção de elevadas densidades desde a posição próxima a 40% da altura até a altura total, com valores máximos de densidade vistos especialmente na região intermediária do tronco. Neste regime de irrigação, fica evidente a diferenciação do comportamento da densidade na posição radial do fuste, especialmente na base.

Os diferentes modelos de variação axial da densidade da madeira apresentados são similares aos já exibidos em estudos com espécies do gênero *Eucalyptus*. Nessa espécie, pode ocorrer o decréscimo uniforme com a altura, a estabilização da base até à posição 20%; seguido de um aumento até 75%; e um decréscimo e estabilização no topo, não obedecendo a um padrão uniforme de variação (SETTE JR et al., 2009; SETTE JR et al., 2012;).



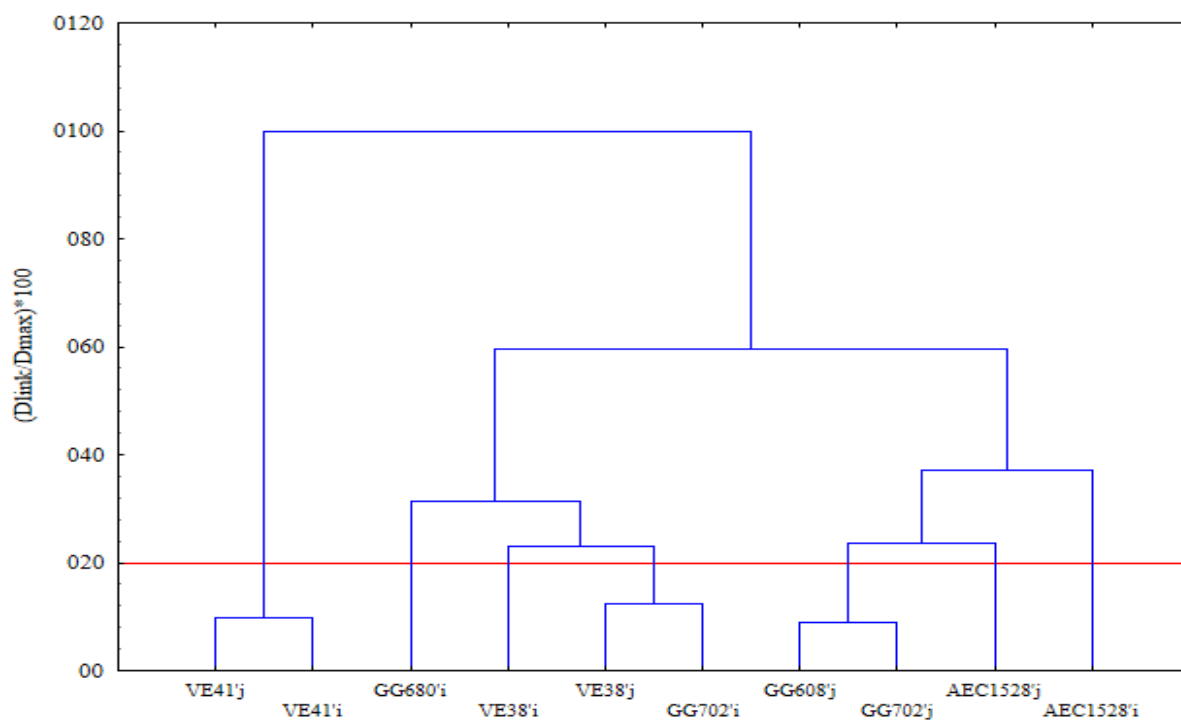
**Figura 11.** Variação da densidade básica em  $\text{g.cm}^{-3}$  da madeira de cinco clones de *Eucalyptus* na região de Marco, estado do Ceará, Brasil sob regimes de irrigação de até 12 meses (a) e 36 meses (b) após plantio. C – casca; I – posição intermediária; M – medula. \*Identificação dos clones analisados representadas pelas letras e números: AEC1528 - *E. urophylla* x *E. grandis*; VE41 - *E. urophylla* x *E. grandis*; GG702 - *Eucalyptus urophylla*; GG680 – *E. urophylla* x *E. grandis*; VE38 - *E. urophylla* x *E. camaldulensis*.

Fonte: Autor, 2023.

A partir da análise do dendrograma dos clones de *Eucalyptus* (Figura 12) verificou-se que apenas o clone VE41 (*E. urophylla* x *E. grandis*) apresentou comportamento semelhante ao ser submetido aos diferentes sistemas de irrigação (12 e 36 meses após plantio), demonstrando efeitos não significativos da irrigação na densidade básica dessa progênie. Além dele, houve similaridade em um grupo formado pelos clones VE38 (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*) (irrigado durante 12 meses após plantio) e GG702 (*Eucalyptus urophylla*) (irrigado durante 36 meses após plantio) e em outro composto pelos clones GG608 (irrigado a durante 12 meses) e GG702 (*Eucalyptus urophylla*) (irrigado a durante 12 meses). Observou-se dissimilaridade para os outros clones avaliados, apontando o efeito da irrigação na densidade básica, especialmente entre o clone VE41 (*E. urophylla* x *E. grandis*) e o clone AEC1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) nos dois sistemas de irrigação. A distância entre os clones indica maior diferenciação no comportamento da densidade básica ao compara-los.

Drew et al. (2009) ao testar *Eucalyptus globulos* em duas condições de irrigação observou que a densidade básica da madeira dos indivíduos aumentou em resposta à redução da disponibilidade de água, conforme ocorreu com os clones VE41 (*E. urophylla* x *E. grandis*) e GG680 nesse estudo. Esse mesmo autor sugere que sob os diferentes regimes de irrigação, as árvores empregam distintos processos fisiológicos e estratégias morfológicas para lidar com a condição ambiental, á exemplo do aumento da quantidade de fibras com diâmetro radial menor, no cultivo não irrigado. O aumento da densidade em condições de altas temperaturas, característica do clima semiárido, é uma tendência considerada por outros autores para espécies desse gênero e se relaciona com a redução da área dos lúmens dos vasos do xilma e aumento da espessura da parede celular (THOMAS; MONTAGU; CONROY, 2007; LOULIDI et al., 2012).

