

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ANATOMIA ECOLÓGICA DO LENHO DE ESPÉCIES OCORRENTES EM TRÊS  
FITOFISIONOMIAS NORDESTINAS DO BRASIL

Wendell Lima Ferreira de Sousa

Rivete Silva de Lima

Orientador

Larissa Chacon Dória

Co-orientadora

João Pessoa – 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ANATOMIA ECOLÓGICA DO LENHO DE ESPÉCIES OCORRENTES EM TRÊS  
FITOFISIONOMIAS NORDESTINAS DO BRASIL

Monografia apresentada ao Curso de  
Ciências Biológicas (Trabalho Acadêmico  
de conclusão de Curso), como requisito  
parcial à obtenção do grau de Bacharel em  
Ciências Biológicas

Wendell Lima Ferreira de Sousa

Rivete Silva de Lima

Orientador

Larissa Chacon Dória

Co-orientadora

João Pessoa – 2016

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S725a Sousa, Wendell Lima Ferreira de.  
Anatomia ecológica do lenho de espécies ocorrentes em  
três fitofisionomias nordestinas do Brasil / Wendell  
Lima Ferreira de Sousa. - João Pessoa, 2016.  
57 f. : il.

Coorientação: Larissa Chacon Dória.  
Monografia (Graduação) - UFPB/CCEN.

1. Anatomia ecológica do lenho. 2. Restinga. 3.  
Caatinga. I. Título

UFPB/CCEN

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Wendell Lima Ferreira de Sousa

ANATOMIA ECOLÓGICA DO LENHO DE ESPÉCIES OCORRENTES EM  
TRÊS FITOFISIONOMIAS NORDESTINAS DO BRASIL.

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas, como requisito parcial à  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Data: 18 de novembro de 2016

Resultado: Aprovado

**BANCA EXAMINADORA:**

Larissa Chacon Dória

M.<sup>a</sup> Larissa Chacon Dória

(Co-orientadora)

Rubens Teixeira de Queiroz

Dr. Rubens Teixeira de Queiroz

Denise Dias da Cruz

Dra. Denise Dias da Cruz

*Aos meus amados avós, Josias e Ivone.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

À UFPB por tudo que me foi proporcionado, destacando todas as pessoas que pude conhecer. Vocês são, dentre todas as outras, a única coisa que não encontraria em qualquer outra instituição de ensino, assim, portanto, as mais preciosas.

Aos meus professores, em especial aos do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da UFPB por todo o conhecido oferecido, dedicação e colaboração essenciais ao meu desenvolvimento. Espero muito se orgulhem de assumir este ofício, insubstituível não apenas em minha vida.

À prof.<sup>a</sup> Rita, uma das minhas primeiras professoras de botânica, mulher firme, batalhadora, sábia, apaixonada, amorosa e, não menos, inspiradora. Dona de muitos conselhos valiosos e apaixonada pela botânica, que me ensinou a defender meus pontos de vista e que há muito beleza oculta nestas matas que tanto ignoramos, guardo com carinho todos esses ensinamentos.

Ao Rubens por todo entusiasmo com o qual me ensinou a botânica (mesmo em momentos de quase *overdose*), pelo acompanhamento em idas ao campo, e por toda boa vontade em ajudar sempre. Deixo aqui registrada toda minha admiração.

À prof.<sup>a</sup> Denise pela paciência em ensinar e por todo suporte nos diversos trabalhos, sempre aberta e receptiva para discussões e apresentando críticas muito construtivas, nos fazendo exercitar nossas aptidões e conhecimentos além da sala de aula. Aqui registro minha imensa admiração pela convivência com uma pessoa tão inspiradora.

À prof.<sup>a</sup> Amelia, outra das pessoas que muito admiro, por todos os ensinamentos, conversas e ajuda.

Aos meus avós, Ivone e Josias, que infinitamente admiro e amo, por todos os feitos, incentivos e, acima de tudo, amor. Especialmente minha avó, companheira de muitas aventuras, um exemplo que quero seguir, sempre batalhadora, alegre, justa e amorosa.

Ao meu pai, Walter, que sempre me incentivou a estudar, garantiu minha educação e muitas outras coisas mais. Saiba que lhe amo muito, mesmo sendo eu tão

distante. Agradeço por ter sempre me apoiado, acreditado no meu potencial e me amado.

À minha mãe, Rose, que sempre fez muito por mim, sei que lhe dei muito trabalho. Mesmo com todas as nossas diferenças e atritos, saiba que lhe amo imensamente. Me desculpe se nunca fui um exemplo e lhe dei muita dor de cabeça, mas espero que possa se orgulhar de quem eu sou.

A toda minha família, tios, tias, primos e primas, por participarem de minha vida, terem apoiado, acreditado e me amado.

À Juliana Coutinho e à Larissa Farias, amigas e introdutoras nesse mundo da anatomia, por todo o tempo de companhia, seja em nossas viagens ou no laboratório, e por terem cedido parte dos dados aqui utilizados. Deixo aqui toda minha gratidão e desculpas por todo o trabalho.

Ao Laboratório de Anatomia vegetal – DSE/UFPB pelo acolhimento sempre, lugar do qual me apossei como se fosse meu quarto e sempre terá um lugar especial no meu coração.

À Adrielly, Ana Clara, Deborah, Lívia, Maria Izabel, Pietra e Yen, colegas de laboratório, pelos momentos compartilhados, conversas e risadas.

Ao Rivete, meu querido orientador por longos quatro anos e um exemplo, por ter sido sempre incentivador, disposto em ajudar, e ter tido muita, muita paciência para aguentar minhas manias, chatices e me ensinar por todo esse tempo. Aqui expresso nessas poucas palavras imensurável admiração e gratidão por tudo.

Ao programa de monitoria pela oportunidade e pela bolsa, que foi muito bem gasta. Ainda, aos alunos das turmas de anatomia vegetal pelas experiências, risadas, desesperos, paciência e por muito me terem ensinado, saibam que foram grandes incentivadores de meu aperfeiçoamento.

Aos meus colegas de turma, amigos e companheiro nessa longa, árdua, veloz e divertida jornada, que para felicidade ou infelicidade durou apenas 5 anos. Anderson, Ellen, Ewerth, Jessé, Julia, Juliana Nogueira, Karina, Mariana, Mylena, Paulo, Pedro, Rayssa, Rodrigo e Suênia, a coisa mais preciosa desta experiência foram vocês. Deixo expressa aqui minha infinita gratidão, admiração e carinho para vocês que estiveram comigo por todo esse percurso.

Ao Anderson, Pedro, Rodrigo e à Rayssa por todos os momentos, foram muitos filmes, aventuras e conversas, sempre temperadas com muitas risadas, e por me terem permitido ser o *chef* tantas vezes. Foram vocês a luz em muitos dos meus momentos de maior escuridão, sem a qual talvez tivesse perdido o caminho.

À Mariana e Mylena por toda sua cumplicidade, conselhos, amizade e amor. A importância que ambas representam não podem ser medidas em palavras.

À Suênia, a gótica mais alegre de todas, por toda sua descontração e carinho sempre. A alegria estampada na forma de sorrisos fará falta nos dias.

À Karina por toda sua descontração e espontaneidade sempre sem a qual o dia seria muito mais cinza, além dos cafés adoçados com muito incentivo que nunca serão esquecidos.

Ao Gabriel por todo esse tempo de amizade, foram longas conversas, desabafos, risadas e histórias. Expresso aqui toda minha gratidão pela confiança e amizade, espero que algum dia possamos compartilhar histórias acompanhados de pães de queijo e dar muitas risadas.

À Ana Cristina (Aninha), uma das pessoas que mais admiro, pelo inabalável companheirismo em diversos momentos, dos mais difíceis aos mais descontraídos, e por ser grande incentivadora em todos os meus momentos de loucura. Espero que um dia possa ter a mesma força que tens para enfrentar a vida.

Ao Heitor, grande amigo que muito negligencio, por todos os momentos descontraídos, aventuras e conversas.

Ao Lucas por me salvar em alguns momentos, sempre me contagiando com sua descontração. Muito te agradeço por ser importante de tantas formas que descrevelas não lhes fariam jus.

Ao Indjones por todas as quebras da monotonia da vida, tantas que prefiro deixar na memória.

Ao café por ter me mantido acordado, pensante e mesmo quando próximo da zumbificação.

Aos demais, não menos importantes, por terem feito parte da minha vida e contribuído.

## RESUMO

A região do Nordeste brasileiro apresenta uma grande diversidade de fitofisionomias, entre elas as formações xéricas e méxicas. As vegetações costeiras são geralmente mais méxicas, como a Restinga, enquanto as mais distantes do litoral são geralmente mais xéricas, como o Cerrado e a Caatinga. O conhecimento da anatomia das espécies vegetais do Nordeste ainda é escasso. O presente trabalho teve o objetivo de avaliar as tendências ecológicas da estrutura microscópica do lenho, buscando, portanto, características que permitam a ocorrência de tais espécies nos diferentes ambientes. Para tal, foram coletadas amostras do lenho de 5 espécies em cada uma das 3 fisionomias, Restinga, Cerrado e Caatinga, totalizando 15 espécies amostradas. Estas amostras foram coletadas pela remoção de discos a altura de 1,30 m do solo em todas as áreas e submetidas as técnicas usuais em anatomia vegetal para preparação de lâminas histológicas e maceração. Foram analisados em microscópio óptico 12 parâmetros anatômicos quantitativos, cinco qualitativos e, ainda, os índices de vulnerabilidade e de mesomorfia. A Análise de Componentes Principais para avaliação da similaridade entre as espécies e os ambientes foi realizada no software PAST. Os resultados mostraram poucas tendências quantitativas relacionadas aos ambientes, ainda que seja observada tendência de elementos celulares mais longos na Restinga em comparação aos outros ambientes. Por outro lado, camadas de crescimento distintas predominam no Cerrado e na Caatinga. Enquanto porosidade difusa e placa de perfuração simples são essencialmente presentes em todos os ambientes. Concluímos que as espécies da Restinga apresentam uma estrutura do lenho diversa, enquanto as da Caatinga uma estrutura com características mais xéricas. Portanto, foi comprovada a influência dos fatores ambientais na estrutura do lenho das espécies dos diferentes ambientes.

Palavras-chave: Anatomia ecológica do lenho; Restinga; Caatinga.

## **ABSTRACT**

The Brazilian Northeast region show a high diversity of phytophysiognomies, between them, the mesic and xeric formations. The coastal vegetation is generally more mesic, like the Restinga, while those farthest from the coast are usually more xeric, such as the Cerrado and the Caatinga. The knowledge of the plant species anatomy from Northeast Brazil is still scarce. The present study had the objective of evaluating the ecological trends on the microscopic structure of the wood, seeking, therefore, characteristics that allow the occurrence of those species in the different environments. For this, wood samples of five species were collected in each one of the three physiognomies, Restinga, Cerrado and Caatinga, totalizing 15 species sampled. These samples were collected by cutting discs at a height 1,30 m from the ground in all the areas and later submitted to usual techniques in plant anatomy to craft histological slides and maceration. The samples were analyzed in optic microscope 12 quantitative parameter, 5 qualitative and, also, the mesomorph and vulnerability indices. The Principal Components Analysis to evaluates the similitiry among the species and the evioroments was performed in PAST software. The results showed little quantitative trends related to environments, although a tendency of longer cellular elements in Restinga species was observed, when compared to the other environments. On the other hand, growth rings are predominant in Cerrado and Caatinga, while diffuse-porosity and simple perforation plates are essentially present in every environments. We concluded that species from Restinga show a diverse wood structure, while those from Caatinga have a structure with more xeric characteristics. Therefore, we verified the influence of the environmental factors on wood structure of the species from different environments.

**Keywords:** Ecological wood anatomy; Restinga; Caatinga.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. A – Mapa do Brasil. Destacando uma parte da região Nordeste; Municípios em preto correspondem a Campo Maior – PI e Mataraca – PB; B – Cerrado, Campo Maior; C – Caatinga, Campo Maior; D – Restinga, Mataraca. .... 11
- Figura 2. A – Coleta do lenho na área de manejo da Mineradora Millennium Inorganic Chemicals do Brasil S.A.; B – Disco do lenho de *Handroanthus serratifolius*. Fonte: A – W.L.F. de Sousa; B-E – R.S. de Lima; F – K.S. Pacheco. .... 12
- Figura 3. Análise de Componentes Principais (PCA) das 12 características anatômicas do lenho de 15 espécies ocorrentes em diferentes fitofisionomias nordestinas. ○ – espécies da Caatinga (Ca; cinza); □ – espécies do Cerrado (Ce; marrom); ◇ – espécies da Restinga (Re; verde); Cf – *Callisthene fasciculata*; Ci – *Cupania impressinervia*; Hs – *Handroanthus serratifolius*; Hsp – *Hymenaea* sp.; Mu – *Myracrodruon urundeuva*; Ob – *Ocotea brachybotrya*; Pp – *Parkia platycephala*; Pg – *Pouteria grandiflora*; Qg – *Qualea grandiflora*; Qp – *Qualea parviflora*; Sm – *Sacoglottis mattogrossensis*; Sc – *Salvertia convallariodora*; Sf – *Simaba ferruginea*; Tv – *Tachigali vulgaris*; Xl – *Xylopia laevigata*; CV – comprimento do elemento de vaso ( $\mu\text{m}$ ); DTV – diâmetro tangencial do lúmen do vaso ( $\mu\text{m}$ ); EPV – espessura da parede do vaso ( $\mu\text{m}$ ); CF – comprimento da fibra ( $\mu\text{m}$ ); DTF – diâmetro tangencial do lúmen da fibra ( $\mu\text{m}$ ); EPF – espessura da parede da fibra ( $\mu\text{m}$ ); AR – altura do raio ( $\mu\text{m}$ ); LR – largura do raio ( $\mu\text{m}$ ).  
..... 23

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados quantitativos dos elementos celulares do lenho de 15 espécies ocorrentes em diferentes fitofisionomias do Nordeste brasileiro. Fs – Fitofisionomia; Ca – Caatinga; Ce – Cerrado; Re – Restinga; CV – comprimento do elemento de vaso ( $\mu\text{m}$ ); DTV – diâmetro tangencial do lúmen do vaso ( $\mu\text{m}$ ); EPV – espessura da parede do vaso ( $\mu\text{m}$ ); Vx - densidade de vasos por  $\text{mm}^2$ ; CF – comprimento da fibra ( $\mu\text{m}$ ); DTF – diâmetro tangencial do lúmen da fibra ( $\mu\text{m}$ ); EPF – espessura da parede da fibra ( $\mu\text{m}$ ); AR – altura do raio ( $\mu\text{m}$ ); LR – largura do raio ( $\mu\text{m}$ ); AR\* – altura do raio em n° de células; LR\* – largura do raio em n° de células; Rx – frequência de raios por mm; IV – índice de vulnerabilidade; IM – índice de mesomorfia. Fonte: W.L.F. de Sousa; J.S. Coutinho; L.F. Barreto. .... 21

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	VI
RESUMO .....	IX
ABSTRACT .....	X
LISTA DE FIGURAS .....	XI
LISTA DE TABELAS .....	XII
SUMÁRIO .....	XIII
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	5
3. OBJETIVOS .....	9
3.1. OBJETIVO GERAL .....	9
3.2. OBJETOS ESPECÍFICOS .....	9
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	9
4.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	9
4.1.1. CAMPO MAIOR, PI .....	9
4.1.2. MATARACA, PB .....	10
4.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	10
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	14
5.1. DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES .....	14
RESTINGA .....	14
5.1.1. <i>Cupania impressinervia</i> Acev.-Rodr. (Sapindaceae) .....	14
5.1.2. <i>Pouteria grandiflora</i> (A.DC.) Baehni (Sapotaceae) .....	14
5.1.3. <i>Sacoglottis mattogrossensis</i> Malme (Humiriaceae) .....	15
5.1.4. <i>Simaba ferruginea</i> A.St.-Hil. (Simaroubaceae) .....	15
5.1.5. <i>Xylopia laevigata</i> (Mart.) R.E.Fr. (Annonaceae) .....	15
CERRADO .....	16
5.1.6. <i>Callisthene fasciculata</i> Mart. (Vochysiaceae) .....	16
5.1.7. <i>Parkia platycephala</i> Benth. (Fabaceae) .....	16
5.1.8. <i>Qualea grandiflora</i> Mart. (Vochysiaceae) .....	17
5.1.9. <i>Qualea parviflora</i> Mart. (Vochysiaceae) .....	17
5.1.10. <i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil. (Vochysiaceae) .....	17
CAATINGA .....	18
5.1.11. <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose (Bignoniaceae) .....	18
5.1.12. <i>Hymenaea</i> sp. (Fabaceae) .....	18

5.1.13. <i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão (Anacardiaceae).....	18
5.1.14. <i>Ocotea brachybotrya</i> (Meisn.) Mez (Lauraceae).....	19
5.1.15. <i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima (Fabaceae).....	19
5.2. ANATOMIA ECOLÓGICA .....	20
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	31
7. CONCLUSÃO .....	32
8. REFERÊNCIAS .....	33
APÊNDICE 1 .....	42

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior dos países tropicais com território de 8 514 877 km<sup>2</sup> delimitado em seis biomas, Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (IBGE, 2004). Abrigando a maior biota continental da Terra com impressionante diversidade, além de dois *hotspots* de biodiversidade, o Cerrado e a Mata Atlântica, e 40% das florestas tropicais remanescentes (BRANDON *et al.*, 2005). Para espécies vegetais, o Brasil possui 46 677 identificadas, aproximadamente 19% da flora mundial (GIULIETTI *et al.*, 2005), sendo 33 250 destas angiospermas (LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL, 2016).

