



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ENGENHARIA FLORESTAL

YARA LEMOS DE PAULA

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA MADEIRA DE TRÊS ESPÉCIES DO SEMIÁRIDO

Mossoró/RN

2018

YARA LEMOS DE PAULA

**CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA MADEIRA DE TRÊS ESPÉCIES DO
SEMIÁRIDO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Campus Mossoró, para a obtenção
do título de bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Alan Cauê de Holanda, Prof. Dr.

Co-orientador: Rejane Costa Alves, Prof. Dr.

MOSSORÓ-RN

2018

©Todos os direitos estão reservados à 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 tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

L324c LEMOS DE PAULA, YARA .
CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA MADEIRA DE TRÊS
ESPÉCIES DO SEMIÁRIDO / YARA LEMOS DE PAULA. -
2018.
66 f. : il.

Orientador: ALAN CAUÊ DE HOLANDA.
Coorientadora: REJANE COSTA ALVES.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Florestal, 2018.

1. Desenvolvimento Rural. 2. Engenharia
Florestal. 3. Microscopia. 4. Sustentabilidade.
5. Usos múltiplos. I. CAUÊ DE HOLANDA, ALAN,
orient. II. COSTA ALVES, REJANE, co-orient. III.
Título.

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.

YARA LEMOS DE PAULA

**CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA MADEIRA DE TRÊS ESPÉCIES DO
SEMIÁRIDO**

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

Defendida em: 17 / 04 / 2018.

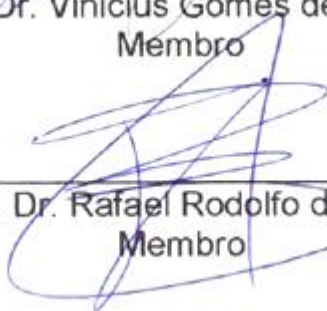
BANCA EXAMINADORA



Alan Cauê de Holanda
Prof. Dr. Presidente



Prof. Dr. Vinicius Gomes de Castro
Membro



Prof. Dr. Rafael Rodolfo de Melo
Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Antônio e Zilvani, por terem me dado forças, apoio moral e financeiro durante toda esta trajetória.

Agradeço aos familiares, amigos, conhecidos e desconhecidos que me desejaram boas energias e me deram uma palavra de apoio quando precisei.

Agradeço a todas as pessoas que estão ou que cruzaram o meu caminho durante o percurso trilhado até aqui.

Agradeço aos professores, orientadores e conselheiros pelo conhecimento científico compartilhado e pelas oportunidades oferecidas.

Agradeço aos agricultores/as, povos indígenas e comunidades tradicionais, os verdadeiros detentores do conhecimento empírico, que me mostraram o real valor da terra e de tudo que ela pode nos proporcionar.

Agradeço ao movimento estudantil, entidades FEAB/ABEEF e Grupo Verde de Agricultura Alternativa (GVAA) pelas paixões as quais fui apresentada (Agroecologia e companheiros/as de luta), pela acolhida, voz, consciência e sanidade mental nesses tempos de guerra.

Gostaria de dedicar este pedaço de conhecimento a todos e todas que seguem em luta pela valorização e conservação do bioma Caatinga.

Se tiver medo de enfrentar o desconhecido nunca verá nada de novo, e será mais um a ver apenas aquilo que todos já viram.

Valdeci Alves Nogueira

RESUMO

Apesar do intenso uso de espécies nativas da Caatinga para fins energéticos, pouco se conhece sobre suas características e propriedades. O aprofundamento destes atributos poderia auxiliar no uso eficiente e adequado deste material, orientar na busca de novos usos, bem como viabilizar ferramentas para a identificação e fiscalização destas espécies no comércio de madeiras nativas do nordeste brasileiro. Parâmetros como a massa específica básica e a anatomia da madeira são utilizados regularmente em estudos sobre a caracterização da madeira. O objetivo deste estudo é obter a massa específica básica e realizar a caracterização anatômica macroscópica e microscópica da madeira de três espécies nativas da Caatinga: Catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz - Fabaceae), Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. - Fabaceae) e Pau-branco (*Cordia oncocalyx* Allemão – Boraginaceae). Os métodos utilizados para as análises das amostras foram através de recomendações usualmente empregadas em estudo de anatomia de madeiras: NBR 11941 para definir a massa específica básica das madeiras, COPANT e apostila do IPT para definir os caracteres gerais e anatomia macroscópica da madeira, e IAWA para definir as características anatômicas microscópicas das madeiras. As madeiras apresentaram densidade média a alta, cerne e alburno distintos, grã direita, textura média a grossa, ausência de odor/gosto, ausência de exsudação, podendo apresentar durabilidade natural, cores e desenhos marcantes; parênquima axial paratraqueal podendo ser aliforme formando confluência, poros visíveis a olho nu, pequenos a médios, solitários e múltiplos, muito pouco a pouco frequentes, porosidade difusa, raios visíveis a olho nu, bisseriados a multisseriados, estratificados ou não, homogêneos e heterogêneos, baixos, finos e muito pouco frequentes, as fibras são curtas com paredes delgadas a espessas. A partir de algumas características analisadas, foi observado que as três madeiras possuem potenciais para outros usos, além dos já largamente utilizados, como a geração de energia. Estas informações também são importantes para incentivar novas pesquisas, orientar a tomada de decisão do uso adequado/eficiente para estas madeiras, fortalecer do diálogo sobre a valorização e uso sustentável das espécies da Caatinga.

Palavras-chave: Desenvolvimento Rural. Engenharia florestal. Microscopia. Sustentabilidade. Usos Múltiplos.

ABSTRACT

While of intense use of native species of Caatinga for energy purposes, their characteristics and properties are poorly known. The completion of knowledge of these attributes could help in the efficient and appropriate use of this material, guide in the search of new uses, and develop a tool for the identification and supervising these species in native wood trade in Northeastern of Brazil. Parameters such as the basic specific gravity and the anatomy are regularly used in studies on the wood characterization. The aim of this study was to obtain the basic specific gravity and to realize a macroscopic and microscopic wood anatomic characterization of three native species of Caatinga: Catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz - Fabaceae), Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.- Fabaceae) e Pau-branco (*Cordia oncocalyx* Allemão – Boraginaceae). Sample analysis followed the usual methods of wood anatomy studies: NBR 11941 to define the basic specific gravity of woods, COPANT, IPT workbook and IAWA to define the macroscopic and microscopic wood anatomic characterization. The woods have medium to high basic specific gravity, heartwood and sapwood are distincts, straight grain, medium- to coarse-grained texture, smell/taste and exudation absents, it may be natural durability, color and striking figure; axial parenchyma is paratracheal and it may be aliform with confluence porous visible to naked eye, small to medium, solitaires and multiples, very rarely to rarely frequents, diffuse-porous, scalariform and foraminate perforation plates, rays visible to naked eye, biseriataes to multiseriataes, non- and storied, homogeneous and heterogeneous, shorts, thins and very low frequents, shorts fibres with thin- to thick-walled. From some characteristics analyzed, it was observed that the three woods have others potential uses apart from power generation. This information is also important to encourage for the new research, to guide decision-making on the use in the most efficient and appropriate for these woods and to strengthen the enhancement and sustainable use of species of Caatinga.

Keywords: Forest Engineering. Microscopy. Multiple Uses. Rural Development. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Utilização da pressão a vácuo para atingir o Ponto de Saturação de Fibras (PSF).....	29
Figura 2	– Obtenção do volume saturado usando o método da balança hidrostática	29
Figura 3	– Redução dos corpos de prova para as dimensões 2,0 x 2,0 x 3,0 cm	31
Figura 4	– Fervura e preparação dos corpos de prova para a microtomia.....	32
Figura 5	– Fragmentos de madeira misturados a uma solução macerante 1:1 de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	33
Figura 6	– Pigmentação do macerado de fibras para a preparação das lâminas histológicas	33
Figura 7	– Intervalo Plot (Tukey 95%) para as mensurações de densidade das espécies da Caatinga, semiárido brasileiro, onde: C= catingueira; JP= jurema-preta; PB= pau-branco	35
Figura 8	– Discos de madeira de Catingueira	36
Figura 9	– Discos de madeira de Jurema-preta	37
Figura 10	– Discos de madeira de Pau-branco	38
Figura 11	– Fotomicrografia das seções da madeira de Catingueira, em que, a: seção transversal; b: seção longitudinal tangencial e c: seção longitudinal radial	42
Figura 12	– Fotomicrografia das fibras da madeira de Catingueira, em que, a: Fibras a 5x e b: Fibras a 20x	44
Figura 13	– Fotomicrografia das seções da madeira de Jurema-preta, em que, a: seção transversal; b: seção longitudinal tangencial e c: seção longitudinal radial	45
Figura 14	– Fotomicrografia das fibras da madeira de Jurema-preta, em que, a: Fibras a 5x e b: Fibras a 20x	47
Figura 15	– Fotomicrografia das seções da madeira de Pau-branco, em que, a: seção transversal; b: seção longitudinal tangencial e c: seção longitudinal radial	48

Figura 16	– Fotomicrografia das fibras da madeira de Pau-branco, em que, a: Fibras a 5x e b: Fibras a 20x 50
Figura 17	– Intervalo Plot (Tukey 95%) para as mensurações de poro/vaso das espécies da Caatinga, semiárido brasileiro, em que, a: Diâmetro do poro [μm] e b: frequência de poros [$\text{n}^\circ/\text{mm}^2$] para as espécies C= Catingueira, JP= Jurema-preta e PB= Pau-branco 51
Figura 18	– Intervalo Plot (Tukey 95%) para as mensurações de raio das espécies da Caatinga, semiárido brasileiro, em que, a: Comprimento do raio [μm]; b: largura do raio [μm] e c: frequência do raio [n°/mm], para C= catingueira; JP= Jurema-preta e PB= Pau-branco 52
Figura 19	– Intervalo Plot (Tukey 95%) para as mensurações de fibras das espécies da Caatinga, semiárido brasileiro, em que, a: Comprimento do raio [μm], b: largura do raio [μm] e c: frequência do raio [n°/mm], para, C= catingueira; JP= Jurema-preta; PB= Pau-branco 53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Características requeridas para o emprego da madeira em uso industrial e as possibilidades de uso das madeiras estudadas. Em que, MEB: Massa Específica Básica; B: Baixa; M: Média; A: alta; T: Textura; F: Fina; M: Média; G: Grossa; DN: Durabilidade Natural; AO/G: Ausência de Odor/Gosto; AE: Ausência de Exsudação; C/D: Cor/Densidade; C: Catingueira; JP: Jurema-preta e PB: Pau-branco	55
----------	---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1. Caatinga e uso de espécies nativas	15
2.2. Espécies estudadas	16
2.3. Compreendendo a madeira	18
2.4. Massa específica básica da madeira	20
2.5. Anatomia da madeira de angiospermas	21
2.5.1. Propriedades organolépticas	21
2.5.2. Estruturas anatômicas	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Área de estudo	27
3.2. Massa específica básica	29
3.3. Características anatômicas macroscópicas	30
3.4. Características anatômicas microscópicas	31
3.5. Análise estatística	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1. Massa específica básica	35
4.2. Características anatômicas	36
4.2.1. Caracteres gerais	36
4.2.2. Macroscopia	39
4.2.3. Microscopia	41
4.3. Aplicabilidade do estudo anatômico e da massa específica básica	54
5.CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, aproximadamente, 54% do território nacional é composto por florestas, destas, cerca de, 98% correspondem a florestas nativas. As florestas naturais do Brasil estão distribuídas em seis biomas: Amazônia (71,4%), Cerrado (12,6%), Caatinga (9,1%), Mata Atlântica (4,4%), Pantanal (1,9%) e Pampa (0,6%) (BRASIL, 2013).

A Caatinga, localizada na região semiárida, abrange os estados do Nordeste e a porção norte de Minas Gerais, e destaca-se por ser um bioma exclusivamente brasileiro. Possui uma extensão de, aproximadamente, 844 mil km² com 49% de cobertura vegetal, heterogênea e rica em biodiversidade (BRASIL, 2013), suportando atividades voltadas para sistemas agrossilvipastoris e fins industriais (MAIA, 2012). Este bioma é fornecedor de diversos serviços (e.g. conservação de água e solo, manutenção da biodiversidade e captura de carbono) e produtos florestais, tanto madeireiros (e.g. lenha, carvão, estacas, construção civil, artesanato e instrumentos de trabalho) como não-madeireiros (e.g. mel, fibras, plantas medicinais e frutos), os quais são de fundamental importância para a população da região (ALBUQUERQUE; ANDRADE, 2002; FIGUEIRÔA et al., 2005; MMA/PNUD/GEF/BRA, 2008; MAIA, 2012; BRASIL, 2016).

No Nordeste, os produtos madeireiros de remanescentes florestais de Caatinga são, em grande parte, destinados para geração de energia, podendo ser oriundos de atividade ilegal (SILVA et al., 2009). Assim, há um prévio extrativismo seletivo das espécies madeireiras de maior interesse existentes em áreas nativas, seguido de substituição por pastagem extensiva, culturas agrícolas ou pastagens cultivadas (PAULA; ALVES, 2007; RIEGELHAUPT; PAREYN; GARAGLIO, 2010; MAIA, 2012; NDAGIJIMANA; PAREYN; RIEGELHAUPT, 2015).

Apesar de a Caatinga destacar-se por ter uma diversificação de espécies de amplamente utilizadas para a geração de energia, pouco se estuda sobre a anatomia dessas madeiras. A falta de estudos nesta área implica no desconhecimento das espécies e de suas propriedades, dificultando o uso adequado e eficiente deste material, além de facilitar o desperdício (MMA/PNUD/GEF/BRA, 2008; CURY; TOMAZELLO FILHO, 2011). Segundo Roma et al. (2013), os serviços ecossistêmicos, bem como matérias-primas desconhecidas, não se apresentam

precificados pelo mercado e não são considerados nas decisões econômicas, o que também contribui para a sua perda.

Dentre os estudos que podem ser utilizados para o conhecimento da madeira estão: a massa específica básica e a anatomia da madeira. A massa específica básica é uma característica de fácil determinação e de grande importância para prever a adequação da madeira ao seu uso final. A massa específica básica também está ligada ao manejo das florestas, sendo uma das propriedades que influenciam na idade de corte do plantio (RIBEIRO; ZANI, 1993).

Já o estudo da anatomia da madeira ajuda a compreender os fenômenos pelos quais a planta passa durante o seu desenvolvimento. Trabalhos que envolvem o conhecimento sobre a anatomia da madeira e suas propriedades são bastante valorizados (BARROS; CORADIN, 2015) devido à importância econômica, ecológica, social e cultural deste material. Assim, o estudo sobre a anatomia da madeira mostra-se como uma poderosa ferramenta para a identificação de espécies lenhosas, principalmente quando estas não apresentam folhas e nem frutos (PAULA; ALVES, 2007; BARROS; CORADIN, 2015), além de outros casos como diferenciação de espécies, conhecimento de novas drogas presentes em plantas medicinais, operações de controle e fiscalização do comércio madeireiro, monitoramento de planos de manejo e controle do desmatamento ilegal (CUTLER; BOTHA; STEVENSON, 2011; BARROS; CORADIN, 2015).

Em conjunto, estas características são muito utilizadas para a identificação, conhecimento e a tomada de decisão sobre o uso adequado e eficiente de cada espécie (ZENID; CECCANTINI, 2007; BOTOSSO, 2011; CURY; TOMAZELLO FILHO, 2011). E, em alguns casos, são utilizados na identificação de madeiras alteradas e comercializadas como madeiras valiosas (ALVES et al., 2012).

Com base nestas considerações, o presente estudo teve como objetivo determinar a massa específica básica e realizar a caracterização anatômica macroscópica e microscópica da madeira de três espécies nativas da Caatinga: Catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz - Fabaceae), Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.- Fabaceae) e Pau-branco (*Cordia oncocalyx* Allemão – Boraginaceae). Assim, pretende-se contribuir para a diferenciação destas espécies, compreender a correlação entre massa específica e características anatômicas e, a partir delas, indicar potenciais usos industriais para estas madeiras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Caatinga e uso de espécies nativas

A Caatinga é a região de clima semiárido mais importante da América do Sul, e bastante emblemática em um país com predominância de climas tropicais úmidos e subúmidos. Um bioma de exceções marcantes, como a abundância de umidade, entrelaçado a um clima muito quente e sazonalmente seco, vegetação resiliente e a peculiar socioeconomia sertaneja. Também denominada como “Caatingas”, possui várias tipologias, com as respectivas formações remanescentes: Savana Estépica, predominante em todos os estados em que o bioma ocorre, Savana, Floresta Ombrófila Aberta, Florestal Estacional Semidecidual, Florestal Estacional Decidual e Formações Pioneiras como restingas e mangues, e áreas de tensão ecológica (MMA/IBGE, 2004).