Já Rocha et al. (2020) avaliando o efeito da irrigação em quatro híbridos de *Eucalyptus* em locais com padrões climáticos diferentes, constaram que em locais mais secos as árvores apresentaram maior densidade básica, demonstrando diferenciação em condições diferentes de disponibilidade de água. Resultado similar foi encontrado por Moulin et al. (2019) avaliando dois clones do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com um ano de idade e um clone de *E. grandis* x *E. camaldulensis* com sete anos de idade em sistemas com e sem irrigação.



Ao final da identificação das letras “i” e “j”, representam tempo de irrigação adotado para cada área, sendo “i” equivalente 36 meses, e “j” equivalente a 12 meses.

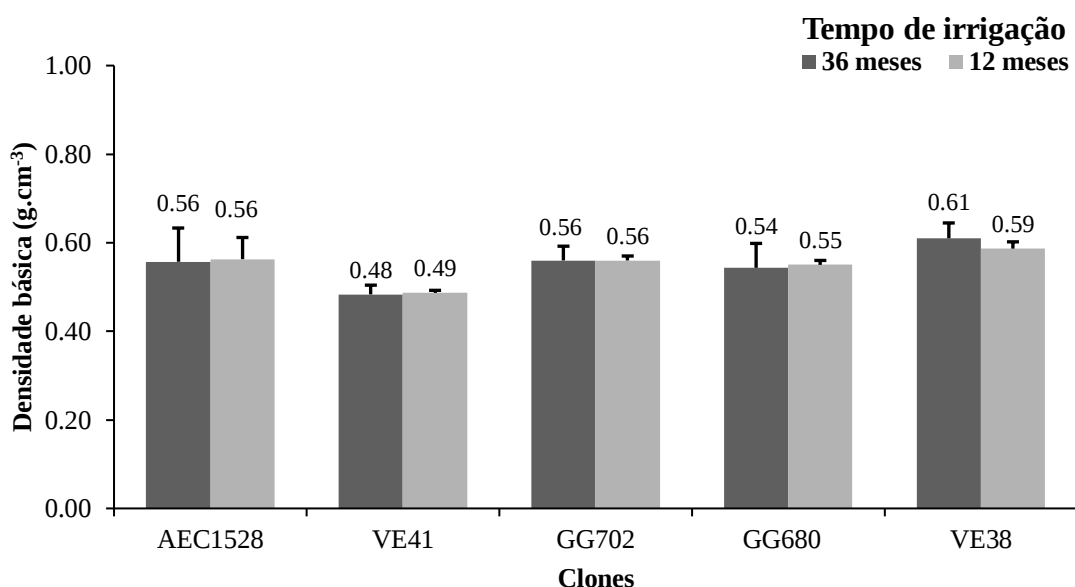
**Figura 12.** Dendrograma da influência do manejo de irrigação sobre a densidade básica de cinco clones de *Eucalyptus*, implantadas na região de Marco - CE. \*Identificação dos clones analisados representadas pelas letras e números: AEC1528 - *E. urophylla* x *E. grandis*; VE41 - *E. urophylla* x *E. grandis*; GG702 - *Eucalyptus urophylla*; GG680 – *E. urophylla* x *E. grandis*; VE38 - *E. urophylla* x *E. camaldulensis*.

Fonte: Autor, 2023.

Os valores médios de densidade básica das madeiras dos clones avaliados nas duas diferentes condições de manejo da irrigação (12 e 36 meses após plantio) podem ser observados na Figura 13. Para os clones, de acordo com Zaque et al. (2019) os clones e GG680 (VE41 (*E. urophylla* x *E. grandis*)) foram classificados com madeira de densidade básica leve, já os clones AEC1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*), GG702 (*Eucalyptus urophylla*) e VE38 (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*) com madeiras de densidade básica moderadamente pesadas. O clone VE38 (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*) apresentou densidade média maior em relação aos outros, seguido do AEC1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*) e GG702 (*Eucalyptus urophylla*).

No caso dos clones avaliados, constatou-se que embora tenha ocorrido alteração no padrão de distribuição da densidade básica ao longo do fuste devido às condições de irrigação, houve uma adaptação positiva as condições ambientais as quais as procedências florestais foram testadas, mantendo densidades da madeira próprias às formações florestais habituais. Ressaltando que espécies do gênero *Eucalyptus* em questão, a madeira pode oscilar entre 0,40 a 1,20 g/cm<sup>3</sup> na densidade (OLIVEIRA, 2003).

Os valores de densidade básica obtidos neste estudo corroboram a utilização da madeira das espécies em questão produzidas na região Semiárida, uma vez que as espécies vegetais mantiveram os resultados esperados. Bem como, contribui diretamente para amenizar os efeitos do desmatamento da vegetação natural, reduz custos de logística através da ampliação de áreas de plantios (LINS et al., 2021).



**Figura 13.** Densidade básica (g.cm<sup>-3</sup>) em cinco clones de *Eucalyptus* cultivados em dois regimes de irrigação, implantadas na região de Marco - CE. \*Identificação dos clones analisados representadas pelas letras e números: AEC1528 - *E. urophylla* x *E. grandis*; VE41 -

*E. urophylla* x *E. grandis*; GG702 - *Eucalyptus urophylla*; GG680 – *E. urophylla* x *E. grandis*;  
VE38 - *E. urophylla* x *E. camaldulensis*.

Fonte: Autor, 2023.

## 6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi avaliada a influência de dois regimes de irrigação na densidade da madeira de espécies nativas e exóticas, e clones de *Eucalyptus*, todos cultivados na região do Semiárido brasileiro. Houve diferença no comportamento da densidade básica entre as espécies estudadas e os híbridos de *Eucalyptus*. A distribuição da densidade nas árvores nos sentidos radial e axial variou, principalmente em relação a proporção de material lenhoso apresentado em cada região do fuste. No sentido radial predominou a tendência de aumento da densidade no sentido medula-casca e no axial, os maiores valores de densidade localizaram-se na região da base ao DAP.

A influência dos manejos de irrigação, foi observada com maior intensidade nas espécies exóticas *K. grandifoliola* e a *A. mangium*, e entre os clones de *Eucalyptus* VE41 (*E. urophylla* x *E. grandis*) e AEC1528 (*E. urophylla* x *E. grandis*). *H. courbaril* e *C. glandulosa*, quando submetidas aos diferentes sistemas de irrigação (12 e 36 meses após plantio), apresentaram comportamentos divergentes, indicando a influência da irrigação na densidade básica da madeira dessas espécies. Os grupos com maior proximidade e com alto percentual de similaridade para a variável avaliada foram encontrados nas espécies nativas, especialmente para as *H. impetiginosus* e *A. colubrina* em ambos os tratamentos.

