



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FRANCISCO ESMAYLE ALVES DE TILLESSE

POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO CAULE DE PLANTAS DO
BIOMA CAATINGA

FORTALEZA

2017

FRANCISCO ESMAYLE ALVES DE TILLESSE

POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO CAULE DE PLANTAS DO
BIOMA CAATINGA

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Manejo de Bacias Hidrográficas no semiárido.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Gomes Costa

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- T466p Tillesse, Francisco Esmayle Alves de.
Potencial de Armazenamento de Água no Caule de Plantas do Bioma Caatinga / Francisco Esmayle Alves de Tillesse. – 2017.
52 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Carlos Alexandre Gomes Costa.
1. Armazenamento de água no caule. 2. Disponibilidade hídrica. 3. Modelos alométricos. I. Título.
CDD 630
-

FRANCISCO ESMAYLE ALVES DE TILLESSE

POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO CAULE DE PLANTAS DO
BIOMA CAATINGA

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Manejo de Bacias Hidrográficas no Semiárido.

Aprovada em: 17 de julho de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Alexandre Gomes Costa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Carlos de Araújo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Everton Alves Rodrigues Pinheiro
Universidade de São Paulo (ESALQ/USP)

Prof. Dr. Pedro Henrique Augusto Medeiros
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Primeiramente a Deus.

Aos meus pais, Francisco Miguel Filho e Francisca Selma Paes Alves de Tillesse por sempre me ensinarem e me darem tudo aquilo que esteve ao seu alcance para que eu pudesse concluir mais um passo da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFC (DENA).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Gomes Costa, pela amizade, pela excelente orientação e por fazer do aprendizado não um trabalho, mas um contentamento.

Ao professor participante da banca examinadora Dr. José Carlos Araújo pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores Dr. Everton Alves Rodrigues Pinheiro e o Dr. Pedro Henrique Augusto Medeiros por participarem da banca e contribuírem criteriosamente para a finalização deste trabalho.

Ao professor Dr. José Vidal de Figueiredo por sua valorosa contribuição durante todo o trabalho, tanto no dentro da universidade quanto no campo.

Ao professor Sc. aposentado Mauro Ferreira Lima por dicas importantíssimas e por ter cedido o software para a análise fitossociológica.

A todos os professores, pelo tempo e todo ensinamento concedido durante todo esse tempo que frequentei a pós-graduação.

Aos colegas da turma do mestrado (Paulilo, Emanuel, Klênio, Rômulo, Jairo, Léa, Fábio, Edmilson) que me acompanharam ao longo desses dois anos de pós-graduação pela companhia, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

À minha Família, minha esposa Verlene Teixeira e nosso amado filho Enzo Miguel, pela companhia em todos os momentos dessa caminhada.

Aos meus irmãos e familiares que não me deixaram desistir da jornada de um futuro melhor.

RESUMO

Os processos hidrológicos ocorridos em florestas sofrem grande influência, principalmente, das espécies vegetais existentes e suas características fisiológicas. O consumo de água por essas comunidades vegetais tem sido considerado importante nos estudos de disponibilidade hídrica. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo geral analisar o potencial de armazenamento de água no caule em plantas representativas do bioma Caatinga. A coleta dos dados em campo foi realizada na Bacia Experimental de Aiuaba (BEA), com área total de 12 km², localizada integralmente dentro da Estação Ecológica do Instituto Chico Mendes (ESEC-Aiuaba), a maior unidade de conservação federal do bioma Caatinga, localizada no município de Aiuaba, Ceará. Para desenvolvimento desta pesquisa foi realizado um levantamento fitossociológico, levantamento da distribuição espacial da densidade da madeira e levantamento da capacidade do caule em armazenar água. Os dados da área do xilema ativo foram relacionados à anatomia da madeira, diâmetro a altura do peito (DAP), altura total e volume. Modelos alométricos foram desenvolvidos para estimativa da área do xilema ativo. A análise estatística foi realizada através de análise de variância da regressão, coeficiente de determinação e estatística descritiva. No levantamento florístico registraram-se treze espécies e oito famílias botânicas. As famílias Euphorbiaceae (78%) e Fabaceae (7%) apresentaram maior número de espécies abrangendo 85% do total inventariado. Os resultados de estudo comprovam que as duas espécies (marmeleiro e catingueira) analisadas apresentam características diferentes que influenciam no transporte de água na planta. O marmeleiro (*Croton sonderianus* Mull) e a catingueira (*Poicicanella pyramidalis* Tul.) são as espécies que detêm a maior densidade de plantas por hectare, chegando à 85% do número total das espécies inventariadas. O modelo potencial melhor representou a relação entre a área do caule e o xilema hidroativo para as duas espécies analisadas. O conteúdo de água no caule de uma planta de catingueira é cerca de cinco vezes maior que a de uma planta de marmeleiro. Entretanto, devido à maior ocorrência na área, a lâmina de água retida no caule das plantas de marmeleiro (por hectare) é cerca de duas vezes maior que a lâmina retida em plantas de catingueira. Apesar dos 40 anos de conservação da ESEC de Aiuaba, a área se encontra na segunda fase (arbustivo) do estágio de sucessão secundária evidenciada pela maior ocorrência de espécies do gênero *Croton*, presente em solos que possuem boas características físicas e químicas, sendo um indicador de sucessão secundária de recuperação.

Palavras-chave: Armazenamento de água no caule. Disponibilidade hídrica. Modelos alométricos.

ABSTRACT

The hydrological processes occurring in forest are influenced mainly by the existing plant species and their physiological characteristics. Water consumption by these plant communities has been considered an important issue in studies of water availability. Thus, this work had as general objective to analyze the water storage potential in the stem in representative plants of the Caatinga biome. Data collection in the field was performed in the Aiuaba Experimental Basin (BEA), with a total area of 12 km², located entirely within the Ecological Station of the Chico Mendes Institute (ESEC - Aiuaba), the largest federal conservation unit of the Caatinga biome, located in the municipality of Aiuaba, Ceará. For the development of this research was carried out a phytosociological survey, a survey of the spatial distribution of wood density stem storage water capacity. Data from the active xylem area were related to wood anatomy, diameter at breast height (DBH), total height and volume. Allometric models were developed to estimate the area of the active xylem. Statistical analysis was performed through regression analysis of variance, coefficient of determination and descriptive statistics. Regarding the floristic survey thirteen species and eight botanical families were registered. The families Euphorbiaceae (78%) and Fabaceae (7%) presented the highest number of species covering 85% of the total inventories. The results of the study show that the two species (quince and catingueira) analyzed have different characteristics that influence the transport of water in the plant. The marmeleiro (*Croton sonderianus* Mull) and catingueira (*Poicicanella pyramidalis* Tul.) Are the species that holds the highest density of plants per hectare, reaching 85% of the total number of species listed. The potential model fitting represented the relationship between the stem area and the hydrodynamic xylem for the two analyzed species. The water content in the stem of a catingueira plant is about five times greater than that of a quince plant. However, due to the greater occurrence in the area, the water retained in the stem of quince plants (per hectare) is about twice the amount retained in catingueira plants. Despite 40 years of conservation of the ESEC of Aiuaba, the area is still in the second stage (shrub) of the secondary succession stage evidenced by the greater occurrence of species of the genus *Croton*, present in soils with good physical and chemical characteristics, being an indicator of secondary succession of recovery.

Keywords: Stem water storage. Water availability. Allometric models.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de solos, localização dos equipamentos de monitoramento hidrológico, unidades amostrais da Bacia Experimental de Aiuaba (BEA)	24
Figura 2 – Suta finlandesa, equipamento utilizado para medição de diâmetro do tronco de árvores	29
Figura 3 – Hipsômetro (Blume-Leiss) utilizado para estimativa da altura total das plantas inventariadas	29
Figura 4 – Foto mostrando os limites entre o cerne, xilema hidroativo e casca, tanto no marmeleiro (A) quanto na catingueira (B)	31
Figura 5 – Desenho esquemático de localização dos estratos arbóreos nas plantas de catingueira e marmeleiro	32
Figura 6 – Esquema do procedimento de secagem dos discos de madeira das espécies analisadas. Estufa de secagem (A); estufa com os discos para secagem (B); balança de precisão (C); amostras sendo saturadas (D)	33
Figura 7 – Massa dos discos de madeira durante procedimento de secagem na estufa a 65°C	34
Figura 8 – Quantidade de espécies por família levantadas na área de estudo	35
Figura 9 – Volume médio e participação de cada espécie encontrada no levantamento na área da associação solo vegetação 1 (ASV1) na Bacia Experimental de Aiuaba através do software INFL específico para a caatinga (PNUD/FAO/IBAMA/BRA/087/077)	39
Figura 10 – Comparação entre as alturas totais das duas espécies mais abundantes do estudo	40
Figura 11 – Área da seção transversal do caule em cm ² do marmeleiro e da catingueira ..	41
Figura 12 – Representação da área transversal por estrato arbóreo de plantas de marmeleiro e catingueira	42
Figura 13 – Diâmetro dos estratos (DNB, DAP e TOPO) do marmeleiro e da catingueira.....	43

Figura 14 – Área do xilema hidroativo (cm ²) dos estratos (DNB, DAP e TOPO) (A) e das plantas como um todo (B) de marmeleiro e catingueira	44
Figura 15 – Relação entre a área do caule e a área do xilema hidroativo em plantas de catingueira e marmeleiro	45
Figura 16 – Volume potencial de água nos estratos das plantas de marmeleiro e catingueira	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Amplitude de variação das alturas	18
Tabela 2 – Classe diamétricas de caule na altura do peito (DAP) no levantamento fitossociológico (LIMA, 2003)	26
Tabela 3 – Famílias e espécies arbustiva-arbóreas registradas no fragmento de vegetação da ASV1 na ESEC de Aiuaba.....	36
Tabela 4 – Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na ASV1, Bacia experimental de Aiuaba. DA= Densidade Absoluta (ind.ha-1), DR= Densidade Relativa (%), AbS= Área Basal (m ² .ha-1), DoR= Dominância Relativa (%), FR= Frequência Relativa (%), IVC= Índice do Valor de Cobertura e IVI = Índice do Valor de Importância	37
Tabela 5 – Cálculo baseado no volume de madeira por área para estimativa do número de amostras necessárias realizadas para este estudo	38
Tabela 6 – Sumário das características biométricas e anatômicas das árvores amostradas (n=10). Abreviações: DAP, diâmetro à altura do peito; Ht: altura total	44
Tabela 7 – Resultados do volume de água por estrato, volume de água por planta, lâmina potencial do armazenamento de água no caule, volume potencial de armazenamento de água na planta, relação entre o volume potencial de armazenamento de água no caule das plantas deste estudo e a capacidade máxima do açude Boqueirão	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASV1	Associação solo vegetação 1
ASV2	Associação solo vegetação 2
ASV3	Associação solo vegetação 3
BEA	Bacia Experimental de Aiuaba
CAAD	Caatinga Arbustiva-Arbórea Densa
DNB	Diâmetro na base
DAP	Diâmetro na altura do peito
ESEC	Estação Ecologia do Instituto Chico Mendes

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Fitossociologia da Caatinga	17
2.2	Relações hídricas na vegetação de Caatinga	19
2.3	Modelagem alométrica das espécies da Caatinga	20
2.4	Densidade de madeira (massa específica)	21
2.5	Xilema hidroativo nas espécies da Caatinga	21
2.6	Armazenamento de água no caule	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	Caracterização da área	24
3.2	Levantamento fitossociológico	25
3.3	Relação alométrica das espécies para obtenção do xilema hidroativo	30
3.4	Obtenção do potencial de água armazenado no caule	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	Composição florística e Fitossociológica em fragmento de vegetação de Caatinga preservada	35
4.2	Características biométricas de espécies representativas da Caatinga	40
4.3	Potencial de água armazenado no caule em Associação de Solo e Vegetação sob condições de Caatinga preservada	45
5	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

Segundo Rodal *et al.*, (2013), o nordeste do Brasil tem a maior parte de seu território revestido por uma vegetação xerófila, de fisionomia e florística variadas, que tem mantido, desde o tempo do período colonial a antiga denominação indígena de "Caatinga" cobrindo uma área de cerca de 800.000km². A vegetação é caracterizada, primordialmente, pela completa caducifolia da maior parte de seus componentes e tem como traço comum a deficiência hídrica durante a maior parte do ano.