Apesar de ser uma região natural predominantemente brasileira, a Caatinga, descrita na língua indígena como mata clara e aberta (MMA/IBGE, 2004), é vista como um bioma desvalorizado, pouco estudado e o menos protegido do Brasil, por se acreditar que a sua vegetação é o resultado da modificação de outra formação vegetal, porém, vários estudos discordam desta crença (LEAL; TABARELLI; SILVA, 2003; GIULIETTI et al., 2004). Estes estudos apresentam a Caatinga como um bioma com uma rica variedade de fauna e flora altamente adaptados às condições de clima muito quente e à deficiência hídrica, e com alto grau de endemismo (LEAL; TABARELLI; SILVA, 2003; GIULIETTI et al., 2004; AMANCIO; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009). A vegetação possui numerosas plantas suculentas, árvores lenhosas, baixas, de troncos delgados e com bifurcações, predominância de folhas microfoliadas, e com presença de acúleos ou espinhos (MMA/IBGE, 2004).

Até a década de 80, o uso de madeiras de espécies nativas da Caatinga era exclusivamente domiciliar, após isto, se iniciou o manejo florestal destinado para fins comerciais, visando o fornecimento de lenha e carvão para indústrias de cimento e ferro-gusa no Rio Grande do Norte (GARIGLIO, 2015). Atualmente, a madeira é o produto mais requisitado no manejo florestal da Caatinga. A principal demanda por produtos madeireiros da Caatinga continuam sendo a lenha e o carvão para fins comerciais e industriais, além das demandas esporádicas de estacas e mourões

para cercas, e madeira roliça para construções rústicas (RIEGELHAUPT; PAREYN; GARAGLIO, 2010; GARIGLIO, 2015). Estudos apontam que essas madeiras possuem potencial para outros usos, porém faltam pesquisas para indicá-los corretamente (OLIVEIRA et al., 2006; SUASSUNA, 2007).

Historicamente, a Caatinga é um bioma altamente antropizado e alterado, porém, também é um mantenedor da população local e da cultura sertaneja (GIULIETTI et al., 2004; GARAGLIO et al., 2010). A economia da região está concentrada no setor primário, englobando atividades (agricultura e pecuária extensiva) de baixo rendimento (SUASSUNA, 2007). A vulnerabilidade econômica, social e ambiental da região semiárida, agrupadas em condições climáticas adversas, requer atenção quanto aos usos de seus recursos naturais (LEITE, 2006, GARAGLIO et al., 2010). Assim, faz-se necessário desenvolver ações inovadoras que dialoguem com a ideia de convivência com o semiárido, propondo ações estruturantes que possam acelerar o desenvolvimento econômico da região, tendo como consequência a melhoria das condições de vida da população local de forma digna (LEITE, 2006).

Debates e estudos nessa linha de pensamento são realizados por entidades como ASA - Articulação do Semi Árido e o Instituto Nacional do Semiárido (INSA). Segundo Suassuna (2007), é de extrema importância que haja estudos que ampliem o conhecimento sobre o tratamento adequado de plantas e animais adaptados ao clima da região, criando uma concepção de sistemas de produção específicos, permanentes, com o uso de espécies apropriadas e que dialoguem com a circunstância sociocultural da região.

2.2. Espécies estudadas

Catingueira, Jurema-preta e Pau-branco são árvores nativas da Caatinga comumente encontradas dentro e fora das áreas classificadas como floresta. Estas espécies são bastante empregadas em áreas de agricultura e pastagem, como fornecedoras de recursos florestais e serviços ambientais (BRASIL, 2016). Além de fornecer madeira de qualidade, estas espécies possuem múltiplos usos como medicinal, apícola, energético, fibra, óleos e ceras, forragem e ornamental (MAIA, 2012; CORDEIRO; BOTREL; HOLANDA, 2017). A exploração desses recursos

florestais acontece de forma extrativista (FRANCELINO et al., 2003; SAMPAIO et al., 2005) e serve como complemento de renda para assentados que não possuem plantios irrigados para produção de alimento (FRANCELINO et al., 2003).

A Catingueira é uma espécie arbórea de porte médio, endêmica da Caatinga, encontrada em todo o Nordeste, com exceção do Maranhão. A espécie é típica das fases inicial e intermediária do processo de sucessão ecológica, sendo bastante encontrada tanto nas áreas pouco perturbadas (SILVA et al., 2009), como nas áreas mais antropizadas da Caatinga (FABRICANTE et al., 2009). A espécie possui um lenho com grande quantidade de celulose e lignina, e alta densidade específica, podendo ser utilizada para carvão, álcool combustível e coque metalúrgico (SILVA, 2007; SILVA et al., 2009). Além disso, também possui grande potencial para uso medicinal e para a recuperação de áreas degradadas (MAIA, 2012).

A Jurema-preta é uma árvore de porte médio, perenifólia, encontrada nos biomas Caatinga e Cerrado, em áreas antrópicas e naturais. Devido ao seu desenvolvimento radicular profundo, apresenta boa persistência em manter as folhas em períodos secos, tanto em áreas de mata nativa, como em áreas de raleamento e de rebrota (CAVALCANTE et al., 2000). Além disso, é uma espécie de grande importância no processo de recuperação de áreas degradadas, sendo notada na ocupação inicial e secundária de áreas que estão nesse processo (AZEVEDO et al., 2012). A planta possui grande significado cultural (ALMEIDA; BANDEIRA, 2010) e potencial para geração de energia (OLIVEIRA et al., 2006), usos medicinais (ação cicatrizante e antimicrobiana) (BEZERRA et al., 2011; ANSELMO et al., 2012) e curtimento de couro (MONTEIRO et al., 2005; PAES et al., 2006).

O Pau-branco é uma espécie arbórea, caducifólia, secundária tardia e endêmica da Caatinga, bastante característica do sertão cearense. As árvores em idade adulta podem atingir 12 m de altura e 45 cm de DAP (RIZZINI, 1978; LORENZI, 2008). Devido ao valor da madeira, geralmente o tronco encontra-se ramificado (20 a 30 cm do solo) a partir da rebrota de velhos troncos. Em condições naturais, com o término das chuvas e início da seca, os frutos maduros e as folhas começam a cair (PEREIRA et al., 1989; CARVALHO, 2008), mas em áreas de raleamento e rebrota, o pau branco mantém sua folhagem durante toda a estação seca (CAVALCANTE et al., 2000). Na literatura consultada, a planta é indicada para sistemas agrossilvipastoris (CAMPANHA et al., 2011; MENDES et al., 2013).

Também possui grande valor ornamental, particularmente na arborização, além de ser utilizada em reflorestamento de áreas degradadas (MAIA, 2012). Além disso, as espécies do gênero *Cordia* sp. são conhecidas pelas suas propriedades químicas e biológicas com potencial uso na indústria farmacêutica (MATIAS et al., 2015).

2.3. Compreendendo a madeira

O termo madeira se refere ao xilema secundário formado por um conjunto de células com propriedades e funções diversas como condução de líquidos, transformação, armazenamento e transporte de substâncias nutritivas e sustentação do vegetal (BURGER; RICHTER, 1991; FUJITA; HARADA, 2000). Embora a madeira se apresente macroscopicamente como um material homogêneo e compactado, trata-se de uma estrutura tridimensional, heterogênea, com características físicas e mecânicas próprias, variáveis de espécie para espécie (RIEGELHAUPT; PAREYN; GARAGLIO, 2010; MELO; CAMARGOS, 2016), podendo, em alguns casos, ser utilizada como mecanismo da identificação de plantas (PAULA; ALVES, 2007). Sua estrutura é composta por um conjunto de elementos com arranjos, formas e tamanhos variáveis, apresentando-se semelhantes para uma mesma espécie (BURGER; RICHTER, 1991).

A disposição destes elementos pode ser compreendida através de observações em três seções ou superfícies de observações: seção transversal ou de topo, seção longitudinal tangencial e seção longitudinal radial (BURGER; RICHTER, 1991; BOTOSSO, 2011). A seção transversal ou de topo corresponde aos planos de corte da madeira perpendiculares aos elementos axiais ou ao eixo maior do caule. Esta é a seção onde se observam com maior facilidade as várias disposições dos tecidos do lenho das dicotiledôneas para fins de identificação. A seção longitudinal tangencial está relacionada com o plano de corte da madeira em ângulo reto ou perpendicular aos raios da madeira e ainda tangencial as camadas ou anéis de crescimento. Já a seção longitudinal radial corresponde ao plano dos raios da madeira de corte no sentido axial passando pelo eixo maior do tronco, paralelamente aos raios da madeira e ainda perpendicular as camadas de crescimento (BURGER; RICHTER, 1991; BOTOSSO, 2011; MUNIZ; CORADIN, 1991). Estas seções possuem comportamentos distintos e, conseqüentemente, comportamentos físico-

químicos particulares, dando à madeira um caráter anisotrópico (BURGER; RICHTER, 1991; SILVA; TOMAZELLO FILHO; FRIEDLER, 2010).

Nas angiospermas ou folhosas, assim como nas gimnospermas ou coníferas, a estrutura do caule observada macroscopicamente é composta pelos seguintes elementos: casca (ritidoma, periderme e floema), câmbio, alburno, cerne, medula, anéis de crescimento e raios (BURGER; RICHTER, 1991). A diferença do caule de gimnospermas para o caule de angiospermas é a presença de traqueídes (CUTLER; BOTHÁ; STEVESON, 2011).

A casca, composta externamente pelo ritidoma e internamente pela periderme, é de grande importância na identificação de árvores ainda em campo (BURGER; RICHTER, 1991; PROCÓPIO; SECCO, 2008; PAULA; ALVES, 2010). Em seguida, apresenta-se o câmbio, um tecido meristemático ativo durante toda a vida do vegetal, bastante influenciado pela sazonalidade (e.g., disponibilidade hídrica) e responsável pela geração de novos elementos celulares e tecidos, principalmente de origem secundária (alburno e o cerne) (BURGER; RICHTER, 1991; ANGYALOSSY; MARCATI, 2012). O alburno e o câmbio são as partes de maior atividade fisiológica no tronco, sendo responsáveis pelo transporte de fluídos e acúmulo de substâncias nutritivas (e.g., amido, açúcares e proteínas), o que os deixa mais susceptível e atraente ao ataque de agentes biológicos (BURGER; RICHTER, 1991). O alburno é a região do xilema secundário que se mantém funcional para o transporte de água. Quando as células se tornam inativas para essa função, elas passam a constituir o cerne (COSTA et al., 2012). O cerne consiste na parte interna do tronco, que, em muitos casos, apresenta coloração mais escura. Esta diferença de coloração está relacionada com a deposição de substâncias como tanino, resinas, gorduras, carboidratos e outras substâncias resultantes da transformação dos materiais de reserva contidos nas células parenquimáticas do alburno interno (BURGER; RICHTER, 1991; COSTA et al., 2012). No centro do cerne encontra-se a medula, um tecido parenquimático com função de armazenamento de substâncias nutritivas, com intensa atividade na fase juvenil da planta (CUTLER; BOTHÁ; STEVESON, 2011), e bastante susceptível ao ataque de fungos apodrecedores (FOELKEL; BUSNARDO; RECH, 1986).

2.4. Massa específica básica da madeira

A massa específica básica, também conhecida como massa específica básica, relaciona a massa real da madeira completamente seca e o seu volume completamente saturado (FOELKEL; BRASIL; BARRICHELO, 1971; ABNT, 2003). A massa específica básica é uma propriedade física de alta herdabilidade, facilmente mensurável e muito influenciada por vários fatores como material genético, componentes anatômicos e químicos, idade, ritmo de crescimento, manejo, condições edafoclimáticas, entre outras (RIBEIRO; ZANI, 1993; REZENDE; SAGLIETTI; GUERRINI, 1995; THIERSCH et al., 2006). Logo, a alteração na densidade pode ocorrer diretamente por variações ambientais e intervenções silviculturais, e indiretamente através da modificação de outras características da própria madeira (LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000).

Esta característica é o parâmetro mais importante na definição de um determinado uso da madeira, além de ser de grande importância para expressar a sua qualidade (FOELKEL; MORA; MENOCELLI, 1992; PAULA; COSTA, 2011). Porém, apenas a densidade não é o suficiente para indicar com segurança uma correta utilização para a madeira, sendo necessário o estudo das suas variações dimensionais (REZENDE; SAGLIETTI; GUERRINI, 1995). Além disso, a densidade da madeira também se mostra como um importante parâmetro na estimativa da taxa de carbono presente na biomassa vegetal, sendo de grande importância para pesquisas sobre estocagem de carbono (AREVALO; ALEGRE; VILCAHUAMAN, 2002; SOARES; OLIVEIRA, 2002).

A massa específica constitui-se numa medida que reflete a somatória de inúmeras variáveis presentes na madeira (LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000). Na literatura, REZENDE; SAGLIETTI; GUERRINI (1995) mostraram o aumento considerável da densidade com o aumento da idade em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, o mesmo foi observado por Ferreira, Freitas e Ferreira (1979) para a madeira de plantações comerciais de eucalipto, e por Rolim e Ferreira (1974) para a madeira produzida pela *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. Nos estudos realizados em *Eucalyptus* sp., observou-se que a massa específica básica da madeira cresce no sentido base-copa (FERREIRA, 1972; GOULART et al., 2003) e varia no sentido casca-medula, com aumento mais acentuado nas camadas mais

externas, e diretamente proporcional ao aumento da espessura das paredes e do comprimento médio das fibras (BRASIL; FERREIRA, 1972). Em *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Kuntze também foi observado um aumento no sentido medula-casca, com a taxa de incremento da densidade decrescendo da medula para a casca (AMARAL, FERREIRA; BANDEL, 1971).

A densidade também está relacionada com outras propriedades da madeira como a retrabilidade, umidade (REZENDE; SAGLIETTI; GUERRINI, 1995), resistência mecânica (LOBÃO et al., 2004), poder calorífico (TRUGILHO et al., 1997) e no rendimento de polpa de celulose (MOKFIENSKI et al., 2008).

2.5. Anatomia da madeira de angiospermas

2.5.1. Propriedades organolépticas

As propriedades organolépticas estão relacionadas com as características perceptíveis através dos sentidos humanos, sem a utilização de instrumentos e/ou aparelhos. Dentre as propriedades mais observadas na madeira estão: cor, cheiro, gosto, grã, textura, brilho, desenho e dureza. Características como cor, grã e desenho são observadas na seção longitudinal tangencial, enquanto o brilho é observado na seção longitudinal radial (BURGER; RICHTER, 1991; ZENID; CECCANTINI, 2007).

Nos estudos de colorimetria realizados por Camargos e Gonzalez (2001), foram testadas 350 espécies de madeira e identificadas 25 padrões de cores. A cor é decorrente da impregnação de substâncias provenientes das células e paredes celulares depositadas nos tecidos secundários (BURGER; RICHTER, 1991; MELO; CAMARGOS, 2016), podendo indicar a resistência do material ao ataque de organismos xilófagos (BURGER; RICHTER, 1991; OLIVEIRA et al., 2005). Juntamente com características como desenho, textura e durabilidade natural, a cor pode aumentar as opções de utilização da madeira e torná-la mais valorizada no mercado (BURGER; RICHTER, 1991; OLIVEIRA et al., 2005; MELO; CAMARGOS, 2016). Além disso, a cor de uma madeira pode sofrer alterações de acordo com as variações de teor de umidade e temperatura, pelo ataque de organismos xilófagos, por reações fotoquímicas que ocorrem em sua estrutura, e em contato com outros materiais como o metal (BURGER; RICHTER, 1991; MELO; CAMARGOS, 2016).