Constatou-se boa adaptação das espécies estudadas à área de plantio. As madeiras avaliadas apresentaram densidades básicas dentro dos limites pré-estabelecidos em outros estudos, categorizadas como madeiras de densidade leve ou moderadamente pesada, podendo ser indicadas para usos diversos desde a produção de carvão vegetal, construção civil simples e movelaria.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, C. P.; Campos, I. P. F.; BORGES, C. C.; CRUZ, T. M.; MASCARENHAS, A. R. P.; FARIA, C. T. E.; DUARTE, P. J. Variação radial das propriedades da madeira de *Caryocar brasiliense* Cambess.(pequi-do-cerrado). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 14-22, 2020.
- AMARAL, F. C.; PINHEIRO, N. S. M. Caracterização anatômica e tecnológica e informações de uso e mercado como base para precificação de madeira de espécies florestais comerciais no Pará. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2021.
- ANDRADE, G. R. P.; CUADROS, J.; PARTITI, C. S. M.; COHEN, R.; VIDAL-TORRADO, P. Sequential mineral transformation from kaolinite to Fe-illite in two Brazilian mangrove soils. *Geoderma*, v. 309, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.042>.
- APERAM, Soluções e Serviços. Site oficial: Aperam social. Disponível em: <<https://arvore.aperamservicos.com.br/>>. Acesso em: 05 de junho de 2023.
- ARAÚJO, H. J. B. Caracterização do material madeira. In: SEABRA, G. (Ed.). Educação Ambiental - o Desenvolvimento Sustentável na Economia Globalizada. Ituiutaba: Barlavento, 2020. p. 31-44.
- ARAÚJO, L. V. C. Características silviculturais e potencial de uso das espécies moringa (*Moringa oleifera* Lam.) e nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.): uma alternativa para o semi-árido paraibano. 1999. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - ESALQ/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- ASSIS, M. M. Caracterização dendrométrica e variação da massa específica básica em povoamentos de *Azadirachta indica* A. Juss, no Município de São José de Espinharas-PB. Monografia. Patos - PB: UFCG/UAEF, 2012.
- BALASSO, M.; HUNT, M.; JACOBS, A.; O'REILLY-WAPSTRA, J.. Characterisation of wood quality of *Eucalyptus nitens* plantations and predictive models of density and stiffness with site and tree characteristics. **Forest Ecology and Management**, v. 491, p. 118992, 2021.
- BARBOSA, M. R. V. et al. Estratégias para conservação da biodiversidade e prioridades para a pesquisa científica no bioma Caatinga. In: ARAUJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V. (ed.). Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, p.415-432, 2005.
- BARROSO, M. G. S. Crescimeemnto de espécies florestais em povoamentos puros e sua influência sobre os atributos edáficos em Trajano de Moraes, RJ. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, p. 7, 2012.
- BATISTA, Djeison Cesar; KLITZKE, Ricardo Jorge; SANTOS, Carlos Vinícius Taborda. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, v. 20, p. 665-674, 2010.

- BENITIS, P. K. R. M.; LOPES, A. S.; GOUVÊA, F. C. S.; SOUZA, C. C. B. Caracterização tecnológica da madeira de híbridos de eucalipto irrigados e fertirrigados. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 1716-1728, out.- dez., 2018.
- BONDUELLE, G. M.; IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; PRATA, J. G.; ROCHA, V. Y. Análise da massa específica e da retratibilidade da madeira de *Tectona grandis* nos sentidos axial e radial do tronco. **Floresta**, v. 45, n. 4, p. 671-680, 2015.
- BOZI, L. D.; MASCARENHAS, A. R. P.; MELO, R. R. D. Variação radial da densidade e estabilidade dimensional da madeira de tauari (*Couratari oblongifolia* Ducke & R. Knuth.). **Agroecossistemas**, v. 13, n. 2, p. 1 – 15, 2021.
- BRAINER, M. S. C. P. Silvicultura. Caderno Setorial do Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste (ETENE). Ano 6, n] 154, fevereiro, 2021.
- BRASIL, M.A.M. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus propinqua* Deane ex Maiden em função do local e do espaçamento. Piracicaba, SP. 74 p. 1972. (dissertação de mestrado).
- CANDATEN, L.; MANGINI, T. S., BANDERA, E.; SILVA ZANCHETTA, L. S.; TREVISAN, R.; TRAUTEN MULLER, J. W. Variação das características físicas da madeira de *Eugenia rostrifolia*. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 2, p. 1035-1042, 2020.
- CARLOS, L. K. C.; DIODATO, M. A.; CASTRO, V. G. Durabilidade natural de cinco espécies madeiras da Caatinga em ensaio de deterioração em campo aberto e natural. **Advances in Forestry Science**, v. 8, n. 3, p. 1527-1534, 2021.
- CARVALHO FILHO, J. L. S. D.; ARRIGONI-BLANK, M. D. F.; BLANK, A. F.; RANGEL, M. S. A. Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. *Cerne*, V. 9, N.1 p. 109-118, 2003.
- CARVALHO, A. M. Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha. Dissertação (mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 129 p. Piracicaba, 2000.
- CARVALHO, Alexandre Monteiro; SILVA, Bruno Torres Braga; LATORRACA, João Vicente de Figueiredo. Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) *CERNE*, vol. 16, julho, pp. 106-114 Universidade Federal de Lavras Lavras, Brasil, 2010.
- CARVALHO, L. L. S. et al. Caracterização dos usos das águas subterrâneas no perímetro irrigado do baixo Acaraú-CE. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 13, n. 2, p. 601-620, 2020b. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n2p601-620>.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2006.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1, p. 835-842.
- CASTRO, J. P; PACE, C.; SANTOS, G. C. V.; SANTOS, D. W.; ATAÍDE, J. V. F. L. Variação longitudinal da densidade básica de madeiras de espécies nativas em plantios