Atualmente, são raros os remanescentes de Caatinga preservada. As interrelações de espécies vegetais, dentro da comunidade vegetal no espaço e no tempo, referindo-se ao estudo quantitativo da composição, estrutura, dinâmica, história, distribuição e relações ambientais da comunidade vegetal, podem ser envolvidas nos estudos fitossociológicos (MARTINS, 1989). A catingueira (*Poecyanella pyramidalis* Tul.), as juremas (*Mimosa* spp.) e os marmeleiros (*Croton* spp.) são as plantas mais abundantes na maioria dos trabalhos em área de caatinga (RODAL *et al.*, 2013).

Para o balanço hídrico em escala de bacias hidrográficas, a variação de volume do armazenamento de água no caule das plantas desempenha um papel importante na manutenção de água na folha e minimiza desequilíbrios temporais entre a oferta e demanda de água (JIN *et al.*, 2011), sendo desprezado por ser insignificativo em relação aos compartimentos mais volumosos, como reservatórios (ARAÚJO; PIEDRA, 2009), aquíferos (MENDONÇA *et al.*, 2008;2009) ou solo nas zonas das raízes (COSTA *et al.*, 2013).

A área do xilema ativo pode ser modelada ao relacionar variáveis específicas de cada indivíduo, podendo posteriormente auxiliar na estimativa da transpiração de uma única árvore ou de uma floresta inteira (ENQUIST, 2002; ČERMAK *et al.*, 2004; APARECIDO, 2014). Além do tamanho, diferenças anatômicas no lenho, ecologia da espécie, microclima e idade do indivíduo são fatores que afetam diretamente os padrões de uso da água (GEBAUER *et al.*, 2008; HORNA *et al.*, 2011; MENCUCCINI *et al.*, 2007; BAKER *et al.*, 2003). Assim, uma estimativa de transpiração sem erros significativos requer estudos aprofundados sobre a variedade de comportamentos ecológicos, fisiológicos e anatômicos no nível de espécie existente dentro de uma floresta (HOFFMAN, 2012; ČERMAK; NADEZHINA, 1998; ENQUIST, 2002; WEST *et al.*, 1999).

A identificação mais exata possível da área condutiva de seiva no lenho (alburno) possibilita a determinação do fluxo de água na seção transversal do caule através do método da sonda de dissipação térmica (PINTO JR. *et al.*, 2013). Além disso, a densidade é uma das

mais importantes e estudadas propriedades da madeira que está diretamente relacionada à porosidade que é diretamente proporcional ao volume vazio de poros (BOWYER *et al.*, 2007). Segundo Moreschi (2005), a massa específica da madeira é a relação da quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume, e essa pode variar de acordo com a espécie florestal, a umidade do corpo de prova, idade do lenho, largura dos anéis de crescimento, e de acordo com a posição e altura no tronco.

Este trabalho está dividido em duas abordagens principais: levantamento da fitossociologia de uma associação de solo e vegetação; e a avaliação do potencial de armazenamento de água em espécies representativas do bioma Caatinga. A principal questão científica que motivou este trabalho é qual o potencial do armazenamento de água em caules de plantas do bioma Caatinga? Esta questão suscitou duas hipóteses principais, testadas nesta pesquisa, a saber: i) as plantas da caatinga preservada apresentam a mesma área específica condutora de seiva bruta (xilema hidroativo) nos estratos na planta e entre as diversas espécies; ii) a capacidade de armazenamento de água nas plantas da caatinga preservada não variam conforme a espécie.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho foi estudar o potencial de armazenamento de água em plantas representativas do bioma Caatinga em condições de vegetação preservadas na bacia experimental de Aiuaba-CE. Além disso, os objetivos específicos foram: i) Realizar o levantamento fitossociológico de um fragmento de vegetação preservada do bioma Caatinga; ii) Analisar relações alométricas de parâmetros relacionados à biometria de plantas da caatinga; iii) Analisar os parâmetros relacionados ao potencial de armazenamento de água em plantas representativas da caatinga por estratos arbóreos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Uma característica marcante das plantas da caatinga é a forte alteração na estrutura do dossel onde as plantas perdem as folhas e entram em fase de dormência vegetativa no período seco, enquanto que, no período chuvoso, o bioma revigora-se rapidamente após as primeiras chuvas. A definição de fatores físicos determinantes nos mecanismos naturais de troca de energia e água no sistema solo vegetação e atmosfera é apresentada como resultado importante para utilização em planejamentos agrícolas e hidrológicos.

2.1 Fitossociologia da Caatinga

A fitossociologia envolve o estudo das inter-relações de espécies vegetais dentro da comunidade vegetal no espaço e no tempo, e refere-se ao estudo quantitativo da composição, estrutura, dinâmica, história, distribuição e relações ambientais da comunidade vegetal, sendo justamente esta ideia de quantificação que a distingue de um estudo florístico (MARTINS, 1989).

A sociologia vegetal tem como objetivo principal estudar a vegetação considerando os relacionamentos biológicos das espécies e seu comportamento, no que diz respeito ao processo de vitalidade essencial às comunidades. Não dispensa, por certo, os conhecimentos referidos à flora, uma vez as unidades concretas – associações ou formações – são definidas com base na composição florística, por oferecer valiosas informações na interpretação da diversidade vegetacional alicerçada na riqueza das espécies. (FERNANDES, 1998).

A fitossociologia vegetal baseia-se em três parâmetros de análise: Estrutura horizontal; Estrutura vertical e Posição sociológica.

Estrutura horizontal:

A estrutura horizontal é importante no entendimento do estágio de desenvolvimento da floresta e as espécies e associações que a compõe. Estudos sobre a estrutura da floresta têm sido caracterizados por meio da densidade, frequência, dominância, valores de cobertura e importância, além da distribuição diamétrica. (RODE, *et al.*, 2010).

Estrutura vertical:

A estratificação vertical da floresta influencia a riqueza, a diversidade, o crescimento e a produção de biomassa, sendo um importante indicador de sustentabilidade ambiental de uma floresta. (SOUZA *et al.*, 2003).

Posição sociológica:

A posição sociológica é utilizada como artifício para caracterizar a estrutura vertical de povoamento fazendo referência para a distribuição das espécies nos diferentes estratos. Para a área de estudo, de acordo com as espécies a serem catalogadas no inventário florestal foi utilizada a classificação por Lima (2003) de acordo com Tabela 1:

Tabela 1 - Amplitude de variação das alturas

ESTRATO	AMPLITUDE (m)
Inferior	1,0 a 2,5
Intermediário	2,6 a 5,0
Superior Maior que	5,0

Fonte - (LIMA, 2003).

Associados à heterogeneidade do relevo, clima e solo no Nordeste do Brasil, dois tipos fisionômicos de vegetação dominam na área semiárida. As fisionomias não florestais e as florestais, que variam quanto à deciduidade foliar, de perenefólias, semidecíduas a decíduas. As fisionomias não florestais são representadas pela vegetação lenhosa caducifólia espinhosa (caatinga em sentido restrito), encraves de cerrado, carrasco e outros tipos arbustivos sem denominações locais (ARAÚJO *et al.*, 2005). Grande parte das espécies vegetais é caducifólia, ou seja, tem folhas decíduas, que caem na época de seca em resposta à escassez de água (LOIOLA *et al.*, 2012).

Índices de diversidade e equabilidade

De acordo com os autores Pereira Júnior *et al.*, (2013), Magurran (1988), o índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') considera igual o peso entre as espécies raras e abundantes presentes em uma área. Araújo (2010), diz que H' é domínio de grupos florísticos em áreas experimentais, onde os valores oscilam entre 0 e 5. Santana e Souto (2006) consideram que quanto maior o valor de H' maior será a diversidade de espécies.

O índice de equabilidades de Pielou (J) (Odum, 1988; Moço *et al.*, 2005), refere-se ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies presentes na comunidade, variando de 0 a 1 ou 0 a 100% onde 1 representa a máxima diversidade, ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes.

2.2 Relações hídricas na vegetação de Caatinga

Devido as mudanças climáticas surge o cenário de secas induzidas, com isso vem um questionamento se os recursos genéticos intraespecíficos disponíveis para espécies lenhosas possuem variabilidade suficiente para lidar com o futuro a respeito das mudanças climáticas futuras. (ALBERTO *et al.*, 2013).

Um dos fatores que mais influenciam a fotossíntese e o crescimento das plantas é a disponibilidade de água. Existem diversas adaptações fisiológicas às condições estressantes nas plantas da Caatinga, assim o levantamento de tais parâmetros se faz importante no entendimento dos ecossistemas do semiárido. O entendimento das variáveis fisiológicas faz-se saber como essas espécies se estabelecem nesse ambiente, externalizando fenótipos condicionados por seu patrimônio genético, garantindo-lhes a permanência e, assim, a sua evolução nos diversos ambientes (TROVÃO *et al.*, 2007).

Medidas precisas da quantidade de água na planta são essenciais para uma melhor compreensão da produtividade e das práticas de manejo das espécies lenhosas sob várias condições ambientais presentes e futuras. As variações no teor de água no caule dessas plantas são geralmente relacionadas à precipitação sazonal. As oscilações no tamanho do diâmetro do caule são associadas particularmente à variação no teor de água da casca e do xilema hidroativo (MALAVASI *et al.*, 2016).

2.3 Modelagem alométrica das espécies da Caatinga

A equação alométrica representa as relações entre duas medidas de tamanho (X e Y) de um indivíduo. Essa relação é causada por diferencial, ao contrário de isométrico, crescimento de partes ou métricas de organismo (GOULD, 1966). No seu sentido mais lato, alometria designa as alterações nas dimensões relativas das partes de um organismo que se correlacionam com alterações no tamanho global; ou, de forma mais concisa: "a relação entre mudanças na forma e tamanho total" (LEVINTON, 1988 *apud* GAYON, 2000).

Alometria designa as alterações nas dimensões relativas das partes do corpo que estão correlacionadas com alterações na dimensão global. Julian Huxley e Georges Teissier cunharam esse termo em 1936, segundo GAYON (2000) em sua obra História do Conceito de Alometria. Posteriormente o conceito de alometria foi dividido em quatro subgrupos (GOULD, 1966 *apud* SALLES; BUCKERIDGE), sendo eles:

- Alometria ontogenética; refere-se a mudanças de proporção que ocorrem durante o desenvolvimento do organismo.
- Alometria filogenética; refere-se à análise das razões de crescimento entre linhagens distintas.
- Alometria intraespecífica; refere-se a comparações de características entre indivíduos (em um mesmo estágio ontogenético) de uma dada espécie ou população.
- Alometria interespecífica; refere-se ao mesmo conjunto de fenótipos analisados em comparações entre espécies, normalmente próximas filogeneticamente.

A modelagem alométrica é importante no delineamento de previsões de como as proporções de plantas vasculares e características de comunidades vegetais mudam ou agem. Esta modelagem voltada para uso da água normalmente é feita sobre dados de dissipação de energia pelo transporte do fluido, sistemas vasculares nos galhos e sobre tamanho da planta e seus atributos anatômicos e fisiológicos. A relação entre o tamanho do indivíduo e seus processos metabólicos é o primeiro passo para a determinação de uma função para entender o funcionamento de toda a planta (APARECIDO, 2014).

Uma das soluções para determinar a taxa de transpiração de uma floresta é através da determinação da relação existente entre o fluxo de seiva, área do xilema ativo e variáveis biométricas da árvore, como diâmetro, área transversal, área do xilema ativo e índice de área

foliar (ČERMAK *et al.*, 2004). Algumas pesquisas que estão sendo realizadas monitoram o fluxo de seiva e medidas alométricas para estimativa da evapotranspiração.

2.4 Densidade de madeira (massa específica)

A massa específica constitui uma das propriedades físicas mais importantes da madeira, pois dela dependem a maior parte de suas propriedades físicas e tecnológicas, servindo na prática como uma referência para a classificação da madeira. Em geral as madeiras mais pesadas são mais resistentes, elásticas e duras. Porém, em paralelo a estas vantagens, são de mais difícil trabalhabilidade e também apresentam maior variabilidade (MORESCHI, 2010). Este autor ainda considera que o conhecimento da massa específica serve como uma informação útil sobre a qualidade e para classificação de uma madeira. E que a relação entre a massa m (g) e o volume V (cm³) de um corpo equivale à sua densidade Φ (g/cm³).