O Brasil apresenta uma extensa região costeira, com aproximadamente 9 000 km, na qual diversas formações vegetais podem ser encontradas, isso devido às variações em elementos geológicos, oceanográficos e climáticos. A Restinga, uma destas vegetações costeiras, um ecossistema associado ao complexo Mata Atlântica, desenvolve-se geralmente nas planícies litorâneas formadas por sedimentos do terciário e quaternário, com ou sem a ocorrência de inundações (SILVA, 1999). Entretanto, os estudos desta vegetação no Nordeste são escassos (OLIVEIRA-FILHO & CARVALHO, 1993; OLIVEIRA-FILHO, 1993; SACRAMENTO *et al.*, 2007; TRINDADE, 1991).

A vegetação litorânea apresenta uma diversidade fisionômica expressando uma composição que geralmente mescla espécies próprias do litoral com outras provenientes de ecossistemas como floresta atlântica, Cerrado e tabuleiros arenosos (FREIRE, 1990; SCARANO, 2002).

Quanto à diversidade, as Restingas apresentam cerca de 2 561 espécies vegetais, destas 1 348 (52%) são endêmicas (LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL, 2016). Para o nordeste, dentre os poucos estudos, Zickel *et al.* (2007) registram 477 espécies de diferentes hábitos ocorrentes na Restinga pernambucana, sendo 39,3% destas restritas ao estado. Assim como em muitos estudos das vegetações de Restinga, a família Myrtaceae é uma das mais representativas no referido trabalho, além disso, outros autores (SILVA, 1999), ressaltam as importâncias florísticas e estruturais em formações de Restinga do sul e sudeste.

A Restinga apresenta fisionomias que variam de exclusivamente herbáceas, os campos praianos, até formações de porte florestal, as florestas de Restinga (OLIVEIRA-FILHO, 1993; SILVA, 1999). As florestas de Restinga comumente ocorrem em regiões da planície costeira mais afastadas do mar, onde os solos são saturados hidricamente e têm uma espessa camada orgânica superficial (SILVA, 1999).

A temperatura média anual na Restinga é de 25,5 °C. (CARVALHO & OLIVEIRA-FILHO, 1993; CUNHA *et al.*, 2003). A pluviosidade média anual é de 1.725 mm (CUNHA *et al.*, 2003). O solo é predominantemente arenoso, mineralogicamente pobre, com baixa capacidade de retenção de água (VASCONCELLOS *et al.*, 2005). Entretanto, devido sua grande distribuição geográfica, as condições na restinga apresentam bastante variação.

Ainda que estas áreas sejam protegidas por leis federais, muito pouco da paisagem original está ainda intacta, e esses ambientes e sua biodiversidade estão desaparecendo rapidamente como resultado de influências antrópicas (ARAÚJO & HENRIQUES, 1984).

O Cerrado, um dos 25 *hotspots* globais (MITTERMEIER *et al.*, 1999), é o segundo domínio fitogeográfico em extensão do Brasil, ocupando cerca de 2 036 448 km<sup>2</sup> (23,92%) do território nacional, se estendendo desde o litoral maranhense até o centro-oeste (IBGE, 2004; RATTER *et al.*, 1997). As regiões de Cerrado do Nordeste são geralmente chamadas “Cerrados marginais distais” por estarem distribuídas nas margens do espaço geográfico ocupado por este domínio no Brasil (CASTRO *et al.*, 1998; 2007; CASTRO, 1994), ainda que sejam uma continuação direta de sua área central no Planalto Central do Brasil (RIZZINI, 1997).

Considerado como a savana mais rica em biodiversidade do mundo com cerca de 12 396 espécies de vegetais, destas 7 319 (59%) endêmicas do Cerrado (LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL, 2016). Para o estado do Piauí, Castro (1998), em seu levantamento da flora lenhosa do Cerrado, registra aproximadamente 40% das espécies coletadas como possivelmente endêmicas.

A substituição de espécies ao longo da distribuição do Cerrado é constante, e considerando a existência de diferenças ecológicas ao longo da distribuição do Cerrado, como o aumento da deficiência hídrica no sentido sudeste-nordeste, são possíveis o

reconhecimento três supercentros de biodiversidade, sendo estes os cerrados do Sudeste meridional, os cerrados do Planalto Central e os cerrados do Nordeste (CASTRO, 1994; CASTRO & MARTINS, 1999).

O Cerrado *sensu lato* é composto por uma diversidade de fisionomias que vão desde aquelas formadas por árvores altas e copas densas, o cerradão, até aquelas com poucas árvores e predomínio de herbáceas, o campo sujo. Diversos fatores são responsáveis pela definição da ocorrência de cada tipo de fisionomia, dentre estes a fertilidade do solo e o fogo são destacados (OLIVERIA & MARQUIS, 2002; RIZZINI, 1997).

A temperatura média anual no Cerrado é de 23 °C. A precipitação média anual varia de 1 200 a 1 800 mm, com chuvas concentradas de outubro a março (COUTINHO, 2002). O solo é predominantemente do tipo latossolo (46%), sendo de baixa fertilidade e elevada acidez, profundos e bem drenados (SANTOS *et al.*, 2010).

As condições ambientais peculiares do Cerrado são altamente restritivas em relação aos padrões convencionais ideais para o desenvolvimento de plantas, resultando em uma flora única (DURIGAN, 2003), altamente resistente e adaptada ao fogo e à seca (COUTINHO, 1990). Ainda que, entretanto, este seja um dos ecossistemas mais ameaçados e devastados do Brasil atualmente, estimando-se uma perda de 60% de sua cobertura vegetal original.

Por sua vez, a Caatinga é o quarto domínio fitogeográfico brasileiro em extensão, ocupando cerca de 844 453 km<sup>2</sup> (9,92) do território nacional (IBGE, 2004) Como o principal ecossistema da região, a Caatinga tem sua distribuição basicamente no Nordeste, ocupando 735 000 km<sup>2</sup> do semiárido (ANDRADE-LIMA, 1981; LEAL *et al.*, 2005).

Pelo fato de ser considerada inicialmente como um estado alterado de outra formação vegetal, associado à baixa diversidade de plantas, ausência de endemismo e alterações antrópicas, a Caatinga é um dos ambientes mais desvalorizados e mal conhecido botanicamente do Brasil (SILVA *et al.*, 2003). Entretanto, a Caatinga mostrou-se um ambiente rico em espécies e endemismos, apresentando 4 844 espécies vegetais, destas 2 603 (53%) endêmicas (LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL, 2016). Em estudo da flora de uma área de Caatinga no município de São José

do Piauí, no Piauí, Mendes & Castro (2010) registam a ocorrência de 136 espécies de diversos hábitos, destas 27,96% (33 spp) ocorrendo apenas naquele local.

A fisionomia da Caatinga varia de formações mais fechadas, a floresta seca, até formações abertas, a estepe. Alguns consideram a floresta seca como o clímax da Caatinga, assim assumindo que as demais formações são efeito da atividade antrópica. Por outro lado, outros autores consideram, mesmo levando em consideração o fator antrópico, a floresta seca, Caatinga arbustiva e a estepe como estados clímax (ALVES *et al.*, 2009; ALVES, 2009)

A temperatura média anual varia de 26 a 28 °C (QUEIROZ, 2009). A precipitação média anual é geralmente abaixo de 800 mm. As chuvas são distribuídas irregularmente, geralmente concentradas em 3-5 meses, e longos períodos de seca são comuns. Os solos podem ser rasos, argilosos e pedregosos, ou ainda profundos e arenosos (SAMPAIO, 1995).

A conservação da Caatinga é um tema bastante discutido, embora o pouco conhecimento sobre este ambiente e o baixo investimento dificultam o estabelecimento de estratégias de conservação efetivas (LEAL *et al.*, 2003; 2005). Como o domínio fitogeográfico menos protegido do Brasil, estimativas da porcentagem de áreas alteradas na Caatinga se aproximam dos 30% (IBGE, 1993; SILVA *et al.*, 2003), os impactos antrópicos sofridos por esse ambiente são diversos, seja pela remoção de madeira para produção de lenha, ou pelo plantio e pecuária. Assim, ameaçando não apenas a fauna e flora local como, também, a própria população residente nessas áreas (LEAL *et al.*, 2003; 2005).

Alves & Angyalossy-Alfonso (2000), em seu trabalho avaliando tendências ecológicas do lenho de 491 espécies brasileiras oriundas de diversas regiões do país, ressaltam a maior representatividade (~70%) de espécies coletadas no Nordeste provenientes de áreas costeiras. Portanto, demonstrando a necessidade do incentivo e realização de novos trabalhos na região Nordeste, principalmente nas áreas mais afastadas da costa.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Baas (1982) a anatomia sistemática, filogenética e ecológica do lenho, são os principais enfoques da anatomia vegetal comparativa. Iniciadas no século XVII, na obra ‘Micrographia’ de 1665, as primeiras observações microscópicas da anatomia do lenho foram realizadas por Robert Hooke. Entretanto, os verdadeiros pais da anatomia vegetal são Marcello Malpighi (1628-1694), Nehemiah Grew (1641-1712) e Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723), destacando aqui este último pelo prelúdio da anatomia ecológica do lenho.

Uma reinterpretação da diversidade anatômica do lenho como resultado de uma evolução adaptativa funcional é apresentada por Carlquist em seu livro ‘Ecological Strategies of Xylem Evolution’ (1975). Além de revisar a diversidade anatômica do lenho de todo o globo, o autor destaca a prevalência de diversas características do lenho e suas relações com os fatores ambientais, apresentando a ideia da existência de grande importância do ambiente como força seletiva na evolução do xilema, assim, então, destacando a interação ambiente-organismo (CARLQUIST, 2001).

A abordagem da evolução do xilema direcionada para aumentar a eficiência da condução hídrica é corroborada por padrões de distribuição dos tipos de placa de perfuração que validam a proposta de que pressões seletivas direcionaram a evolução do xilema no sentido de redução na resistência ao fluxo nos elementos traqueais (BAAS, 1976). Entretanto, considerando as evidências de que vasos “primitivos” não apresentam menor resistência ao fluxo por área de alburno (xilema secundário funcional) quando comparados às angiospermas sem vasos, o surgimento dos vasos é relacionado a um aumento na especialização celular. Esta especialização confere vantagens mecânicas, de armazenamento, ou outros tipos em relação ao lenho homogêneo de angiospermas sem vasos. No que concerne à condutividade, os vasos “primitivos” mostram-se mais eficientes por área de lúmen quando comparados às angiospermas sem vasos, ou seja, uma maior eficiência por área condutora (SPERRY *et al.*, 2007).

Evidências experimentais apresentadas por Christman & Sperry (2010), através da mensuração da resistência ao fluxo no lúmen de elementos vaso, demonstram que placas de perfuração escalariforme, desconsiderando diâmetro do elemento de vaso ou morfologia da placa, duplicam a porcentagem de resistência ao fluxo no lúmen, valor

muito maior que o previamente estimado (SPERRY *et al.*, 2007). Já para placas de perfuração simples, a contribuição na resistência ao fluxo é estatisticamente negligenciável. Além disso, quando considerado o efeito da morfologia, o diâmetro do vaso e o ângulo da placa mostraram-se os melhores preditores para resistência. O incremento no diâmetro é acompanhado pela redução na resistência, mesma relação observada para o ângulo da placa. Por outro lado, para os vasos e o alburno com placa escalariforme, as resistências médias são maiores que a esperada quando comparada com suas respectivas regressões obtidas do lenho com placa simples, embora mais variáveis em comparação aos valores para os elementos de vaso. Estes valores, provavelmente, representam um maior efeito da parede terminal de elementos de vaso com este tipo de placa. Por fim, considerando limitações na amostragem e análise, a pressão seletiva para maior capacidade de transporte parece agir em todos os aspectos da morfologia do vaso, não apenas na placa de perfuração.

Os estudos da anatomia ecológica são divididos em duas abordagens, a florística e a sistemática (CARLQUIST, 1977). A abordagem florística é caracterizada pelo estudo da flora ou flórua de determinadas regiões, desconsiderando as relações filogenéticas entre as espécies, portanto, inventariando a diversidade anatômica destas e relacionando-as aos fatores ambientais, como os realizados por Baas & Carlquist (1985), Carlquist & Hoekman (1985) e Fahn *et al.* (1986). A abordagem sistemática estuda a anatomia de grupos taxonômicos próximos, distribuídos em grande variedade de ambientes e/ou apresentando hábitos diversos, assim, reduzindo os efeitos filogenéticos e maximizando observação da influência dos fatores ambientais e das formas de vida das espécies, como os realizados por Baas (1973), Carlquist (1966) e Zhong *et al.* (1992).

Os estudos em anatomia comparativa são geralmente realizados com espécies de ambientes mais xéricos, observando o efeito de condições restritivas na estrutura anatômica (den OUTER & van VEENENDAAL, 1976; FAHN *et al.* 1986), ou comparando uma espécie que ocorre em diferentes condições, evitando assim influências filogenéticas (LUCHI, 2004; MARCATI *et al.*, 2001).

Atualmente, o entendimento da fisiologia do xilema encontra-se em momento de grande renovação e desenvolvimento, estudos que tratam da funcionalidade da morfologia são cada vez mais frequentes (CHRISTMAN & SPERRY, 2010;

CHRISTMAN *et al.*, 2009; 2012; HACKE & SPERRY, 2001; LENS *et al.*, 2011; NARDINI *et al.*, 2011; SPERRY *et al.*, 1994; 2007). Muitas das observações já apresentadas por Martin H. Zimmermann, uma das autoridades em fisiologia do xilema, são atualmente testadas e comprovadas, como por Christman & Sperry (2010) e Shan Li *et al.* (2016). Ainda que em uma fase animadora para o entendimento dos efeitos funcionais da evolução do xilema, os estudos em fisiologia enfrentam limitações, como o tamanho da amostragem no estudo de Sperry *et al.* (2007), o que ainda não permitiu generalizações.