- homogêneos. Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira (IV CBCTEM), 2019.
- CIRILO, N. R. M.; MEDEIROS NETO, P. N.; RIBEIRO, L. S.; LEMOS, G.; MOREIRA, F. C. D. A. D.; CARMO, N. C. G. D. M. Caracterização da madeira de *Prosopis juliflora* utilizada na indústria de cerâmica vermelha no semi-árido brasileiro. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 16, n. 4, p. 178-182, 2021.
- COELHO, M. U.; SILVA JUNIOR, F. G. Impacto da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* na eficiência dos processos de polpação kraft estendidos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2021.
- CORADIN, L.; CAMILLO, J.; VIEIRA, I. C. G. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Norte. (ed.). p. 1056-1062. Brasília, DF: MMA, 2022.
- CORREIA, D.; de SOUSA, J. A.; VIANA, F.; MESQUITA, A.; de MIRANDA, F. R.; NEVES, E.; NASCIMENTO, E. H. S. Teste e seleção de espécies arbóreas para a indústria do polo moveleiro de Marco, CE (Fase I). **Embrapa Agroindústria Tropical-Documentos (INFOTECA-E)**, 2017.
- COSTA, V. E.; REZENDE, M. A. Relação entre a densidade da madeira em diferentes teores de umidade com a densidade básica da espécie *Eucalyptus grandis*. Departamento de Física e Biofísica, IBB, UNESP/Botucatu, 2010.
- CRISÓSTOMO, N. M. S.; SILVA, L. G.; SANTOS BERTO, T.; CARVALHO RAMOS, M. G.; ANDRADE MELO, L. D. F.; JUNIOR, J. L. D. A. M.; ALENCAR PAES, R. Emergência de plântulas de *Colubrina glandulosa* Perkins após superação da dormência. Revista Craibeiras de Agroecologia, v. 5, n. 1, p. e9346-e9346, 2020.
- DOCHA, M. C. M.; LOPES, M. D. O.; MOREIRA, P. H.; NUNES, T. K. M. R.; ABRAHÃO, C. P. Variação radial das propriedades físicas da madeira de angico preto (*Anadenanthera peregrina* var. *falcata*) jovem. 3º Congresso Internacional das Ciências Agrárias (COINTER-PDVAGRO), 2018.
- DOWNES, G. M.; DREW, D.; BATTAGLIA, M.; SCHULZE, D. Measuring and modelling stem growth and wood formation: An overview. **Dendrochronologia** 27, 147–157, 2009.
- DREW, D. M., DOWNES, G. M., READ, J.; WORLEDGE, D. High resolution temporal variation in wood properties in irrigated and non-irrigated *Eucalyptus globulus*. *Annals of Forest Science*, v. 66, n. 4, p. 1-10, 2009.
- DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, M. C.; OLIVEIRA, V. R.; ALBUQUERQUE, S. G.; NASCIMENTO, C. E. S.; CAVALCANTI, J. Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga. Petrolina: Documento para discussão no GT Estratégias para o Uso Sustentável, 2000. DURLO, M. A. Tecnologia da Madeira: peso específico. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Pesquisas Florestais. Santa Maria: UFSM, CEPEF/FATEC, 1991.
- DURLO, M. A. Tecnologia da madeira: peso específico. Santa Maria: UFSM, CEPEF/ FATEC, 1991. 29p. (Série Técnica, n.8).

- ELEOTERIO, J. R.; VIBRANS, A. C.; KOLLROSS, P.; ULLER, H. F.; KLITZKE, A. R. Perfil axial e radial da massa específica básica da madeira de *Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naudin. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 9, n. 3, 2018.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária . Mogno (*Swietenia macrophylla* King). Família Meliaceae. Amazonia oriental. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2002.
- EMBRAPA RONDÔNIA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/5048001/teca---embrapa-rondonia-2019>>. Acesso em 05 de junho de 2023.
- FAJARDO, Alex. Wood density relates negatively to maximum plant height across major angiosperm and gymnosperm orders. **American Journal of Botany**, v. 109, n. 2, p. 250-258, 2021.
- FALESI, I. C.; BAENA, A. R. C. Mogno-africano *Khaya ivorensis* A. Chev. em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo. Belém. Embrapa Amazônia Oriental Documentos 4, 1999. 52 p.
- FERNANDES, F. M.; GRAICHEN, F. A. S.; SILVA, A. R. D. D.; RÊGO, N. H. Ocorrência de ferrugem em *Handroanthus impetiginosus* e *Handroanthus vellosi* no estado de Mato Grosso do Sul. *Rodriguésia*, v. 69, p. 2245-2252, 2018.
- FERNANDES, S. C., FREITAS, H. S.; BARROS, R. P.; BARROS, L. M. Avaliação de propriedades físicas e mecânicas de quatro espécies de madeira amazônica para uso na construção civil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. e44891211379-e44891211379, 2020.
- FERREIRA, E. V. R. **Composição florística, estrutura da comunidade e síndrome de dispersão de sementes de um remanescente de Caatinga em Poço Verde-Sergipe**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação). Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe. 81p. 2011.
- FOELKEL, Celso Edmundo Bochetti; BRASIL, Maria Aparecida Mourão; BARRICHELO, Luiz Ernesto George. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. *IPEF* n.2/3, p.65-74, 1971.
- FONSECA FILHO, I. D.; BOMFIM, B. L. S.; FARIAS, J. C.; VIEIRA, F. J.; BARROS, R. F. M. Pau-D'Arco-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos): Conhecimento e uso madeireiro em comunidades rurais do Nordeste do Brasil. *Gaia Scientia*, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 1981-1268.2017, 2017.
- FONSECA FILHO, I. D.; Bomfim, B. L. S.; Farias, J. C.; Vieira, F. J.; Barros, R. F. M. Pau-d'arco-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos): conhecimento e uso madeireiro em comunidades rurais do nordeste do Brasil. **Gaia Scientia**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 1981-1268, 2017.
- FORTALEZA, A. P.; CERETTA, R. P. D. S.; BARROS, D. D. S.; SILVA, S. S. D. Biomassa de espécies florestais para produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 1436-1451, 2019.