Segundo Jati *et al.*, (2014), muitas vezes a densidade de madeira (DM), é mencionada como “densidade básica”, ou o peso seco dividido pelo volume da madeira saturada de água. Densidade básica (g.cm⁻³: peso seco / volume úmido) (BARBOSA; FERREIRA, 2004). Mendes *et al.*, (1999) afirmam que, na hipótese de se retirar apenas uma amostra da árvore em questão, para determinação da massa específica da madeira, é importante determinar a melhor posição no tronco em que a massa específica corresponda à massa específica média da árvore; por causa das variações ao longo do fuste, a amostragem é procedida em nível do diâmetro a altura do peito (DAP).

2.5 Xilema hidroativo nas espécies da Caatinga

De acordo com Lubczynskiet *al.*, (2017), a área condutora do caule (xilema hidroativo) de todas as árvores em uma dada área florestada é o principal fator que contribui para a transpiração espacial da árvore.

A água se move através do xilema sob tensão (pressão negativa) durante a transpiração (AYUP *et al.*, 2012). A eficácia no uso da água por espécies lenhosas tem sido bem avaliada através da medição direta do fluxo de seiva no xilema hidroativo. Além disso, estas medidas permitem estimar a transpiração nestas plantas e a sua relação com a umidade do solo (FIGUEIREDO, 2016). Sobretudo, os vegetais lenhosos podem acumular reservas em

seu xilema secundário para crescimento posterior, e esses recursos estocados possibilitam a planta desenvolver-se mesmo em condições ambientais inadequadas (CARDIN, 2012).

2.6 Armazenamento de água no caule

A determinação da quantidade de água da vegetação em climas semiáridos, onde não só a umidade superficial, mas a profunda, e às vezes as reservas de água subterrânea utilizada pela vegetação, é imprescindível na determinação de balanços hídricos de uma determinada vegetação. (Lubczynski, 2009, 2010). A variabilidade natural entre as espécies de madeira em termos de alterações induzidas pelo estresse hídrico no teor de umidade do caule é grande. As plantas desenvolveram estratégias diferentes para enfrentar os riscos potenciais da falha hidráulica induzida pela seca. Algumas espécies tendem a adotar uma estratégia conservadora de uso da água, enquanto outras estão inclinadas a exibir uma estratégia menos eficiente para uso mais pródigo da água e altas taxas de crescimento (HAO *et al.*, 2010, 2013; MALAVASI, 2016). As respostas fisiológicas das plantas ao déficit de água e sua importância relativa para a produtividade das culturas variam de acordo com as espécies, o tipo de solo, os nutrientes e o clima.

O déficit de água no solo tem um impacto direto no desempenho da planta. À medida que o potencial da água diminui o crescimento da planta e a troca de gás, seguidos pelo rendimento e, finalmente, a sobrevivência são impactados. Sob forte estresse por seca, as plantas podem sofrer uma insuficiência hidráulica grave ou mesmo destruição (ANDEREGG *et al.*, 2013).

Nas pesquisas relacionadas aos recursos hídricos existe uma deficiência de informações a respeito da quantificação das relações hídricas das plantas em biomas nativos. Essas informações são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de ações no manejo dos recursos naturais. No entanto, pesquisas na área de fisiologia e relações hídricas das plantas raramente consideram uma abordagem mais ampla da relação com os recursos hídricos.

Na região semiárida do nordeste do Brasil, no bioma Caatinga, o clima é caracterizado pela sazonalidade acentuada nos níveis de precipitação (PAGOTTO *et al.*, 2015). Nos ambientes semiáridos do Brasil e do mundo existe variação nos totais pluviométricos anuais e a literatura aponta ocorrer maior diversidade, volume de madeira, densidade e exuberância da vegetação em áreas com totais pluviométricos mais elevados (ANDRADE *et al.* 2009; NIPPERT *et al.*, 2006; ARAÚJO *et al.*, 2007). Quando a

disponibilidade de água no solo é reduzida, as plantas respondem diminuindo a taxa de transpiração, o crescimento e o desenvolvimento, na tentativa de aclimação à deficiência hídrica (ABREU *et al.*, 2015). Sendo assim, as espécies de caatinga apresentam adaptações morfológicas e/ou fisiológicas que possibilitam a sobrevivência em condições de seca e o mecanismo de fechamento estomático, nos horários mais quentes do dia, constitui-se uma estratégia utilizada por muitas espécies que habitam regiões áridas e semiáridas, para evitar a perda excessiva de água através da transpiração (SILVA *et al.*, 2004).

Das principais respostas da planta em situação de deficiência hídrica pode-se citar a redução da área foliar, modificações no sistema radicular, redução da condutância e fechamento estomático, senescência e abscisão foliar, fatores determinantes na diminuição da assimilação do carbono e que levam, conseqüentemente, à queda no crescimento, desenvolvimento e produtividade de culturas agrícolas e florestais (BIMPONG *et al.*, 2011; ABREU *et al.*, 2015).

A Caatinga é um dos biomas menos estudados no mundo e suas particularidades relacionadas aos mecanismos de adaptação às condições semiáridas a credencia como um importante sítio científico no que se referem às relações hídricas solo-água-atmosfera-plantas. Além disso, a diversidade faunística e florística da Caatinga apresentam particularidades intrínsecas quanto à tolerância ao clima (OLIVEIRA; DINIZ-FILHO, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Segundo Phillips *et al.*, (2003) o armazenamento de água em plantas desempenha um papel significativo na economia de água e de carbono em florestas. Limitações no transporte de água na planta pode limitar a altura máxima das mesmas, reduzir a fotossíntese e sequestro de carbono, assim o uso do total diário de água e a dependência de água armazenada em plantas são fortemente correlacionados com diâmetro do caule, independente da espécie (MEINZER *et al.*, 2004). A contribuição da água armazenada em caules de árvores para o total de transpiração diária é maior para as espécies caducifólias, que apresentaram maior capacidade e menor densidade do xilema hidroativo (CARRASCO *et al.*, 2014).

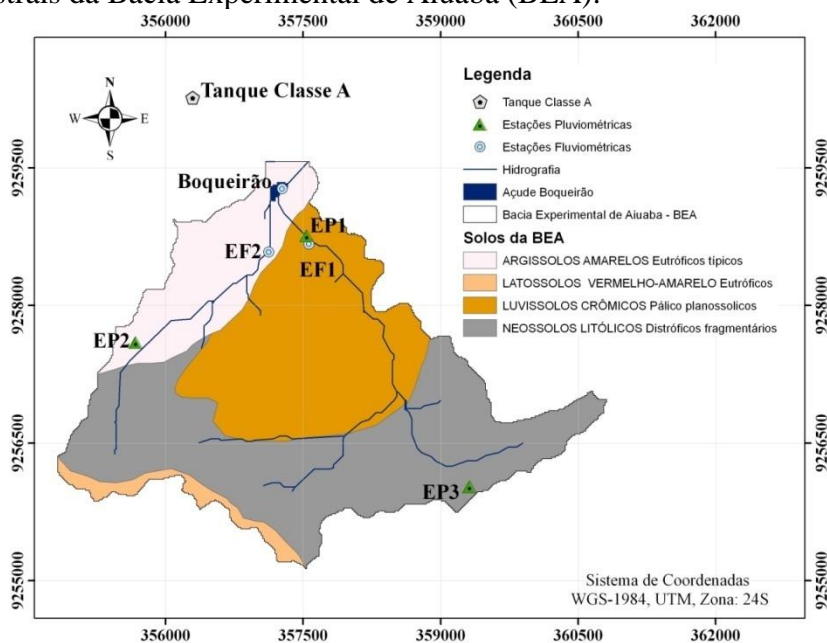
O caule das plantas desempenha várias funções nas plantas, ou seja, o suporte mecânico de brotos, a longa distância de transporte de água e solutos no xilema e floema, e o armazenamento de água e hidratos de carbono. No papel de armazenamento de água, resulta que funcionam como reservatórios ou que aumentam diminuição do teor de água em relação à variação diurna do potencial hídrico entre os vasos do xilema e os tecidos de armazenamento (Tyree; Ewers, 1991; Holbrook, 1995; Steppe *et al.*, 2006; Dzikiti *et al.*, 2007; Fernandez; Cuevas, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área

O estudo foi realizado na Bacia Experimental de Aiuaba (BEA) (Figura 1), com área total de 12 km², controlada pelo reservatório Boqueirão (60 mil m³) em seu exutório, localizada no município de Aiuaba, Estado do Ceará, Brasil, coordenadas 6°42' S e 40°17' W. A BEA é totalmente preservada, localizada integralmente dentro da Estação Ecológica (ESEC) de Aiuaba, a maior unidade de conservação federal do bioma Caatinga, administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (*ICMBio*) (ARAÚJO e PIEDRA, 2009).

Figura 1 - Mapa de solos, localização dos equipamentos de monitoramento hidrológico, unidades amostrais da Bacia Experimental de Aiuaba (BEA).



Fonte - <http://www.hidrosed.ufc.br/index.php/2014-04-05-15-42-10/menuaiuaba>

A ESEC está principalmente associada à manutenção da biodiversidade florística e faunística do Bioma Caatinga, e representa um importante papel para o ciclo hidrológico da região, devido a sua cobertura florestal densa. A região do Sertão dos Inhamuns apresenta amplas chapadas, que no município de Aiuaba atingem de 400 a 700m de altitude, e são denominadas localmente de “serras” – como a Serra do Rosilho ou Rosio e a Serra do Ermo (IBAMA, 2006).

De acordo com PINHEIRO *et al.*, (2013) a BEA está dividida em três associações solo-vegetação (ASV), a primeira associação (ASV1), cuja designação do solo é LUVISSOLO CRÔMICO Pálico planossólico, ocupa 11% da área e possui *Poicianella pyramidalis* Tul. como espécies de árvores representativas. A (ASV2), solo ARGISSOLO AMELERO Eutrófico típico e a árvore predominante é a de *Piptadenia obliqua* (Pers.) J.F.Macbr., ocupa 57% da área da bacia. A terceira associação (ASV3), que ocupa 32% da área, com maior parte dos solos NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos fragmentários e pode ser melhor representada pelo *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.. E de acordo com Lemos; Meguro (2015) a comunidade vegetal estudada permite enquadrar a vegetação como Caatinga arbustivo-arbórea.

3.2 Levantamento fitossociológico

Tipo e dimensão da unidade de amostragem

Para o levantamento fitossociológico foi adotado o método das parcelas múltiplas, com dimensões de 20 m x 10 m (200 m²). As unidades de amostragem foram instaladas de modo semipermanente e distribuídas sistematicamente, interespaçadas de 50m e alocadas com o auxílio de uma bússola e uma trena de fibra de vidro. Cada parcela foi delimitada por quatro estacas com um barbante de acordo com RODAL *et al.*, 2013. Foram analisadas sete (07) parcelas na área de influência da EP1 (Estação Pluviométrica 1) com predominância de Luvisolos Crômicos totalizando uma área amostral de 1400 m².

No interior de cada parcela, foram medidos os caules de todos os indivíduos lenhosos vivos ou mortos ainda em pé, inclusive cipós, que se individualizassem ao nível do solo e que atendessem aos seguintes critérios: diâmetro na altura do peito (DAP) maior ou igual a 2 cm e altura total (AT) igual ou maior que 1 m. A escolha destes critérios de inclusão segue a proposição sugerida por Rodal *et al.*, (1992) para estudos fitossociológicos realizados na Caatinga.

Os parâmetros coletados no campo (espécies, diâmetro na altura do peito – DAP, diâmetro na base – DNB e altura (H)) para cada indivíduo, foram processados através do software INFL, programa de inventário florestal específico para a caatinga, desenvolvido pelo projeto PNUD/FAO/IBAMA/BRA/087/077. Foram estimados os seguintes parâmetros fitossociológicos: densidade absoluta, densidade relativa, frequências absoluta e relativa, dominâncias absoluta e relativa, valor de importância e valor de cobertura.