Quanto aos estudos em anatomia ecológica do lenho para o Brasil, a pesquisa realizada por Alves & Angyalossy-Alfonso (2000; 2002) é a mais completa das espécies brasileiras até o presente momento, ainda que o número de espécies seja pequeno frente a diversidade da nossa flora. Neste, as autoras demonstraram as tendências ecológicas presentes do lenho de 491 espécies das cinco regiões geográficas do país, avaliando, assim, as relações entre as diferentes condições ambientais e vegetações ocorrentes e a estrutura do lenho. No geral, para os aspectos estudados: camadas de crescimento, vasos, parênquima axial, raios e fibras, as tendências foram compatíveis com aquelas estabelecidas para outras floras e/ou taxa por outros autores.

Estudos de flóculas são menos frequentes no Brasil, exemplificando o realizado por Barros *et al.* (2006) em um remanescente de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro. Por outro lado, ainda que mais frequentes, os estudos comparando espécies que ocorrem em duas ou mais condições ambientais distintas são mais frequentes no Sul e Sudeste, como o executado por Bosio *et al.* (2010); Luchi (2004; 2011), Luchi *et al.* (2005), Marcati *et al.* (2001) e Marques *et al.* (2012).

Os estudos da anatomia do lenho de espécies do Nordeste restringem-se a poucos trabalhos sob o enfoque econômico. Paula (1980, 1981, 1989) e Paula e Alves (1989) examinaram o potencial de essências arbóreas do Brasil, entre as quais plantas coletadas nas regiões das caatingas pernambucana e paraibana.

Com enfoque ecológico, Gomes & Muniz (1986) examinaram o lenho de três espécies de *Prosopis*, duas provenientes da Argentina (*P. caldenia*, *P. chilensis*) e uma introduzida na caatinga pernambucana (*P. juliflora*). As autoras discutem as possíveis influências de fatores climáticos, especialmente pluviosidade e temperatura, na estrutura

anatômica do lenho das espécies dos diferentes ambientes. Elas constataram que *P. caldenia*, de ambiente mais seco, apresentava anéis porosos; *P. chilensis*, com anéis semiporosos, encontrava-se num ambiente com precipitação maior que o anterior, enquanto que *P. juliflora*, coletada em ambiente com maiores níveis de precipitação e temperatura inferiores às anteriores, apresentou porosidade difusa.

Lisboa *et al.* (1993) compararam indivíduos de espécies amazônicas e da caatinga nordestina evidenciando diferenças, embora estatisticamente não significativas, no comprimento e diâmetro dos elementos de vaso; os autores também verificaram que nas plantas da caatinga as placas de perfuração são exclusivamente do tipo simples. Sob esta mesma temática, Urbinati & Lisboa (1996) estudaram comparativamente a estrutura do lenho de espécies do gênero *Capparis*, não observando diferenças estatisticamente significativas entre plantas provenientes das diferentes áreas.

Arruda *et al.* (2004) estudaram o lenho de cinco táxons da família Cactaceae da caatinga pernambucana, visando compará-los através dos elementos traqueais da raiz e dos cladódios. Os autores não encontraram diferenças qualitativas e quantitativas entre os elementos traqueais desses dois órgãos. Quanto à comparação dos táxons, os resultados não foram conclusivos, embora os autores afirmem que um tipo especial de traqueíde, denominado wide-band tracheid (WBT), encontrado apenas nos cladódios e inexistente em um dos táxons, pode ser um bom caráter diagnóstico.

Os trabalhos de Alves (1997) e Alves & Angyalossy-Alfonso (2000 e 2002), abordando tendências anatômicas do lenho de 491 espécies presentes nas cinco regiões geográficas brasileiras e nos mais diversos ecossistemas, entre os quais, florestas, cerrado e caatinga, configuram-se como importantes contribuições para o conhecimento da anatomia ecológica do lenho em condições tropicais e subtropicais.

Mais recentemente estudos em anatomia ecológica com espécies da Caatinga e de outros Biomas brasileiros foram registrados, como os trabalhos de Lima *et al.* (2009) e Dória *et al.* (2016), que comparando espécies ocorrentes na Caatinga e Mata Atlântica e Caatinga e Cerrado, respectivamente.

O presente trabalho foi realizado diante da necessidade de se conhecer a grande diversidade anatômica do lenho de espécies da flora brasileira, da escassez de estudos

sobre a sua anatomia ecológica, em especial de espécies ocorrentes no Nordeste e baseando-se na importância de suas espécies.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GERAL**

Para ampliar o conhecimento da anatomia do lenho das espécies do Nordeste, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as tendências ecológicas da estrutura microscópica do lenho, buscando, portanto, características que permitam a ocorrência de tais espécies nos devidos ambientes.

#### **3.2. OBJETOS ESPECÍFICOS**

- Contribuir para o conhecimento da anatomia do lenho das espécies do Nordeste;
- Avaliar a anatomia do lenho de 15 espécies ocorrentes em três diferentes fitofisionomias, Cerrado, Caatinga e Restinga, do Nordeste brasileiro comparando-as ecologicamente;
- Verificar a existência de tendências anatômicas nas espécies de cada uma das três fitofisionomias dada as diferentes condições ambientais.
- Avaliar a similaridade entre as espécies ocorrentes em cada fitofisionomia.

### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **4.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

##### **4.1.1. CAMPO MAIOR, PI**

O município de Campo Maior (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** - A), Piauí (4°49'S,42°10'W), é localizado em uma área de tensão ecológica, com altitude variando de 100 m a 420 m de altitude. Diversos tipos de vegetação e transições entre estas ocorrem no local, as fisionomias de Cerrado (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**2- B) e Caatinga (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**2 - C), onde foram coletadas as amostras são as principais da área. O Clima é do tipo C<sub>1</sub>WA'4a', segundo a classificação de Köppen, caracterizando-se como tropical subúmido seco, com pequena amplitude térmica no verão. A temperatura máxima é de 35 °C e a mínima é de 28 °C (BARROS & CASTRO, 2006; FARIAS & CASTRO, 2004). A pluviosidade média anual é 1 360 mm, onde seis meses são secos. O mês mais chuvoso é março, 334

mm, e o mês mais seco é agosto, 8mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2016). Entretanto, estes valores pluviométricos são muito elevados quando comparados às áreas de vegetação caducifólia adjacentes. O solo apresenta variação entre argilas e siltes, com impregnações locais de seixos de calcário, sílica e arenitos, baixa concentração de nutrientes disponíveis, caracteristicamente ácido e marcadamente distrófico (BARROS & CASTRO, 2006). Destacando, ainda, que são escassas as informações disponíveis sobre as áreas de Caatinga da região.

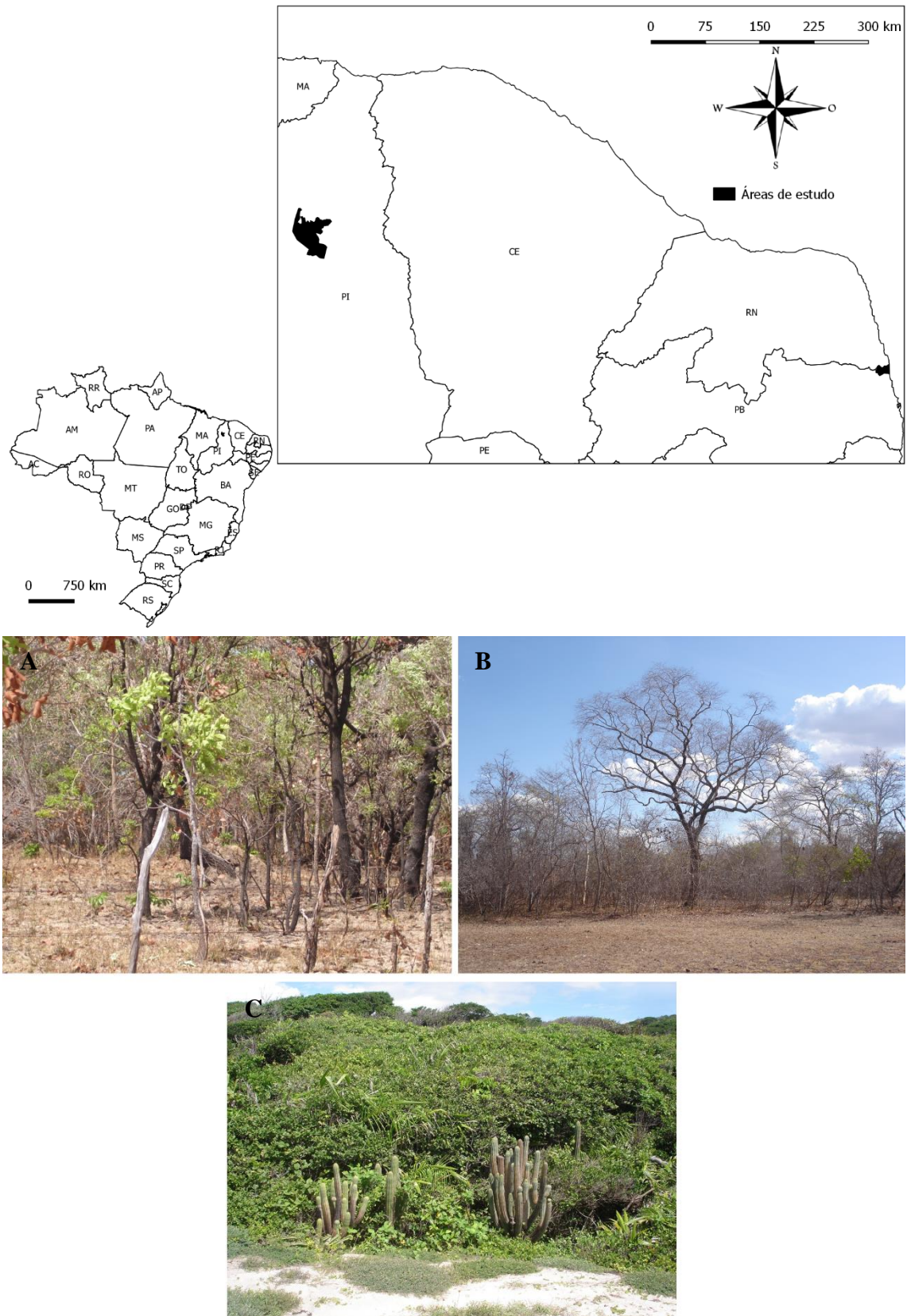
#### 4.1.2. MATARACA, PB

A Mineradora Millennium Inorganic Chemicals do Brasil S.A. (6°29'S, 34°56'W), localiza-se no município de Mataraca (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** - A), Paraíba, na mesorregião do Litoral Norte. A altitude pode atingir 60-80 m. Dentre as vegetações predominantes está a Restinga, ocorrendo sobre as dunas de areia costeira, que apresenta uma fisionomia variável dos campos praianos às florestas (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**- C), esta última sendo a fisionomia de origem das amostras (OLIVEIRA-FILHO, 1993). O clima é do tipo Am, segundo a classificação de Köppen, caracterizando-se como tropical e chuvoso, com uma curta estação seca. A temperatura média anual é de 25,5 °C, sendo julho o mês mais frio, 23,7 °C, e fevereiro o mais quente, 26,8 °C (CARVALHO & OLIVEIRA-FILHO, 1993; CUNHA *et al.*, 2003). A pluviosidade média anual é de 1 725 mm (CUNHA *et al.*, 2003), onde os meses de março a julho são úmidos e os de agosto a fevereiro são secos. O mês mais seco é outubro com 142 mm e o mais chuvoso é junho com 263,1 mm (MARCELINO *et al.*, 2012). O solo é predominantemente arenoso, mineralogicamente pobre, com baixa capacidade de retenção de água (VASCONCELLOS *et al.*, 2005).

## 4.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em cada uma das três fitofisionomias, Restinga, Cerrado e Caatinga, foram coletadas cinco espécies vegetais, para cada espécie três indivíduos foram amostrados, sendo estas as seguintes: na **Restinga** foram *Cupania impressinervia* Acev.-Rodr. (Sapindaceae), *Pouteria grandiflora* (A.DC.) Baehni (Sapotaceae), *Sacoglottis mattogrossensis* Malme (Humiriaceae), *Simaba ferruginea* A.St.-Hil. (Simaroubaceae) e *Xylopia laevigata* (Mart.) R.E.Fr. (Annonaceae); no **Cerrado** foram *Callisthene fasciculata* Mart. (Vochysiaceae), *Parkia platycephala* Benth. (Fabaceae), *Qualea*

*grandiflora* Mart. (Vochysiaceae), *Qualea parviflora* Mart. (Vochysiaceae) e *Salvertia*



**Figura 1** A – Mapa do Brasil. Destacando uma parte da região Nordeste; Municípios em preto correspondem a Campo Maior – PI e Mataraca – PB; B – Cerrado, Campo Maior; C – Caatinga, Campo Maior; D – Restinga, Mataraca.

*convallariodora* A.St.-Hil. (Vochysiaceae); na **Caatinga** foram *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (Bignoniaceae), *Hymenaea* sp. (Fabaceae), *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae), *Ocotea brachybotrya* (Meisn.) Mez (Lauraceae) e *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima (Fabaceae).

A coleta dos espécimes foi realizada em áreas de manejo, portanto foi possível a retirada de porções completas do caule na forma de discos, com a espessura de 3 cm aproximadamente, todos estes cortados a altura de 1,30 m do solo (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**2- A e B). Posteriormente, para realização de técnicas usuais em anatomia de madeira para microscopia óptica, foram retirados dos discos, fragmentos (corpos de prova) de 1,5 cm<sup>3</sup>, estes foram obtidos da porção mais externa das amostras, assim contendo o xilema secundário recentemente formado.



**Figura 2.** A – Coleta do lenho na área de manejo da Mineradora Millennium Inorganic Chemicals do Brasil S.A.; B – Disco do lenho de *Handroanthus serratifolius*. Fonte: A – W.L.F. de Sousa; B-E – R.S. de Lima; F – K.S. Pacheco.

Fragmentos menores, do tamanho de palitos de fósforo, foram subdivididos do xilema secundário mais recente (parte mais externo) do corpo de prova. Estes foram tratados com solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio na proporção de 1:1. Após essa etapa, os fragmentos foram colocados em estufa a 60 °C (24 - 48 h) para maceração do material. Lavagens em água destilada foram realizadas para remoção da solução. A coloração das amostras foi realizada com safranina 1% em etanol 50% (FRANKLIN, 1945 modificado). Por fim, foram montadas em glicerina 50% (PURVIS *et al.*, 1964).

Outros corpos de prova, para seccionamento, foram amolecidos por cozimento em água e glicerina (FERREIRINHA, 1958), por diferentes tempos para cada espécie.

As amostras amolecidas foram seccionadas em micrótomo de deslize Leica, em espessuras variando de 15 µm a 30 µm, nos planos transversal e longitudinal tangencial.

As secções foram clarificadas em água sanitária 50% (KRAUS & ARDUIN, 1997), lavadas em água destilada e coradas em azul de astra 1% e safranina 1% numa proporção de 9:1 (BUKATSCH, 1972 modificado). Para confecção de lâminas permanentes, as secções coradas foram desidratadas em série etanólica ascendente, pós-desidratadas em acetato de butila e montadas em resinas sintéticas, Bálsamo do Canadá e Entellan (KRAUS & ARDUIN, 1997).