- FREIRE, A. L. D. O., SOUSA FILHO, G. M. D., MIRANDA, J. R. P. D., SOUTO, P. C., & ARAÚJO, L. V. C. D. Crescimento e nutrição mineral do nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) e cinamomo (*Melia azedarach* Linn.) submetidos à salinidade. **Ciência Florestal**, v. 20, p. 207-215, 2010.
- GBIF (Global Biodiversity Information Facility). Disponível em: <<https://www.gbif.org/pt/occurrence/4111884523>>. Acesso em 05 de junho de 2023.
- GOMINHO, J.; LOURENÇO, A.; MIRANDA, I.; PEREIRA, H. Radial and axial variation of heartwood properties and extractives in mature trees of *Eucalyptus globulus*. **BioResources**, 2015.
- GONÇALVES, F. G.; LELIS, R. C. C. Caracterização tecnológica da madeira de *Acacia mangium* Willd em plantio consorciado com eucalipto. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 3, p. 286-295, 2012.
- GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. D. S.; LUCIA, R. M. D.; NAPPO, M. E.; SARTÓRIO, R. C. Densidade básica e variação dimensional de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 33, p. 277-288, 2009.
- HEIN, P. R. G.; CHAIX, G.; CLAIR, B.; BRANCHERIAU, L.; GRIL, J. Spatial variation of wood density, stiffness and microfibril angle along *Eucalyptus* trunks grown under contrasting growth conditions. **Trees** 30:871–882, 2016.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEÁRA (IPECE). Perfil municipal 2017. Fortaleza, 2017.
- JESUS, D. S.; SILVA, J. S. Variação radial de propriedades anatômicas e físicas da madeira de eucalipto. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 37, n. 1, p. 26476, 2020.
- SERENINE JUNIOR, L.; MELO, R. R.; CASTRO, V. G.; SOUZA, M. J. C.; BATISTA, F. G. Qualidade da madeira juvenil de um híbrido clonal (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*–H13). **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 1, p. 523-527, 2019.
- JUSTINIANO, M. J. E FREDERICKSEN, T. S. Ecologia y silvicultura de especies menos conocidas: curupaú - *Anadenanthera colubrina* (Vell. Conc.) Benth. Mimosoideae. Santa Cruz: BOLFOR, 31p., 1998.
- KAVITHA, M.; VADIVU, R.; RADHA, R. A review on *Sterculia foetida* Linn. **Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 4, p. 239, 2015.
- KHERA, N. E. H. A.; BHARGAVA, SANGEETA. Phytochemical and pharmacological evaluation of *Tectona grandis* Linn. **Int J Pharm Pharm Sci**, v. 5, n. 3, p. 923-927, 2013.
- LEMMENS, R. H. M. J.; SOERIANEGARA, I.; WONG, W. C. Plant Resources of South-East Asia nº 5(2). Timber trees: Minor commercial timbers. Backhuys Publishers, Leiden. 1995. 655 p.
- LEMOS FILHO, J. P. de; DUARTE, R. J. Germinação e longevidade das sementes de *Swietenia macrophylla* King – mogno (Meliaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 125-130, 2001.

- LIMA, C. K. P.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; CARNEIRO, A. D. C. O. Características anatômicas e química da madeira de clones de *Eucalyptus* e sua influência na colagem. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 123-129, 2007.
- LIMA, F. C. C.; SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F.; CIRIELLO, V.; CIRIELLO, E. Determinação da massa específica básica e índice de rachadura de toras das espécies *Khaya senegalensis* (Mogno africano), *Khaya ivorensis* (Mogno africano) e *Calophyllum brasiliense* (guanandi). *Re.C.E.E.F.*, v. 33, n. 1, Fev., 2019.
- LIMA, M. D. R.; BARROS Jr, U. O.; ASSIS, M. R.; MELO, I. C. N. A.; FIGUEIREDO, I. C. R.; PROTÁSIO, T. P.; TRUGILHO, P. F. Variabilidade das densidades básica e energética e estoque de carbono na madeira no fuste de clones de *Eucalyptus*. **Sci. For**, v. 48, n. 128, p. 1-17, 2020.
- LIMA, P. A. F.; DIAS, V. S.; JESUS, A. N. M.; SANTOS, A. M.; VIEIRA, T. S.; MELO, J. A. S.; SILVA, V. M. Características anatômicas e suas influências nas propriedades da madeira: um referencial teórico. *Madeiras nativas e plantadas do Brasil: Qualidade, pesquisas e atualidades*. Vol. (2). 2021.
- LIMA, P. R.; HORBACH, M. A.; DRANSKI, J. A. L.; ECCO, M.; MALAVASI, M. D. M.; MALAVASI, U. C. Avaliação morfofisiológica em mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos durante a rustificação. *Floresta e Ambiente*, v. 21, p. 316-326, 2014.
- LINS, T. R. S.; BRAZ, R. L.; SILVA, T. C.; REIS, C. A.; SILVA, D. A., SILVA, J. A. A. Energetic potential of *Eucalyptus* sp. wood cultivated in the Plaster's Pole of Araripe, PE, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 1, p. 1-8, 2021.
- LOBATO, C. C. S.; VALE, I.; SOUZA, L. M.; ABREU, J. L. L.; Ferreira, G. C.; Bufalino, L. Densidade básica e estabilidade dimensional de madeiras tropicais modificadas por tratamentos térmicos. **Nativa**, v. 8, n. 5, p. 708-714, 2020.
- LONGUI, E. L.; LIMA, I. L.; AGUIAR, O. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; SUCKOW, I. M. S. Variação radial da anatomia e densidade básica da madeira de *Anadenanthera colubrina* (vell.) Brenan. **Rev. Inst. Flor.** v. 26 n. 2 p. 193-201 dez. 2014.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras - manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. vol. 2. São Paulo: Plantarum, 1998, p. 97.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v.1, 384 p.
- LOULIDI, I.; FAMIRI, M.; ELGHORBA, M. The physical and mechanical properties of *Eucalyptus* hybrid *E. camaldulensis* x *E. grandis*: comparison with parental species. **Research Inventy: International Journal of Engineering and Science**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1-7, aug. 2012.
- MACEDO, R. L. G.; GOMES, J. E.; VENTURIN, N.; SALGADO, B. G. Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* Lf (teca) em diferentes espaçamentos no município de Paracatu, MG. **Cerne**, v. 11, n. 1, p. 61-69, 2005.
- MACHADO, Helton Bastos. **Caracterização do potencial madeireiro de uma floresta intensamente explorada no sudeste paraense**. Tese de Doutorado. UFRA-Campus Belém/EMBRAPA, 2021.