Devido ao objetivo do inventário e ao modelo matemático da equação de volume usada, as árvores cujos caules bifurcaram até 30 cm da superfície do solo, foram consideradas como sendo um único indivíduo. Observam-se na Tabela 2, as classes de diâmetro consideradas para efeito de cálculo no inventário florestal.

Tabela 2 - Classe diamétricas de caule na altura do peito (DAP) no levantamento fitossociológico (LIMA, 2003)

Classe diamétrica	DAP (cm)
Classe 1	2 - 4
Classe 2	5 - 8
Classe 3	9 - 12
Classe 4	13 - 15
Classe 5	16 - 18
Classe 6	19 - 21
Classe 7	22 - 24
Classe 8	25 - 27
Classe 9	maior que 28

Os parâmetros fitossociológicos abordados neste trabalho, densidade das espécies, dominância, frequência, índice de valor de importância (IVI), índice de valor de cobertura (IVC), foram obtidos conforme metodologia de Hosokawa *et al.*, (1998). A seguir, observa-se o procedimento de obtenção destes parâmetros:

Densidade das espécies

A densidade mede a participação das diferentes espécies na floresta. Define-se densidade absoluta (Equação 1) como sendo o número total de indivíduos pertencentes a uma determinada espécie, e que a densidade relativa (Equação 2) indica a participação de cada espécie em percentagem do número total de árvores levantadas na parcela respectiva, considerando o número total e igual a 100%.

$$D_{\text{abs}} = \frac{n}{A} \quad (1)$$

$$D_{\text{rel}} = \left(\left(\frac{n}{A} \right) \times \left(\frac{N}{A} \right) - 1 \right) \times 100 = \left(\frac{n}{A} \times \frac{A}{N} \right) \times 100 = \frac{n}{N} \times 100 \quad (2)$$

em que: D_{abs} = densidade absoluta; D_{rel} = densidade relativa; n = número de árvores de uma mesma espécie na parcela (n/m^2); N = número total de árvores na parcela (n/m^2); A = área total (ha).

Dominância

A dominância permite medir a potencialidade produtiva da floresta e constitui um parâmetro útil para a determinação das qualidades da espécie. A dominância absoluta (Equação 3) é calculada pela soma das áreas basais dos indivíduos pertencentes a uma determinada espécie. A dominância relativa (Equação 4) se calcula em percentagem da soma total das dominâncias absolutas (área basal/ha) e seu valor correspondente à participação em percentagem de cada espécie na expansão horizontal total.

$$D_{o_{abs}} = \left(\frac{ab}{A} \right) \quad (3)$$

$$D_{o_{rel}} = \left(\frac{ab}{abt} \right) \times 100 \quad (4)$$

em que: $D_{o_{abs}}$ = dominância absoluta (m^2/ha); $D_{o_{rel}}$ = dominância relativa (%); ab = área basal de cada espécie na parcela (m^2); abt = área basal total de árvores na parcela (m^2); A = área total da parcela (ha).

Frequência

A frequência mede a regularidade da distribuição horizontal de cada espécie sobre o terreno, ou seja, a sua dispersão média. Para determiná-la, divide-se a parcela em um número conveniente de subparcelas de igual tamanho entre si, onde se controla a presença ou ausência das espécies em cada subparcela. A frequência absoluta (Equação 5) de uma espécie se expressa em percentagem das subparcelas em que ocorre, sendo o número total de subparcelas igual a 100%. A frequência relativa (Equação 6) se calcula com base na soma total das frequências absolutas de uma parcela, que considera igual a 100%.

$$F_{abs} = \% \text{ de parcelas nas quais se observam as espécies } F_{abs} = \left(\frac{N^\circ \text{ de parcelas que ocorreu cada espécie}}{N^\circ \text{ total de parcelas}} \right) \quad (5)$$

$$F_{rel} = \left(\frac{F_{abs}}{\Sigma F_{abs}} \right) \times 100 \quad (6)$$

Em que: F_{abs} = frequência absoluta; F_{rel} = frequência relativa (%).

Índice de Valor de Importância (IVI)

O índice de valor de importância (Equação 7) é o valor que permite uma visão mais ampla da estrutura das espécies e que caracteriza a importância de cada espécie no conglomerado total do povoamento. Obtém-se esse índice somando, para cada espécie, os valores relativos de densidades, dominâncias e frequências.

$$IVI = \frac{Drel + Dorel + Frel}{3} \quad (7)$$

Em que: IVI = índice de valor de importância; Drel = densidade relativa (%); Dorel = dominância relativa (%); Frel = frequência relativa (%).

Índice de Valor de Cobertura (IVC)

A caracterização das espécies pelo índice de valor de cobertura ((Equação 8) (abundância relativa + dominância relativa)), conforme método proposta por Braun Blanquet, (1979), usado em botânica, o qual diz que uma espécie é representada pelo seu valor de avaliação, potência da espécie, o que corresponde à somatória de abundância e dominância.

$$IVC = \frac{Drel + Dorel}{2} \quad (8)$$

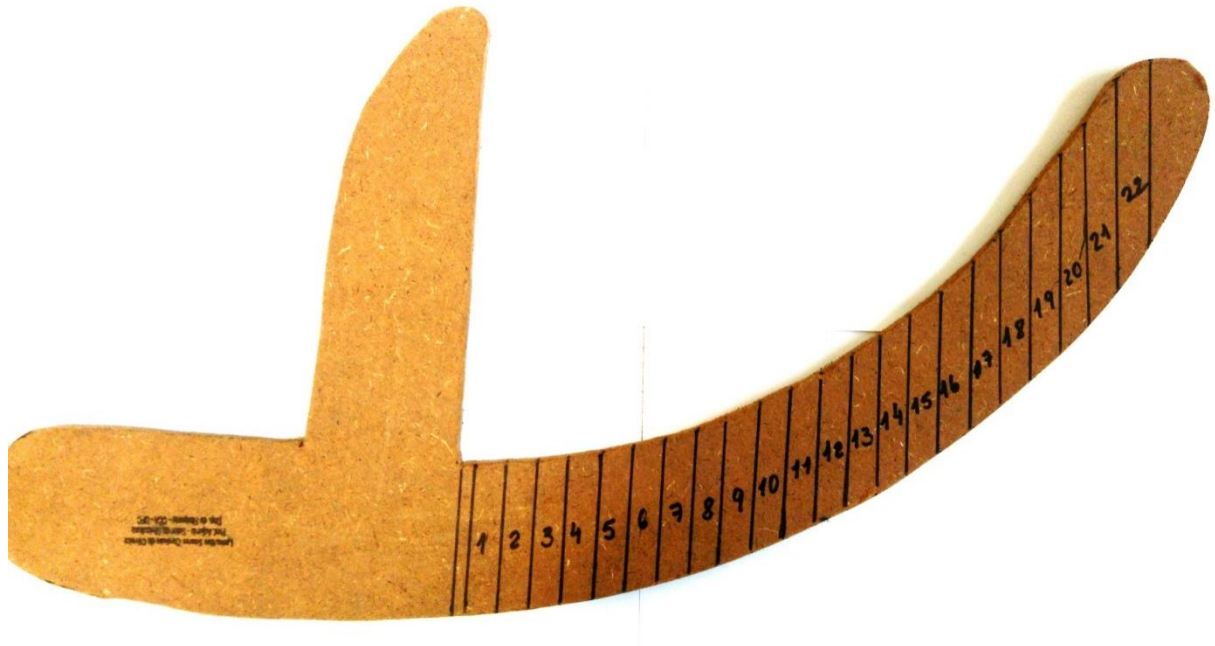
em que: IVC = índice de valor de cobertura; Drel = densidade relativa; Dorel = dominância relativa.

A partir do levantamento fitossociológico em campo, onde foram coletados os dados como nome popular das espécies, diâmetro na altura da base (DNB), diâmetro na altura do peito (DAP) e altura total, os dados foram digitados em programa estatístico, Inventário Florestal – INFL (IBAMA), onde se obteve os dados de densidade, dominância, frequência, índice de valor de importância e índice de valor de cobertura.

Os diâmetros na altura da base e do peito foram medidos com suta finlandesa que consiste de um arco parabólico graduado de acordo com sua abertura. Essa abertura é apoiada no fuste no ponto onde se pretende medir o diâmetro. A leitura é realizada pela visão paralela ao braço normal, também chamado como braço branco normal. No braço parabólico estão as faixas de graduação ou leitura, que correspondem às tangências do fuste (ENCINAS et.al., 2002) (Figura 2). A altura total das plantas foi estimada com a utilização de um hipsômetro (Blume-Leiss) (Figura 3) que funciona com base no princípio trigonométrico, ou seja, transforma automaticamente ângulos (graus) em distâncias (metros). O equipamento consiste

de um visor com pêndulo, que mostra em quatro escalas as alturas em dependência das distâncias em que se faz a visada (15 m, 20 m, 30 m e 40 m).

Figura 2 - Suta finlandesa, equipamento utilizado para medição de diâmetro do tronco de árvores



Fonte –Próprio autor.

Figura 3 - Hipsômetro (Blume-Leiss) utilizado para estimativa da altura total das plantas inventariadas.



Fonte - Google.

Índices de diversidade (H') e equabilidade (J) de espécies

Para avaliação do índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') e índice de equabilidade de Pielou (J) foram utilizados os dados provenientes do levantamento fitossociológico nas equações 9, 10 e 11 (MAGURRAN, 1988). O índice H' varia de zero a cinco (ARAÚJO, 2010). Quanto maior for o valor de H' maior é a diversidade florística da população em estudo. Este índice pode expressar riqueza e uniformidade. O índice J varia de zero a um, sendo que valores iguais a 1,0 representam a máxima diversidade, ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes.

$$H' = \frac{[D_{abs} \times \ln(D_{abs}) - \sum_{i=1}^S D_{abs}^i \times \ln(D_{abs}^i)]}{D_{abs}} \quad (9)$$

$$J = \frac{H'}{H_{max}} \quad (10)$$

$$H_{max} = \ln S \quad (11)$$

em que: H' = índice de diversidade de Shannon-Weaver; D_{abs} = densidade absoluta; D_{abs}^i = densidade absoluta da i-ésima espécie; J = índice de equabilidade de Pielou; S = número total de espécies amostradas.

3.3 Relação alométrica das espécies para obtenção do xilema hidroativo

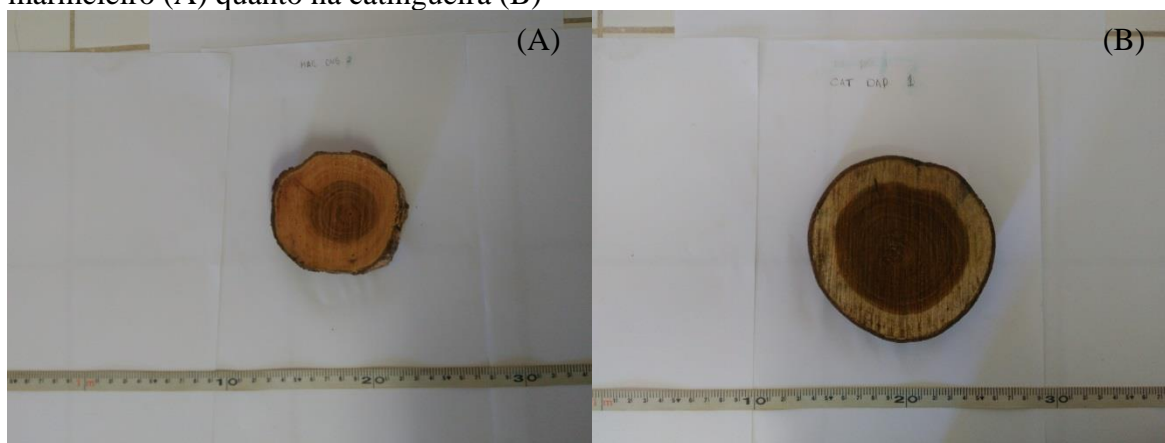
A partir das medições da área do xilema ativo, obteve-se uma equação matemática empírica que melhor representa este parâmetro para a área de estudo. O modelo alométrico não linear, modelo potencial, para área do xilema ativo utilizada na área de estudo é do tipo $Y = aX^b + \varepsilon$, em que Y equivale à área de xilema ativo; a a uma constante de normalização; X ao diâmetro na altura do peito (DAP); e b é um expoente de escala alométrica de acordo com metodologia utilizada por Aparecido (2014) e Enquist (2002; 2005). A importância deste delineamento além da praticidade na estimativa da área do xilema ativo a partir de uma variável de fácil obtenção é utilizar esta variável em equações destinadas para a estimativa de transpiração de indivíduos ou povoamentos florestais (APARECIDO, 2014).