As secções foram analisadas qualitativamente e quantitativamente em microscópio óptico, no total foram analisadas 19 características do lenho, adotando a terminologia estabelecida pelo IAWA Committee (1989) e pela Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas (COPANT, 1973). Os parâmetros quantitativos foram os seguintes, sendo realizadas 30 medições para cada: comprimento do elemento de vaso (CV); diâmetro tangencial do lúmen do vaso (DTV); espessura da parede do vaso (EPV); densidade de vasos por mm<sup>2</sup> (Vx); comprimento da fibra (CF); diâmetro tangencial do lúmen da fibra (DLF); espessura da parede da fibra (EPF); altura do raio em µm (AR) e em número de células (AR\*); largura do raio em µm (LR) e em número de células (LR\*); e frequência de raios por mm (Rx). Os parâmetros qualitativos foram os seguintes: distinção da camada de crescimento; porosidade; agrupamento dos vasos; tipo de placa de perfuração; e tipo do parênquima axial. Além destes, o índice de vulnerabilidade (IV) e o de mesomorfia (IM) foram obtidos segundo as equações abaixo (CARLQUIST, 1977; SONSIN *et al.*, 2012), respectivamente:

$$IV = DTV / Fx$$

$$IM = IV * CV$$

Análises prévias foram realizadas para determinação da normalidade dos dados quantitativos, para tal foi realizado o teste Shapiro-Wilk W. Diante dos resultados, uma Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada para discriminar quais variáveis determinam as diferenças anatômicas do lenho e a similaridade entre os três ambientes estudados. As análises estatísticas foram todas realizadas no *software* PAST 3.14 (Hammer; Harper; Ryan, 2001).

Registrando que parte dos dados, os referentes as espécies do Cerrado e da Caatinga, aqui utilizados foram cedidos gentilmente por Juliana de Souza Coutinho e Larissa Farias Barreto.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES**

#### **RESTINGA**

##### **5.1.1. *Cupania impressinervia* Acev.-Rodr. (Sapindaceae)**

As camadas de crescimento são indistintas ou ausentes. A porosidade é difusa. Os vasos são simples e múltiplos, geralmente em séries radiais. A densidade de vasos é muito numerosa, 23 vasos/mm<sup>2</sup>. Os elementos de vaso têm em média comprimento longo, 693,16 µm, diâmetro tangencial do lúmen médio, 106,53 µm, espessura da parede de 5,41 µm, e placa de perfuração simples. As fibras têm em média comprimento muito curto, 983,42 µm, e o diâmetro tangencial do lúmen de 9,15 µm, com paredes espessas. O parênquima axial é paratraqueal escasso e apotraqueal difuso. A frequência de raios é muito numerosa, 15 raios/mm. Os raios são em média extremamente baixos, 256,29 µm, e extremamente finos, 13,07 µm, com média de 12 células de altura e 1 célula de largura. Presença de séries de cristais prismáticos separados por septos nas fibras.

##### **5.1.2. *Pouteria grandiflora* (A.DC.) Baehni (Sapotaceae)**

As camadas de crescimento são indistintas ou ausentes. A porosidade é difusa. Os vasos são predominantemente múltiplos, variando de três a mais de dez. A densidade de vasos é numerosa, 15 vasos/mm<sup>2</sup>. Os elementos de vaso têm em média comprimento muito longo, 910,34 µm, diâmetro tangencial do lúmen médio, 124,99 µm, espessura da parede de 6,38 µm, e placa de perfuração simples. As fibras têm em média comprimento longo, 1 892,09 µm, e o diâmetro tangencial do lúmen menor que 1 µm, com paredes muito espessas. O parênquima axial é reticulado. A frequência de raios é muito numerosa, 14 raios/mm. Os raios são em média extremamente baixos, 408,43 µm, e finos 25,65 µm, com média de 9 células de altura e 1 célula de largura, e poucos bisseriados.

### **5.1.3. *Sacoglottis mattogrossensis* Malme (Humiriaceae)**

As camadas de crescimento são indistintas ou ausentes. A porosidade é difusa. Os vasos são predominantemente solitários, raros múltiplos. A densidade de vasos é pouco numerosa, 9 vasos/mm<sup>2</sup>. Os elementos de vaso têm em média comprimento muito longo, 1526,30 µm, diâmetro tangencial do lúmen médio, 151,86 µm, espessura da parede de 7,54 µm, e placa de perfuração escalariforme. As fibras têm em média comprimento longo, 1 950,09, e o diâmetro tangencial do lúmen de 14,0 µm, com paredes espessas. O parênquima axial é difuso em agregados. A frequência de raios é muito numerosa, 12 raios/mm. Os raios são em média extremamente baixos, 358,21 µm, e muito finos, 21,09 µm, com média de 12 células de altura e 1 célula de largura, e poucos bisseriados. Presença de séries de cristais prismáticos nas fibras.

### **5.1.4. *Simaba ferruginea* A.St.-Hil. (Simaroubaceae)**

As camadas de crescimento são indistintas ou ausentes. A porosidade é difusa. Os vasos são predominantemente múltiplos, e poucos solitários. A densidade de vasos é pouca, 5 vasos/mm<sup>2</sup>. Os elementos de vaso têm em média comprimento longo, 581,35 µm, diâmetro tangencial do lúmen médio, 174,19 µm, espessura da parede de 7,06 µm, e placa de perfuração simples. As fibras têm em média comprimento curto, 1 237,33 µm, e o diâmetro tangencial do lúmen de 15,85 µm, com paredes delgadas a espessas. O parênquima axial é em faixas com mais de três células de largura, e entre as faixas ocorre parênquima aliforme losangular. A frequência de raios é numerosa, 8 raios/mm. Os raios são em média extremamente baixos, 397,04 µm, e estreitos, 60,48 µm, com média de 16 células de altura e 3 células de largura, e poucos unisseriados. Presença de cristais prismáticos no parênquima axial e no radial e nas fibras.

### **5.1.5. *Xylopia laevigata* (Mart.) R.E.Fr. (Annonaceae)**

As camadas de crescimento são indistintas ou ausentes. A porosidade é difusa. Os vasos são predominantemente múltiplos, variando de dois a oito. A densidade de vasos é numerosíssima, 46 vasos/mm<sup>2</sup>. Os elementos de vaso têm em média comprimento longo, 518,13 m, diâmetro tangencial do lúmen pequeno, 62,83 µm, espessura da parede de 4,74 µm, e placa de perfuração simples. As fibras têm em média comprimento curto, 1 137,77 µm, e o diâmetro tangencial do lúmen de 9,15 µm, com paredes espessas. O parênquima axial é reticulado a escalariforme. A frequência de

raios é numerosa, 10 raios/mm. Os raios são em média extremamente baixos, 376,88 µm, e finos, 34,35 µm, com média de 19 células de altura e 3 células de largura, e poucos unisseriados.

## **CERRADO**

### **5.1.6. *Callisthene fasciculata* Mart. (Vochysiaceae)**

As camadas de crescimento são distintas; demarcadas por faixas de parênquima marginal e redução do diâmetro radial e espessamento da parede das fibras. A porosidade é difusa. Os vasos são predominantemente múltiplos, com geralmente 4 ou mais radiais. A densidade de vasos é muito numerosa, 38 vasos/mm<sup>2</sup>. Os elementos de vaso têm em média comprimento curto, 460,52 µm, diâmetro tangencial do lúmen pequeno, 93,42, espessamento da parede de 1,31 µm, e placa de perfuração simples. As fibras têm em média comprimento curto, 1 326,26 µm, e diâmetro tangencial do lúmen de 8,82 µm, como paredes delgadas a espessas. O parênquima axial é confluyente, e forma faixas marginais com menos de três células que demarcam as camadas de crescimento. A frequência de raios é numerosa, 5 raios/mm. Os raios são em média altos, 624,20 µm, e estreitos, 70,24 µm, com média de 13 células de altura e 2 células de largura.

### **5.1.7. *Parkia platycephala* Benth. (Fabaceae)**

As camadas de crescimento são distintas; demarcadas por redução do diâmetro radial e espessamento da parede das fibras. A porosidade é difusa. Os vasos são predominantemente solitários, raros múltiplos radiais. A densidade de vasos é numerosa, 12 vasos/mm<sup>2</sup>. Os elementos de vaso têm em média comprimento curto, 432,42 µm, diâmetro tangencial do lúmen médio, 137,76 µm, espessura da parede de 1,86 µm, e placa de perfuração simples. As fibras têm em média comprimento extremamente curto, 505,11, e o diâmetro tangencial do lúmen de 9,36 µm, com paredes delgadas a espessas. O parênquima axial é vasicêntrico. A frequência de raios é pouca, 3 raios/mm. Os raios são em média extremamente baixos, 276,01 µm, e finos, 31,92 µm, com média de 15 células de altura e 2 células de largura.

#### **5.1.8. *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae)**

As camadas de crescimento são distintas; demarcadas pela diminuição do diâmetro radial e espessamento da parede das fibras. A porosidade é difusa. Os vasos são exclusivamente solitários. A densidade de vasos é pouca, 4 vasos/mm<sup>2</sup>. Os elementos de vaso têm em média comprimento curto, 444,86 µm, diâmetro tangencial do lúmen grande, 274,53 µm, espessura da parede de 6,81 µm, e placa de perfuração simples. As fibras têm em média comprimento muito curto, 793,05 µm, e o diâmetro tangencial do lúmen de 4,22 µm, com paredes delgadas a espessas. O parênquima axial é reticulado. A frequência de raios é pouco numerosa, 7 raios/mm. Os raios são em média extremamente baixos, 425,52 µm, e finos, 46,98 µm, como média de 14 células de altura e 2 células de largura.

#### **5.1.9. *Qualea parviflora* Mart. (Vochysiaceae)**

As camadas de crescimento são indistintas ou ausentes. A porosidade é difusa. Os vasos são predominantemente solitários, e poucos múltiplos com 2-3 radiais. A densidade de vasos é numerosa, 12 vasos/mm<sup>2</sup>. Os elementos de vaso têm em média comprimento de 370,68 µm, diâmetro tangencial do lúmen de 104,84 µm e espessura da parede de 1,54 µm, e placa de perfuração simples. As fibras têm em média comprimento de 1 294,89 µm e diâmetro tangencial do lúmen de 7,60 µm, com paredes delgadas a espessas. O parênquima axial é confluyente. A frequência de raios é pouco numerosa, 6 raios/mm. Os raios têm em média altura de 451,36 µm e largura de 60,70 µm, com média de 19 células de altura e 3 células de largura.

#### **5.1.10. *Salvertia convallariodora* A.St.-Hil. (Vochysiaceae)**

As camadas de crescimento são distintas; demarcadas por faixa de parênquima marginal. A porosidade é difusa. Os vasos são predominantemente solitários, e poucos múltiplos com 2 radiais. A densidade de vasos é pouco numerosa, 8 vasos/mm<sup>2</sup>. Os elementos de vaso têm em média comprimento curto, 433,19 µm, diâmetro tangencial do lúmen médio, 128,05 µm, espessura da parede de 1,98 µm, e placa de perfuração simples. As fibras têm em média comprimento curto, 1 334,96 µm, e o diâmetro tangencial do lúmen de 10,44 µm, com paredes delgadas a espessas. O parênquima axial é confluyente. A frequência de raios é pouco numerosa, 6 raios/mm. Os raios são em

média muito baixos, 547,52  $\mu\text{m}$ , e estreitos, 66,12  $\mu\text{m}$ , com média de 13 células de altura e 2 células de largura.

## CAATINGA

### 5.1.11. *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (Bignoniaceae)

As camadas de crescimento são distintas; demarcadas por faixas de parênquima marginal. A porosidade é difusa. Os vasos são predominantemente solitários, e poucos múltiplos radiais. A densidade de vasos é numerosa, 16 vasos/ $\text{mm}^2$ . Os elementos de vaso têm em média comprimento curto, 315,78  $\mu\text{m}$ , diâmetro tangencial do lúmen pequeno, 95,45  $\mu\text{m}$ , espessura da parede de 6,28  $\mu\text{m}$ , e placa de perfuração simples. As fibras têm em média comprimento curto, 1 496,16  $\mu\text{m}$ , e o diâmetro tangencial do lúmen de 5,04  $\mu\text{m}$ , com paredes delgadas a espessas. O parênquima axial varia de confluyente a aliforme, este último mais próximo das faixas de parênquima marginal que demarcam as camadas de crescimento. A frequência de raios é pouco numerosa, 7 raios/ $\text{mm}$ . Os raios são em média extremamente baixos, 191,21  $\mu\text{m}$ , e muito finos, 28,76  $\mu\text{m}$ , com média de 15 células de altura e 3 células de largura. Presença de estratificação do parênquima radial.

### 5.1.12. *Hymenaea* sp. (Fabaceae)

As camadas de crescimento são distintas; demarcadas por bandas de parênquima axial. A porosidade é difusa. Os vasos são predominantemente solitários, e poucos múltiplos com 2-4 radiais. A densidade de vasos é pouco numerosa, 7 vasos/ $\text{mm}^2$ . Os elementos de vaso têm em média comprimento curtos, 398,65  $\mu\text{m}$ , diâmetro tangencial do lúmen médio, 150,14  $\mu\text{m}$ , espessura da parede de 9,33  $\mu\text{m}$ , e placa de perfuração simples. As fibras têm em média comprimento muito curto, 945,66  $\mu\text{m}$ , e o diâmetro tangencial do lúmen de 9,15  $\mu\text{m}$ , com paredes delgadas a espessas. O parênquima axial é confluyente/aliforme e em bandas com mais de três células de espessura. A frequência de raios é pouco numerosa, 5 raios/ $\text{mm}$ . Os raios são em média extremamente baixos, 317,08  $\mu\text{m}$ , e finos 48,53  $\mu\text{m}$ , com média de 15 células de altura e 3 células de largura.

### 5.1.13. *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae)

As camadas de crescimento são distintas; demarcadas pelo espessamento da parede das fibras. É semi-porosa. Os vasos são predominantemente solitários, e poucos

múltiplos 2-3 radiais. A densidade de vasos é numerosa, 12 vasos/mm<sup>2</sup>. Os elementos de vasos têm em média comprimento curto, 410,64 µm, diâmetro tangencial do lúmen médio, 111,56 µm, espessura da parede de 5,97 µm, e placa de perfuração simples. As fibras têm em média comprimento muito curto, 931,35 µm, e o diâmetro tangencial do lúmen de 5,80 µm, com paredes delgadas a espessas. O parênquima axial é vasicêntrico. A frequência de raios é numerosa, 8 raios/mm. Os raios são em média extremamente baixos, 339,11 µm, e muito finos, 30,36 µm, com média de 14 células de altura e 1-2 células de largura. Presença eventual de cristais prismáticos no parênquima radial.

#### **5.1.14. *Ocotea brachybotrya* (Meisn.) Mez (Lauraceae)**

As camadas de crescimento são distintas; demarcadas pelo espessamento da parede e diminuição do diâmetro radial do lúmen das fibras. A porosidade é difusa. Os vasos são solitários e múltiplos, geralmente 2-3 radiais. A densidade de vasos é numerosa, 20 vasos/mm<sup>2</sup>. Os elementos de vaso têm em média comprimento longo, 623,18 µm, diâmetro tangencial do lúmen pequeno, 97,75 µm, espessura da parede de 8,21 µm, e placa de perfuração simples. As fibras têm em média comprimento muito curto, 935,35 µm, e o diâmetro tangencial do lúmen de 9,60 µm, com paredes delgadas a espessas. O parênquima axial é vasicêntrico. A frequência de raios é pouco numerosa, 6 raios/mm. Os raios são em média extremamente baixos, 323,93 µm, e muito finos 26,32 µm, com média de 14 células de altura e 2 células de largura.