- MACIEL, Gabriel de Oliveira Pontes; FERREIRA, Bruno Santos; SOUZA, Gabriel Camila. Propriedades físicas da madeira juvenil e adulta do *Pinus elliottii* e *Pinus Taeda*. Seminário online: tecnologia e inovação de produtos florestais, v. 1, 2020.
- MACKEY, M. *Acacia mangium*: Un árbol importante para llanuras tropicales. Hoja Informativa FACT 96-01S, 1996. Arizona, USA, 4 p.
- MAGALHÃES, L. G. S.; LIMA, A. P. L.; LIMA, S. F.; SORATTO, D. N.; MARTINS, S. M.; SANTOS, I. F. F. Densidade básica da madeira de clones de eucalipto em diferentes espaçamentos/Basic density of wood of eucalyptus clones in different spacing. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 19435-19445, 2020.
- MAIA, G. N. Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades. 1. ed. São Paulo: D & Z Computação. Gráfica e Editora, 2004. 413 p.
- MAIA, N.G. Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo, Editora Livro e Arte, 2004.
- MAIA-SILVA, C.; SILVA, C.I.; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R.T.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Guia de plantas: visitadas por abelhas na Caatinga. Fortaleza, CE: Editora Fundação Brasil Cidadão, 2012. p.191.
- MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. Fichas de características das madeiras brasileiras. São Paulo: IPT, 1989. 418 p.
- MARCHESAN, Raquel. Rendimento e qualidade de madeira serrada de três espécies tropicais. Dissertação de mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, 2012.
- MATTOS, B. D.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L.; MELO, R. R.; Santini, E. J. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 6(1), 121-126.
- MDR - MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Semiárido brasileiro**. 2019. Disponível em: <<https://antigo.mdr.gov.br/irrigacao/semiariado-brasileiro#:~:text=O%20Semi%C3%A1rido%20Brasileiro%20%C3%A9%20uma,de%20nove%20estados%20da%20Federa%C3%A7%C3%A3o.>>>. Acesso em: 18 de maio. 2023.
- MEDEIROS NETO, P. N. D.; OLIVEIRA, E. D.; PAES, J. B. Relações entre as características da madeira e do carvão vegetal de duas Espécies da Caatinga. *Floresta e Ambiente*, v. 21, p. 484-493, 2014.
- MELO, R. R. Radial and longitudinal variation of *Pinus taeda* L. wood basic density in different ages. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 192-197, 2015.
- MELO, R. R.; SILVESTRE, R.; OLIVEIRA, T. M.; PEDROSA, T. D. Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. com diferentes idades. **Revista Ciência da Madeira** (Brazilian Journal of Wood Science), v. 4, n. 1, p. 10-12953/2177-6830. v04n01a07, 2013.
- MODES, K. S.; JÚNIOR, G. B.; VIVIAN, M. A.; SANTOS, L. M. H. Propriedades físico-mecânicas da madeira sólida de *Schizolobium amazonicum*. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 2, p. 989-995, 2020.

- MORDUE, A. J.; BLACKWELL, A. Azadirachtin: an update. *Journal of Insect Physiology*, v. 39, n. 11, p. 903-924, 1993.
- MOREIRA, F. T. A.; ARAÚJO, L. V. C.; SILVA, G. H.; ASSIS, M. M.; FERREIRA, A. E. S. Características dendrométricas de um povoamento de nim indiano, *Azadirachta indica* A. Juss, no semiárido paraibano. Universidade Federal de Campina Grande. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, ISSN-e 1981-8203, Vol. 8, Nº. 3, 2013.
- MORESCHI, J. C. Propriedades da madeira. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2010.
- MOTTA, J. P. OLIVEIRA, J. T. S; BRAZ, R. L.; DUARTE, A. P. C.; ALVES, R. C. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.44, n.12, p.2186-2192, dez, 2014.
- MOULIN1, J. C.; ROCHA, M. F. V.; ARANTES, M. D. C.; BOSCHETTI, W. T. N.; JESUS, M. S.; TRUGILHO, P. F. Influência do espaçamento de plantio e irrigação na densidade e na massa seca em espécies de *Eucalyptus*. *Nativa, Sinop*, v.5, n.5, p.367-371, set./out. 2017.
- MÜLLER, B. V.; ROCHA, M. P. D.; CUNHA, A. B.; KLITZKE, R. J.; NICOLETTI, M. F. Avaliação das principais propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 535-542, 2014.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Mangium and other fast-growing acacias for the humid tropics. National Academy Press, Washington D.C. 1983. 62 p.
- NEVES, B. P.; NOGUEIRA, J. C. M. Cultivo e utilização de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.). Goiânia: EMBRAPA/CNPAP, 1996. 32 p. NEVES; B. P.; OLIVEIRA, I. P.; NOGUEIRA, J. C. M. Cultivo e utilização do nim indiano. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, CNPAF, 2003. 12 p. (Circular Técnico, 62).
- NOGUEIRA FILHO, F. P.; BAJAY, M. M.; SOUSA, J. A.; ARAÚJO, J. D. M.; CORREIA, D. Viabilidade econômica da produção de eucalipto no polo moveleiro de Marco-Ceará. **Embrapa Agroindústria Tropical-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2017.
- NOGUEIRA, S. S.; CASTRO, V. G. VARIAÇÕES LONGITUDINAIS NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *Mimosa tenuiflora*. **Revista do Instituto Florestal**, v. 33, n. 2, p. 150-155, 2021.
- OLIVEIRA, A. W. F.; MARQUES, V. B.; SILVA JUNIOR, F. B.; SILVA GUILHERME, J. M.; BARBOSA, A. S.; SOUSA, G. G. Emergência e crescimento de plântulas de Feijão-Caupi em substratos irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 4, p. 3556, 2019.
- OLIVEIRA, A. L. S.; SOUSA JÚNIOR, Wagner Patrício, SILVA, Emilly Soares Gomes; MONTALVÃO, Rian Guilherme Correa. Densidade básica da madeira e propriedades do carvão vegetal do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* sob influência dos espaçamentos de plantio. Madeiras nativas e plantadas do brasil: qualidade, pesquisas e atualidades-volume 2, 2(1), 144-153, 2021.
- OLIVEIRA, G. M. V.; MELLO, J. M. D.; TRUGILHO, P. F.; SCOLFORO, J. R. S.; ALTOÉ, T. F.; SILVA NETO, A. J. D.; OLIVEIRA, A. D. D. Efeito do ambiente sobre a densidade da madeira em diferentes fitosionomias do Estado de Minas Gerais. **Cerne**, v. 18, p. 345-352, 2012.