Os discos de dez árvores das duas espécies mais importantes de acordo com os índices avaliados foram amostrados. Estes dados foram utilizados para desenvolver equações alométricas predizendo a área do xilema hidroativo a partir de estimativas de áreas de caule.

Para avaliação da área do xilema ativo adotou-se a mesma metodologia utilizada por Aparecido (2014) e Lubczynski *et al.* (2017). Entretanto, não se fez necessário a

utilização de corante para aumentar o contraste entre o xilema e o cerne. Tanto nas plantas de catingueira como marmeleiro. A determinação do xilema hidroativo foi possível por análise visual, pois a mudança na cor entre o xilema ativo e o limite do cerne é bem evidente. A área foi obtida através de fotografias digitais e processamento computacional CAD (*Computer Aided Design*) (Figura 4).

Figura 4 - Foto mostrando os limites entre o cerne, xilema hidroativo e casca, tanto no marmeleiro (A) quanto na catingueira (B)



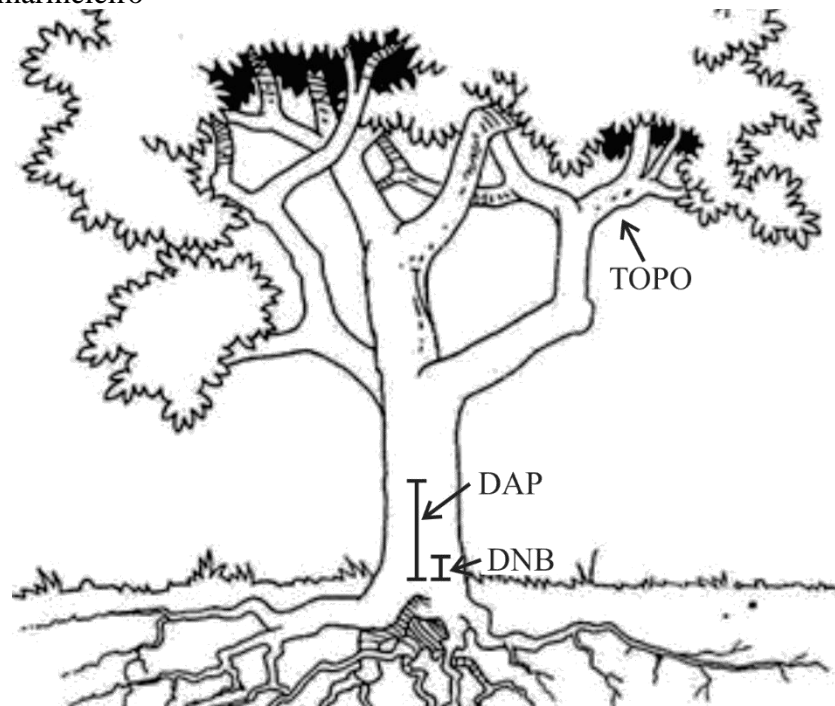
Fonte: Próprio autor.

3.4 Obtenção do potencial de água armazenado no caule

A partir do levantamento fitossociológico foram identificadas as espécies com maior ocorrência e que melhor representassem o fragmento de vegetação referente à associação solo vegetação presente na Bacia Experimental de Aiuaba (BEA). Através desta análise definiram-se as espécies avaliadas quanto ao potencial do armazenamento de água no caule. O monitoramento e coleta e dados ocorreu em três campanhas: maio, julho e outubro de 2016 contemplando período de chuva e período seco.

Observa-se na Figura 5 o desenho esquemático de divisão dos estratos arbóreos nas plantas de catingueira e marmeleiro. O diâmetro na base da planas (DNB) situa-se a 0,3 m em relação ao nível do solo, o diâmetro na altura do peito (DAP) situa-se a 1,3 m e a parte mais superior da planta, formada por galhos mais finos (TOPO). Estes três estratos foram avaliados a partir de secções em discos conforme a Figura 6D.

Figura 5 - Desenho esquemático de localização dos estratos arbóreos nas plantas de catingueira e marmeleiro



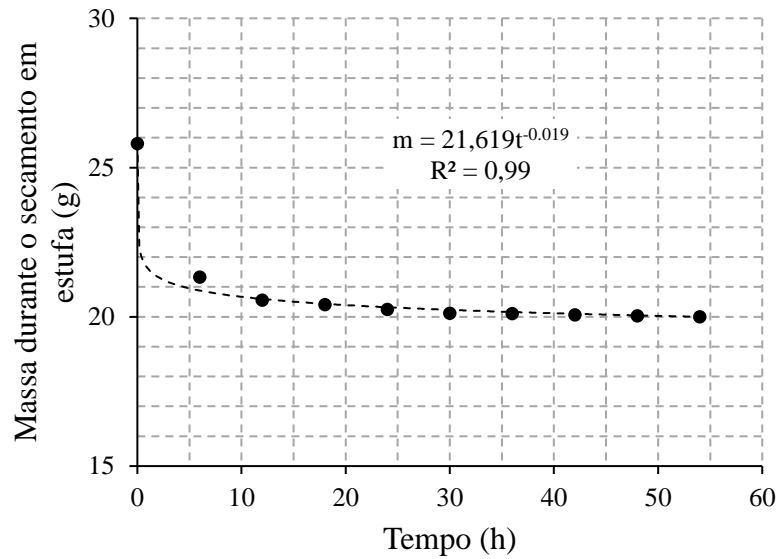
Para a obtenção do potencial do armazenamento de água no caule de plantas representativas da caatinga foram utilizadas cinco plantas de cada espécie, ou seja, dez árvores no total. As plantas foram seccionadas em discos, sendo retirados três discos de cada estrato arbóreo das plantas: DNB; DAP; TOPO. Esses discos (Figura 6D) foram pesados frescos em campo com o auxílio de balança de precisão (medida em g) de duas casas decimais, depois os discos foram imersos em água para que se obtivesse o peso túrgido e por último com a ajuda de uma estufa retilínea a 65° C, os discos foram secos observando-se a variação de massa destas amostras a cada seis horas até estabilização da variação de massa (Figura 7). Observa-se que, após 30 h de secagem à estufa, a variação de massa das amostras foi desprezível, estabilizando-se e apresentando comportamento assintótico ao eixo do tempo.

Figura 6 - Esquema do procedimento de secagem dos discos de madeira das espécies analisadas. Estufa de secagem (A); estufa com os discos para secagem (B); balança de precisão (C); amostras sendo saturadas (D).



O total de amostras nas espécies lenhosas de marmeleiro e catingueira foram de nove discos por planta, sendo três repetições de cada estrato da planta (DNB, DAP e TOPO), como foram cinco plantas obteve-se um total de 45 amostras para representar cada uma das duas espécies em questão.

Figura 7 - Massa dos discos de madeira durante procedimento de secagem na estufa a 65°C



Para o cálculo do potencial de água no caule foi necessária a pesagem fresca, túrgida e seca das amostras de discos seccionados das plantas deste estudo, os dados foram avaliados por estrato (Equação 12), e também levou-se em consideração o número de galhos, o número de plantas por hectare e comprimento total de cada estrato, para assim determinar o volume por estrato (Equação 13), por planta, por hectare, a lâmina de água e a porcentagem de água contida na planta referente a ela toda.

$$\theta_i = \frac{\rho_{mad}}{\rho_{\acute{a}gua}} \left[\frac{(Msat) - (MS)}{MS} \right] \quad (12)$$

$$Msat = MA + MS \quad (13)$$

Em que: θ_i = umidade volumétrica do xilema, $m^3 m^{-3}$; ρ_{mad} = massa específica da madeira, $kg m^{-3}$; $\rho_{\acute{a}gua}$ = massa específica da água, $kg m^{-3}$; $Msat$ = massa da madeira após saturação, kg ; MS = massa da madeira após secagem 65°C (+/- 2), kg ; e MA = massa da água, kg .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa estão distribuídos em duas partes distintas que se inter-relacionam. Inicialmente abordam-se aspectos da composição florística e fitossociológica. Na segunda parte, foca-se no potencial de armazenamento de água no caule de plantas representativas do bioma Caatinga.

4.1 Composição florística e Fitossociológica em fragmento de vegetação de Caatinga preservada

Composição florística

No levantamento florístico registraram-se treze espécies e oito famílias botânicas (Figura 8). As famílias Euphorbiaceae (78%) e Fabaceae (7%) apresentaram maior número de espécies abrangendo 85% do total inventariado. Dentre as famílias botânicas observadas (Tabela 3), as que apresentaram maior número de espécies, foram: Fabaceae (5), com a maior riqueza florística, seguido da Euphorbiaceae (2), Combretaceae, Boraginaceae, Capparaceae, Malvaceae, Rhamnaceae e Sapotaceae apresentaram apenas um representante (1) cada uma.

Figura 8 - Quantidade de espécies por família levantadas na área de estudo

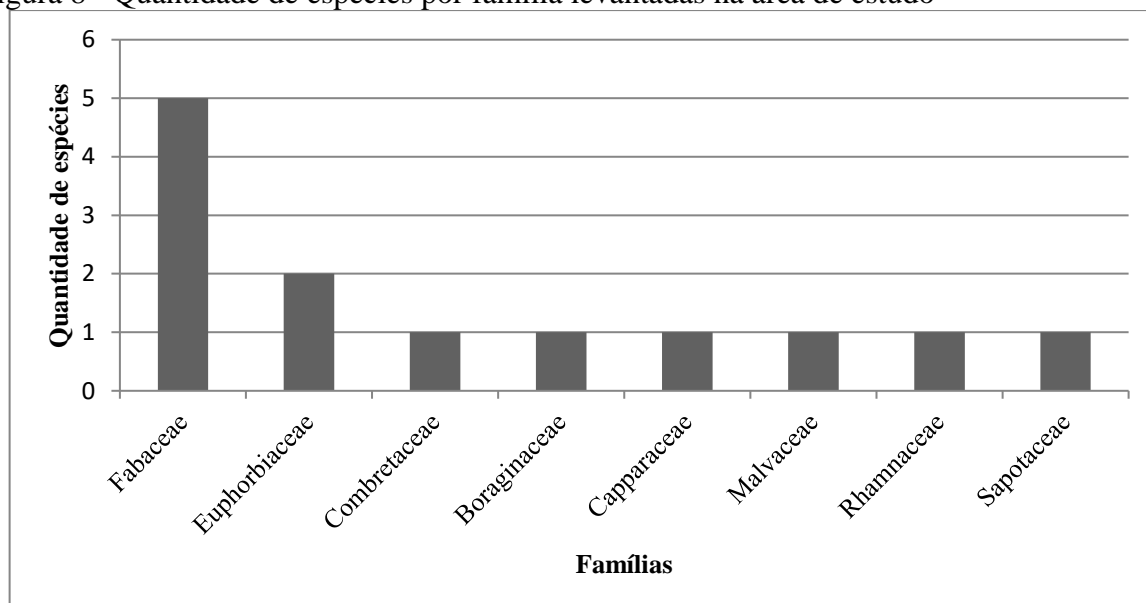


Tabela 3 - Famílias e espécies arbustiva-arbóreas registradas no fragmento de vegetação da ASV1 na ESEC de Aiuaba

Nome popular	Nome científico	Família
Catingueira	<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.	Fabaceae
Cipó	<i>Combretum laxum</i>	Combretaceae
Feijão bravo	<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	Capparaceae
Frei Jorge	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab.ExSteud	Boraginaceae
Guaxuma	<i>Helicteres guazumifolia</i> Kunth	Malvaceae
Juazeiro	<i>Zizyphus joazeiro</i> Mart.	Rhamnaceae
Jurema branca	<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. exBenth.	Fabaceae
Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Fabaceae
Maniçoba	<i>Manihot glaziovii</i> Müll. Arg.	Euphorbiaceae
Marmeleiro	<i>Croton sonderianus</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae
Morta	xxx	xxx
Pau mocó	<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	Fabaceae
Rompe gibão	<i>Bumelia obtusifolia</i> Humb. Ex Roem. & Shult.	Sapotaceae
Violeta	<i>Dalbergia Cearensis</i> Ducke	Fabaceae

Pereira Júnior *et al.*, (2012) analisando a composição florística de uma vegetação no semiárido paraibano, também constataram uma maior abundância das famílias Fabaceae, Euphorbiaceae. Estas famílias são encontradas mais frequentemente em áreas de Caatinga, sendo observado também em outros trabalhos de composição florística (Calixto Júnior *et al.*, 2009; Barbosa *et al.*, 2012; Lemos e Meguro, 2015).