Assim, a cor do cerne deve ser sempre observada em superfície longitudinal tangencial, exposta recentemente, para não ser alterada pela exposição ao ar e/ou à luz (ZENID; CECCANTINI, 2007).

O cheiro e o gosto são características muito úteis para a confirmação da identidade de algumas madeiras (ZENID; CECCANTINI, 2007), e se correlacionam por serem provenientes das mesmas substâncias. Estas substâncias são voláteis e/ou solúveis, e se concentram principalmente no cerne. A presença destas características pode valorizar ou limitar o uso da madeira, e.g. no condicionamento de produtos alimentícios ou chá, caixa para charutos e perfumaria (BUGER & RICHTER, 1991; MELO; CAMARGOS, 2016). Segundo Van den Berg, Silva e Silva (1986), os princípios ativos responsáveis pelos cheiros e gostos podem ter ampla utilização no setor industrial como perfumaria, cosmetologia, produtos de higienização pessoal e ambiental, aromatização de alimentos frescos e em conserva, etc.

A grã está relacionada ao posicionamento dos elementos celulares constituintes do lenho em relação ao eixo longitudinal do tronco da árvore. A grã pode ser diferenciada em direita ou reta, cruzada ou revessa, inclinada, helicoidal ou ondulada (BURGER; RICHTER, 1991; ZENID; CECCANTINI, 2007). A grã está relacionada com a resistência mecânica, desenho, desdobro, processamento, acabamento e qualidade na secagem da madeira (BURGER; RICHTER, 1991). O estudo de Melo e Camargos (2007) mostraram que as madeiras com grãos do tipo direita, revessa e ondulada, são as mais utilizadas para fins industriais.

A textura varia de fina a grossa e pode ser sentida visualmente, mas é realmente definida através da microscopia (ZENID; CECCANTINI, 2007). A textura é consequência da proporção entre as dimensões, distribuição e percentagem dos diversos elementos estruturais constituintes do lenho no seu conjunto. Nas angiospermas essa relação está ligada ao diâmetro dos vasos e largura dos raios (BURGER; RICHTER, 1991; ZENID; CECCANTINI, 2007).

O brilho e o desenho são características estéticas da madeira. O desenho é originado a partir da interação das características cerne, alburno, grã, anéis de crescimento, raios, fibras, e, principalmente do plano de corte ao qual a madeira é submetida, além de também serem originados de irregularidades como grãos irregulares, nós, crescimento excêntrico, entre outros (BURGER; RICHTER, 1991;

MELO; CAMARGOS, 2016). Em madeiras nativas é possível se notar desenhos ocasionados pela diferenciação de cores entre os lenhos iniciais e tardios (MELO; CAMARGOS, 2016).

Outra característica facilmente notada é a dureza. Ela é definida através do teste de dureza de Janka, e está relacionada diretamente com a massa específica da madeira e a espessura da parede celular (SILVA; ROCHA; MOURA, 1992; MELO; CAMARGOS, 2016).

2.5.2. Estruturas anatômicas

A estrutura anatômica da madeira de angiospermas é bem mais especializada e complexa em relação a estrutura da madeira de gimnospermas, constituída quase que exclusivamente por traqueídes e raios. As angiospermas possuem um maior número de elementos que facilitam na identificação e diferenciação de espécies, como a rara presença de traqueídes (e.g., ordem Magnoliales), presença elementos de vaso, parênquima axial e fibras, arranjos variados destes elementos, e raios de várias largura (CUTLER; BOTHA; STEVENSON, 2011; COSTA et al., 2012). Na seção transversal é possível identificar a distinção entre cerne e alburno, anéis de crescimento, raios, poros e parênquima axial; na seção tangencial, observa-se os vasos, as placas de perfuração e os raios (em tamanho e número); enquanto que na seção radial é possível notar as células que compõem os raios (BOTOSSO, 2011; CUTLER; BOTHA; STEVENSON, 2011; MUNIZ e CORADIN, 1991).

O vaso, também conhecido como elemento vascular, é o principal elemento de diferenciação entre angiospermas e gimnospermas (COSTA et al., 2012). Os vasos estão presentes apenas nas angiospermas. Como a sua principal função é a de ascensão de líquidos, sua estrutura se assemelha a tubos contínuos de comprimento variável, com extremidades perfuradas, conhecidas como placas de perfuração (CARLQUIST, 2013; BURGER; RICHTER, 1991; ZENID; CECCANTINI, 2007). A placa de perfuração contribui para a conexão entre os vasos (CARLQUIST, 2013). Quando cortados transversalmente, os vasos apresentam-se em forma arredondada ou elíptica, e podem ser chamados de poros (ZENID; CECCANTINI, 2007). Características como agrupamento, arranjo, tipo de porosidade, abundância, formato, espessura das paredes e a obstrução por tilos (proliferações de células

parênquimáticas adjacentes que penetram nos vasos pelas pontuações), ou conteúdos, podem ser bastante úteis na identificação e diferenciação de madeiras (BURGER; RICHTER, 1991)

O parênquima axial tem o seu arranjo classificado a partir da observação na seção transversal da madeira, e é mais abundante nas angiospermas (BURGER; RICHTER, 1991; ZENID; CECCANTINI, 2007; COSTA et al., 2012). É classificado de acordo com o seu padrão de distribuição em relação aos vasos (COSTA et al., 2012) como apotraqueal (difuso, difuso em agregados, reticulado, escalariforme, em faixas e marginal), quando não está associado aos vasos, ou paratraqueal (escasso, vasicêntrico, vasicêntrico confluyente, unilateral, aliforme, aliforme confluyente e em faixas), quando associado aos vasos (BURGER; RICHTER, 1991; ZENID; CECCANTINI, 2007; COSTA et al., 2012). O parênquima axial pode conter células especializadas, como células glandulares e oleaginosas (BURGER; RICHTER, 1991).

Os raios são formados de tecidos parenquimáticos e possuem a função de armazenamento de substâncias nutritivas (BURGER; RICHTER, 1991; COSTA et al., 2012). Possuem comprimento indeterminado, além de apresentarem uma variedade de detalhes e variações morfológicas a depender da seção de observação. Os raios, também denominados como parênquima transversal ou radial, são importantes para a identificação e diferenciação das madeiras, podendo ter variações no tipo (homogêneos ou heterogêneos), número (unisseriados, bisseriados ou multisseriados) e tamanho de células (quadrada, ereta ou procumbente), podendo apresentar aspectos específicos, como traqueóides vasculares ou vasicêntricos, presença de canais celulares e/ou células oleíferas/musculaginosas, entre outros (BURGER; RICHTER, 1991; ZENID; CECCANTINI, 2007).

As fibras são os principais constituintes da madeira de angiospermas, sua função é de sustentação. Algumas fibras podem se apresentar divididas por septos, sendo esta característica bastante específica de algumas espécies de madeira como o umbuzeiro *Spondias mombim* (BURGER; RICHTER, 1991), uma espécie nativa do semiárido. Silva et al., 2005 estudaram as fibras de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, e constataram que estas variam no sentido medula-casca de forma crescente para parâmetros como a espessura da parede e no comprimento. Outro

parâmetro correlacionado com as características morfológicas das fibras é a densidade da madeira (MOKFIENSKI et al., 2008), esta varia no sentido medula-casca, relacionando-se diretamente com o comprimento e espessura da parede de fibras (TOMAZELLO FILHO, 1985).

Além disso, Burger e Richter (1991) salientam a importância da relação entre a estrutura anatômica da madeira e suas propriedades e comportamento tecnológico como resistência mecânica, durabilidade natural, permeabilidade, trabalhabilidade, instabilidade dimensional, fabricação de polpa de papel e combustibilidade.

A massa específica e as fibras estão intimamente ligadas a resistência mecânica do lenho de angiospermas (LOBÃO et al., 2004). A resistência mecânica está correlacionada com o comprimento, espessura das membranas, quantidade de pontuações nas paredes, tamanho e espessura de fibras, abundância, distribuição e dimensão dos vasos, abundância de parênquima axial e distribuição, quantidade de raios, entre outros. (BURGER; RICHTER, 1991; LOBÃO et al., 2004; MELO; CAMARGOS, 2016). Madeiras com abundância em parênquima tendem a ser mais frágeis e a apresentar uma baixa durabilidade natural (BURGER; RICHTER, 1991; PAULA, 2003). Os tecidos parenquimáticos armazenam substâncias nutritivas, tornando-os bastante atrativos ao ataque de fungos apodrecedores (BURGER; RICHTER, 1991; CUTLER; BOTHA; STEVESON, 2011). As características estruturais que também influenciam no apodrecimento rápido de madeiras são vasos numerosos e de diâmetro grande, e fibras de diâmetro total grande (PAULA, 2003).

A permeabilidade é a capacidade que uma determinada madeira possui em permitir a penetração de substâncias aquosas em superfície e profundidade (LIMA et al., 2007). Essa característica está relacionada com a secagem e preservação da madeira, e fabricação de polpa e papel (BURGER; RICHTER, 1991; MELO; CAMARGOS, 2016). Ela é afetada pela porosidade da madeira e presença de materiais ou substâncias obstrutoras nos vasos e parênquimas (BURGER; RICHTER, 1991; SALES-CAMPOS; VIANEZ; MENDONÇA, 2003). A permeabilidade é importante para determinar o tratamento preservativo adequado para aumentar a vida útil da peça (MELO; CAMARGOS, 2016).

A trabalhabilidade ou usinagem da madeira está relacionada com o processamento da madeira (BURGER; RICHTER, 1991; SILVA et al., 2005). Ensaio são realizados em máquinas convencionais de carpintaria como

desempenadeira, lixa, broca e torno para definir a qualidade de acabamento de uma madeira (MELO; CAMARGOS, 2016). Essa característica está relacionada com as variações das propriedades da madeira no sentido da medula à casca, espécie, idade (SILVA et al., 2005), massa específica, grã da madeira e presença de substâncias nos seus tecidos. A presença de grã direita na madeira é um indício de boa trabalhabilidade, enquanto a presença de substâncias pode dificultar a usinagem da madeira. Madeiras com baixa massa específica e alta massa específica são difíceis de serem trabalhadas, uma pelo arrancamento das fibras e a outra por desgastar as ferramentas de trabalho. A presença de substâncias pode dificultar a trabalhabilidade da madeira (BURGER; RICHTER, 1991).

As madeiras de boa qualidade para a fabricação de polpa e papel possuem alta frequência de fibras (PAULA; ALVES, 1989), células de grande comprimento, pouco tecido parenquimático (células curtas), de menor massa específica (0,40 e 0,60 g/cm³), além da percentagem de lenho inicial e tardio. Mokfienskiet al. (2008) apontam que as madeiras menos densas de eucalipto sejam mais adequadas para a produção de papéis de impressão e escrita, enquanto que madeiras mais densas sejam mais adequadas para a produção de papeis sanitários. Outro parâmetro importante para a indústria de papel é a dimensão/quantidade de poros, madeiras com alta porosidade e sem obstrução, ajudam na entrada de químicos utilizados no processo de produção da polpa e do papel (BURGER; RICHTER, 1991).

A combustibilidade é determinada pela massa específica e teor de umidade. Madeiras com alta massa específica queimam melhor e produzem uma maior quantidade de matéria lenhosa/volume. A combustibilidade pode ser influenciada pela quantidade de extrativos presentes na madeira, e podem limitar o seu uso para certos fins, como defumação de alimentos (BURGER; RICHTER, 1991). Madeiras com elevada densidade, inerente a fibras com elevada fração de parede e baixas proporções de tecidos parenquimáticos e vasos tendem a ser boas matérias-primas para a produção de carvão (OLIVEIRA et al., 2006). Outro aspecto importante é que a estrutura anatômica da madeira se mantém durante o processo de carbonização com temperatura final de 450°C, sendo possível a identificação desse material no controle de carvão e madeira ilegal (MUNIZ et al., 2012).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios de caracterização anatômica microscópica e massa específica básica das madeiras foram realizados no Laboratório de Propriedades da Madeira (LPM) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, e a caracterização anatômica macroscópica das madeiras, no Laboratório de Tecnologia da Madeira da UFRSA, seguindo os procedimentos padrões já realizados pelas instituições.

As madeiras ensaiadas foram Catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz - Fabaceae), Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.- Fabaceae) e Pau-branco (*Cordia oncocalyx* Allemão – Boraginaceae). Seguindo as orientações do Laboratório de Produtos Florestais (LPF) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, para a amostragem de descrição dos caracteres gerais e anatômicos de espécies arbóreas, as amostras devem ser completas, contendo alburno, cerne e casca, e coletadas, preferencialmente, a 1,30 m do solo. Para estudos sobre a caracterização da madeira e estudos de nível científico, recomenda-se a retirada de amostras do cerne periférico, onde cada indivíduo corresponde a uma repetição (CORADIN; MUNIZ, 1991). Os indivíduos foram divididos em cinco classes de circunferência, a partir da circunferência mínima na altura do peito de 6 cm e prosseguindo com intervalos de 6 cm, até uma circunferência representativa de 30 cm. As classes foram: Classe I: 6,0 – 12 cm; Classe II: 12,1 – 18 cm; Classe III: 18,1 – 24,0 cm; Classe IV: 24,1 – 30 cm; Classe V: > 30 cm. Dentro de cada classe foram abatidas três árvores representativas da circunferência média de cada classe e foi coletado um disco de madeira de aproximadamente 8 cm de altura a 1,30 m do solo em todas as árvores e classes, totalizando 15 discos de cada espécie (N = 45). Destes, foram obtidas a porcentagem de cerne e alburno (N=15), a massa específica básica (N=4) e a anatomia da madeira (N=4) de cada espécie.

3.1. Área de estudo

A coleta das amostras foi realizada em um imóvel rural situado no município de Upanema-RN, entre as coordenadas geográficas S 5°29'58,2" e W 37°20'28,8"

(SIRGAS 2000). O município de Upanema situa-se na mesorregião Oeste Potiguar e microrregião do Médio Oeste (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

O imóvel já foi explorado há mais de três décadas, sua principal atividade de exploração é a pecuária extensiva de caprinos e ovinos, com baixo uso de tecnologias e aproveitamento dos recursos naturais para alimentação animal. Há pouco ou nenhum aproveitamento agrícola no imóvel, existindo atualmente uma pequena área de produção florestal com plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth). Atualmente, a área encontra-se sob regime de Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), sob autorização e fiscalização do IDEMA.

O bioma presente no município de Upanema é a Caatinga, com vegetação classificada como savana estépica arborizada uma tipologia vegetal estacional decidual, tipicamente campestre (MMA/IBGE, 2004), ou Caatinga Hiperxerófila (IDEMA, 2008), em geral, com espécies lenhosas espinhosas e plantas suculentas, como as cactáceas. As árvores são predominantemente baixas, raquíticas, com troncos finos e com capacidade de rebrota. Muitas espécies são microfoliadas e/ou possuem acúleos ou espinhos, a maioria delas providas de adaptações fisiológicas à escassez de água (IDEMA, 2008).

Segundo IBGE (2002), o clima da região é o Tropical da Zona Equatorial, quente e semiárido com sete a oito meses secos, podendo chegar a nove meses. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima da região também pode ser classificado como sertão BSh, com alta intensidade luminosa (2.700 h), clima muito quente, e temperatura média anual de 28,1°C, máxima de 32,0°C (RIO GRANDE DO NORTE, 2005; IDEMA, 2008; ALVARES et al., 2014). A estação chuvosa é irregular, acontece entre os meses de março a maio, com média pluviométrica anual de 469,80 mm a 536 mm, e mínima de 21,0°C, e umidade relativa média anual de 70% (RIO GRANDE DO NORTE, 2005; IDEMA, 2008; ALVARES et al., 2014).

Os solos do imóvel apresentam uma associação complexa de cambissolos háplicos com argila de atividade alta, eutrófico e neossolos litólicos eutróficos com argissolo vermelho-amarelo (IBGE, 2001), com terras aráveis de uso especial e pequena profundidade, com pedregosidade na superfície (RIO GRANDE DO NORTE, 2005).