- OLIVEIRA, J. T. D. S.; SILVA, J. D. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, v. 27, p. 381-385, 2003.
- OLIVEIRA, J. T. S. O potencial do eucalipto para a produção de madeira sólida. **Revista da Madeira**, p.98-104, 2003.
- OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva e SILVA, José de Castro Silva. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. R. **Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.3, p.381-385, 2003.
- OLIVEIRA, Rafaely Pantoja. Estudo comparativo da anatomia e densidade básica da madeira das variedades de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake em um plantio na Amazônia. Tese de Doutorado. UFRA/Campus Belém, 2021.
- OLIVEIRA, Ramona Rodrigues Amaro de. Índice qualidade da madeira produzida na região semiárida para manufatura de móveis, com enfoque na mensuração de defeitos. Monografia - Universidade Federal Rural do Semiárido, 2022.
- PAES J. B.; SANTOS G. C.; MELO R. R.; LIMA C. R.; NICOLAU SOBRINHO W. Efeito da inversão no tratamento de moirões submetidos ao método de substituição da seiva. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, 2014.
- PALEMO, G.P.M; LATORRACA, J.V.F.; REZENDE, M.A.; NASCIMENTO, A.M.; SEVERO, E.T.D.; ABREU, H.S. Análise da densidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. por meio de radiação gama de acordo com as direções estruturais (longitudinal e radial) e idade de crescimento. **Floresta e Ambiente**, v.10, n.2, p. 47-57, 2003.
- PATRÍCIO, S. A árvore Nim (*Azadirachta indica* A. Juss): múltiplos usos. **Acta Farm. Bonaerense**, v. 24, n. 1, p. 139-48, 2005.
- PELISSARI, A. L; Silvicultura de precisão aplicada ao desenvolvimento de *Tectona grandis* L.f. na região sul do Mato Grosso. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), 78 p - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.
- PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 113p., 2000.
- PINTO, M. L; Propriedades e características da madeira de teca (*Tectona grandis*) em função da idade. Tese (Doutorado em Construção Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina-124f, Florianópolis, 2007.
- REGO, S. S.; FERREIRA, M. M.; NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, F.; DE SOUSA, R. K.; BRONDANI, G. E.; SILVA, A. L. L. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Veloso) Brenan. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 2, n. 4, p. 37-42, 2011.
- RIBEIRO, A. L. C.; MIRANDA, J. A. D. S.; MARCHESAN, R.; SANTOS, M. C.; SILVA, R. C. D.; SILVA, M. A.; FRANÇA, M. C. Relação entre densidade básica e resistência à flexão estática da madeira de três espécies nativas do cerrado. *Madeiras nativas e plantadas do brasil: qualidade, pesquisas e atualidades-volume 2*, 2(1), 144-153, 2021.

- RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. S. O cultivo do mogno africano (*Khaya* spp.) e o crescimento da atividade no Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. e00076814, 2017.
- RIBEIRO, P. E., PRATES, H. T., WAQUIL, J. M., VIANA, P. A., GUIMARAES, D., FORATO, L., & PIRES, C. Isolamento de *Azadiractina* de sementes de nim (*Azadirachta indica*) para estudos de concentração na planta e bioensaios como inseticida natural. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 26.; Simpósio Brasileiro sobre a Lagarta-do-cartucho, *Spodoptera Frugiperda*, 2.; Simpósio sobre *Colletotrichum Graminicola*, 1. Belo Horizonte. Sete Lagoas: ABMS, 2006.
- RIOS, P. D. A.; VIEIRA, H. C.; PEREIRA, G. F.; TURMINA, E.; NICOLETTI, M. F. Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Pinus patula*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, 2018.
- ROCHA, H. F.; LEONARDO, F. V. S.; OLIVEIRA, A. C. Plantios comerciais de *Tectona grandis* Lf no Brasil. **Multitemas**, 2015.
- ROCHA, S. M. G.; VIDAURRE, G. B.; PEZZOPANE, J. E. M.; ALMEIDA, M. N. F.; CARNEIRO, R. L.; CAMPOE, O. C.; FIGURA, M. A. Influence of climatic variations on production, biomass and density of wood in eucalyptus clones of different species. **Forest Ecology and Management**, v. 473, p. 118290, 2020.
- ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P.; SOUZA, C. R. *Acacia mangium*. Embrapa Amazônia Ocidental-Documents (INFOTECA-E), 2003.
- SANGUMBE, L. M. V.; ALBERTO, L. U. J. Variação radial e longitudinal da densidade básica das madeiras de *Eucalyptus saligna* e de *Pinus radiata*. **Revista digital de Medio Ambiente “Ojeando la agenda**, n. 66, p. 24-35, 2020.
- SANTOS, F. R., & SANTOS, M. J. C. Avaliação do desenvolvimento inicial de espécies florestais de uso múltiplo no semi árido Sergipano. *Scientia Plena*, 8(4(b), 2013.
- SANTOS, R. C. Avaliação nutricional e de crescimento inicial em altura de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais na região de Itaparica. Tese (Doutorado em Pós-Graduação em Ciências Florestais)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, Recife, 2016.
- SANTOS, T. O.; MORAIS, T. G. O.; MATOS, V. P. Escarificação mecânica em sementes de chichá (*Sterculia foetida* L.). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, p. 1-6, 2004.
- SANTOS, T. S.; MOTA, S. F.; SOUSA, H. S.; MONTEIRO, T. C.; BARAÚNA, E. E. P.; MORAES, C. B.; SANTOS, S. K. S. Avaliação da densidade básica da madeira de três espécies nativas do cerrado do Estado de Tocantins. 3º CBCTEM – Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira. Florianópolis, 2017.
- SANTOS, W. B. Vegetação lenhosa em altitudes no semiárido pernambucano: estrutura, potencial energético e fatores ambientais. **Tese (Doutorado)** – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Recife, BR-PE, 2019.
- SAUSEN, G. K.; ESTEVÃO, C. I. M.; FURQUIM, M. C.; ARAÚJO, S., OLIVEIRA, J. E. F. Densidade básica da madeira de jatobá (*Hymenaea courbaril*), pelo método de aferição do volume em imersão em água. In: Anais Colóquio Estadual de Pesquisa

- Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) & Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar. 2016.
- SCHUMUTTERER, H. Properties and potential of natural pesticides from the nintree, *Azadirachta indica*. **Annual Review of Entomology**, Berkeley, v. 35, p. 271-297, 1990.
- SERPA, P. N.; VITAL, B. R.; DELLA LUCIA, R. M.; PIMENTA, A. S. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, v. 27, p. 723-733, 2003.
- SETTE JR, C. R. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S.; CHAGAS, M. P.; LACLAU, J. P. Efeito da aplicação de potássio e sódio nas características do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill, aos 24 meses de idade. **Revista Florestal**, v.39, n.3, p.535-546, 2009.
- SETTE JR, C. R.; OLIVEIRA, I. R. D.; TOMAZELLO FILHO, M.; YAMAJI, F. M.; LACLAU, J. P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 36, p. 1183-1190, 2012.
- SETTE JR., C.R. et al. Efeito da aplicação de potássio e sódio nas características do lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* W Hill, aos 24 meses de idade. **Revista Floresta**, v.39, n.3, p.535-546, 2009a.
- SILVA, A. G. D. M. Caracterização bioquímica de amêndoas cruas e torradas de chichá (*Sterculia striata* A. St. Hill & Naudin). **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 2009.
- SILVA, A. G.; VILAR, L. O.; VILAR, V. O.; COELHO, F. P.; SANTOS ACIOLI, N. R.; RAMOS, R. B. G. A.; MOURA, R. G. O manejo florestal sustentável da caatinga. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 5, p. 872-884, 2021.
- SILVA, C. B. R. DA.; SANTOS JUNIOR, J. A. DOS.; ARAÚJO, A. J. C.; SALES, A.; SIVIERO, M. A.; ANDRADE, F. W. C.; CASTRO, J. P.; LATORRACA, J. V. F.; MELO, L. E. L. Properties of juvenile wood of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) under different cropping systems. **Springer Nature**. B.V. 2019.
- SILVA, G. T. G. Influência do tipo de solo na densidade de madeira e IMA de dois clones comerciais de eucalipto. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba, 2019.
- SILVA, J. A. A. Potencialidades de florestas energéticas de *Eucalyptus* no Polo Gesseiro do Araripe- Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 5, p. 301-319, 2008.
- SILVA, P. S. L.; Holanda, Alexandre Emanuel Régis ; PAIVA, Haroldo Nogueira; OLIVEIRA, Fábio Henrique Tavares , OLIVEIRA, Odaci Fernandes de . *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.36, n.5, p.951-959, 2012.
- SOARES, B. C. D. Determinação do lenho juvenil através da variação radial do comprimento das fibras e determinação de propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus* SP (Myrtaceae). Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2022.

- SOUZA, M. H.; MAGLIANO, M. M.; CAMARGOS, J. A. A. Madeiras tropicais brasileiras. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Brasília, 1997.
- SOUZA, M. M.; BUFALINO, L.; GOMES, L. G. Caracterização madeira de Marupá (*Simarouba Amara* Aubl, Simaroubaceae) visando utilização na indústria moveleira. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 98163-98185, 2020.
- SOUZA, M. O. A. D.; SILVA, J. D. C.; LUCIA, R. M. D.; EVANGELISTA, W. V. Avaliação da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e *Eucalyptus urophylla* ST Blake em ensaios de usinagem, visando à produção moveleira. **Revista Árvore**, v. 33, p. 751-758, 2009.
- SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (Sudene). Delimitação do Semiárido Nordestino (Relatório final). Recife, 2021.
- TAVARES, V. C.; ARRUDA, Í. R. P.; SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 385-405, 2019.
- TEIXEIRA, B. M. R. Variabilidade radial e longitudinal de propriedades da madeira de angico-vermelho *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.). Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2008.
- THOMAS, D. S.; MONTAGU, K. D.; CONROY, J. P. Temperature effects on wood anatomy, wood density, photosynthesis and biomass partitioning of *Eucalyptus grandis* seedlings. **Tree Physiology**, Victoria, v. 27, p. 251-260, feb. 2007.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenioides*. **Revista IPEF**, v. 36, p. 35-42, 1987.
- TRUGILHO, P. F. et al. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 104-114, 2001.
- UFERSA. Projeto Caatinga, 2018. Angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan). Disponível em: <<https://projetoCaatinga.ufersa.edu.br>>. Acesso em: 05 de junho de 2023.
- VALE A. T.; Brasil, M. A. M.; MARTINS, I. S. Variação axial da densidade básica da madeira de *Acacia mangium* Willd aos sete anos de idade. **Ciência Florestal**; 9(2): 85-92, 1999.
- VALE, A.T. & NOGUEIRA, M. V.P. Variação longitudinal da densidade básica e contração da madeira de *Dalbergia miscolobium* Benth. **Rev. Árv.**, Viçosa, MG, v. 22, n. 3, p. 429-432, 1998.
- VIDAURRE, G. B.; VITAL, B. R.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, G. M. DA.; MOULIN, J. C.; SORANSO, D. R. Anatomical and chemical properties of juvenile *Schizolobium amazonicum* wood. **Revista Árvore**. 42(3):e420301. 2018.
- VITAL, B. R. Métodos de determinação da densidade da madeira. Viçosa, MG: SIF, 1984. 21p. (Boletim Técnico, 1).
- ZANUNCIO, A. J. V. Avaliação de clones de eucalipto sujeitos a danos pelos ventos e utilização de sua madeira na indústria florestal. **Tese (doutorado)**, 67f. Viçosa, MG, 2016

- ZAQUE, L. A. M.; FERREIRA, M. D.; MELO, R. R. Variação radial e longitudinal da massa específica básica da madeira de *Araucaria angustifolia* com diferentes idades. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, 2018.
- ZAQUE, L. A. M.; MELO, R. R., SOUZA, E. C., SERENINE Junior, L. Caracterização colorimétrica e da massa específica das madeiras comercializadas no Mato Grosso. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 10, n. 3, 2019.
- ZUBA JUNIOR, G. R.; SAMPAIO, R. A.; MOTA PEREIRA, C.; SOUZA PRATES, F. B.; FERNANDES, L. A.; ALVARENGA, I. C. A. Crescimento do jatobá e de leguminosas arbóreas em diferentes espaçamentos, em área degradada. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p. 63-68, 2010.