Posição sociológica

A posição sociológica das espécies em uma determinada tipologia florestal, diz respeito à distribuição vertical destas espécies nos diferentes estratos (inferior: 1,0 – 2,5 m; intermediário: 2,6 – 5,0 m e superior: > 5,0 m) tendo como referência as suas alturas. Por ser uma área com mais de quarenta anos em conservação a distribuição dos indivíduos por altura foi heterogênea, não se evidenciou nenhuma espécie no estrato inferior, no intermediário 15% e 85% no superior.

Fitossociologia

Na fitossociologia foram amostrados 487 indivíduos abrangendo (13 espécies, 8 famílias). A densidade foi de 3.468 indivíduos/ha. As espécies marmeleiro e catingueira foram as mais abundantes na área, totalizando 2.936 plantas (85% dos indivíduos). Estes resultados concordam com os obtidos para outras localidades da região com fitofisionomias

semelhantes (Calixto Júnior *et al.*, 2009; Drumond *et al.*, 2002; Pereira Júnior *et al.*, 2012), confirmando que essas famílias são representativas em ambientes de caatinga. As demais famílias contribuíram com valores inferiores a 4%: Combretaceae e Boraginaceae, Sapotaceae, Capparaceae, Malvaceae e Rhamnaceae.

Entre as espécies inventariadas (Tabela 4), *Croton sonderianus* Mull. (78%) e *Poicicanella pyramidalis* Tul. (7%) foram as mais abundantes abrangendo 85% do total dos indivíduos observados. Estas espécies foram as que mais se destacaram com relação à totalidade dos parâmetros fitossociológicos observados, e são consideradas como colonizadoras primárias em processos sucessionais secundários.

Tabela 4 - Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na ASV1, Bacia experimental de Aiuaba. DA= Densidade Absoluta (ind.ha-1), DR= Densidade Relativa (%), AbS= Área Basal (m².ha-1), DoR= Dominância Relativa (%), FR= Frequência Relativa (%), IVC= Índice do Valor de Cobertura e IVI = Índice do Valor de Importância.

Espécies	DA	DR (%)	AbS	DoR (%)	FR (%)	IVC (%)	IVI (%)
1 <i>Crotonsonderianus</i> Muell. Arg.	2680	77,3	14,1	68,5	16,7	72,9	54,1
2 <i>Poicicanellapyramidalis</i> Tul.	256	7,4	2,8	13,5	14,3	10,5	11,7
3 Morta	179	5,2	1,2	5,7	16,7	5,5	9,2
4 <i>Combretum laxum</i> .	107	3,1	0,1	0,7	14,3	1,9	6,0
5 <i>Cordiatrichotoma</i> (Vell.) Arrab.ExSteud	99	2,9	0,6	3,1	7,1	3,0	4,3
6 <i>Bumeliaobtusifolia</i> Humb. Ex Roem. &Shult.	56	1,6	0,3	1,3	7,1	1,5	3,4
7 <i>Luetzelburgiaauriculata</i> (Allemão) Ducke	21	0,6	0,1	0,7	2,4	0,6	1,2
8 <i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	14	0,4	0,2	1,0	4,8	0,7	2,1
9 <i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. exBenth.	14	0,4	0,1	0,4	4,8	0,4	1,8
10 <i>DalbergiaCearensis</i> Ducke	14	0,4	0,1	0,5	2,4	0,5	1,1
11 <i>Helicteresguazumifolia</i> Kunth	7	0,2	0,1	0,1	2,4	0,1	0,9
12 <i>Zizyphusjoazeiro</i> Mart.	7	0,2	0,4	2,1	2,4	1,1	1,6
13 <i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	7	0,2	0,5	2,4	2,4	1,3	1,7
14 <i>Manihotglaziovii</i> Müll. Arg.	7	0,2	0,1	0,1	2,4	0,1	0,9

Diversidade

Na análise dos índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e equabilidade de Pielou (J) encontraram-se os valores 2,63 nats/ind e 0,43, respectivamente. Barbosa *et al.*, (2012) encontraram valores para H' = 2,05 e J = 0,57 onde a vegetação da área do fragmento é de Caatinga hipoxerófila e há 51 anos não sofre corte raso ou queimada, entretanto tem sido utilizada para criação de bovinos em regime semiextensivo. Pegado *et al.*, (2006) encontraram H' = 2,81 nats/ind e J = 0,79 em um remanescente de caatinga arbórea em bom estado de conservação situado às margens do rio Paraíba, onde os solos predominantes eram os Neossolos Flúvicos e a altitude local é de 621 m. O remanescente (30 ha) não sofreu corte

raso pelo menos nos últimos 40 anos, embora haja relatos de que a área já tenha sido usada com agricultura, passando posteriormente a ser usada com pecuária extensiva, uso este que permanecia até à realização do trabalho. Portanto, a área estudada encontra-se em fase intermediária de diversidade. Encontra-se na segunda fase do estágio sucessional secundário de acordo com Araújo Filho (2013).

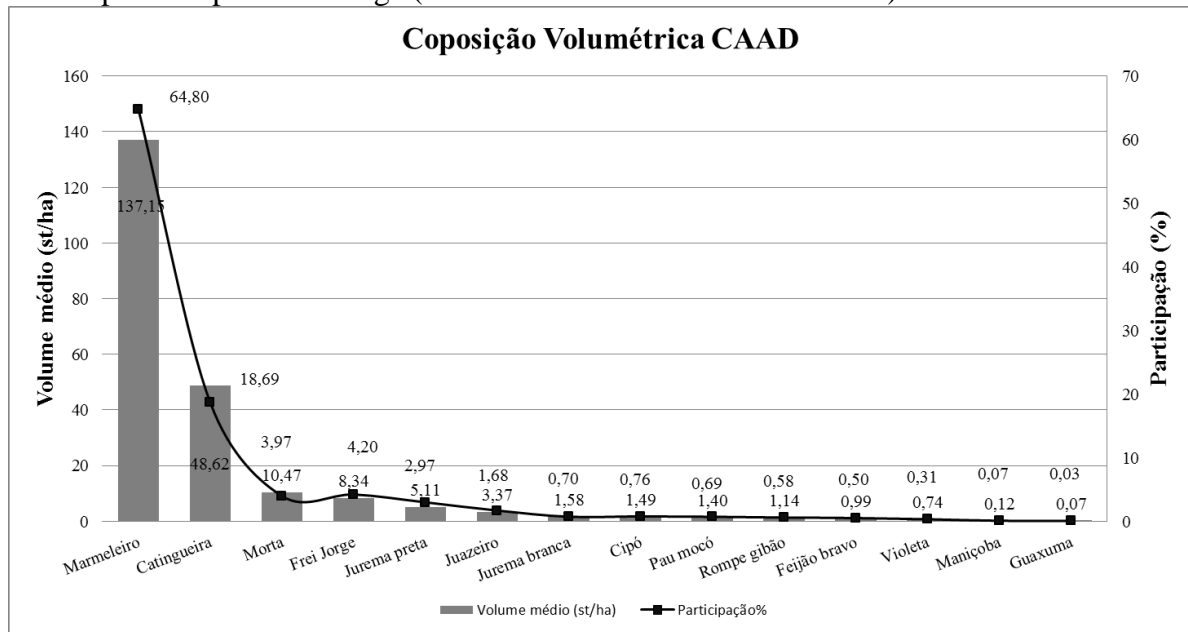
Suficiência amostral

Observam-se na Tabela 5 e na Figura 9 os resultados referentes à suficiência amostral e a respectiva definição do número mínimo de parcelas a serem levantadas no campo através do volume médio de madeira e participação de cada espécie inventariada.

Tabela 5 - Cálculo baseado no volume de madeira por área para estimativa do número de amostras necessárias realizadas para este estudo

Tabela de Student a 90% (t)= 1,31				
Grau de liberdade 6				
Raiz de parcelas (n parcela) = 7				
Erro estabelecido (%) 20				
CÁLCULOS ESTATÍSTICOS (AMOSTRAGEM ALEATÓRIA)				
PARCELAS AMOSTRAIS	VOLUME ESTIMADO			
	Parcela (m ³)	Hectare (m ³)	Parcela (st)	Hectare (st)
1	2,03	101,48	5,99	299,65
2	1,31	65,69	3,87	193,50
3	1,45	72,38	4,27	213,50
4	1,47	73,48	4,34	216,80
5	2,12	105,92	6,24	312,20
6	0,86	42,89	2,53	126,50
7	1,23	61,73	3,64	181,95
MÉDIA (M)	1,50	74,80	4,41	220,59
Variância (s ²)	0,20	493,32	1,72	4.297,89
Desvio padrão (s)	0,44	22,21	1,31	65,56
Coeficiente de variação (CV)	29,70	29,70	29,72	29,72
Erro padrão da média (SM)	0,17	8,39	0,50	24,78
Somatório ($\sum xi$)	10,47	523,57	30,88	1.544,10
Intervalo de confiança inferior (LCI)	1,28	63,80	3,76	188,13
Intervalo de confiança superior (LCS)	1,72	85,79	5,06	253,05
Erro de amostragem ocorrido (EA)	14,70	14,70	14,72	14,72
Tamanho da amostragem necessária (n)	4,00	4,00	4,00	4,00

Figura 9 - Volume médio e participação de cada espécie encontrada no levantamento na área da associação solo vegetação 1 (ASV1) na Bacia Experimental de Aiuaba através do software INFL específico para a caatinga (PNUD/FAO/IBAMA/BRA/087/077)



Nota-se que o marmeleiro e a catingueira são as espécies que detêm o maior volume por hectare, contabilizando 85% do total de todas as espécies inventariadas. O marmeleiro por ser um dos arbustos pioneiros mais importantes de estágio sucessional secundário encontra-se em substituição às espécies arbóreas de estágio sucessional secundário como a catingueira (Araújo Filho, 2013).

Geralmente são indicadas sete parcelas distribuídas aleatoriamente no campo, dentro da área de vegetação a ser explorada. Após realização da coleta de dados é obtido o número mínimo de parcelas para uma probabilidade de sucesso maior que 90%, ou seja, aceita-se um erro amostral de 20 % (LIMA, 2003). A partir desta análise amostral com uso do software INFL (LIMA, 2003) é obtida uma relação entre o número de parcelas identificadas no campo e o número mínimo de parcelas recomendado. Com isso, observou-se que o número amostral realizado nesta pesquisa é cerca de duas vezes maior que o recomendado. Além disso, obteve-se um erro amostral no inventário de 14,7 %, o que é inferior ao erro pré-estabelecido. Assim, não foi necessária a inclusão de novas unidades amostrais no campo, além das sete realizadas a priori.

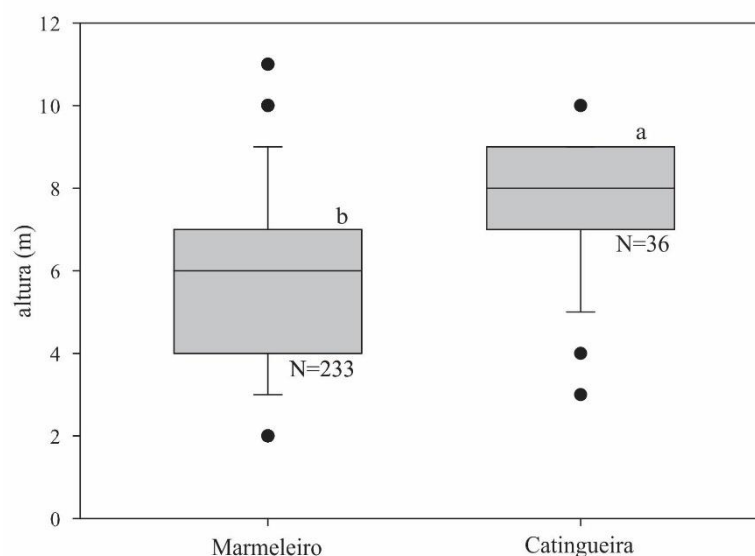
4.2 Características biométricas de espécies representativas da Caatinga

As duas espécies de maior ocorrência na área foram o marmeleiro e a catingueira. Estas duas espécies correspondem a 85% de todas as espécies inventariadas neste estudo.