3.2. Massa específica básica

Segundo a NBR 11941 (ABNT, 2003), a massa específica básica é obtida pelo quociente da massa (m_b) seca e do volume (V_b) saturado dos cp's, em formato de disco ou cunha, sem casca. Após manter os cp's em estufa a $(105 \pm 2) ^\circ\text{C}$ até que a massa permaneça constante, determinou-se a massa seca com a pesagem em balança eletrônica. Para se obter o volume saturado da amostra, foi necessário realizar a submersão dos cp's em água, em recipiente a vácuo, até atingir o ponto de saturação de fibras (PSF>28%) com o auxílio de um dessecador, bomba a vácuo, suporte para imersão dos discos e becker graduado (Figura 1).



Figura 1. Utilização da pressão a vácuo para atingir o Ponto de Saturação de Fibras (PSF). FONTE: PAULA, 2018.

O volume verde ou saturado foi determinado através do método da balança hidrostática (Figura 2).



Figura 2. Obtenção do volume saturado usando o método da balança hidrostática. FONTE: PAULA, 2018.

Assim, a densidade da madeira foi determinada seguindo a equação 1:

$$D_b \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{m_b}{V_b} \quad (1)$$

Em que:

D_b é a massa específica básica da madeira, em gramas por centímetro cúbico;

m_b é a massa da amostra seca em estufa a $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$, em gramas;

V_b é o volume saturado do cp.

3.3. Características anatômicas macroscópicas

As características gerais foram feitas seguindo as recomendações da COPANT (1974). Para a verificação da grã, cor, brilho e largura, os discos foram secados ao ar, reduzidos em corpos de prova (cp's) com dimensões de 5 x 5 x 10 cm na direção longitudinal, com os três planos orientados pelos elementos anatômicos; a textura foi observada no topo dessas amostras.

Para obter a porcentagem de cerne e albarno para as espécies, os discos foram divididos em dois eixos centrais, em que a medula foi o ponto onde os dois eixos se cruzavam, um vertical (A) e horizontal (B). Nestes eixos foram medidos com uso de uma régua graduada o diâmetro do disco sem casca (A e B), cerne (CA e CB) e do albarno (A1, A2, B1, B2). Dos dados obtidos foram estimadas as áreas dos discos sem a casca, do cerne e do albarno seguindo as equações 2, 3 e 4, respectivamente:

$$\text{Área}_{\text{disco-casca}} = \frac{(3,1415 \times 2 \times \frac{(A+B)}{2})}{4} \quad (2)$$

$$\text{Área}_{\text{cerne}} = \frac{(3,1415 \times 2 \times \frac{(CA+CB)}{2})}{4} \quad (3)$$

$$\text{Área}_{\text{albarno}} = \text{Área}_{\text{disco-casca}} - \text{Área}_{\text{cerne}} \quad (4)$$

Após isto, foi obtido a porcentagem de cerne/albarno para cada disco e a média para cada classe diamétrica.

A cor foi definida através da observação dos planos longitudinais polidos, com o auxílio da escala MUNSELL SOIL COLOR CHARTS; o brilho foi observado no

mesmo local em todas as amostras, com iluminação natural; para definir a grã foram observados os elementos anatômicos dispostos no eixo longitudinal do tronco; a figura/desenho é observado nos planos longitudinais;

Para os estudos anatômicos e identificação das madeiras, seguiram-se as recomendações dos procedimentos em estudos de anatomia de madeira da COPANT (1974) e a chave de identificação anatômica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (ZENID; CECCANTINI, 2007). Assim, as amostras de madeira foram reduzidas em (cp's) com dimensões de aproximadamente 2,0 x 2,0 x 3,0 cm, com os três planos orientados pelos elementos anatômicos e com todas as faces lixadas (Figura 3).



Figura 3. Redução dos corpos de prova para as dimensões 2,0 x 2,0 x 3,0 cm. FONTE: PAULA, 2018.

Os planos foram examinados a olho nu e com o auxílio de uma lupa de 10x de aumento, para determinar as características gerais e as características anatômicas macroscópicas no plano transversal, tangencial e radial.

3.4. Características anatômicas microscópicas

A partir das amostras de madeira de Catingueira, Jurema-preta e Pau-branco foram obtidos cp's com dimensões de, aproximadamente, 2,0 x 2,0 x 3,0 cm; estes foram colocados em água quente, em uma bateria de extração, a 450°C, para facilitar o amolecimento (Figura 4). Este processo demorou aproximadamente 3 meses.



Figura 4. Fervura e preparação dos corpos de prova para a microtomia. FONTE: PAULA, 2018.

Após o amolecimento das amostras, retiraram-se pequenas seções dos cp's (14-20 μm) com o auxílio de um micrótomo de deslize horizontal, pincel e placa de petri. Para a montagem da lâmina histológica e fotomicrografia foi feita a descoloração da seção do material com água sanitária (hipoclorito de sódio) por curto período de tempo e lavagem com água destilada, seguido pela aplicação de safranina (solução aquosa a 1%), corante específico para material lignificado, e lavagem com água destilada.

A análise dos planos anatômicos da seção transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial foi feita com o auxílio das recomendações da IAWA Committee (1989), de um microscópio óptico com câmera acoplada e do *software Axio Vision*. Na seção transversal, foi medido o diâmetro do lume (μm) de 30 vasos, na objetiva de 10x. Para a avaliação da frequência dos vasos (vasos/ mm^2) foram analisadas dez micrografias, na objetiva de 5x. Na seção longitudinal tangencial, foram medidos o comprimento (μm) e a largura (μm) de 30 raios na objetiva de 10x, e o número de células para ambos.

Para a mensuração das fibras, os elementos anatômicos foram dissociados utilizando o método de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (TRUGILHO e VITAL, 1996). Com o auxílio de um estilete foram retirados pequenos fragmentos dos cp's que foram misturados a uma solução macerante 1:1 de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em um tubos de ensaio (Figura 5), e levados a estufa aquecida (60 °C) por 48h.



Figura 5. Fragmentos de madeira misturados a uma solução macerante 1:1 de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio (H_2O_2). FONTE: PAULA, 2018.

Após a saída da estufa, o material foi lavado com água corrente e misturado a uma solução pigmentante (azul de astra) (Figura 6).



Figura 6. Pigmentação do macerado de fibras para a preparação das lâminas histológicas. FONTE: PAULA, 2018.

Após a pigmentação do macerado, as lâminas histológicas (lâmina, lamínula e pipeta) foram preparadas para a realização da fotomicrografia com o auxílio de um microscópio óptico com uma câmera acoplada e do *software Axio Vision*. Seguindo as recomendações da IAWA Committee (1989), foram medidas 30 fibras, utilizando objetiva de 5x para comprimento (μm), e objetiva de 20x para largura (μm) e diâmetro do lume (μm). A espessura da parede foi estimada através da equação 5:

$$EP = \frac{(L-DL)}{2} \quad (5)$$

Em que:

EP é a espessura da parede, em micrômetros;

L é a largura, em micrômetros;

DL é o diâmetro do lume, em micrômetros.

3.5. Análise estatística

O experimento foi analisado segundo um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos (espécies), quatro repetições para massa específica e 30 repetições para todas as características anatômicas, exceto para frequência de poros, com 10 repetições. Os dados obtidos para densidade e microscopia foram analisados no pacote estatístico Minitab 16, utilizando-se de uma análise de variância (ANOVA) das médias dos valores obtidos nos experimentos, através do teste de Tukey a 95%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Massa específica básica

No estudo realizado, a madeira de Catingueira apresentou massa específica básica média de $0,69 \text{ g/cm}^3$, sendo considerada como uma madeira de média densidade (CORADIN; MUNIZ, 1991). A madeira de Catingueira também pode ser considerada pesada, apresentando valores de massa específica básica entre $0,80 \text{ g/cm}^3$ e $1,05 \text{ g/cm}^3$ (SILVA et al., 2009; SANTOS et al., 2013). Esta diferença pode entre os dados neste estudo com os demais pode estar relacionada com a idade das plantas utilizadas nos experimentos (SANTOS et al., 2013).

A madeira de Jurema-preta apresentou massa específica básica média de $0,87 \text{ g/cm}^3$, sendo considerada como uma madeira pesada (CORADIN; MUNIZ, 1991). Outros estudos apontaram que a Jurema-preta também pode apresentar valores de massa específica básica entre $0,82 \text{ g/cm}^3$ e $1,03 \text{ g/cm}^3$ (OLIVEIRA et al., 2006; LORENZI, 2008; SILVA et al., 2011).

A madeira de Pau-branco apresentou massa específica básica média $0,61 \text{ g/cm}^3$, sendo considerada como uma madeira de média densidade (CORADIN; MUNIZ, 1991). Em outros estudos a madeira de Pau-branco foi considerada como moderadamente densa ($0,70 \text{ g/cm}^3$), pesada, dura, e forte (RIZZINI, 1978; LORENZI, 2008).

Estatisticamente, as massas específicas básicas das madeiras das três espécies diferem entre si. A Jurema-preta apresenta a maior densidade, seguida por Catingueira e Pau-branco (Figura 7).

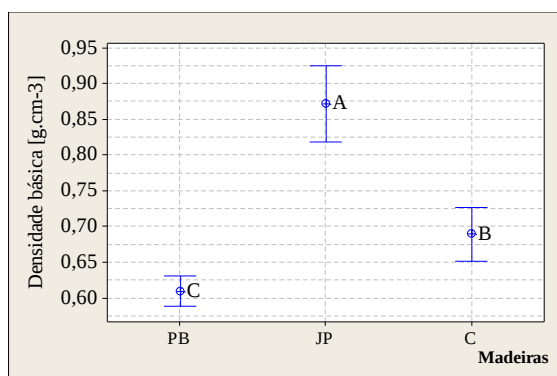


Figura 7. Intervalo Plot (Tukey 95%) para as mensurações de densidade das espécies da Caatinga, semiárido brasileiro, onde: C= catingueira; JP= jurema-preta; PB= pau-branco. FONTE: PAULA, 2018.

Foelkel, Brasil e Barrichelo (1971) apontaram que a densidade é um importante fator na determinação das propriedades físicas e mecânicas das madeiras. Estas propriedades caracterizam diferentes espécies de madeiras, diferentes árvores de uma dada espécie e diferentes regiões de uma mesma árvore. Outros autores observaram que a densidade da madeira varia de acordo com a idade e com a posição dentro do indivíduo, sendo a menor densidade obtida em indivíduos de menor idade e na madeira próxima a medula, onde há fibras curtas (TOMAZELLO FILHO, 1987; ROCHA; FLORSHEIM; COUTO, 2004). Segundo eles, existe uma interrelação entre massa específica básica, dimensões das fibras que compõem a madeira (e.g. espessura da parede), volume dos vasos, parênquimas, proporção de cerne e alburno, e arranjo dos elementos anatômicos. A interrelação entre esses elementos e a porção de cada elemento no volume total da madeira influenciam na massa específica da madeiras das espécies.

4.2. Características anatômicas

4.2.1. Caracteres gerais

A Catingueira apresenta uma madeira com cerne e alburno distintos pela cor. O cerne (32,12%) possui coloração castanho escuro e o alburno (62,87%), amarelado (Figura 8).



Figura 8. Discos de madeira de Catingueira. FONTE: PAULA, 2018.

A madeira possui brilho moderado e o odor/gosto são imperceptíveis. Há uma resistência média ao corte manual, grã direita, textura média e camadas de crescimento distintas. Além disso, observou-se na Figura 8 que a maior parte dos discos apresentou medula/cerne deteriorados.

A presença de medula deteriorada nos discos de Catingueira pode estar associada a indivíduos de idade avançada (MAIA, 2012) ou devido à baixa resistência do cerne, bastante suscetível ao ataque de cupins e ação de microorganismos quando submetidos à umidade no período chuvoso (SILVA et al., 2012). A presença desse fenômeno em plantios comerciais resulta em perdas econômicas, principalmente nas indústrias de celulose e movelaria, em consequência da perda no rendimento, da qualidade e da resistência da madeira, além de causar instabilidade no produto gerado (FOELKEL; BUSNARDO; RECH, 1986).

A Jurema-preta apresenta uma madeira com cerne e alburno pouco distintos pela cor. O cerne (45,34%) possui coloração castanho avermelhado e o alburno (54,66%), creme. avermelhado (Figura 9).



Figura 9. Discos de madeira de Jurema-preta. FONTE: PAULA, 2018.

Apesar de a Jurema-preta possuir um cerne pouco distinto do alburno e de cor mais clara que as demais espécies estudadas, análises laboratoriais apontam que a Jurema também é uma espécie de grande resistência a ataque de fungos e cupins xilófagos (MELO; PAES, 2006; PAES; MELO; LIMA, 2007).

A madeira possui um brilho acentuado, odor imperceptível, resistência dura ao corte manual, grã direita, textura grossa e camadas de crescimento distintas. Em

outros estudos, a madeira é considerada muito pesada, com textura média, grã direita, de alta resistência mecânica e grande durabilidade natural (LORENZI, 2009).

O Pau-branco possui madeira com cerne e alburno distintos pela cor. O cerne (13,76%) apresenta uma coloração castanho escuro e o alburno (86,24%), coloração amarelada (Figura 10).



Figura 10. Discos de madeira de Pau-branco. FONTE: PAULA, 2018.

A madeira possui um brilho moderado e odor imperceptível, apenas apresentando odor característico durante o processo de queima. Há uma resistência média ao corte manual, grã direita, textura média e camadas de crescimento distintas.

Os dados obtidos em outros estudos sobre as características gerais da madeira de Pau-branco descrevem cerne/alburno distintos (RIZZINI, 1978; LORENZI, 2008), com cerne de cor chocolate, pardo arroxeada ou violáceo-escuro, podendo mudar de cor depois de exposta ao ar. O alburno é pardo-claro ou amarelado, aproximadamente 15-20 mm. A superfície da madeira é lustrosa e lisa, com ausência de cheiro e sabor (RIZZINI, 1978).

A textura é grossa e a grã direita. A madeira é moderadamente densa ($0,70 \text{ g/cm}^3$), considerada pesada, dura, e forte, porém é fácil de ser trabalhada, permitindo belo acabamento (RIZZINI, 1978; CARVALHO, 2008; LORENZI, 2008). Também apresenta resistência ao apodrecimento (RIZZINI, 1978; LORENZI, 2008) e ao ataque de fungos e de insetos, principalmente cupins (CARVALHO, 2008).

A alta variabilidade da relação cerne/alburno observada dentro das classes de diâmetro das três espécies pode estar relacionadas a vários fatores, dentre eles a questão do estresse hídrico (SANTOS, 2007).

A cor da madeira influencia no seu poder decorativo, além de também ser indicador de substâncias de interesse econômico como corantes (BURGER; RICHTER, 1991), taninos (PAES et al., 2006). A variação na coloração natural da madeira é ocasionada pela impregnação de substâncias em suas células e nas paredes celulares. A cor da madeira pode ser alterada quando exposta a condições como, variação no teor de umidade, exposição ao sol, ataque de fungos, contato com metais e tratamento preservativo (BURGER; RICHTER, 1991).

A grã direita observada nas três espécies estudadas indica boa trabalhabilidade, porém, a alta densidade da madeira de Jurema-preta e a presença de cristais, tilos e outras substâncias podem desgastar as ferramentas de trabalho (BURGER; RICHTER, 1991).

A ausência de cheiro e gosto nas madeiras estudadas pode permitir o uso para itens como embalagens de alimentos, palitos de dentes, brinquedos para bebês, etc (BURGER; RICHTER, 1991).

4.2.2. Macroscopia

No plano transversal notou-se que a madeira de Catingueira apresentou uma camada de crescimento distinta por linha fibrosa tangencial mais escura; vasos distintos a olho nu, pequenos e pouco freqüentes, porosidade difusa, arranjo tangencial, com conteúdo esbranquiçado, podendo ser solitários ou múltiplos; o parênquima axial também foi visível a olho nu, do tipo aliforme formando confluência, com disposição paratraqueal; os raios também foram visíveis a olho nu, finos e muito pouco freqüentes. Na seção longitudinal tangencial, os raios foram visíveis somente sob lente de 10x, considerados baixos e estratificados. Na seção longitudinal radial, nota-se que os raios conferem à madeira um espelhado contrastado.