#### **5.1.15. *Tachigali vulgaris* L.G.Silva & H.C.Lima (Fabaceae)**

As camadas de crescimento são indistintas ou ausentes. A porosidade é difusa. Os vasos são predominantemente solitários, e poucos múltiplos. A densidade de vasos é pouco numerosa, 8 vasos/mm<sup>2</sup>. Os elementos de vaso têm em média comprimento curto, 411,16 µm, diâmetro tangencial do lúmen médio, 164,83 µm, espessura da parede de 8,65 µm, e placa de perfuração simples. As fibras têm em média comprimento muito curto, 983,74 µm, e o diâmetro tangencial do lúmen de 6,38 µm, com paredes delgadas a espessas. O parênquima axial é vasicêntrico. A frequência de raios é numerosa, 9 raios/mm. Os raios são em média extremamente baixos, 256,11 µm, e muito finos, 21,65 µm, com média de 11 células de altura e 1 célula de largura.

## 5.2. ANATOMIA ECOLÓGICA

No geral, quanto aos parâmetros quantitativos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), os maiores elementos de vasos ocorreram na Restinga, em *S. mattogrossensis*, e os menos ocorreram na Caatinga, em *H. serratifolius*. O maior diâmetro do lúmen para vasos ocorreu no Cerrado, em *Q. grandiflora*, e o menor na Restinga, em *X. laevigata*. A espessura da parede dos vasos foi maior na Caatinga, em *Hymenaea* sp. e menor no Cerrado, em *C. fasciculata*. A densidade de vasos foi maior na Restinga, em *X. laevigata*, e menor no Cerrado, em *Q. grandiflora*. O diâmetro tangencial de pontoação foi maior na Restinga, em *S. convallariodora*, e menor na Caatinga, *T. vulgaris*. O maior e o menor comprimento da fibra ocorrem no Cerrado, em *S. mattogrossensis* e *P. platycephala*, respectivamente. O maior e o menor diâmetro tangencial do lúmen da fibra ocorreram na Restinga, em *S. ferruginea* e em *P. grandiflora*, respectivamente. A maior e a menor espessura da parede da fibra ocorreram na Restinga, em *P. grandiflora* e *S. ferruginea*, respectivamente. Quanto às dimensões dos raios em micrômetros, os raios foram mais altos no Cerrado, em *C. fasciculata*, e mais baixos na Caatinga, em *H. serratifolius*, e os mais largos ocorreram no Cerrado, em *C. fasciculata*, e os menos largos na Restinga, *C. impressinervia*. O mesmo é observado quando consideramos estas dimensões em número de células, ainda que os maiores valores de altura e largura medidos em células sejam em *Q. parvifolia*. O maior valor para o índice de vulnerabilidade foi no Cerrado, em *Q. grandiflora*, e o menor na Restinga, em *X. laevigata*. O mesmo é observado para o índice de mesomorfia.

Para as espécies da Caatinga, camadas de crescimento distintas, exceto em *T. vulgaris*; porosidade difusa; vasos solitários e múltiplos; densidade de vasos variando de pouco numerosos a numerosos; elementos de vaso curtos, variando de pequenos a médios, com placa de perfuração simples; fibras muito curtas, estreitas e com paredes delgadas a espessas; parênquima paratraqueal; raios variando de poucos numerosos a numerosos, são extremamente baixos, e variando de muito finos a finos são predominantes.

Para as espécies do Cerrado, camadas de crescimento foram distintas, exceto em *Q. parviflora*; porosidade difusa; vasos solitários e múltiplos; densidade variando de

**Tabela 1.** Dados quantitativos dos elementos celulares do lenho de 15 espécies ocorrentes em diferentes fitofisionomias do Nordeste brasileiro. **Fs** – Fitofisionomia; **Ca** – Caatinga; **Ce** – Cerrado; **Re** – Restinga; **CV** – comprimento do elemento de vaso ( $\mu\text{m}$ ); **DTV** – diâmetro tangencial do lúmen do vaso ( $\mu\text{m}$ ); **EPV** – espessura da parede do vaso ( $\mu\text{m}$ ); **Vx** - densidade de vasos por  $\text{mm}^2$ ; **CF** – comprimento da fibra ( $\mu\text{m}$ ); **DTF** – diâmetro tangencial do lúmen da fibra ( $\mu\text{m}$ ); **EPF** – espessura da parede da fibra ( $\mu\text{m}$ ); **AR** – altura do raio ( $\mu\text{m}$ ); **LR** – largura do raio ( $\mu\text{m}$ ); **AR\*** – altura do raio em nº de células; **LR\*** – largura do raio em nº de células; **Rx** – frequência de raios por mm; **IV** – índice de vulnerabilidade; **IM** – índice de mesomorfia. **Fonte:** W.L.F. de Sousa; J.S. Coutinho; L.F. Barreto.

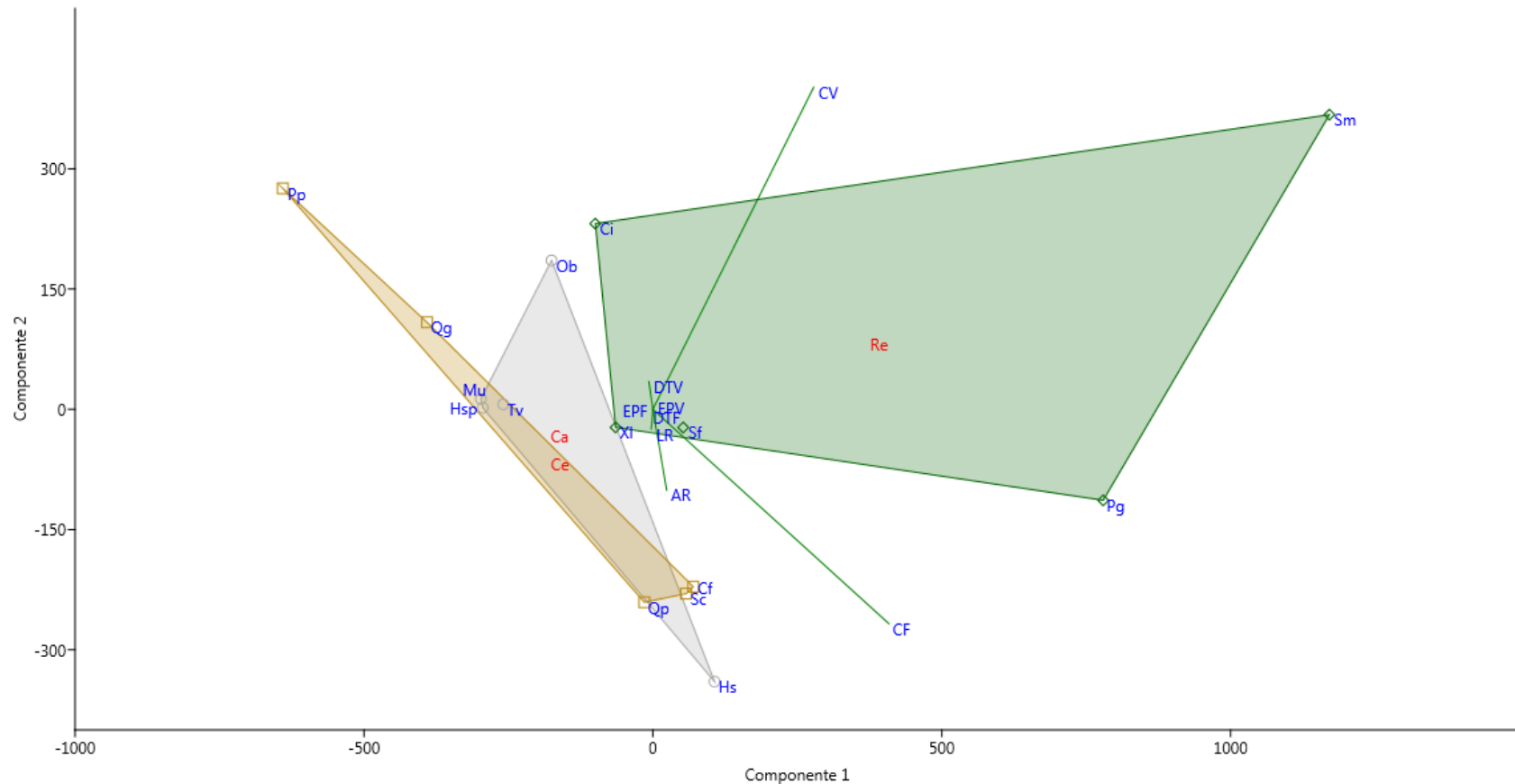
<b>Fs</b>	<b>ESPÉCIES</b>	<b>CV</b>	<b>DTV</b>	<b>EPV</b>	<b>Vx</b>	<b>CF</b>	<b>DTF</b>	<b>EPF</b>	<b>AR</b>	<b>LR</b>	<b>AR*</b>	<b>LR*</b>	<b>Rx</b>	<b>IV</b>	<b>IM</b>
Ca	<i>Handroanthus serratifolius</i>	315,78	95,45	6,28	16,42	1494,16	5,04	4,28	194,21	28,76	10,09	2,01	7,04	5,81	1835,64
Ca	<i>Hymenaea</i> sp.	398,65	150,14	9,33	7,20	945,66	9,15	4,96	317,08	48,53	15,18	3,34	5,42	20,85	8312,96
Ca	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	410,64	111,56	5,97	12,11	931,35	5,80	3,74	339,11	30,36	14,23	1,60	8,31	9,21	3782,91
Ca	<i>Ocotea brachybotrya</i>	623,18	97,75	8,21	20,29	935,35	9,60	3,74	323,93	26,32	14,56	2,07	6,36	4,82	3002,26
Ca	<i>Tachigali vulgaris</i>	411,16	164,83	8,65	7,77	983,74	6,38	4,35	256,11	21,65	11,68	1,10	9,10	21,21	8722,20
Ce	<i>Callisthene fasciculata</i>	460,52	93,42	1,31	37,75	1326,26	8,82	6,46	624,20	70,24	12,53	1,93	5,36	2,47	1139,65
Ce	<i>Parkia platycephala</i>	432,42	137,76	1,86	12,17	505,11	9,36	5,31	276,01	31,92	15,47	2,31	3,20	11,32	4894,84
Ce	<i>Qualea grandiflora</i>	444,86	274,53	6,81	4,00	793,05	4,22	5,60	425,52	46,98	13,90	2,40	6,70	68,63	30531,85
Ce	<i>Qualea parviflora</i>	370,68	104,84	1,54	12,08	1294,89	7,60	7,50	451,36	60,70	18,63	3,38	6,16	8,68	2670,30
Ce	<i>Salvertia convallariodora</i>	433,19	128,05	1,98	8,38	1334,96	10,44	5,09	547,52	66,12	12,65	2,22	5,74	15,28	6619,33
Re	<i>Cupania impressinervia</i>	693,16	106,53	5,41	22,80	983,42	9,15	5,79	256,29	13,07	12,27	1,00	14,80	4,67	3238,70
Re	<i>Sacoglottis mattogrossensis</i>	1526,30	151,86	7,54	9,27	1950,09	14,00	6,35	358,21	21,09	11,63	1,47	11,83	16,38	25003,66
Re	<i>Pouteria grandiflora</i>	910,34	124,99	6,38	14,67	1892,09	<1	10,17	408,43	25,65	8,73	1,03	14,30	8,52	7756,20
Re	<i>Simaba ferruginea</i>	581,35	174,19	7,06	5,17	1237,33	15,85	3,00	397,04	60,48	15,67	2,80	7,80	33,69	19587,11
Re	<i>Xylopia laevigata</i>	518,13	62,83	4,74	46,20	1137,77	9,15	5,60	376,88	34,35	17,10	2,73	9,67	1,36	704,63

pouco numerosos a numerosos; elementos de vaso curtos, variando de pequenos a médios, com placa de perfuração simples; fibras variando de muito curtas a curtas, estreitas e com paredes delgadas a espessas; parênquima paratraqueal; raios variando de poucos a pouco numerosos, extremamente baixos e muito baixos, e finos a estreitos são predominantes.

Em espécies da Restinga as camadas de crescimento foram indistintas ou ausentes; porosidade difusa; vasos geralmente múltiplos; densidade variando de pouco numerosos a muito numerosos; elementos de vaso longos a muito longos, médios, com placa de perfuração simples; fibras variando de curtas a longas, estreitas, com paredes delgadas a espessas; parênquima paratraqueal; raios variando de numerosos a muito numerosos, extremamente baixos, e muito finos são comuns.

A Análise de Componentes Principais explicou 94,79% da variação dos dados, 78,30% no eixo 1 e 16,48% no eixo 2. O resultado desta análise (Figura 3) demonstra que existem dois pequenos grupos, um formado por espécies do Cerrado (Cf, Qp e Sc) na parte inferior direita, e outro por espécies da Caatinga (Hsp, Mu, Ob e Tv) na parte superior esquerda, enquanto para as espécies de restinga pouca similaridade foi observada. As características que demonstraram maior influência nos eixos foram: O comprimento de vasos (CV) que demonstra uma forte correlação positiva com os eixos 1 e 2, ainda que esta seja maior no eixo 1; o comprimento de fibra (CF) que demonstra uma forte correlação positiva com o eixo 1 e uma forte correlação negativa com o eixo 2; a altura do raio em  $\mu\text{m}$  (AR) que demonstra maior correlação (negativa) ao eixo 2 e pouca correlação com o eixo 1; e o diâmetro tangencial do lúmen do vaso (DTV) que demonstra uma forte correlação positiva com o eixo 2 e uma correlação negativa com o eixo 1.

A presença de camadas de crescimento, comumente observadas em espécies tropicais (ALVES & ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000; SONSIN *et al.*, 2013), em muitas das espécies estudadas (53%) é relacionada com pausas na atividade cambial (CARLQUIST, 2001) geralmente associadas à fatores sazonais, tal como secas, alagamentos, mudanças no fotoperíodo, fenologia, fatores endógenos, ou em respostas aos fatores estocásticos, tal como ataques de insetos ou doenças, perda de ramos, ou outras injúrias (ALVES & ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000; CALLADO *et al.*, 2001; 2004; WORBES, 1989; 1999). Ainda que, por outro lado, o lenho de algumas espécies



**Figura 3.** Análise de Componentes Principais (PCA) das 12 características anatômicas do lenho de 15 espécies ocorrentes em diferentes fitofisionomias nordestinas. ○ – espécies da Caatinga (Ca; cinza); □ – espécies do Cerrado (Ce; marrom); ◇ – espécies da Restinga (Re; verde); **Cf** – *Callisthene fasciculata*; **Ci** – *Cupania impressinervia*; **Hs** – *Handroanthus serratifolius*; **Hsp** – *Hymenaea* sp.; **Mu** – *Myracrodruon urundeuva*; **Ob** – *Ocotea brachybotrya*; **Pp** – *Parkia platycephala*; **Pg** – *Pouteria grandiflora*; **Qg** – *Qualea grandiflora*; **Qp** – *Qualea parviflora*; **Sm** – *Sacoglottis mattogrossensis*; **Sc** – *Salvertia convallariodora*; **Sf** – *Simaba ferruginea*; **Tv** – *Tachigali vulgaris*; **Xl** – *Xylopi laevigata*; **CV** – comprimento do elemento de vaso ( $\mu\text{m}$ ); **DTV** – diâmetro tangencial do lúmen do vaso ( $\mu\text{m}$ ); **EPV** – espessura da parede do vaso ( $\mu\text{m}$ ); **CF** – comprimento da fibra ( $\mu\text{m}$ ); **DTF** – diâmetro tangencial do lúmen da fibra ( $\mu\text{m}$ ); **EPF** – espessura da parede da fibra ( $\mu\text{m}$ ); **AR** – altura do raio ( $\mu\text{m}$ ); **LR** – largura do raio ( $\mu\text{m}$ ).

sempre presente camadas de crescimento independente do ambiente em que ocorra (LIMA *et al.*, 2009; MARCATI *et al.*, 2001; LUCHI *et al.*, 2005).