Altura da planta

Os valores médios obtidos para a altura total nas espécies analisadas podem ser observados na (Figura 10). A análise desses resultados permite afirmar que houve uma diferença estatística ao nível de significância de 5% com relação à altura entre as espécies mais representativas. Isso ocorre porque as plantas de marmeleiro são arbustos pioneiros da caatinga. Além disso, é um indicador de sucessão secundária de recuperação, enquanto que a catingueira, de maior porte, é típica dos estágios intermediários da sucessão secundária. (ARAÚJO FILHO, 2013).

Figura 10 - Comparação entre as alturas totais das duas espécies mais abundantes do estudo



Letras diferentes indicam diferença estatística ao nível de significância de 5%; N=número de amostras

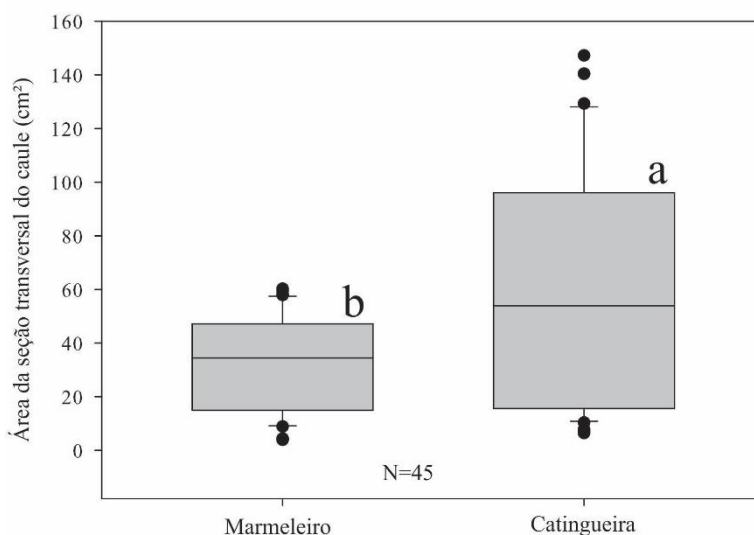
Observa-se na Figura 10 uma maior variabilidade na altura de plantas de marmeleiro. A altura média corresponde a 5,8 m. Enquanto a catingueira apresentou menor amplitude e média igual a 7,6 m. Houve diferença significativa entre a altura média das plantas de marmeleiro e catingueira pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de significância de 5%. Esta amplitude de dados de altura do marmeleiro e a observação *in situ* de uma taxa considerável de plantas mortas, em torno de 4%, desta espécie indicam uma mudança no estágio sucessional ecológico. As plantas de marmeleiro tendem a diminuir sua densidade por terem

atingido seu clímax, como também é sombreado por espécies arbóreas, pois as mesmas possuem um porte maior. A catingueira compete com o marmeleiro em termos sucessionais ecológicos.

Área da seção transversal de plantas representativas da Caatinga

Observa-se na Figura 11 os valores de área da seção transversal do caule de plantas de marmeleiro e catingueira. Os resultados referentes a uma amostragem de 45 dados indicam valores médios iguais a 32 cm² para o marmeleiro e 58 cm² para as plantas de catingueira.

Figura 11 - Área da seção transversal do caule em cm² do marmeleiro e da catingueira

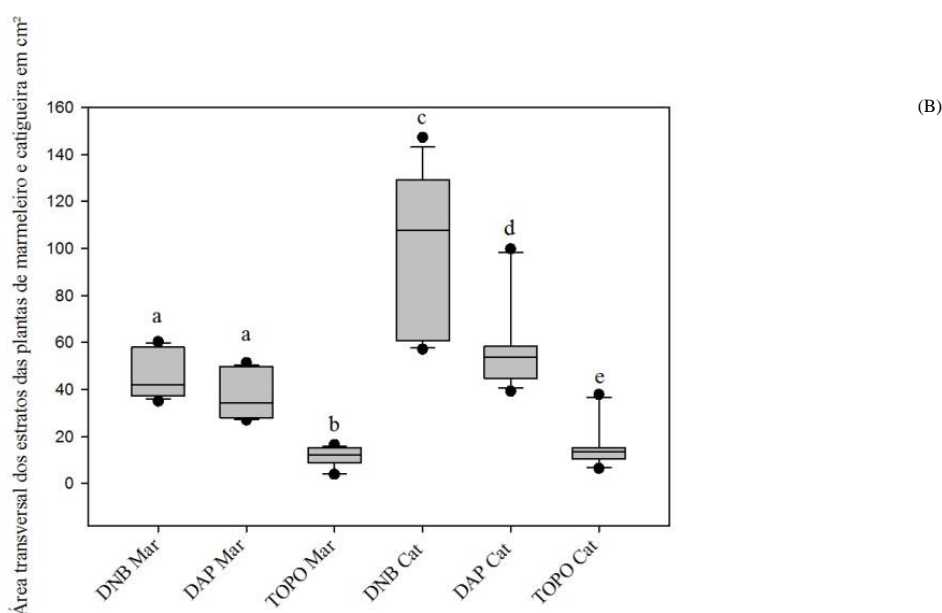


Houve diferença significativa entre a área da seção transversal do caule das plantas de marmeleiro e catingueira pelo teste t de Student ao nível de significância de 5%. Diferentemente do que foi observado com relação à altura das plantas, verificou-se uma amplitude maior dos dados de área da seção transversal em plantas da catingueira. Em relação ao marmeleiro houve uma menor variabilidade dos dados. Isto indica que as plantas de marmeleiro estão no limite de crescimento do diâmetro caule. Outra característica que reforça a condição final de estágio sucessional desta espécie. A catingueira supera em aproximadamente cinco vezes a área da seção transversal. Isso é fundamental para a análise do conteúdo de água no caule destas espécies.

Área da seção transversal por estratos arbóreos

Observa-se na Figura 12 os valores de área da seção transversal dos estratos (DNB, DAP e TOPO) das plantas de marmeleiro e catingueira. Os resultados referentes a uma amostragem de 15 dados pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de significância de 5% indicam valores médios iguais a 42 cm², 34 cm² e 12 cm² para o marmeleiro e 107 cm², 54 cm² e 13 cm² para as plantas de catingueira.

Figura 12 - Representação da área transversal por estrato arbóreo de plantas de marmeleiro e catingueira.



DNB: diâmetro na base; DAP: diâmetro na altura do peito; TOPO: parte aérea da planta; Mar: marmeleiro; Cat: catingueira. Letras minúsculas a e b referem às diferenças estatísticas entre os estratos das plantas de marmeleiro, as letras minúsculas c, d e, e referem-se à catingueira.

Houve diferença significativa entre a área da seção transversal dos estratos das plantas de marmeleiro e catingueira pelo teste t de Student ao nível de significância de 5%. Os estratos inferiores, DNB e DAP, do marmeleiro não diferiram. Entretanto, observa-se diferença entre estes estratos na parte inferior e o estrato superior (TOPO) da planta de marmeleiro. Isso indica que as plantas de marmeleiro, no que se refere aos estudos de conteúdo de água no caule, apresentam duas categorias de estrato.

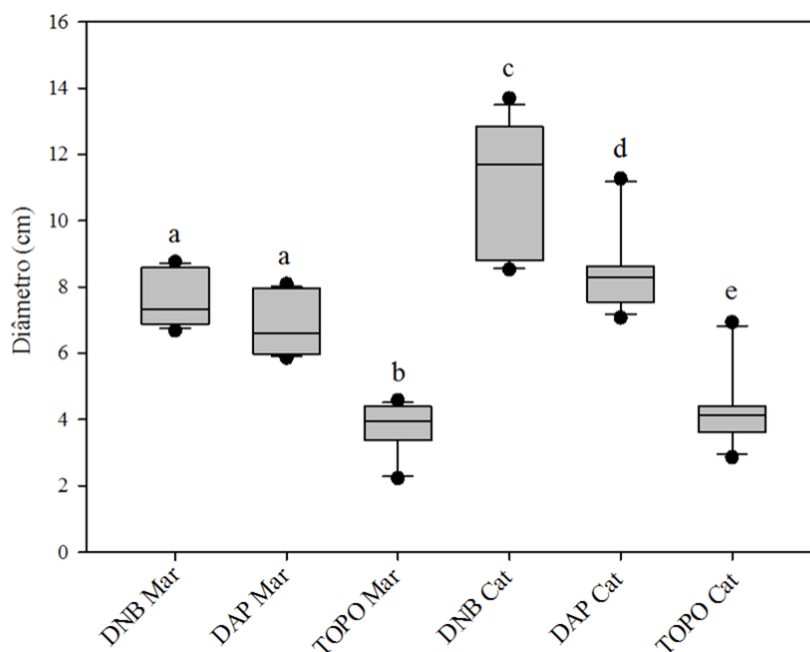
As plantas de catingueira apresentaram diferenças nos três estratos. Esta característica da catingueira influencia na análise do conteúdo de água por estrato e suscita interessantes questionamentos sobre como se dá o fluxo de seiva nestas espécies. Observou-se ainda uma maior amplitude no diâmetro na base (DNB) da catingueira, por ser uma espécie

arbórea de maior porte e em fase de dominância sucessional, o que demonstra plantas de portes variados.

Diâmetro dos estratos (DNB, DAP e TOPO) – Marmeleiro e Catingueira

Observam-se na Figura 13 os valores do diâmetro nos estratos (DNB, DAP e TOPO) das plantas de marmeleiro e catingueira. Os resultados referentes a uma amostragem de 15 dados pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de significância de 5% indicam valores médios iguais a 7,3 cm, 6,6 cm e 3,9 cm para o marmeleiro e 11,7 cm, 8,3 cm e 4,1 cm para as plantas de catingueira.

Figura 13 - Diâmetro dos estratos (DNB, DAP e TOPO) do marmeleiro e da catingueira



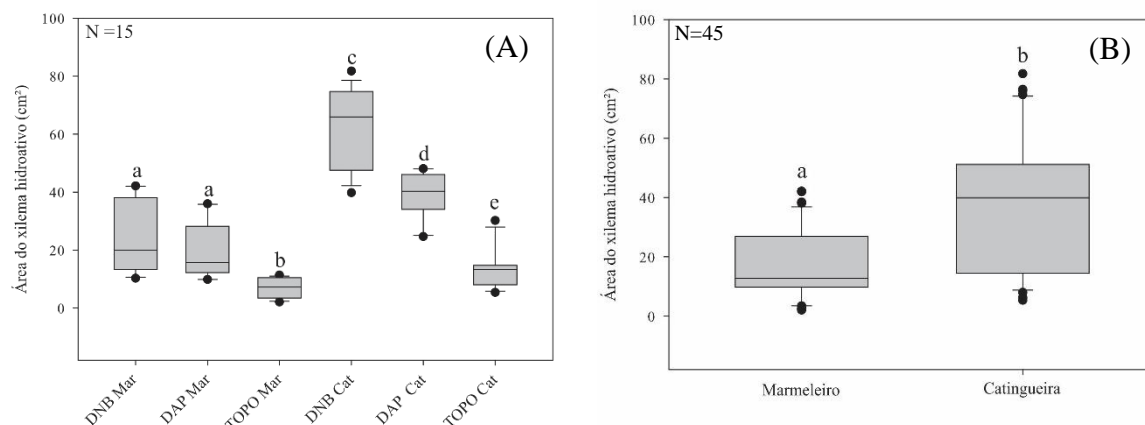
O diâmetro do caule está associado particularmente à variação no conteúdo de água da casca e do xilema hidroativo. A diferença entre diâmetro do marmeleiro e da catingueira se dá pelo fato de que o marmeleiro seja um arbusto, logo seu porte é menor do que a catingueira, pois essa por ser uma arbórea tem o porte maior que o marmeleiro.