Silva et al. (2009) e Cardoso e Lisi (2013) também observaram que os anéis de crescimento na madeira de Catingueira são demarcados por linhas de parênquima axial marginal, e possuem lenho tardio evidente (PAULA; ALVES,

1980). Cardoso e Lisi (2013) também observaram falsos anéis de crescimento originados durante as chuvas esporádicas que ocorrem na época de seca, dificultando a datação e mensuração dos anéis de crescimento anuais. O parênquima axial é paratraqueal aliforme e confluyente, com cristais prismáticos em suas células (SILVA et al., 2009). Também foi observado parênquima axial do tipo terminal e em faixas tangenciais, sendo este bem menos abundante que as fibras (PAULA; ALVES, 1980). Vasos são solitários e múltiplos (SILVA et al., 2009), e os raios são estratificados (SILVA et al., 2009), com presença de cristais rômnicos de oxalato de cálcio (PAULA; ALVES, 1980).

No plano transversal notou-se que a madeira de Jurema-preta apresentou camada de crescimento distinta por parênquima axial marginal; apresentando vasos distintos a olho nu, médios e muito pouco freqüentes, porosidade difusa, arranjo tangencial, com conteúdo esbranquiçado e tiloses, podendo ser solitários ou múltiplos; o parênquima axial também foi visível a olho nu, do tipo aliforme formando confluência, com disposição paratraqueal; os raios foram visíveis somente sob lente de 10x, de média largura e muito pouco freqüentes. Na seção longitudinal tangencial, os raios também foram visíveis somente sob lente de 10x, considerados baixos e não estratificados. Na seção longitudinal radial, nota-se que os raios conferem à madeira um espelhado contrastado.

Outros autores realizaram estudos sobre a madeira de Jurema-preta e também observaram camadas de crescimento distintas, demarcadas pelo espessamento e achatamento das fibras no lenho tardio com presença de parênquima marginal (COP, 2010; FRANÇA, 2015); os vasos com porosidade difusa, solitários e múltiplos, com presença de depósitos nos vasos, como tilos esclerosados (OLIVEIRA et al., 2006; COP, 2010). Foram observados também parênquimas do tipo paratraqueal (OLIVEIRA et al., 2006) podendo ser aliforme confluyente tendendo a formar faixas (COP, 2010), vasicêntrico, aliforme, vasicêntrico e aliforme formando confluência (OLIVEIRA et al., 2006; FRANÇA, 2015), com presença de cristais prismáticos ou oxalatos de cálcio (OLIVEIRA et al., 2006).

No plano transversal notou-se que a madeira de Pau-branco apresentou uma camada de crescimento é do tipo parênquima marginal indefinido; apresentando vasos distintos a olho nu, pequenos e pouco freqüentes, porosidade difusa, arranjo diagonal, com conteúdo esbranquiçado, podendo ser solitários ou múltiplos; o

parênquima axial também foi visível a olho nu, do tipo aliforme formando confluência, com disposição paratraqueal; os raios também foram visíveis a olho nu, largos e muito pouco freqüentes. Na seção longitudinal tangencial, os raios também foram visíveis a olho nu, considerados baixos e não estratificados. Na seção longitudinal radial, nota-se que os raios conferem à madeira um espelhado contrastado.

Apesar da falta de estudos sobre a anatomia macroscópica e microscópica voltada para a madeira de Pau-branco, Paula e Alves (2010) descreveram sobre as características da anatomia comumente encontradas nas arbóreas pertencentes à família Boraginaceae, dentre elas, as espécies dos gêneros *Cordia*, *Auxemma* e *Patagonula*. Eles observaram que as madeiras também apresentaram poros médios, com a presença de tilos celulósicos; com parênquima axial muito variado e pouco, podendo ser do tipo apotraqueal difuso e paratraqueal confluyente e aliforme, podendo ocorrer os dois tipos para a mesma espécie.

4.2.3. Microscopia

A madeira de Catingueira apresentou parênquima paratraqueal do tipo aliforme losangular formando confluência; vasos/poros com diâmetro médio de, aproximadamente, 59,60 μm (mínimo: 32,08 a máximo: 91,51 μm), e frequência de 12,50 poros/ mm^2 (6 a 19 μm), sendo considerados pequenos (<100 μm) e pouco freqüentes (de 5 a 20 poros/ mm^2), com porosidade difusa, arranjo tangencial, podendo ser solitários ou múltiplos, com placa de perfuração escalariforme, com conteúdo esbranquiçado e tiloses presentes, mas não abundantes (Figura 11a).

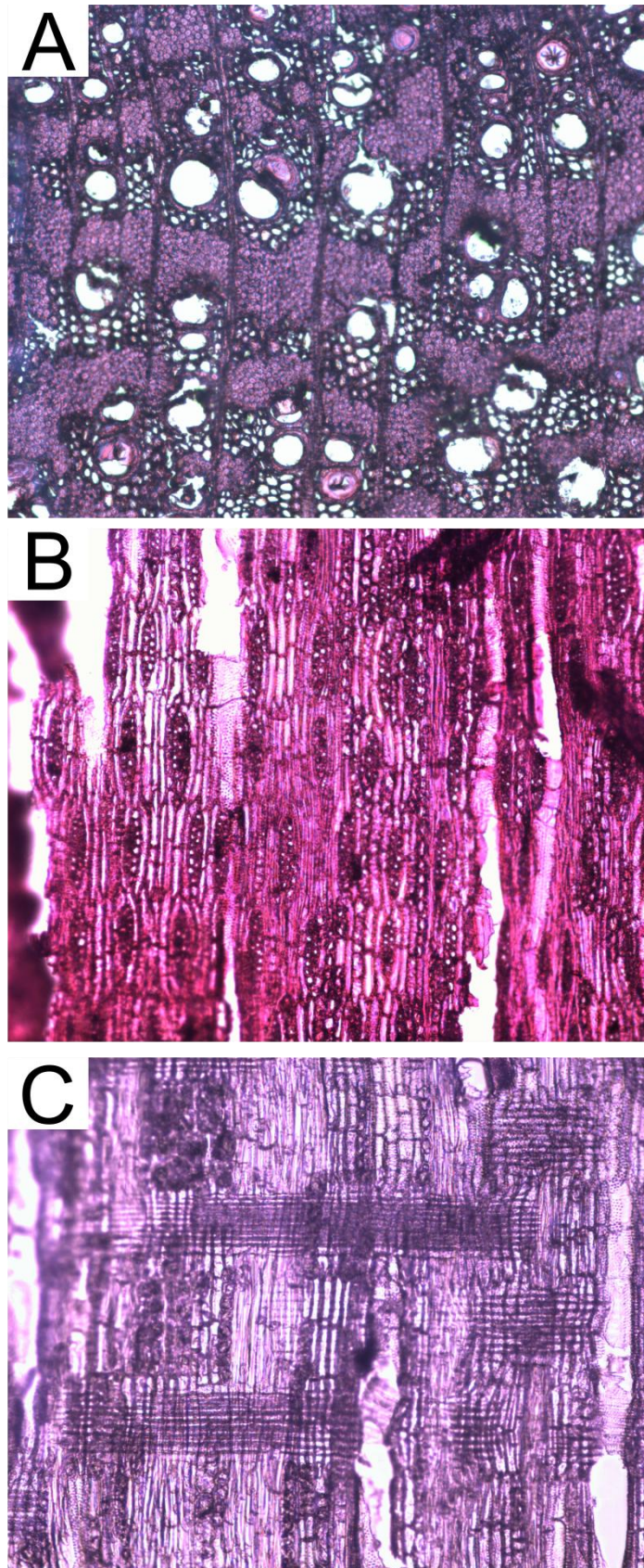


Figura 11. Fotomicrografia das seções da madeira da Catingueira, em que, a: seção transversal; b: seção longitudinal tangencial e c: seção longitudinal radial. FONTE: PAULA, 2018.

Em estudos sobre madeira de Catingueira feitos por Paula e Alves (1980), Silva et al. (2009) e Medeiros et al. (2014) também foram observados poros pequenos, variando entre 59 e 109 μm , e poucos, variando entre três e sete poros/ mm^2 (PAULA; ALVES, 1980), vasos solitários e múltiplos, com placa de perfuração simples, e pontuações intervasculares alternas e guarneçadas (SILVA et al., 2009). As pontuações guarneçadas são traços filogenéticos presentes entre as espécies da família Fabaceae, sendo considerada uma estratégia de plantas adaptadas a regiões de clima quente e períodos de seca (JANSEN et al., 2004).

A madeira de Catingueira apresentou raios homogêneos, baixos ($<1000 \mu\text{m}$), com comprimento médio de 146,40 μm (104,78 a 187,08 μm), sendo compostos por uma média de 10 células (7 a 14 células), finos ($< 100 \mu\text{m}$), com uma largura média de 26,24 μm (16,04 a 33,98 μm), unisseriados a multisseriados, compostos por uma média de 2,07 células (1 a 3 células), estratificados, muito pouco (<4 raios/ mm) a pouco frequentes (de 4 a 12 raios/ mm), com frequência média de 2,60 raios/ mm (0 a 6 raios/ mm) (Figura 11b), e compostos por células procumbentes (Figura 11c).

Em outros estudos sobre os raios presentes na madeira de Catingueira também foram identificados raios homogêneos, unisseriados e bisseriados (SILVA et al., 2009), podendo apresentar altura entre 124,70 e 181 μm , e largura entre 13 e 33 μm (PAULA; ALVES, 1980; SILVA et al., 2009), com frequência entre oito e 11 raios/ mm (PAULA; ALVES, 1980).

As fibras da madeira de Catingueira foram consideradas muito curtas ($<900 \mu\text{m}$) e curtas (de 900 a 1600 μm), com comprimento médio de 880 μm (620 a 1230 μm), largura média de 14,12 μm (10,52 a 19,54 μm), diâmetro médio do lume de 6,09 μm (3,18 a 9,34 μm), largura média de 14,12 μm (10,52 a 19,54 μm), diâmetro médio do lume de 6,09 μm (3,18 a 9,34 μm) e com paredes delgadas a espessas (lume, no máximo três vezes o dobro da espessura da parede, mas distintamente perceptíveis), possuindo espessura média de parede de 4,02 μm (2,85 a 5,46 μm) (Figura 12).

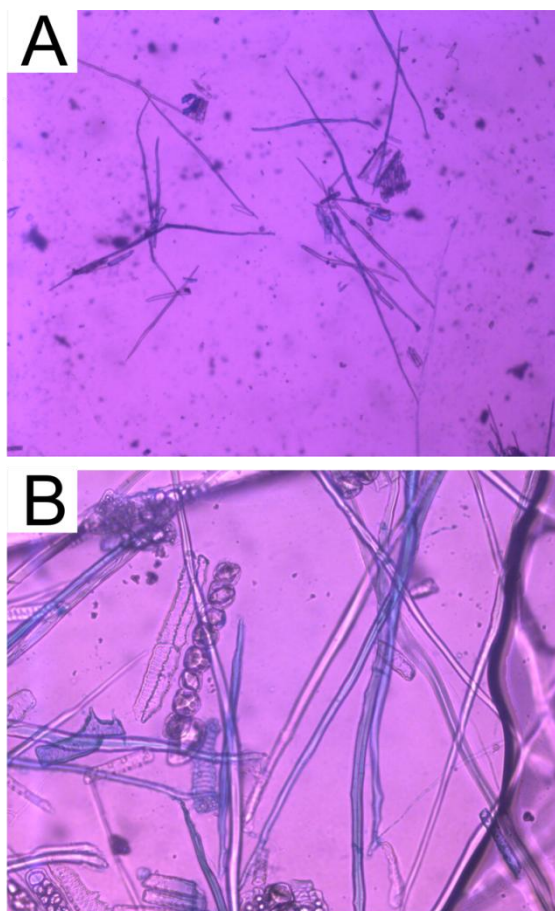


Figura 12. Fotomicrografia das fibras da madeira de Catingueira, em que, a: Fibras a 5x e b: Fibras a 20x. FONTE: PAULA, 2018.

Em outros estudos também foram observadas fibras com paredes muito espessas. A madeira também pode apresentar fibras gelatinosas (SILVA et al., 2009). O comprimento das fibras é de aproximadamente $0,83 \mu\text{m}$, com largura variando entre $13,20 \mu\text{m}$ e $14,56 \mu\text{m}$, espessura da parede variando entre $5,28$ e $5,89 \mu\text{m}$, diâmetro do lume variando entre $2,64$ e $6,09 \mu\text{m}$ (SILVA et al., 2009; MEDEIROS et al., 2014).

A madeira de Jurema-preta apresentou parênquima paratraqueal do tipo aliforme losangular formando confluência; possuindo vasos/poros com diâmetro médio de, aproximadamente, $120,18 \mu\text{m}$ ($83,02$ a $164,28 \mu\text{m}$), e frequência de $2,72$ poros/ mm^2 (1 a 4 poros/ mm^2), sendo considerados pequenos ($<100 \mu\text{m}$) e médios (de 100 a $200 \mu\text{m}$), muito pouco frequentes (<5 poros/ mm^2), com porosidade difusa, arranjo tangencial, podendo ser solitários ou múltiplos, com placa de perfuração escalariforme, com conteúdo esbranquiçado e tiloses presentes, mas não abundantes (Figura 13a).

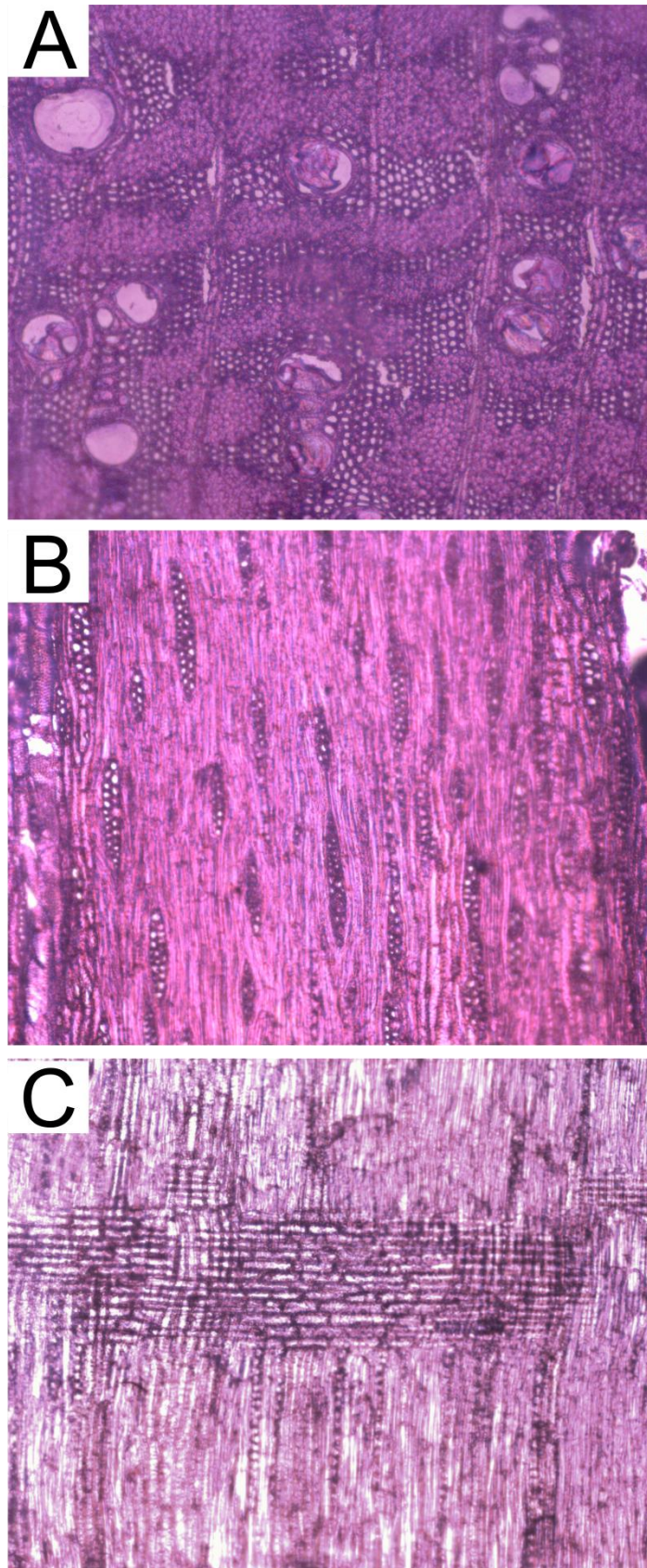


Figura 13. Fotomicrografia das seções da madeira de Jurema preta, em que, a: seção transversal; b: seção longitudinal tangencial e c: seção longitudinal radial. FONTE: PAULA, 2018.