A presença de camadas de crescimento nas espécies da Caatinga e do Cerrado, exceto *Q. parviflora* neste último, são comuns (PAULA & ALVES, 1980; MARCATI *et al.*, 2006) e demonstram a influência dos fatores ambientais, especialmente o déficit hídrico, na indução da dormência do câmbio vascular. As plantas nesses ambientes são sujeitas a menores índices pluviométricos e longos períodos de déficit hídrico em função do clima marcado por longas estações secas, sendo mais severas e longas na Caatinga, que induzem a formação de camadas de crescimento (LUCHI, 2004; WORBES, 1995). Enquanto sua ausência na Restinga é comumente apontada como decorrente do clima mais brando, onde inexistem grandes variações na temperatura ou umidade, menos limitantes à atividade cambial (ALVES & ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000).

A presença de porosidade difusa é frequente no lenho de espécies brasileiras (ALVES & ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000) sendo observada em 93% (14 spp) das espécies aqui estudadas. Quando comparadas, espécies tropicais e espécies sazonais com porosidade difusa, aquelas de regiões tropicais demonstram maior condução hídrica e menor segurança apresentando diâmetro tangencial médio dos vasos maior (MCCULLOH *et al.*, 2010).

Ainda que menos frequentes em regiões tropicais, camadas de crescimento porosas permitem melhor ajuste às variações ambientais pela ocorrência de diferenças entre o diâmetro dos vasos presentes no lenho primaveril, mais eficientes e menos seguros, e no outonal, menos eficientes e mais seguros, que permitem ajustar a condução hidráulica para períodos quentes, de intensas taxas de transpiração, e para períodos frios, de maior risco de cavitação (CARLQUIST, 2001).

O predomínio de vasos solitários na Caatinga e no Cerrado é correlacionado tanto com a menor disponibilidade hídrica e condições de estresse (LUCHI, 2004) quanto com o clima mais homogêneo e temperaturas mais elevadas (ALVES & ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000). Já predomínio de vasos múltiplos na Restinga pode ser justificado em função da maior disponibilidade hídrica (LUCHI, 2004), ainda que também seja correlacionado à menor disponibilidade hídrica (LONGUI *et al.*, 2009; BOSIO *et al.*, 2010). Estes podem ser considerados uma estratégia para redução dos

danos causados pela cavitação em ambientes mais xéricos, através da manutenção do fluxo pelas áreas de contato entre os vasos (CARLQUIST, 1984), ou, por outro lado, agravar os danos causados deseminando mais rapidamente a embolia (BAAS *et al.*, 1983).

A predominância da placa de perfuração simples em regiões tropicais de baixa altitude, assim como em 93% (14 spp) das espécies estudadas, permite as plantas atenderem às demandas impostas pelas elevadas taxas de transpiração usuais nesses locais por reduzir a resistência fornecida pela placa de perfuração ao fluxo hídrico e, portanto, incrementar a eficiência desses elementos traqueais no transporte de água (ALVES & ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000; BAAS, 1976; CARLQUIST & HOEKMAN 1985; CARLQUIST, 1975; 2001). Enquanto a placa de perfuração múltipla é mais comum em regiões temperadas, onde taxas de transpiração são menores e as plantas têm altura reduzida, ou em ambientes méxicos, como em *S. mattogrossensis* na Restinga (MARQUES *et al.*, 2012; NOVAES *et al.*, 2010), onde pressões seletivas para o incremento das taxas de condução são menores (BAAS, 1976). Além da maior resistência ao fluxo hídrico, a persistência da placa escalariforme em alguns ambientes como uma característica relictual é associada às possíveis vantagens na prevenção de embolia nos vasos, reabilitação de vasos embolizados, ou resistência a implosões do lúmen dos vasos em elevadas pressões negativas (CARLQUIST, 2001; SPERRY, 1986; ZIMMERMANN, 1983), embora evidências que corroborem estas hipóteses não tenham sido fornecidas.

A presença de placa simples nas espécies estudadas demonstra não só a maior prevalência destas na flora brasileira como também a existência de uma seleção positiva para o incremento da eficiência na condução hídrica nestas espécies (ALVES & ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000; BAAS, 1976; BARROS *et al.*, 2006).

No geral, o comprimento dos elementos de vaso foi maior na restinga, evidenciado na PCA como uma das principais características na distinção das espécies dessa área das demais em ambos os eixos, enquanto no Cerrado, ainda que os valores não sejam muito diferentes quando comparados aos da Caatinga, esses são ligeiramente superiores e apresentam menor variação, sendo coerente com a redução do comprimento dos elementos de vaso em ambientes xéricos observada em outros estudos (CARLQUIST & HOEKMAN, 1985; DENARDI & MARCHIORI, 2006). Entretanto, tendência oposta é observada em alguns casos, como no qual Lima e

colaboradores (2009) observam elementos de vaso mais curtos em ambientes mais mésicos em concordância, nesse caso, com tendências latitudinais.

O impacto na condução do vaso proporcionado pela variação no comprimento do elemento de vaso é um reflexo da maior proximidade, resistência mais elevada, ou maior distanciamento, resistência menos elevada, entre as paredes terminais dos elementos, onde a morfologia da parede terminal (placa de perfuração) é fundamental na definição desse impacto. Em vasos com placas de perfuração mais resistentes ao fluxo hídrico, como as escalariformes, o comprimento dos elementos é mais significativo na determinação dessa variação que aqueles com placa simples, onde a resistência é mínima, tendendo esses a serem mais longos para minimizar a resistência fornecida pelas placas (CHISTMAN & SPERRY, 2010; SPERRY *et al.*, 2007), tendência observada em *S. mattogrossensis*.

Não foram observadas tendências para o diâmetro dos elementos de vaso relacionadas aos ambientes nas espécies estudadas, corroborando resultados obtidos por outros estudos (NOSHIRO & BAAS, 2000), ainda que este tenha apresentado uma forte correlação com o eixo y da PCA influenciando na distinção das espécies principalmente dentro dos ambientes. Embora que o diâmetro dos elementos de vaso tende a aumentar com a redução da latitude, onde as regiões são mais quentes e as taxas de transpiração mais intensas, aumentando assim a condutividade do xilema (BAAS, 1976; BARROS *et al.*, 2006; WOODCOCK *et al.*, 2000) e também o risco de cavitação e as perdas na condutividade (CARLQUIST & HOEKMAN, 1985; HACKE & SPERRY, 2001; SPERRY *et al.*, 2007).

Ainda que sua correlação com a disponibilidade hídrica seja controversa, sendo reportada redução do diâmetro tanto para condições mais mésicas (MAQUES *et al.*, 2012; OUTER & VAN VEENENDAAL, 1976) como para condições mais xéricas (CARLQUIST & HOEKMAN, 1985; DÓRIA *et al.*, 2016; RIBEIRO & BARROS, 2006), o diâmetro dos elementos de vaso é a característica mais relacionada à resistência ao fluxo hídrico apresentada pelo lúmen dos vasos (CHRISTIMAS & SPERRY, 2010). Embora o diâmetro seja um fator limitante para ocorrência das espécies em regiões frias, influenciando a porcentagem de embolia induzida pelo descongelamento da seiva xilemática nessas regiões, em regiões mais quentes, onde a embolia é provocada pela seca, como no Cerrado e na Caatinga, a correlação com o diâmetro é fraca (HACKE & SPERRY, 2001; HACKE *et al.*, 2001) e pode, portanto, justificar a divergência entres

os resultados de trabalhos anteriores e a ausência de tendência nas espécies por nós estudadas devido a menor limitação para a ocorrência dessas espécies nessas regiões mais quentes.

Não foi observada tendência clara entre os ambientes e a densidade de vasos, ainda que na Caatinga as espécies apresentem menor variação possivelmente em decorrência dos fatores ambientais mais restritivos. Considerando diferenças na disponibilidade hídrica, a tendência observada em diversos estudos é a redução da densidade com aumento das condições xéricas (DENARDI & MARCHIORI, 2005; LIMA *et al.*, 2009; LONGUI *et al.*, 2009; LUCHI *et al.*, 2005; MARQUES *et al.*, 2012; RIBEIRO & BARROS, 2006), enquanto outros, como den Outer & van Veenendaal (1976), observam maior densidade em ambientes mais xéricos, ou, como Marcati *et al.* (2001), não observam diferenças.

O maior espessamento da parede dos vasos na Restinga e na Caatinga pode ser relacionado à prevenção de implosões dos vasos sob elevadas taxas respiratórias, papel desempenhado pela atuação conjunta da parede do vaso e da parede vizinha (HACKE *et al.*, 2001), conferindo assim maior resistência ao xilema para condução em ambientes como esses.

Nenhuma tendência clara foi observada em relação ao comprimento das fibras, embora o maior alongamento dessas na Restinga, além de sua forte correlação com ambos os eixos da PCA demonstrar que esse comprimento contribui para distinção dessa área em relação as demais, corrobore resultados observados para Floresta Atlântica (BARROS *et al.*, 2006). Embora relacionado a variações na altura do vegetal (CARLQUIST, 2001; CARLQUIST & HOEKMAN, 1985), devido variações no comprimento das iniciais axiais do câmbio vascular (BASS, 1976), nenhum significado ecológico não relacionado à sustentação foi ainda destacado.

Em estudos comparativos, as fibras são geralmente mais longas em ambientes com maior disponibilidade hídrica (DENARDI & MARCHIORI, 2005; MARQUES *et al.*, 2012; BOSIO *et al.*, 2010), ainda que estes nem sempre disponibilizem as alturas dos espécimes coletados, é possível relacionar tais resultados com incremento na altura dos indivíduos.

O diâmetro do lúmen das fibras foi frequentemente menor na Caatinga e maior na restinga, indicando uma possível tendência relacionada ao aumento na pluviosidade,

onde o diâmetro do lúmen desses elementos celulares incrementa com a pluviosidade (LONGUI *et al.*, 2009; LUCHI *et al.*, 2005; LUCHI, 2004), ainda que, em discordância, tendência oposta seja observada em outros estudos (DENARDI & MARCHIORI, 2005; LUCHI, 2011). Enquanto o Cerrado apresenta uma maior variabilidade no diâmetro do lúmen, mostrando tanto fibras de lúmen mais estreito quanto de lúmen mais largo. Embora pouco relacionadas à condutividade, as fibras podem atuar como vias alternativas para manutenção do fluxo hídrico em casos de embolia nos vasos adjacentes, nesse sentido, modificações no diâmetro do lúmen podem significar estratégias para otimização da condução nestes elementos (BAAS & SCHWEINGRUBER, 1987; CARLQUIST, 1988).

A parede das fibras é mais espessa na restinga quando comparada com a Caatinga, enquanto o Cerrado, desconsiderando sua maior variabilidade, é geralmente intermediário. Entre os ambientes, a Caatinga foi o que apresentou maior semelhança na espessura da parede, sugerindo maior intensidade nos fatores responsáveis por essa variação.

As correlações entre disponibilidade hídrica e espessamento da parede são contraditórias, sendo observado maior espessamento relacionado à maior disponibilidade hídrica (DENARDI & MARCHIORI, 2005), menor espessamento em menor disponibilidade (LUCHI, 2004, 2011; LUCHI *et al.*, 2005) e ausência de diferenças (LONGUI *et al.*, 2009). Considerando a correlação entre o diâmetro tangencial do lúmen e a espessura da parede da fibra, uma prevalência de paredes delgadas a espessas é observada independente do ambiente. Muitas das espécies tendem a apresentar paredes consideradas mais próximas da condição espessa quando relacionadas com o diâmetro do lúmen em concordância com tendências latitudinais, assim, portanto relacionadas com climas quentes (ALVES & ANGYALOSSY ALFONSO, 2002), ou disponibilidade hídrica (BARROS *et al.*, 2006, LIMA *et al.*, 2009).

As vantagens funcionais relacionadas ao espessamento da parede das fibras também não são evidentes, sendo atribuídas funções de compensação mecânica, já que geralmente ocorrem em conjunto com vasos mais largos. Ou relação com a resistência à cavitação, diante da evidência que quanto mais denso é o lenho maior é a resistência à cavitação, ainda que entretanto não se tenha quantificado os elementos do lenho (HACKE *et al.*, 2001). Variações na densidade de madeira são geralmente relacionadas

como a densidade de vasos, negativamente, e espessura da parede das fibras, positivamente, diante disso, uma relação entre o espessamento e a resistência à cavitação é possível.

A maior ocorrência de parênquima axial paratraqueal ou em faixas nas espécies estudadas é uma tendência já observada e correlacionada com os climas mais quentes das regiões de baixa altitude (ALVES & ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002; BARROS *et al.*, 2006; LIMA *et al.*, 2009). Ainda que para outros o parênquima axial é ausente na Caatinga (PAULA & ALVES, 1980).

Variações no tipo de parênquima axial em amostras do lenho não são observadas na literatura, entretanto variações nas porcentagens de parênquima axial por área do lenho entre ambientes são reportadas (LIMA *et al.*, 2009; MARCATI *et al.*, 2001; DÓRIA, 2014; MARQUES *et al.*, 2012). Portanto, parênquima tende a ser mais abundante em menores latitudes evidenciadas por relações positivas observadas (ALVES & ANGYALOSSY-ALFONSO, 2002)

O parênquima axial é mais abundante em regiões tropicais (WHEELER & BAAS, 1991), ainda que variações em menor escala observadas sejam controversas. Sendo observadas espécies com maior porcentagem de parênquima em solos com menor variação de umidade (LUCHI *et al.*, 2005) e também em áreas com menor pluviosidade (MARQUES *et al.*, (2012).

As células vaso-associadas, células do parênquima axial em contato com os vasos são relacionadas a três funções, resistência à ataques, transferência de carboidratos e geração de tiloses (CARLQUIST, 2001). A função de transferência de carboidratos tem recebido grande atenção recentemente, esta contrapõe à ideia que características morfológicas são as únicas constantes na determinação da condutividade hidráulica do xilema (NARDINI *et al.*, 2011).

As mudanças hidráulicas mediadas por íons no xilema, embora seja espécie-específica, demonstram capacidade de incrementar a condutividade, representando, portanto, ajustes de curto prazo e reversíveis, e geralmente compensatórias (NARDINI *et al.*, 2011). A arquitetura hidráulica do xilema parece apresentar um papel central nessas respostas, além disso, a atividade metabólica do parênquima axial e radial e/ou floema são possivelmente necessárias nessas respostas.

Diante das evidências que o parênquima pode alterar a condutividade hidráulica, a maior ocorrência de tipos de parênquima axial paratraqueal ou em faixas (em contato com os vasos) na Caatinga e no Cerrado em comparação com a restinga pode demonstrar uma maior intensidade de respostas mediadas por íons nesses ambientes, portanto, investimento no incremento da condução hidráulica e/ou compensação de perdas nesta causadas por embolia (NARDINI *et al.*, 2011).