A microscopia da madeira de Jurema-preta já foi estudada por Oliveira et al. (2006), Cop (2010) e França (2015). Nestes estudos foram observados poros com diâmetro variando entre 30 a 155 μm (OLIVEIRA et al., 2006; COP, 2010), e de frequência média variando entre cinco e oito poros/ mm^2 (OLIVEIRA et al., 2006; FRANÇA, 2015), os vasos possuem placa de perfuração simples (OLIVEIRA et al., 2006; COP, 2010; FRANÇA, 2015); pontoações intervasculares alternas guarnecidas (FRANÇA, 2015), opostas, areoladas, com abertura inclusa (OLIVEIRA et al., 2006).

A madeira de Jurema-preta apresentou raios homogêneos, baixos ($<1000 \mu\text{m}$), com comprimento médio de 207,20 μm (54,72 a 410,95 μm), sendo composto por uma média de 11,97 células (3 a 28 células), finos ($<100 \mu\text{m}$), com uma largura média de 31,61 μm (14,15 a 45,32 μm), unisseriados a multisseriados, composto por uma média de 1,97 células (1 a 3 células), não-estratificados (Figura 13b), muito pouco (<4 raios/ mm) a pouco frequentes (de 4 a 12 raios/ mm), com média de 2,60 raios/ mm (1 a 5 raios/ mm), e compostos por células procumbentes (Figura 13c).

Em outros estudos também foram observados raios homogêneos (FRANÇA, 2015), muito finos, variando entre 6,16 e 29 μm , extremamente baixos, com altura, variando entre 30 e 290 μm (OLIVEIRA et al., 2006; COP, 2010).e podem ser unisseriados a multisseriados, com células procumbentes, eretas e/ou quadradas (OLIVEIRA et al., 2006; COP, 2010), com a presença de raios fusionados (COP, 2010).

As fibras que compõem a madeira de Jurema-preta foram curtas (de 900 a 1600 μm) e longas ($>1600 \mu\text{m}$), com comprimento médio de 1560 μm (1100 a 2080 μm), largura média de 17,24 μm (10,47 a 26,34 μm), diâmetro médio do lume de 9,79 μm (4,69 a 20,18 μm) e com paredes delgadas a espessas (lume, no máximo três vezes o dobro da espessura da parede, mas distintamente perceptíveis), com espessura média de parede de 3,73 μm (1,95 a 3,73 μm) (Figura 14).

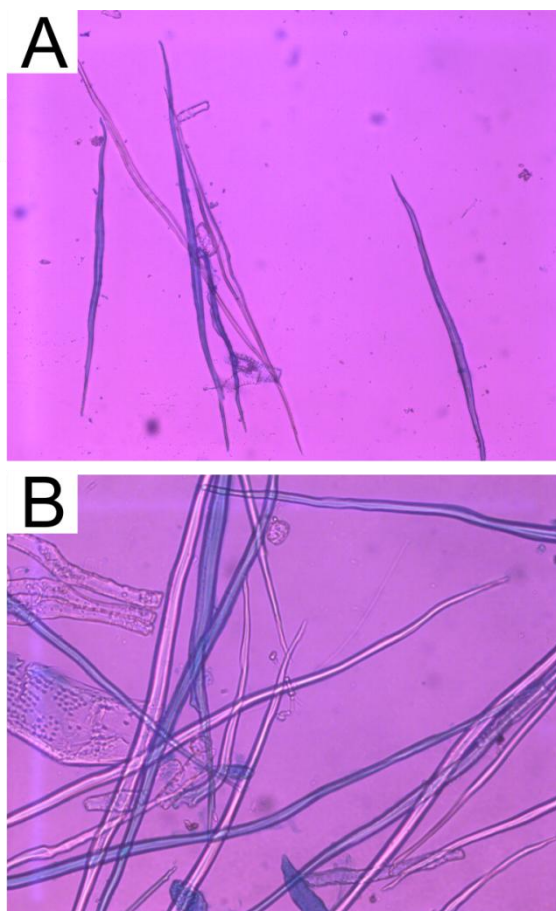


Figura 14. Fotomicrografia das fibras da madeira de Jurema-preta, em que, a: Fibras a 5x e b: Fibras a 20x. FONTE: PAULA, 2018.

Outros estudos também observaram fibras de paredes espessas, com espessura variando entre 3,93 e 5,83 μm , muito curtas, com comprimento variando de 375 e 925 μm (OLIVEIRA et al., 2006; COP, 2010; FRANÇA, 2015), e largura variando entre 15,38 e 17,73 μm (OLIVEIRA et al., 2006).

A madeira de Pau-branco apresentou parênquima paratraqueal do tipo aliforme linear formando confluência; possui poros com diâmetro médio de, aproximadamente, 55,07 μm (37,74 a 75,48 μm), e frequência de 11,90 poros/ mm^2 (7 a 20 poros/ mm^2), sendo considerados pequenos (<100 μm) e pouco frequentes (de 5 a 20 poros/ mm^2), com porosidade difusa, arranjo diagonal, podendo ser solitários ou múltiplos, com placa de perfuração foraminada, e com conteúdo esbranquiçado (Figura 15a).

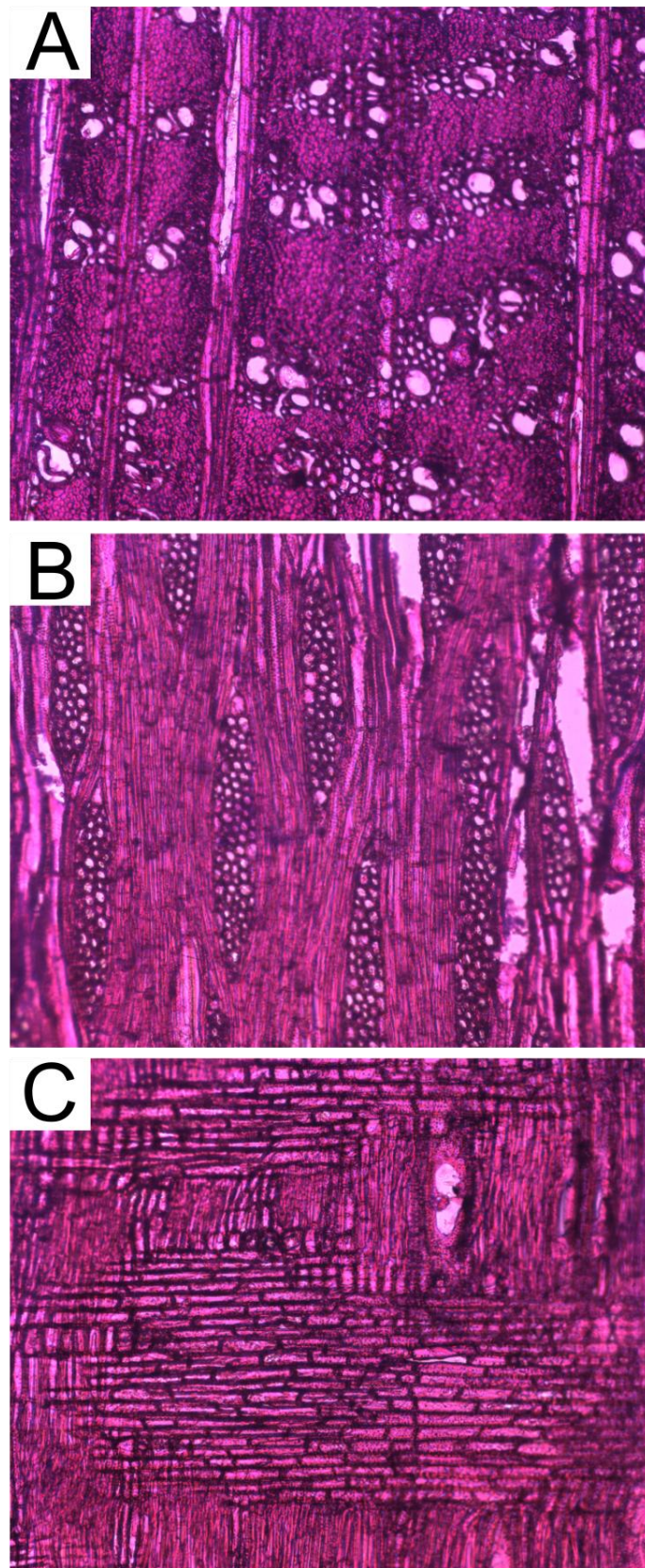


Figura 15. Fotomicrografia das seções da madeira de Pau-branco, em que, a: seção transversal; b: seção longitudinal tangencial e c: seção longitudinal radial. FONTE: PAULA, 2018.

Nos estudos de Paula e Alves (2010) sobre as madeiras da família Boraginaceae, composta por as espécies dos gêneros *Cordia*, *Auxemma* e *Patagonula*, também foram observados poros com diâmetro entre 194 e 231 μm e frequência entre 2 e 8 poros/ mm^2 , com placa de perfuração simples.

A madeira de Pau-branco possui raios heterogêneos, baixos, com comprimento médio de 563,60 μm (242,50 a 895,70 μm), sendo compostos por uma média de 24,47 células (11 a 40 células), finos (<100 μm) a média largura (100 a 300 μm), com uma largura média de 78,91 μm (17,76 a 109,44 μm), multisseriados, composto por uma média de 3,93 células (3 a 6 células), não estratificados (Figura 15b), muito pouco freqüentes (<4 raios/mm), com frequência média de 2,10 raios/mm (1 a 3 raios/mm), e compostos por células procumbentes, quadradas e eretas (Figura 15c).

Segundo as observações de Paula e Alves (2010) para as madeiras da família Boraginaceae, os raios podem variar entre 1 e 5 raios/mm, com altura variando entre 800 e 2000 μm , e largura variando entre 80 e 168 μm .

As fibras que compõem a madeira de Pau-branco foram curtas (de 900 a 1600 μm), com comprimento médio de 1530 μm (1200 a 1920 μm), largura média de 18,66 μm (11,41 a 23,57 μm), diâmetro médio do lume de 9,16 μm (5,94 a 13,78 μm) e com paredes delgadas a espessas (lume, no máximo três vezes o dobro da espessura da parede, mas distintamente perceptíveis), com espessura média de parede de 4,75 μm (2,34 a 7,37 μm) (Figura 16).

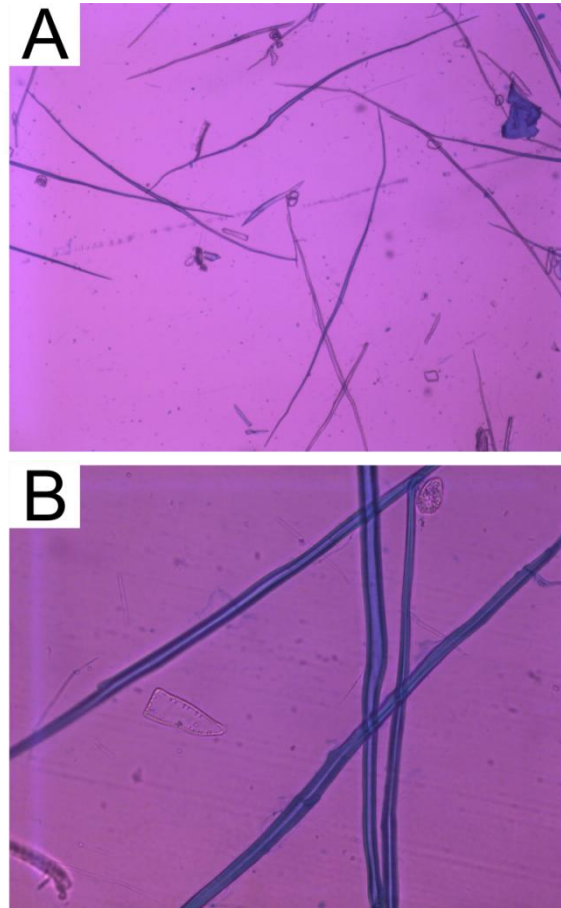


Figura 16. Fotomicrografia das fibras da madeira de Pau-branco, em que, a: Fibras a 5x e b: Fibras a 20x. FONTE: PAULA, 2018.

Segundo as observações de Paula e Alves (2010) para as madeiras da família Boraginaceae, as fibras foram abundantes, com comprimento variando entre 1,30 e 2,30 mm, diâmetro em média é 13 μm , e parede fina, em relação ao espaço ocupado por cada fibras, a espessura varia entre 4 μm e 4,29 μm .

Os valores obtidos a partir da medição dos elementos anatômicos foram analisados estatisticamente, sendo possível observar diferenças significativas para todas as características anatômicas ($p < 0,05$), exceto para a frequência de raios.

Estatisticamente, a Catingueira e o Pau-branco não apresentaram diferença significativa para os valores de diâmetro e frequência, porém diferiram dos valores apresentados para Jurema-preta (Figura 17).

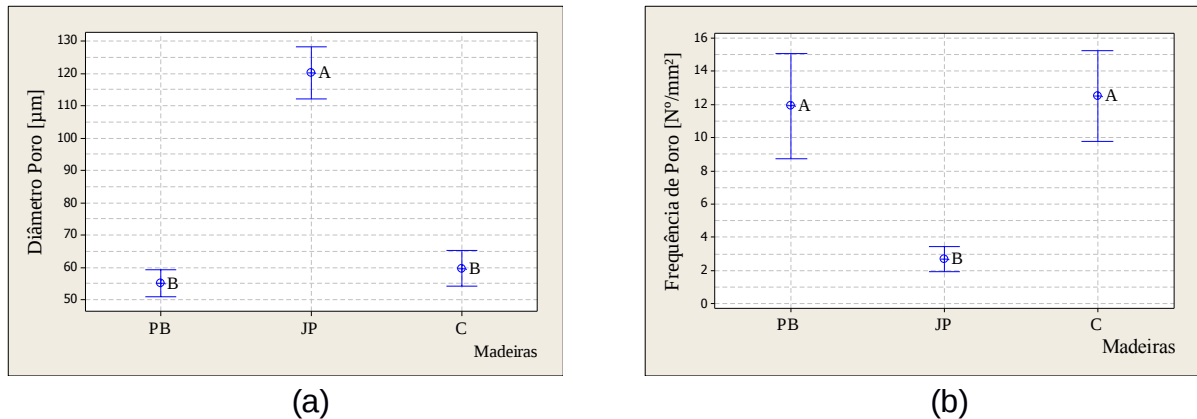


Figura 17. Intervalo Plot (Tukey 95%) para as mensurações de poro/vaso das espécies da Caatinga, semiárido brasileiro, em que, a: Diâmetro do poro [μm] e b: frequência de poros [n°/mm²] para as espécies C= Catingueira, JP= Jurema-preta e PB= Pau-branco. FONTE: PAULA, 2018.

Segundo Burger e Richter (1991), distribuição, abundância, tamanho e agrupamento de vasos são características que influenciam na massa específica da madeira. Apesar de a Jurema-preta apresentar maior diâmetro de poro, a inter-relação com a baixa frequência destes contribuiu para sua alta massa específica.

Além disso, essas características também se mostram importantes para a identificação de espécies e a definição de outras propriedades tecnológicas da madeira como comportamento na secagem, permeabilidade e penetração de adesivos na superfície da madeira (LIMA et al., 2007).

Estatisticamente, o Pau-branco se diferenciou das demais espécies, apresentando os maiores valores para comprimento e largura de raio, no entanto, observou-se que a frequência foi semelhante para todas as espécies (Figura 18).