Não foram observadas tendência para altura em  $\mu\text{m}$  e em número de células e largura em  $\mu\text{m}$ , enquanto a largura em número de células foi geralmente menor na restinga em comparação com os demais ambientes, embora a PCA uma correlação entre altura dos raios ( $\mu\text{m}$ ) e algumas espécies do Cerrado. As tendências para essa característica variam bastante na literatura, é observada uma predominância de raios uni-trisseriados nas espécies de Mata Atlântica, mais úmida (BARROS *et al.*, 2006); observa-se maior porcentagem de raios uni e trisseriados ou mais comparativamente mais largos em área de menor pluviosidade (DENARDI & MARCHIORI, 2005; LIMA *et al.*, 2009).

Quando consideradas, em  $\mu\text{m}$ , as dimensões dos raios, a largura dos raios decrescem com incremento da disponibilidade hídrica, como observado em diversos estudos (BOSIO *et al.*, 2010; LIMA *et al.*, 2009; LUCHI, 2004; MARCATI *et al.*, 2001; MARQUES *et al.*, 2012). A altura dos raios não mostra uma tendência muito clara, ainda que esta exiba forte correlação com o eixo y e contribua na distinção das espécies dentro das áreas estudadas, autores observam raios mais longos em ambientes como maior déficit hídrico (DÓRIA *et al.*, 2016), outros observam tendência oposta (MARQUES *et al.*, 2012), e outros, ainda, não observam padrões claros (LIMA *et al.*, 2009; BOSIO *et al.*, 2010).

A frequência de raios por mm foi geralmente maior na restinga em comparação com o Cerrado e a Caatinga, demonstrando uma possível correlação com a disponibilidade hídrica (BOSIO *et al.*, 2010). Embora, outros estudos demonstrem não apenas maior frequência em solos mais secos, como também em solos alagados, demonstrando efeito similar ao de redução na umidade do solo em ambientes alagados (LUCHI, 2004). E outros, não observem diferenças relacionadas à pluviosidade (MARQUES *et al.*, 2012). O incremento na quantidade de raios por mm pode ser relacionado ao maior investimento na segurança da condução hídrica, considerando esse incremento como uma estratégia para o aumento no transporte de íons do floema para as

células parênquimáticas radiais e dessas para os vasos, assim criando uma força osmótica para preenchimento dos vasos embolizados (DÓRIA *et al.*, 2016; NARDINI *et al.*, 2011). Considerando isso, a maior frequência sendo observada no ambiente mais méxico sugere maior investimento na segurança hídrica das espécies de Restinga quando comparadas com as demais áreas.

Os índices de vulnerabilidade e mesomorfia não demonstram nenhum padrão associado aos ambientes, sugerindo existência de diferentes estratégias na condução hídrica no mesmo ambiente. Este resultado difere do reportado por outros estudos comparando espécies ocorrentes no Cerrado com ocorrentes em outras áreas, mais ou menos xéricas, onde os menores índices foram observados no Cerrado sendo este a área mais ou menos xérica comparativamente (DÓRIA *et al.*, 2016; SONSIN *et al.*, 2012).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda que não tenham sido observadas fortes tendências relacionadas aos ambientes de uma forma geral, algumas características parecem mais frequentes, sugerindo a influência dos fatores ambientais na anatomia do lenho e, portanto, fundamentando a importância de sua estrutura no entendimento da biologia e distribuição das espécies. A prevalência de muitas das características é geralmente correlacionada às diferenças na disponibilidade hídrica ou temperatura média, refletindo a vital função do caule na condução hídrica, embora não a única, como via que conecta as raízes, região de absorção, às folhas, região de intensa atividade metabólica e transpiração.

A restinga apresentou, de forma geral, uma prevalência de poucas características observadas em outros ambientes méxicos, como elementos de vaso e fibras mais longas e maior diâmetro tangencial do lúmen das fibras. Sugerindo uma maior diversidade de estratégias anatômicas do lenho nesse ambiente, justificável por condições ambientais menos adversas e composição da flora por espécies próprias e de outros tipos de vegetação. Portanto, espécies com características muito xéricas, como *X. laevigata* com vasos de diâmetro pequeno e númeroíssimos, e outras muito méxicas, como *S. mattogrossensis* com vasos de diâmetro médio, pouco numerosos e com placa de perfuração escalariforme, são observadas.

O Cerrado apresentou, desconsiderando a maior proximidade filogenética das espécies, a prevalência de características observadas em ambientes mais xéricos, como

elementos de vasos mais curtos e placa de perfuração simples; fibras mais curtas, lúmen mais estreito e paredes mais espessas. Entretanto, características como diâmetro tangencial do lúmen médio e densidade de vasos variando de pouco numerosos a numerosos, sugerem investimento em eficiência na condução hídrica na morfologia dos vasos. Em resumo, ocorrência de condições mais restritivas são sugeridas, assim maior presença de características que incrementem a sobrevivência das espécies.

A Caatinga apresentou, de forma geral, em adição as características observadas no Cerrado, uma prevalência de vasos mais estreitos e paredes mais espessadas; maior densidade de vasos; índice de vulnerabilidade e mesomorfia geralmente menores. Em concordância as condições mais xéricas, portanto, restrições maiores.

Considerando as variações ambientais, principalmente precipitação, o comprimento dos vasos e fibras e diâmetro tangencial do lúmen das fibras, demonstram corroborar os padrões observados na literatura que apontam o incremento dessas características em ambientes com maior disponibilidade hídrica.

Investigações mais profundas das características anatômicas do lenho das espécies, como pontoações, porcentagem de tecidos e outras, podem esclarecer não só as variações existentes como revelar novas tendências. O enriquecimento do trabalho com mais dados sobre a biologia das espécies, distribuição, relações filogenéticas, e condições microambientais, pode explicar e demonstrar padrões existentes além de resultar em interpretações mais robustas. Considerar o conhecimento da anatomia dos demais órgãos das espécies é fundamental não apenas para uma visão completa da estrutura anatômica como também entendimento das estratégias anatômicas do lenho apresentadas por estes, compreendendo como as funções de transporte de água, sustentação e armazenamento são conciliadas para a sobrevivência do vegetal.

## **7. CONCLUSÃO**

Foram observadas diferenças na estrutura anatômica do lenho das espécies nos diferentes ambientes estudados, demonstrando, como esperado, que a anatomia permite distinguir, ainda que ocorram exceções, ecologicamente as espécies.

## 8. REFERÊNCIAS

- ALVES, E. S. Anatomia do lenho de algumas famílias arbóreas da flora brasileira, de acordo com diferentes ambientes. 1997. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas (Botânica)) – Instituto de Botânica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997.
- ALVES, E.S. & ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. **IAWA Journal**, v. 21, n. 3-30, 2000.
- ALVES, E.S. & ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 2. Axial parenchyma, rays and fibers. **IAWA Journal**, v. 23, p. 391-418, 2002.
- ALVES, J. J. A. Caatinga do Cariri paraibano. **GEONOMOS**, v. 17, n. 1, p. 19-25, 2009.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação na Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- ANDRADE-LIMA, D., 1981. The Caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, p. 149–153.
- ARAUJO, D. S. D. & HENRIQUES R. P. B. Análise florística das Restingas do estado do Rio de Janeiro. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R.; TURQ, B. (Eds.). **Restingas: Origem, Estrutura e Processos**. Niterói: CEUFF, 1984, p. 47-60.
- ARRUDA, E. C. P.; ALVES, M.; MELO-DE-PINNA, G. F. Elementos traqueais de cinco táxons de Cactaceae da caatinga pernambucana, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 4, p. 731-736, 2004.
- BAAS, P. & CARLQUIST, S. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras the Southern California and Israel. **IAWA Bulletin n.s.**, v. 6, n. 4, p. 349-353, 1985.
- BAAS, P. & SCHWEINGRUBER, H. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. **IAWA Bulletin n.s.**, v. 8, p. 245-274, 1987.
- BAAS, P. Some functional and adaptative aspects of vessel member morphology. In: BAAS, P.; BOLTON, A. J.; CATLING, D. H. (Eds.), **Wood structure in biological and technological research**. The Hague: Leiden University Press, BRAUN, p. 157-181. (Leiden Botanical Series nº 3).
- BAAS, P. Systematic, phylogenetic and ecological wood anatomy History and perspectives. In: BASS, P. (Ed.). **New Perspectives in Wood Anatomy**: 23-58. The Netherlands: The Hange Martinus Nijhof Publishers, 1982. p. 252.
- BAAS, P. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. **Blumea**, v. 21, p. 193-258, 1973.
- BAAS, P.; WERKER, E.; FAHN, A. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA Bulletin n.s.**, v. 4, p. 141-159, 1983.

- BARROS, C. F.; MARCON-FERREIRA, M. L.; CALLADO, C. H.; LIMA, H. R. P.; CUNHA, M.; MARQUETE, O.; COSTA, C. G. Tendências ecológicas na anatomia da madeira de espécies da comunidade arbórea da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, n. 3, p. 443-460, 2006.
- BARROS, J. S. & CASTRO, A. A. J. F. Compartimentação geoambiental no complexo de Campo Maior, PI: uma área de tensão ecológica. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, Campo grande, v. 8, n. 13, p. 119-130, 2006.
- BRANDON, K.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; SILVA, J. M. C. Conservação brasileira: desafios e oportunidades. **MEGADIVERSIDADE**, v. 1, n. 1, p. 7-13, 2005.
- BOSIO, F.; SOFFIATTI, P.; BOEGER, M. R. Ecological wood anatomy of *Miconia sellowiana* (Melastomataceae) in three vegetation types of Paraná state, Brazil. **IAWA Journal**, v. 31, n. 2, p. 179-190, 2010.
- CALLADO BUKATSCH, F. Bemerkungen zur Doppelfärbung Astrablau-Safranin. **Mikrokosmos**, v. 61, n. 8, p. 255, 1972.
- CALLADO, C. H.; SILVA NETO, S. J.; SCARANO, F. R.; COSTA, C. G. Periodicity of growth rings in some floodprone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **Trees – Structure and Function**, v. 15, n. 492–497, 2001.
- CALLADO, C. H.; SILVA NETO, S. J.; SCARANO, F. R.; COSTA, C. G. Radial growth dynamics of *Tabebuia umbellata* (Sond.) Sandwith (Bignoniaceae), a floodtolerant tree from the Atlantic Forest swamps in Brazil. **IAWA Journal**, v. 25, p. 175–183, 2004.
- CARLQUIST, S. & HOEKMAN, D. A. Ecological wood anatomy of the wood Southern California flora. **IAWA Bulletin n.s.**, v. 6, n.4, p. 319-345, 1985.
- CARLQUIST, S. **Comparative Wood Anatomy**: Systematic, Ecological and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood. 2 ed. Berlin: Springer, 2001, 448 p. (Series in wood Science).
- CARLQUIST, S. Ecological factors in wood evolution a floristic approach. **American Journal of Botany**, v. 64, n. 7, p. 887-896, 1977.
- CARLQUIST, S. **Ecological strategies of xylem evolution**. Berkeley: University of California Press, 1975. 259 p..
- CARLQUIST, S. Tracheid dimorphism: a new pathway in evolution of imperforate tracheary elements. **ALISO**, v. 12, n. 1, p. 103-118, 1988.
- CARLQUIST, S. Vessel grouping in dicotyledon wood: significance and relationship to imperforate tracheary elements. **ALISO**, v. 10, n. 4, p. 505-525, 1984.
- CARLQUIST, S. Wood anatomy of Compositae: summary with comments on factors controlling wood evolution. **ALISO**, v. 6, n. 2. p. 25-44, 1966.

- CARVALHO, D. A. & OLIVEIRA-FILHO, A. T. Avaliação da recomposição da cobertura vegetal de dunas de rejeito de mineração, em Mataraca/PB. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 107-117, 1993.
- CASTRO, A. A. J. F. & MARTINS, F. R. Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. **Pesquisa em Foco**, São Luís, v. 7, n. 9, p. 147-178, 1999.
- CASTRO, A. A. J. F. **Comparação florístico-geográfica (Brasil) e fitossociológica (Piauí - São Paulo) de amostras de Cerrado**. 1994. 520 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1994.
- CASTRO, A. A. J. F.; CASTRO, N. M. C. F.; COSTA, J. M.; FARIAS, R. R. S.; MENDES, M. R. A.; ALBINO, R. S.; BARROS, J. S.; OLIVEIRA, M. E. A. Cerrados marginais do Nordeste e ecótonos associados. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 273-275, 2007.
- CASTRO, A. A. J. F.; MARTINS, F. R.; FERNANDES, A. G. The wood flora of the Cerrado vegetation in the state of Piauí, Northeastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 55, n. 3, p. 455-472, 1998.
- CHRISTMAN, M. A. & SPERRY, J. S. Single-vessel flow measurements indicate scalariform perforation plates confer higher flow resistance than previously estimated. **Plant, Cell and Environment**, v. 33, 431–443, 2010.
- CHRISTMAN, M. A.; SPERRY, J. S.; ADLER, F. R. Testing the ‘rare pit’ hypothesis for xylem cavitation resistance in three species of *Acer*. **New Phytologist**, v. 182, p. 664–674, 2009.
- CHRISTMAN, M. A.; SPERRY, J. S.; SMITH, D. D. Rare pits, large vessels and extreme vulnerability to cavitation in a ring-porous tree species. **New Phytologist**, v. 193, p. 713–720, 2012.
- CLIMATE-DATA.ORG**. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/42428/>>. Acesso em: 16 de jul. de 2016.
- COMISSÃO PAN-AMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Descrição macroscópica, microscópica e geral da madeira – esquema 1 de recomendação**. Colômbia, 1973. 19 p. (COPANT, 30)
- COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.). **Fire in the tropical biota. Ecosystem processes and global challenges**. Berlin: Springer Verlag, 1990. p. 81-105.
- COUTINHO, L. M. O bioma do Cerrado. In: KLEIN, A. L. (org.). **Eugen Warming e o Cerrado brasileiro**. UNESP: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2002, p 77-92.
- CUNHA, L. O.; FONTES M. A. L.; OLIVEIRA, A. D.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Análise multivariada da vegetação como ferramenta para avaliar a reabilitação de dunas litorâneas mineradas em Mataraca, Paraíba, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 503-515, 2003

- den OUTER, R. W. & van VEENENDAAL, W. L. H. Variation in wood anatomy of species with a distribution covering both rain forest and savanna areas of the Ivory Coast, West-Africa. In: BAAS, P.; BOLTON, A. J.; CATLING, D. H. (Eds.), **Wood structure in biological and technological research**. The Hague: Leiden University Press, 1976, p. 182-195. (Leiden Botanical Series nº 3).
- DENARDI, L. & MARCHIORI, J. N. C. Anatomia ecológica da madeira de *Blepharocalyx salicifolius* (H. B. K.) Berg. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 119-127, 2005.
- DÓRIA, L. C. Anatomia comparada do lenho de *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae) e *Tocoyena formosa* (Rubiaceae) que ocorrem no Cerrado e na Caatinga. 2014. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas (Botânica)) – Instituto de Biociências, Campus Botucatu, Universidade Estadual Paulista, São Paulo. 2014
- DÓRIA, L. C.; PODADERA, D. S.; BATALHA, M. A.; LIMA, R. S.; MARCATI, C. R. Do woody plants of the Caatinga show a higher degree of xeromorphism than in the Cerrado?. **Flora**, 2016.
- DURIGAN, G. Bases e diretrizes par restauração da vegetação de Cerrado. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. 2 ed. Botucatu: FAPEF, 2003, p. 187-204.
- FAHN, A.; WERKER, E.; BAAS, P. **Wood anatomy and identification of trees and shrubs from Israel and adjacent regions**. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem, 1986. 214 p.
- FARIAS, R. R. S. & CASTRO, A. A. J. F. Fitossociologia de trechos de vegetação do Complexo de Campo Maior, Campo Maior, PI, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 949-963, 2004.
- FERREIRINHA, M. P. **Elementos de anatomia de madeiras folhosas portuguesas**. Lisboa Editora, 1958. 135 p. (Memórias da Junta de Investigações do Ultramar, 2º sér. 3 ed).
- FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 07 Nov. 2016.
- FRANKLIN, G. L. Preparação of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, v. 155, n. 3924, p. 51, 1945.
- FREIRE, M. S. B. Levantamento florístico do Parque Estadual das Dunas de Natal. **Acta Botanica Brasilica**, v. 4, n. 2, p. 41-59, 1990.
- GIULIETTI, A. N.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; WANDERLEY, M. G. L.; BERG, C. V. D. Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 52-61 2005.
- GOMES, A. V. & G. I. B. MUÑIZ. 1986. Wood Structure and Ultrastructure of *Prosopis caldenia*, *P. chilensis* and *P. juliflora* and Influence of Ecological Factors. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON *Prosopis*, II, 1986, Recife. FAO. p. 195-216.

- HACKE, U. G. & SPERRY, J. S. Functional and ecological xylem anatomy. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 4, n. 2, p. 97-115, 2001.
- HACKE, U. G.; SPERRY, J. S.; POCKMAN, W. T.; DAVIS, S. D.; MCCULLONH, K. A. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. **Oecologia**, v. 126, p. 457-461, 2001.
- HAMMER, Ø; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.
- IAWA COMMITTEE. International Association of Wood Anatomists. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin n.s.**, v. 10, p. 220-332, 1989.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Mapa de Biomas do Brasil. Primeira Aproximação. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em:  
<<http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/mapas/563-mapa-de-biomas-do-brasil>>.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Mapa de vegetação do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.
- KRAUS, J. E. & ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica, RJ: EDUR, 1997. 198 p.
- LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; LACHER Jr., T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 139-146, 2005.
- LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822 p.
- LENS, F.; SPERRY, J. S.; CHRISTMAN, M. A; CHOAT, B.; RABAEY, D.; JANSEN, S. Testing hypotheses that link wood anatomy to cavitation resistance and hydraulic conductivity in the genus *Acer*. **New Phytologist**, v. 190, p. 709-723, 2011.
- LIMA, R. S.; OLIVEIRA, P. L.; RODRIGUES, L. R. Anatomia do lenho de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae-Mimosoideae) ocorrente em dois ambientes. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 361-374, 2009.
- LISBOA, P. L. B., URBINATI, C. V.; NEVES, C. O. Estudo comparativo da influência climática sobre a morfologia das estruturas anatômicas das madeiras de plantas arbóreas da Amazônia e da Caatinga. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 44, 1993, São Luis – MA. **Resumos do Congresso Nacional de Botânica**. Sociedade Botânica do Brasil. v. 1. 1993. p. 126.
- LONGUI, E. L.; BUFOLO, A.; AGUIAR, O. T.; LIMA, I. L.; FLORSHEIM, S. M. B. Anatomia comparada do lenho de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F.Macbr. em dois tipos de vegetação. **Hoehnea**, v. 36, n. 4, p. 715-724, 2009.

- LUCHI, A. E. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 271-280, 2004.
- LUCHI, A. E. Quantitative features of *Cedrela odorata* L. wood (Meliaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 403-410, 2011.
- LUCHI, A. E.; SILVA, L. C. P.; MORAES, M. A. Anatomia comparada do lenho de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. em áreas de Cerrado e de plantação de *Pinus elliottii* Engelm. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 809-820, 2005.
- MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 311-320, 2001.
- MARCATI, C. R.; OLIVEIRA, J. S.; MACHADO, S. R. Growth rings in Cerrado woody species: occurrence and anatomical markers. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 3, p. 1-31, 2006.
- MARCELINO, A. S.; ARAÚJO, L. E.; ANDRADE, E. C. A.; ALVES, A. S. Avaliação temporal da climatologia do litoral norte da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, UFPE, v. 3, p. 467-472, 2012.
- MARQUES, P. A.; CALLADO, H. C.; BARROS, C. F.; COSTA, C. G. Variação Intraespecífica do Lenho de *Eugenia uniflora* L. em Duas Diferentes Fitofisionomias do Complexo Vegetacional Atlântico. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 483-496, 2012.
- MCCULLOH, K.; SPERRY, J. S.; LACHENBRUCH, B.; MAINZER, F. C.; REICH, P. B.; VOELKER, S. Moving water well: comparing hydraulic efficiency in twigs and trunks of coniferous, ring-porous, and diffuse-porous saplings from temperate and tropical forests. **New Phytologist**, v. 186, p. 439-450, 2010.
- MELO Jr., J. C. F.; CECCANTINI, G.; BONA, C. Anatomia ecológica do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae) distribuída em diferentes condições edáficas do Cerrado sul-brasileiro. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 66, n.2, p. 189-200, 2011.
- MENDES, M. R. A. & CASTRO, A. A. J. F. Vascular flora of semi-arid region, São José do Piauí, state of Piauí, Brazil. **Check List**, v. 6, n. 1, 2010.
- MITTERMEIER, R. A., MYERS, N.; MITTERMEIER, C. G. **Hotspots**. Mexico City: CEMEX, 1999. 430 p.
- NARDINI, A.; SEBASTIANO, SALEO; STEVEN, J. More than just a vulnerable pipeline: xylem physiology in the light of ion-mediated regulation of plant water transport. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 14, p. 4701-4718, 2011.
- NOSHIRO, S. & BAAS, P. Latitudinal Trends in Wood Anatomy within Species and Genera: Case Study in *Cornus* S.L. (Cornaceae). **American Journal of Botany**, v. 87, n. 10, p. 1495-506, 2000.

- NOVAES, F. S.; CALLADO, C. H.; PEREIRA-MOURA, M. V. L.; LIMA, H. R. P. Wood anatomy of *Mollinedia glabra* (Spreng.) Perkins (Monimiaceae) in two Restinga Vegetation Formations at Rio das Ostras, RJ, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82, n. 4, p. 915-924, 2010.
- OLIVEIRA, P. S. & MARQUIS, R. J. **The Cerrados of Brazil**: ecology and natural history of a neotropical savanna. New York: Columbia University Press, 2002. 398 p.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. & CARVALHO, D. A. Florística e fisionomia da vegetação no extremo norte do litoral da Paraíba. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 115-130, 1993.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. Gradient analysis of an area of coastal vegetation in the state of Paraíba, Northeastern of Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 50, n. 2, p. 217-236, 1993.
- PAULA, J. E. & ALVES, J. L. H. Estrutura anatômica de madeiras indígenas para a produção de energia e papel. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 12, p. 1461-1471, 1980.
- PAULA, J. E. Estudo da estrutura anatômica da madeira de espécies nativas, visando seu aproveitamento na produção de energia e papel. **Ciência e Cultura**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 344-353, 1989.
- PAULA, J. E. Estudo das estruturas internas das madeiras de dezesseis espécies da flora brasileira, visando seu aproveitamento para a produção de álcool, carvão, coque e papel. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 47, p. 23-50, 1981.
- PAULA, J. E. Madeiras que produzem álcool, coque e carvão. Atualidades. **CNPQ**, Brasília, v. 72, p. 31-45, 1980.
- PAULA, J. E.; ALVES, J. L. 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.
- PURVIS, M. J.; COLLIER, D. C.; WALLS, D. **Laboratory techniques in botany**. London, Butterwoths, 1964.371 p.
- QUEIROZ, L. P. **Leguminosas da Caatinga**. Feira de Santana: Multimídia Indústria, Comercio e Editora Ltda. 2009. 914 p.
- RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, Oxford, v. 80, n. 3, p. 223-230, 1997.
- RIBEIRO, M. L. R. C. & BARROS, C. F. Variação intraspecífica do lenho de *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) G.P. Lewis & M.P. Lima (Leguminosae - Mimosoideae) de populações ocorrentes em dois remanescentes de Floresta Atlântica. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 4, p. 839-844, 2006.
- RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: âmbito Cultural Edições Ltda., 1997. 747 p.
- SACRAMENTO, A. C.; ZICKEL, C. S; ALMEIDA Jr., E. B. Aspectos florísticos da vegetação de restinga no litoral de Pernambuco. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.6, p.1121-1130, 2007

- SAMPAIO, E. V. S. B. Overview of the Brazilian Caatinga. In: BULLOCK, S. H.; H. A. MOONEY; MEDINA, E. (Eds.). **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995, p. 35-63.
- SANTOS, M. A.; BERBIERI, A. F.; CARVALHO, J. A. M.; MACHADO, C. J. O **Cerrado brasileiro: notas para estudo**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2010. 15 p.
- SCARANO, F. R. Structure, function and floristic relationships of plants communities in stressful habitats marginal to Brazilian Atlantic Rainforest. **Annals of Botany**, v. 90, p. 517-524, 2002.
- SHAN LI; LENS, F.; ESPINO S.; KARIMI, Z.; KLEPSCH, M.; SCHENK, H. J.; SCHMITT, M.; SCHULDT, B.; JANSEN, S. Intervessel pit membrane thickness as a key determinant of embolism resistance in angiosperm xylem. **IAWA Journal**, v. 37, n. 2, p. 152-172, 2016.
- SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS L. V. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília-DF, 2003. 382 p.
- SILVA, S. M. Diagnóstico das restingas do Brasil. In: Workshop de avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha. Porto Seguro, Fundação BIO RIO, 1999. Anais eletrônicos. Disponível em: <[http://www.brasil-rounds.gov.br/round7/arquivos\\_r7/SISMICA\\_R7/refere/Restingas.pdf](http://www.brasil-rounds.gov.br/round7/arquivos_r7/SISMICA_R7/refere/Restingas.pdf)>
- SONSIN, J. O.; GASSON, P.; MACHADO, S. R.; CAUM, C.; MARCATI, C. R. **Atlas da diversidade de madeiras do Cerrado paulista**. São Paulo: FEPAF, 2013. 423 p.
- SONSIN, J. O.; GARSSON, P.; BARROS, C. F.; MARCATI, C. R. A comparison of the wood anatomy of 11 species from two Cerrado habitats (Cerrado *s.s.* and adjacent gallery forest). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 170, p. 257–276, 2012.
- SPERRY, J. Relationship of xylem embolism to xylem pressure potential, stomatal closure, and shoot morphology in the palm *Rhapis excelsa*. **Plant Physiology**, v. 80, p. 110–116, 1986.
- SPERRY, J. S.; HACKE, U. G.; FIELD, T. S.; SANO, Y.; SIKKEMA, E. H. Hydraulic consequences of vessel evolution in angiosperms. **International Journal Of Plant Sciences**, v. 168, n. 8, p. 1127-1139, 2007.
- SPERRY, J. S.; NICHOLS, K. L.; SULLIVAN, J. E. M.; EASTLACK, S. E. Xylem embolism in ring-porous, diffuse-porous, and coniferous trees of northern Utah and interior Alaska. **Ecology**, v. 75, n. 6, p. 1736-1752, 1994.
- TRINDADE, A. **Estudo florístico e fitossociológico do estrato arbustivo-arbóreo de em trecho de floresta arenícola costeira do Parque Estadual das Dunas, Natal (RN)**. 1991. Dissertação (Mestrado em Botânica). Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 1991.

- URBINATI, C. V. & LISBOA, P. L. B. Comparação anatômica do lenho de duas espécies do gênero *Capparis* da Amazônia e da Caatinga Nordestina. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica*, v. 12, n. 1, p. 75-87, 1996.
- VASCONCELLOS, A.; MÉLO, A. C. S.; VASCONCELOS SEGUNDO, E. M.; BANDEIRA, A. G. Cupins de duas florestas de Restinga do nordeste brasileiro. *Iheringia, Série zoologia*, Porto Alegre, v. 95, n. 2, p. 127-131, 2005.
- WHEELER, E. A. & BAAS, P. A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. *IAWA Bulletin s.n.*, v. 12, n. 3, p. 275-332, 1991.
- WOODCOCK, D. W.; SANTOS, G.; REYNEL, C. Wood characteristics of Amazon forest types. *IAWA Journal*, v. 21, n. 3, p. 277-292, 2000.
- WOODCOCK, D.W., DOS SANTOS, G. & REYNEL, C. Wood characteristics of Amazon forest types. *IAWA Journal*, v 21, p. 277–292, 2000.
- WORBES, M. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *Journal of Ecology*, v. 87, p. 391–403, 1999.
- WORBES, M. Growth rings, increment and age of trees in inundation forests, savannas and a mountain forest in the neotropics. *IAWA Bulletin s.n.*, v. 10, p. 109–122, 1989.
- WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees: a review. *Iawa Journal*, v. 16, p. 337-351. 1995.
- ZHONG, Y.; BAAS, P.; WHEELER, E. A. Wood anatomy of trees and shrubs from China. IV. Ulmaceae. *IAWA Bulletin n.s.*, v. 13, p. 419-453, 1992.
- ZICKEL, C. S.; ALMEIDA Jr., E. B.; MEDEIROS, D. P. W.; LIMA, P. B.; SOUZA, T. M. S.; LIMA, A. B. Magnoliophyta species of restinga, state of Pernambuco, Brazil. *Check List*, v. 3, n. 3, p. 224-241, 2007.
- ZIMMERMANN, M. H. **Xylem structure and the ascent of sap**. Berlin: Springer, 1983. 143 p. (Series in wood Science).

## APÊNDICE 1

### Tabela para análise microscópica (COPANT, 1973)

#### Vasos

##### Densidade de vasos por mm<sup>2</sup>

muito poucos	até 2
poucos	de 3 a 5
pouco numerosos	de 6 a 10
numerosos	de 11 a 20
muito numerosos	de 21 a 40
numerosíssimos	de 41 a 80
extremamente numerosos	acima de 80

##### Diâmetro tangencial do lúmen em $\mu\text{m}$

extremamente pequenos	menor que 30
muito pequenos	de 30 a 50
pequenos	de 51 a 100
médios	de 101 a 200
grandes	de 201 a 300
muito grandes	de 301 a 400
extremamente grandes	maior que 400

##### Comprimento dos elementos de vasculares em $\mu\text{m}$

muito curtos	até 300
curtos	de 301 a 500
longos	de 501 a 750
muito longos	de 751 a 1000
extremamente longos	acima de 1000

#### Fibras

##### Comprimento em mm

extremamente curtas	até 0,75
muito curtas	de 0,76 a 1,0
curtas	de 1,1 a 1,5
longas	de 1,6 a 2,0
muito longas	acima de 2,0

#### Diâmetro tangencial em $\mu\text{m}$

estreitas	menor que 24
médias	de 24 a 40
largas	maior que 40

#### Raios

##### Frequência por mm

muito poucos	até 2
poucos	de 3 a 4
pouco numerosos	de 5 a 7
numerosos	de 8 a 10
muito numerosos	acima de 10

#### Altura em mm

extremamente baixos	menor que 0,5
muito baixos	de 0,5 a 1
baixos	de 1 a 2
medianos	de 2 a 5
altos	de 5 a 10
moderadamente altos	de 10 a 20
muito altos	de 20 a 50
extremamente altos	maior que 50

### Largura em mm

extremamente finos	menor que 15
muito finos	de 15 a 30
finos	de 31 a 50
estreitos	de 51 a 100
largos	de 101 a 200
muito largos	de 201 a 400
extremamente largos	maior que 400