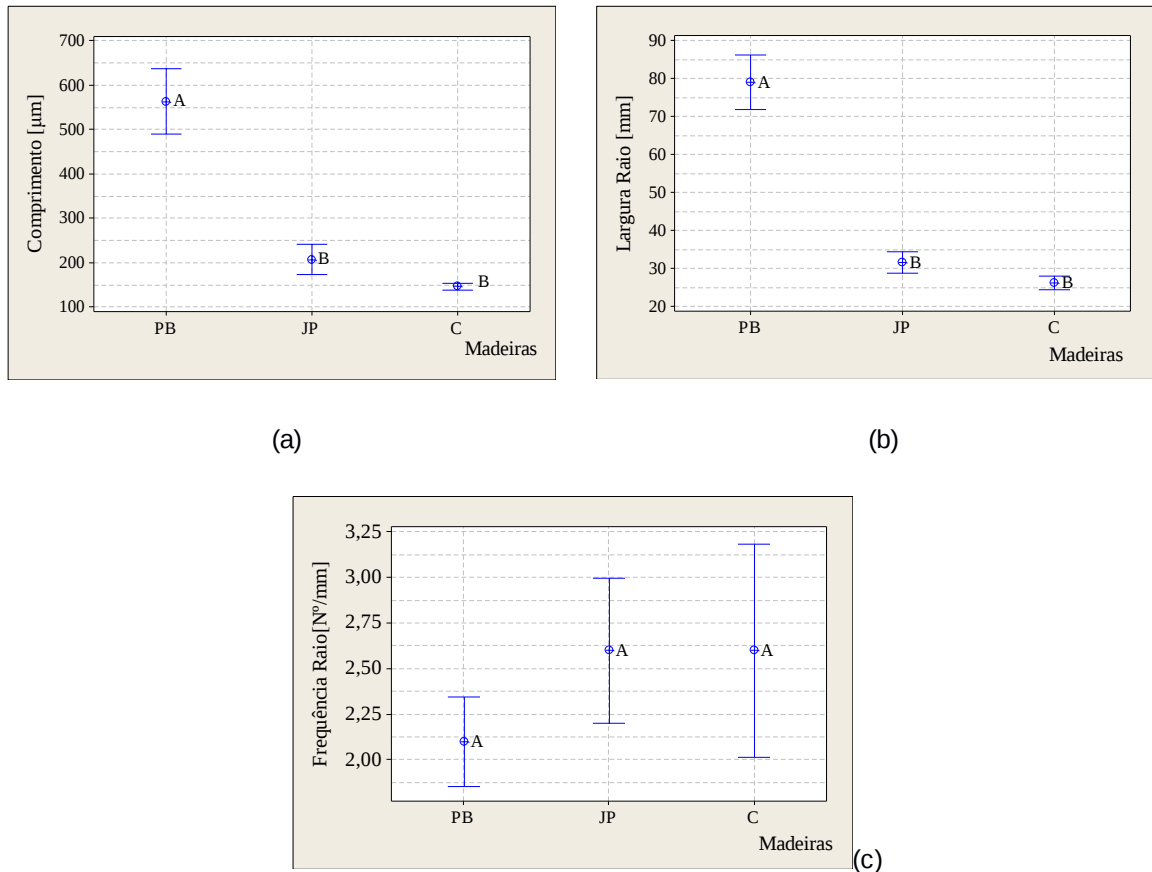


Figura 18. Intervalo Plot (Tukey 95%) para as mensurações de raio das espécies da Caatinga, semiárido brasileiro, em que, a: Comprimento do raio [μm]; b: largura do raio [μm] e c: frequência do raio [n°/mm], para C= catingueira; JP= Jurema-preta e PB= Pau-branco. FONTE: PAULA, 2018.

As madeiras que apresentam maiores quantidades de tecido parenquimático, nesse caso, o radial, tendem a ser mais frágeis e podem ser responsáveis pela perda de resistência na madeira, sendo tecidos mais susceptíveis a desgastes e rachaduras.

A presença de raios de menores valores para altura, largura e número de células por camada, somados a uma densidade mais elevada, conferem uma menor estabilidade dimensional à madeira (FRANÇA et al., 2015).

Em relação à fibra (Figura 19), não houve diferenças significativas entre os valores de comprimento para a madeira de Pau-branco e Jurema-preta, e entre os valores de espessura de parede para as madeiras de Jurema-preta e Catingueira.

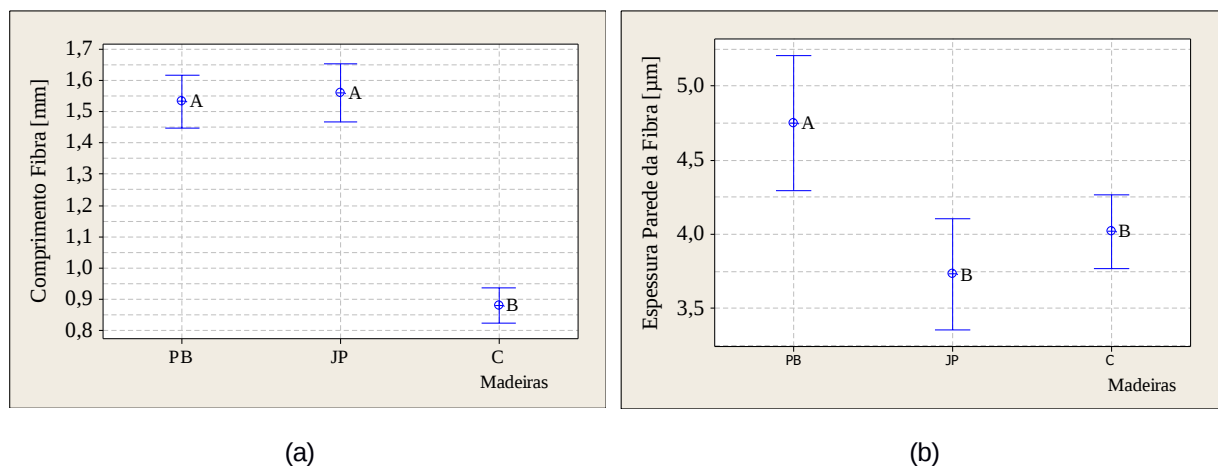


Figura 19. Intervalo Plot (Tukey 95%) para as mensurações de fibras das espécies da Caatinga, semiárido brasileiro, em que, a: Comprimento do raio [μm], b: largura do raio [μm] e c: frequência do raio [nº/mm], para, C= catingueira; JP= Jurema-preta; PB= Pau-branco. FONTE: PAULA, 2018.

As madeiras de Pau-branco e Jurema-preta apresentaram fibras mais longas comparadas às fibras que compõem a madeira de Catingueira. O Pau-branco apresentou fibras com paredes mais espessas que as demais espécies.

Apesar da espessura da parede de fibras ser o principal elemento anatômico responsável pela densidade da madeira, este parâmetro constitui-se numa medida que reflete a somatória de inúmeras variáveis presentes na madeira (LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000). A porção dos elementos no volume total da madeira, largura das fibras, volume dos vasos, porção de parênquimas, proporção de cerne e alburno, e arranjo dos elementos anatômicos são alguns fatores que podem influenciar na massa específica básica da madeira (TOMAZELLO FILHO, 1987; FRANÇA et al., 2015). Esta relação foi observada na madeira de Pau-branco, que apesar de ter apresentado os maiores valores de espessura de parede, não apresentou os maiores valores de massa específica básica. Neste caso, o valor da massa específica básica pode ter sido influenciado pela proporção do cerne (13,76%) e alburno (86,24%) presente na madeira de Pau-branco.

As fibras também estão relacionadas diretamente ao grau de alteração volumétrica, e indiretamente nas propriedades mecânicas da madeira. Células com paredes espessas, ligadas a madeiras com alta massa específica, tendem a apresentar maior instabilidade dimensional (BURGER; RICHTER, 1991; FRANÇA et al., 2015).

4.3. Aplicabilidade do estudo anatômico e da massa específica básica

Melo e Camargos (2016) listaram 41 utilizações da madeira na indústria, desde pequenos objetos a grandes estruturas, apontando propriedades anatômicas, físicas e mecânicas adequadas para o uso desejado. Assim, relacionando-se cada produto com algumas características observadas para as madeiras estudadas aqui, é possível obter uma visão mais ampla sobre a possível aplicabilidade do estudo anatômico e da massa específica das madeiras do semiárido. As características selecionadas foram: massa específica básica, textura, grã, durabilidade natural, ausência de odor/gosto, ausência de exsudação, cor e desenhos.

A madeira de Catingueira possui densidade média, textura média, grã direita, baixa durabilidade natural, ausência de odor/gosto, ausência de exsudação, sem cores e desenhos marcantes. A madeira de Jurema-preta possui densidade alta, textura grossa, grã direita, com durabilidade natural, ausência de odor/gosto, ausência de exsudação, sem cores e desenhos marcantes. Enquanto a madeira de Pau-branco possui densidade média, textura média, grã direita, com durabilidade natural, ausência de odor/gosto, ausência de exsudação, com cores e desenhos marcantes. Desta forma, as madeiras de Catingueira, Jurema-preta e Pau-branco poderiam ser madeiras potenciais para os usos industriais indicados na Tabela 1.

Tabela 1. Características requeridas para o emprego da madeira em uso industrial e as possibilidades de uso das madeiras estudadas. Em que: MEB= Massa Específica Básica; B= Baixa; M= Média; A= alta; T= Textura; F= Fina; M= Média; G= Grossa; DN= Durabilidade Natural; AO/G= Ausência de Odor/Gosto; AE= Ausência de Exsudação; C/D= Cor/Desenho; C= Catingueira; JP= Jurema-preta e PB= Pau-branco.

Usos	MEB			T			Gr			DN	AO/G	AE	C/D	Madeiras estudadas		
	B	M	A	F	M	G	D	R	O					C	JP	PB
Aeromodelismo	X			X	X		X									
Cabo para ferramenta/ Cabo para implemento agrícola		X	X	X	X		X	X	X	X						•
Cabo para rodo, vassoura e esfregão		X		X	X		X	X	X					•		•
Cabo para utensílio doméstico	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X			•
Cabo para utensílio de horta e jardim	X	X		X	X		X	X	X	X						•
Carroceria em geral	X	X					X	X	X	X						•
Cruzeta			X				X	X	X	X					•	
Dormente			X												•	
Embalagem leve (caixotaria em geral, para gêneros alimentícios e caixão)	X										X	X				
Embalagem pesada (caixotaria geral)		X	X								X	X		•	•	•
Embarcação (convés de barco)		X					X	X	X	X						•
Embarcação (defensa e quilha de barco)		X	X				X	X	X	X					•	•
Embarcação (casco de barco)		X	X				X	X	X	X					•	•
Embarcação (canoa)		X					X	X	X	X						•
Escultura		X	X	X	X		X	X	X					•		•
Esquadria (janela, porta maciça, caixilho, portal, escada, alisar e rodapé)		X	X	X	X		X	X	X					•		•
Estruturas de cobertura (viga, caibro, ripa)		X	X				X	X	X	X	X				•	•
Forro	X			X	X		X	X	X	X	X	X				
Guarda-sol		X					X	X	X	X	X					•
Hélice de ventilador		X		X			X	X	X		X					
Móvel em geral		X	X		X	X	X				X	X	X		•	•

Continuação (Tabela 1)

Usos	MEB			T			Gr			DN	AO/G	AE	C/D	Madeiras estudadas		
	B	M	A	F	M	G	D	R	O					C	JP	PB
Palete		X	X					X	X	X	X				•	•
Palito de dente, lápis, palito de sorvete e pá de sorvete	X	X		X	X		X					X	X		•	•
Palito de fósforo	X	X					X								•	•
Pequeno objeto (adorno, moldura e estojo)	X	X		X	X		X	X	X			X	X		•	•
Pequeno objeto (puxador, brinquedo, cinzeiro, cabide, prendedor de roupa, pente e escova de lavar)	X	X		X	X		X	X	X			X	X		•	•
Pequeno objeto (tábua para bater carne)		X		X			X	X	X			X	X			
Piso residencial		X	X	X	X		X	X	X			X	X		•	•
Piso industrial interno			X				X	X	X	X					•	
Piso externo			X				X	X	X	X					•	
Ponte (Pilar ou coluna)			X				X	X	X	X					•	
Ponte (viga e tabuleiro ou estrado)			X				X	X	X	X					•	
Poste			X				X	X	X	X					•	
Raquete (tênis, frescobol e pingue-pongue)	X	X		X	X		X	X	X			X	X		•	•
Revestimento em geral (lambri e painel em geral)		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X			•
Revestimento em geral (parede interna e parede externa)		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X			•
Sauna		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X		•
Taco para esporte (taco de bilhar, polo e golfe)		X		X	X		X	X	X			X	X		•	•
Telha de madeira		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X		•
Tonel		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X			•
Torneado	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X			•

FONTE: CAMARGOS e MELO (2016). Adaptado: PAULA, 2018.

A madeira de Catingueira pode ser indicada para 26,8% (N=11), enquanto que a madeira de Jurema-preta pode ser indicada para 31,7% (N=13) dos usos listados por Melo e Camargos (2016). A Catingueira e a Jurema-preta já são utilizadas de forma extrativista por populações de assentamento, comercialmente ou

não, como fonte energética (lenha e carvão) e na construção de casas e cercas (estacas e mourões) (FRANCELINO et al., 2003).

Com base nas características indicadas na Tabela 2, notou-se que a espécie Pau-branco, pode ser indicada para 70,7% (N=29) dos usos listados por Melo e Camargos (2016). Na literatura, a espécie Pau-branco é descrita como de elevado valor madeireiro. É usada como madeira serrada e roliça, possui boa qualidade para móveis finos, assoalhos, tabuados, vigamentos, caixilhos, caixões para cereais, carpintaria, artesanato, construções pesadas, pontes, dormentes, estacas, mourões, pranchas e instrumentos agrícolas. No Ceará, é a madeira nativa mais utilizada nas construções civis. A madeira do Pau-branco-do-sertão também proporciona lenha e carvão de boa qualidade (SAMPAIO et al., 2005; CARVALHO, 2008; MAIA, 2012). Porém, o mercado de comercialização desta madeira é desestruturado, e a exploração é extrativista. Apesar do conhecimento sobre os seus usos, esta espécie ainda requer atenção do meio científico, sobretudo para a realização de estudos de propagação vegetativa, controle de ataques por fungos, propriedades físicas, químicas e mecânicas da madeira para que seja possível pensar em um manejo e emprego adequados (MAIA, 2012; SAMPAIO et al., 2005).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados analisados foi possível notar que as madeiras de Catingueira, Jurema-preta e Pau-branco possuem potenciais para outros usos, além da geração de energia. Estes dados também fornecem importantes subsídios para incentivar novas pesquisas sobre o conhecimento destas e de outras espécies nativas, bem como orientar a tomada de decisão para a busca de usos mais adequados e/ou eficientes de madeiras nativas do semiárido brasileiro.

Essas informações, somadas à pesquisas referentes ao uso sustentável da Caatinga, podem servir como norteadores para a elaboração de planos de manejo que visam o uso racional dessas espécies, visando subsidiar políticas públicas de planejamento ambiental e de desenvolvimento sustentável no semiárido brasileiro. Além disso, essas informações também poderão auxiliar na ampliação dos diálogos sobre a conservação da flora nordestina e consequentemente na valorização dos conhecimentos botânicos para a sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, U. P.; ANDRADE, L. H. C. Conhecimento botânico tradicional e conservação em uma área de caatinga no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 16, n. 3, p. 273-285, 2002.
- ALMEIDA, V. S. ; BANDEIRA, F. P. S. de F. O significado cultural do uso de plantas da caatinga pelos quilombolas do Raso da Catarina, município de Jeremoabo, Bahia, Brasil. **Rodriguésia**, v. 61, n. 2, p. 195-209, 2010.
- ALVARES, C. A.; et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ALVES, R. C.: et. al. Caracterização anatômica macroscópica de madeiras folhosas comercializadas no estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 3, p. 352-361, 2012.
- AMANCIO, J. J. A.; ARAÚJO, M. A. de; SANTOS, S. do N. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- AMARAL, A. C. B.; FERREIRA, M.; BANDEL, G. Variação da densidade básica da madeira produzida pela *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. Ktze no sentido medula-casca em árvores do sexo masculino e feminino. **IPEF**, n. 2/3, p. 119-127, 1971.
- ANGYALOSSY, V.; MARCATI, C. R. Câmbio. In: GLÓRIA, B. A. da; GUERREIRO, S. M. C. (Editoras). **Anatomia vegetal**. 3. ed. Viçosa-MG: Editora UFV, p. 193-199, 2012.
- ANSELMO, A. F.; et al. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais comercializadas por raizeiros em uma feira livre no município de Patos-PB. **Revista de Biologia e Farmácia**, volume especial, 2012.
- AREVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Colombo-PR: EMBRAPA Florestas, 2002, 41p.
- AZEVÊDO, S. M. A. de; et al. Crescimento de plântulas de Jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret) em solos de áreas degradadas da Caatinga. **Engenharia Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 150-160, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11941: Madeira – Determinação da densidade básica**. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 2003. 6p.
- BARROS, C. F.; CORADIN, V. T. R. Xilotecas brasileiras: panorama atual e perspectivas futuras. **Bioscience**, v. 4, n. 7, ed. especial, 2015.
- BELTRÃO, B. A.; et al. (Orgs.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento de água subterrânea Rio Grande do Norte: Diagnóstico do município de Upanema**. Recife: Ministério de Minas e Energia – MME, 2005. 25p.

BEZERRA, D. A. C.; et al. Abordagem fitoquímica, composição bromatológica e atividade antibacteriana de *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret e *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 33, n. 1, p. 99-106, 2011.

BOTOSSO, P. C. **Identificação macroscópica de madeiras**: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento. Colombo-PR: EMBRAPA Florestas, 2011. 65p.

BRASIL, M. A. M.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica e das características das fibras em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden ao nível do DAP. **IPEF**, n. 5, p. 81-90, 1972.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Ceará - inventário florestal nacional**: principais resultados. Brasília-DF, 2016. 104 p. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/2195-principais-resultados-ifn-ce/file>>

BRASIL. Serviço Florestal Brasileiro - SFB. **Brazilian Forests at a glance – 2013**: from 2007 to 2012. Brasília-DF, 2013. 160 p.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo-SP: Nobel, 1991. 154 p.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, n. 71, 2001.

CAMPANHA, M. M. et al. Estrutura da comunidade vegetal arbóreo-arbustiva de um sistema agrossilvipastoril, em Sobral-CE. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v. 24, n. 3, p. 94-101, 2011.

CARDOSO, D. S.; LISI, C. S. Dendrocronologia de *Poincianella pyramidalis* (Fabaceae) sob diferentes disponibilidades de recursos na Caatinga. In: **Congresso Nacional de Botânica**, 64., Belo Horizonte, 2013.

CARLQUIST, S. **Comparative wood anatomy: systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledon wood**. New York: Springer Science - Business Media, p.40-73, 2013. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=oHz1CAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=wood+anatomy&ots=q7TT1rfhFJ&sig=PuFET0LQm-Kks71f_2HnCNvWFrQ#v=onepage&q=wood%20anatomy&f=false>

CARVALHO, P. E. R. Pau-branco-do-Sertão (*Auxemma oncocalyx*). EMBRAPA: Colombo-PR, **Circular Técnica**, n. 153, 2008.

CAVALCANTE, A. C. R. et al. Persistência da folhagem de espécies lenhosas da caatinga durante a estação seca. In: **Reunião anual da SBZ**, 37., Viçosa-MG, 2000. 3p.

COP, J. G. **Anatomia comparada do lenho de espécies da Caatinga e da restinga paraibana**. 2010. 57p. Dissertação (Bacharelado em Ciências Biológicas)- Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT – Descripción de características generales, macroscópicas de lãs maderas angiospermas dicotiledóneas. **COPANT**, v.30, p. 1-19, 1974.

CORADIN, V. T. R.; MUNIZ, G. I. B. de. **Norma de procedimentos em estudos de anatomia da madeira**: 1- Angiospermas. Brasília-DF: IBAMA/Diperd/LPF, 1991. 15 p.

CORDEIRO, M. C.; BOTREL, R. T.; HOLANDA, A. C. Levantamento etnobotânico de espécies arbóreas no assentamento Tabuleiro Grande, Apodi, Rio Grande do Norte. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 122-131, 2017.

COSTA, C. G. et al. Xilema. In: GLÓRIA, B. A. da; GUERREIRO, S. M. C. (Editoras). **Anatomia vegetal**. 3. ed. Viçosa-MG: Ed. UFV, 2012. p. 126-131.

CURY, G.; TOMAZELLO FILHO, M. Descrição anatômica de espécies de madeira utilizadas na construção civil. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 3, 227-236, 2011.

CUTLER, D. F.; BOTHA, T.; STEVENSON, D. Wm. **Anatomia vegetal: uma abordagem aplicada**. Porto Alegre-RS: Artmed, 2011. p. 44-62.

FABRICANTE, J. R. et al. Análise populacional de *Poincianella pyramidalis* Tul. (FabaceaeLindl.) na caatinga da região do Seridó nordestino. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 3, p. 285-290, 2009.

FERREIRA, C. A.; FREITAS; M. de; FERREIRA, M. Densidade básica da madeira de plantações comerciais de eucaliptos, na região de Mogi-guaçu (S.P.). **IPEF**, n. 18, p. 106-117, 1979.

FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos. **IPEF**, n. 4, p. 65-89, 1972.

FIGUEIRÔA, J. M. et al. Madeireira. In: SAMPAIO, E. V. S. B. et al. (Org.). **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Recife-PE: Associação Plantas do Nordeste, cap. 5, p.101-103, 2005.

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, n. 2/3, p. 65-74, 1971.

FOELKEL, C. E. B.; BUSNARDO, C. A.; RECH, B. O fenômeno de apodrecimento central do cerne de árvores vivas de *Eucalyptus*: qualidade da madeira. **IPEF**, n. 33, p. 31-38, 1986.

FOELKEL, C.; MORA, E.; MENOCELLI, S. Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose. **O Papel**, p. 35-40, 1992.

FRANÇA, R. F. **Estrutura anatômica da madeira e do carvão de espécies da Caatinga**. 2015. 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

FRANCELINO, M. R. et al. Contribuição da Caatinga na sustentabilidade de projetos de assentamentos no sertão norte-rio-grandense. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 79-86, 2003.

FUJITA, M.; HARADA, H. Ultrastructure and formation of wood cell wall. In: HON, D. N.-S.; SHIRAISHI, N. **Wood and cellulosic chemistry**. Nova York – Basel: Marcel Dekker, 2. ed., p. 1-49, 2000.

GARIGLIO, M. A. Manejo sustentável em assentamentos rurais na Caatinga. In: PAREYN, F.; VIEIRA, J. L.; GARIGLIO, M. A. (orgs.). **Estatística florestal da Caatinga**. Recife-PE: Associação Plantas do Nordeste, v. 2, p. 6-17, 2015.

GIULIETTI A. M. et al. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: SILVA, M. et al. (orgs.). **Biodiversidade da Caatinga**: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente – MMA, p. 48-90, 2004.

GOULART et al. Massa específica básica e massa seca de madeira de *Eucalyptus grandis* sob o efeito do espaçamento do plantio e da posição axial no tronco. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 2, p. 167-175, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001. 1 mapa, escala 1:5.000.000. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais>.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE – IDEMA. **Perfil do seu município**: UPANEMA. Natal-RN, v. 10, p. 1-23, 2008.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS - IAWA. List of microscope features for hardwood identification. **IAWA Bulletin New Series**, v. 10, p. 226-332, 1989.

JANSEN, S.; et al. Variation in xylem structure from tropics to tundra: Evidence from vestures pits. **PNAS**, v. 101, n. 23, p. 8833-8837, 2004.

LATORRACA, J. V. de F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 279-291, 2000.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. Ecologia e conservação da Caatinga: uma introdução ao desafio. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M.

C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife-PE: Editora Universitária da UFPE, p. 13-16, 2003.

LEITE, S. P. Fundamentos para um programa de seguro safra: Fortaleza – Ceará – 2002. In: LEITE, S. P. **Em busca do desenvolvimento rural do Ceará**: coletânea de artigos. Fortaleza-CE: LCR, 2006.

LIMA, C. K. P. et al. Características anatômicas e química da madeira de clones de *Eucalyptus* e sua influência na colagem. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 123-129, 2007.

LOBÃO, M. S. et al. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 889-894, 2004.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa-SP: Instituto Plantarum, v. 1, 3. ed., 2008. p. 85.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa-SP: Instituto Plantarum, v. 2, 3. ed., 2009. p. 171.

MAIA, G. N. **Caatinga**: árvores e arbustos e suas utilidades. Fortaleza-CE: Printcolor Gráfica e Editora, v. 2, 2012.

MATIAS, E. F. F. et al. The genus *Cordia*: botanist, ehno, chemical and pharmacological aspects. **Revista Brasileira de Farmacologia**, v. 25, n. 5, Curitiba-PR, 2015.

MELO, J. E.; CAMARGOS, J. A. A. **A madeira e seus usos**. Brasília-DF: SFB/LPF/MMA, 2016.

MELO, R. R.; PAES, J. B. Resistência natural de quatro madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 2, p. 169-175, 2006.

MENDES, M. M. S. et al. Desenvolvimento do milho sob influência de árvores de pau-branco em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.48, n.10, p.1342-1350, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Portaria n. 223, de 21 de junho de 2016**. Brasília-DF: Diário Oficial da União, n. 118, seção 1, p. 81.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA/INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa de biomas e vegetação do Brasil**. 2004. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>.

MMA/PNUD/GEF/BRA. **Manejo sustentável dos recursos florestais da Caatinga**. Natal-RN, 28 p., 2008.

MOKFIENSKI, A. et al. A importância relativa da densidade da madeira e do teor de carboidratos no rendimento de polpa e na qualidade do produto. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 3, p. 401-413, 2008.

MONTEIRO, J. M. et al. Teor de taninos em três espécies medicinais arbóreas simpátricas da caatinga. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 999-1005, 2005.

MUNIZ, G. I. B. de, et al. Anatomia do carvão de espécies florestais. **Cerne**, v. 18, n. 3, p. 471-477, 2012.

NDAGIJIMANA, C. PAREYN, F. G. V.; RIEGELHAUPT, E. Uso do solo e desmatamento da Caatinga: um estudo de caso na Paraíba e no Ceará – Brasil. In: PAREYN, F.; VIEIRA, J. L.; GARIGLIO, M. A. (Org.) **Estatística florestal da Caatinga**. Recife-PE: Associação Plantas do Nordeste, v. 2, 2015. 140 p.

OLIVEIRA L. B. et al. Estudo comparativo da madeira de *Mimosa ophthalmocentra* Mart. Ex Benth e *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae-Mimosoideae) na caatinga nordestina. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 2, p. 301-314, 2011.

OLIVEIRA, E. de. et al. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 311-318, 2006.

OLIVEIRA, J. T. S. et al. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 819-826, 2005.

PAES, J. B. et al. Viabilidade técnica dos taninos de quatro espécies florestais de ocorrência no semi-árido brasileiro no curtimento de peles. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 4, p. 453-462, 2006.

PAES, J. B.; MELO, R. R. de; LIMA, C. R. de. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 160-169, 2007.

PAULA, J. E. de. Anatomia de madeiras da Amazônia com vista à polpa e papel. **Acta Amazônica**, v. 7, n. 2, p. 273-288, 2003.

PAULA, J. E. de; ALVES, J. L. de H.. Estudo das estruturas anatômicas e de algumas propriedades físicas da madeira de 14 espécies ocorrentes em áreas de Caatinga. **Brasil Florestal**, v. 10, n. 43, p. 47-58, 1980.

PAULA, J. E. de; ALVES, J. L. H. **922 Madeiras nativas do Brasil**: anatomia – dendrologia – dendrometria – produção – uso. Porto Alegre-RS: Cinco Continentes, 2010.

PAULA, J. E. de; COSTA, K. P. **Densidade da madeira de 932 espécies nativas do Brasil**. Porto Alegre-RS: Cinco continentes, p.45-94, 2011.

PEREIRA, R. M. A. et al. Estudos fenológicos de algumas espécies lenhosas e herbáceas da Caatinga. **Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 20, n. ½, p. 11-20 jun./dez. 1989.

PROCÓPIO L. C.; SECCO, R. de S. A importância da identificação botânica nos inventários florestais: o exemplo do “tauari” (*Couratari* spp. e *Cariniana* spp. - Lecythidaceae) em duas áreas manejadas no estado do Pará. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 1, p. 31-44, 2008.

REZENDE, M. A. de; SAGLIETTI, J. R. C.; GUERRINI, I. A. Estudo das interrelações entre massa específica, retrabilidade e umidade da madeira do *Pinus caribaeavar.hondurensis* aos 8 anos de idade. **IPEF**, n. 48/49, p. 133-141, 1995.

RIBEIRO, F. A.; ZANI, J. F. Variação da densidade básica da madeira em *Eucalyptus* spp. **IPEF**, n. 46, p.76-85, 1993.

RIEGELHAUPT, E. R.; PAREYN, F. G. C.; GARAGLIO, M. A. O manejo florestal como ferramenta para o uso sustentável e conservação da Caatinga. In: GARAGLIO et al. (orgs.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília-DF: Serviço Florestal Brasileiro. p. 349 – 367, 2010.

RIO GRANDE DO NORTE. **Atlas para a promoção do investimento sustentável no Rio Grande do Norte**. Natal: IDEMA, 2005. (Módulo I, Zona Homogênea Mossoroense).

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. São Paula-SP: Blucher, 2. ed., 1978. p. 52.

ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. do. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. **Revista do Instituto Florestal**, v. 16, n. 1, p. 43-55, 2004.

ROLIM, M. B.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira produzida pela *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. Kuntze em função dos anéis de crescimento. **IPEF**, n. 9, p. 47-55, 1974.

ROMA, J. C. et al. **A economia dos ecossistemas e da biodiversidade no Brasil (TEEB-BRASIL)**: análise de lacunas. Rio de Janeiro-RJ: IPEA, p. 8, 2013.

SALES-CAMPO, C.; VIANEZ, B. F.; MENDONÇA, M. S. Estuda da variabilidade da retenção do preservante CCA tipo A na madeira de *Brosimum rubescens* Taub. Moraceae – (Pau-rainha) uma espécie madeireira da região anatômica. **Revista Árvore**, V. 27, N. 6, P. 845-853, 2003.

SAMPAIO, E. V. S. B. et al. **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Recife-PE: Associação Plantas do Nordeste, 2005. 331p.

SANTOS, I. A. dos. **Caracterização anatômica e dendrométrica da madeira de *Xylopia emarginata* Mart. (Annonaceae) com vistas à sua utilização mais apropriada**. 2007. 53p. Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SILVA, D. F. F. da; ROCHA, J. de S.; MOURA, J. B. de. Influência da densidade na dureza Janka em oito espécies madeireiras da Amazônia central. **Acta Amazônica**, v. 22, n. 2, p. 275-283, 1992.

SILVA, J. R. et al. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 479-487, 2005.

SILVA, J. T. da; TOMAZELLO FILHO, M.; FRIEDLER, N. C. Avaliação da retrabilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 929-936, 2010.

SILVA, L. B. Anatomia do lenho de espécies da caatinga e seu potencial para o desenvolvimento sustentável. In: **Cadernos de cultura e ciência**, v. 2, n. 2, p. 11-12, 2007.

SILVA, L. B. et al. Densidade básica da madeira de *Poincianella pyramidalis* Tul., (Fabaceae), espécie endêmica da caatinga do Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.23, n. 2, p. 436-445, 2009.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. de. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 533-539, 2002.

SUASSUNA, J. Convivência com o Semi-árido. **Boletim da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, p. 4, 2007.

THIERSCH, C. R. et al. O uso de modelos matemáticos na estimativa da densidade básica da madeira em plantios de clones de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, v. 12, n. 3, p. 264-278, 2006.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, n. 29, p. 37-45, 1985.

TRUGILHO, P. et al. Aplicação da análise de correlação canônica na identificação de índices de qualidade da madeira de eucalipto para a produção de carvão vegetal. **Revista Árvore**, v. 21, n. 2, p. 259-267, 1997.

TRUGILHO, P.; VITAL, B. R. Relação entre algumas características físicas, químicas e anatômicas e a variação dimensional da madeira de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 20, n. 4, p. 515-533, 1996.

VAN DEN BERG, M. E.; SILVA, M. H. L.; SILVA, M. G. Plantas aromáticas da Amazônia. In: **Simpósio do Trópico Úmido**, 1., 1984, Belém. Anais... Belém: EMBRAPA-CPATU, p. 95-108, 1986.

ZENID, G. J.; CECCANTINI, G. C. T. **Identificação macroscópica de madeiras**. São Paulo-SP: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 24 p.