Área do xilema hidroativo (marmeleiro x catingueira)

Observa-se na Figura 14 os valores da área do xilema hidroativo nos estratos (DNB, DAP e TOPO) e na planta como um todo do marmeleiro e da catingueira. Os resultados referentes a uma amostragem de 15 dados pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de

significância de 5% indicam valores médios iguais a 19,92 cm², 15,73 cm² e 7,24 cm² para o marmeleiro e 65,93 cm², 40,28 cm² e 13,30 cm² para as plantas de catingueira.

Figura 14 - Área do xilema hidroativo (cm²) dos estratos (DNB, DAP e TOPO) (A) e das plantas como um todo (B) de marmeleiro e catingueira.



Parâmetros seguidos por letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente entre os estratos das plantas pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

Como o marmeleiro está com o crescimento estagnado e as plantas de catingueira precisam absorver mais água para crescerem, isto faz com que a planta aumente sua área condutiva de acordo com esta necessidade (APARECIDO, 2014; GEBAUER *et al.*, 2008; KÖSTNER *et al.*, 2002).

Área do xilema ativo mensurado nos dois indivíduos arbóreos variou entre 2,11 cm² até 81,75 cm², sendo que a razão entre área do xilema ativo e área transversal ficou entre 13,50% e 100% (Tabela 6).

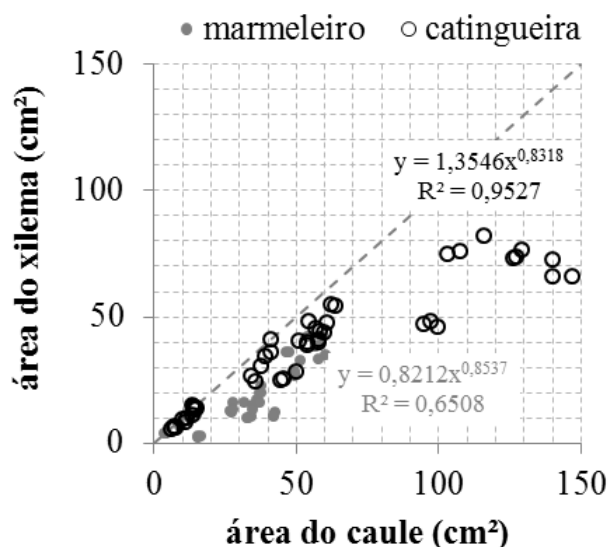
Tabela 6 - Sumário das características biométricas e anatômicas das árvores amostradas (n=10). Abreviações: DAP, diâmetro à altura do peito; Ht: altura total.

N	Espécie	Família	Altura média total (m)	DAP (cm)	Área do Xilema Ativo (cm ²)	Área Transversal (cm ²)	Área Condutiva/Área Transversal (%)	Volume (DAP:Ht) (m ³)
1	<i>Poecyanella pyramidalis</i> Tul.	Fabaceae	7,50	8,02	38,49	58,48	65,82	0,04
2	<i>Croton sonderianus</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae	6,00	6,09	17,18	31,95	53,77	0,02

Observa-se na Figura 15 a relação entre a área do caule e a área do xilema em plantas representativas da Caatinga gerando assim, modelos de regressão específicos de

espécies, representados por equações alométricas da área do xilema ativo previstas pelo diâmetro do caule das espécies.

Figura 15 - Relação entre a área do caule e a área do xilema hidroativo em plantas de catingueira e marmeleiro



Para a catingueira o modelo potencial é o modelo que melhor representa a relação entre a área do caule e área do xilema. Aproximadamente 60 cm² de área do caule a área do xilema apresenta mesmo padrão de crescimento, aproximadamente linear. A área do xilema apresenta-se com um valor máximo em torno de 80 cm² independentemente da variação da área do caule. A área máxima observada para a catingueira fica em torno de 150 cm². O modelo potencial também é o modelo que melhor representa a relação entre a área do caule e área do xilema do marmeleiro. Observa-se que no limite de, aproximadamente, 60 cm² de área do caule a área do xilema apresenta mesmo padrão de crescimento, modelo linear. O valor máximo de área do caule fica em torno de 60 cm² sob condições de Caatinga com cerca de 50 anos de preservação.

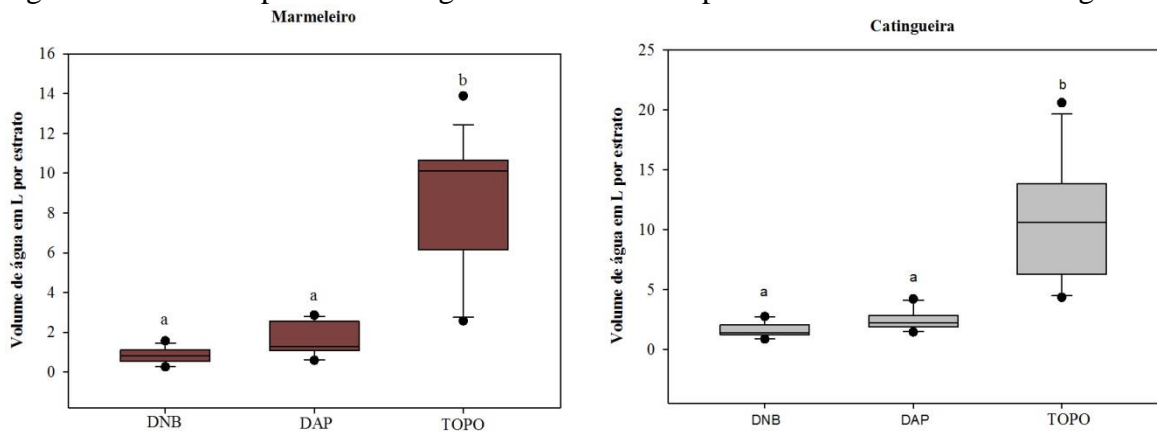
4.3 Potencial de água armazenado no caule em Associação de Solo e Vegetação sob condições de Caatinga preservada

Na literatura são poucos os dados como estes levantados no estudo, talvez essa seja a primeira vez que se tenta encontrar o potencial de armazenamento de água no caule de plantas do bioma Caatinga e mostrar a relação dele com um reservatório inserido dentro da

bacia deste estudo, além de ser mais um sistema para se ter uma noção dentro da hidrologia para se contabilizar água contida nas espécies lenhosas da caatinga.

Existe uma diferença significativa entre o TOPO e os outros dois estratos (DNB e DAP) tanto para o marmeleiro (Figura 16 (A)) quanto para catingueira (Figura 16 (B)), mas não entre DNB e DAP e também houve diferença significativa entre as plantas como um todo pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de significância de 5%.

Figura 16 - Volume potencial de água nos estratos das plantas de marmeleiro e catingueira



Parâmetros seguidos por letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente entre os estratos das plantas pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

Na Tabela 7 encontram-se os dados referentes lâmina potencial de água no caule encontrada nas espécies lenhosas inventariadas neste estudo, tanto por estrato, quanto na planta toda. Percebe-se que no TOPO encontra-se maior parte da água das plantas, isso se dá devido aos galhos das plantas possuírem em grande maior parte da sua área transversal do TOPO muito mais área de xilema hidroativo ao contrário dos outros estratos onde área transversal é mais ocupada por cerne (xilema lignificado).

Tabela 7 - Resultados do volume de água por estrato, volume de água por planta, lâmina potencial do armazenamento de água no caule, volume potencial de armazenamento de água na planta, relação entre o volume potencial de armazenamento de água no caule das plantas deste estudo e a capacidade máxima do açude Boqueirão.

	Marmeleiro			Catingueira		
	DNB	DAP	TOPO	DNB	DAP	TOPO
Volume de água (L/est)	1,59	3,07	25,4	3,32	5,07	31,8
Volume de água por planta (L.pl ⁻¹)		30,04			40,19	
Densidade (pl.ha ⁻¹)		2680			256	
Lâmina potencial de armazenamento de água no caule (mm)		8,05			1,03	
Lâmina potencial de armazenamento de água no caule na Associação de Solo e Vegetação1(ASV1) (mm) *			9,08			
Volume potencial de armazenamento de água na planta (m ³)		10627			1358	
Volume potencial de armazenamento de água na associação de solo e vegetação (m ³)			11985			
Capacidade máxima do açude boqueirão (m ³) (Araújo e Piedra, 2009).			56700			
Relação entre volume potencial de armazenamento de água no caule de plantas representativas da caatinga e capacidade máxima do açude Boqueirão		19%			2%	
Relação entre volume potencial de armazenamento de água no caule na Associação de Solo e Vegetação1 (ASV1) e capacidade máxima do açude Boqueirão			21%			

5 CONCLUSÃO

Apesar dos 40 anos de conservação da ESEC de Aiuaba, a área se encontra na segunda fase (arbustivo) do estágio de sucessão secundária evidenciada pela maior ocorrência de espécies do gênero *Croton*, presente em solos que possuem boas características físicas e químicas, é um indicador de sucessão secundária de recuperação;

Evidenciam-se ainda, características da terceira fase (estádio arbustivo-arbóreo) do estágio secundário de sucessão, demonstrando que, após 40 anos de conservação, a vegetação da área estudada tende a modificar o estágio sucessional.

Croton sonderianus Mull. e *Poicicanella pyramidalis* Tul. foram as únicas espécies que apresentaram valor de importância 54% e 12% respectivamente, o que evidencia a dominância das mesmas na população. Os altos valores de área basal e densidade revelam a riqueza da cobertura vegetal.

Ocorre elevada densidade do fragmento florestal estudado, podendo ser explicada como um reflexo da baixa ação antropogênica no decorrer dos últimos 40 anos, refletindo maior conservação do remanescente florestal.

As espécies da Caatinga apresentam características morfofisiológicas diferentes que podem influenciar o transporte de água e que também possuem variáveis em comum que contribuem com o equilíbrio do ecossistema. Isso pode também auxiliar na estimativa de transpiração de um povoamento florestal e quantificação da água acumulada no caule dessas espécies, mostrando a significância dessa armazenagem na planta.

O potencial de água nas plantas da Caatinga levantadas na Associação de Solo e Vegetação 1 (ASV1) neste estudo se mostrou considerável, em torno de um quinto da capacidade máxima de armazenamento do açude Boqueirão, e deve ser contabilizado em estudos hidrológicos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. C.; MARTINS, F. B.; C. H. de.; PEREIRA, R. A. de A.; MELLONI, E.G.P. Valores limítrofes para transpiração, desenvolvimento e crescimento de *Corymbia citriodora* (Hook.) Em resposta à deficiência hídrica no solo. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 39, n. 5, p. 841-852, Oct. 2015.
- ALBERTO, F. J.; AITKEN S.; ALÍA, R. Potential for evolutionary responses to climate change-evidence from tree populations. **Global Change Biology**, v.19, p.1645–1661, 2013.
- ANDEREGG, W.R.L.; KANE, J.M.; ANDEREGG, L. Consequences of widespread tree mortality triggered by drought and temperature stress. **Nature Climate Change** [s.l.]. v.3, p.30–36, 2013.
- ANDRADE, W. M.; LIMA, E.A.; RODAL, M.J.N.; ENCARNAÇÃO, C.R.F.; PIMENTEL, R.M.M. Influência da precipitação na abundância de populações de plantas da caatinga. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 26, n. 2, mai/ago. 2009.
- APARECIDO, L.M.T. **Padrões da área do xilema ativo em espécies florestais amazônicas na região de Manaus (am)**. 2014. 120p. Dissertação (Mestrado) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA. Manaus. 2014.
- ARAÚJO FILHO, JOÃO AMBRÓSIO de; **Manejo pastoril sustentável da caatinga** – Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 200 p, 2013.
- ARAÚJO, E.L.; ALBUQUERQUE, U.P.; CASTRO, C.C. Dynamics of Brazilian caatinga— are view concerning the plants, environment and people. **Functional Ecosystems and Communities** [s.l.]. v. 1, p. 15-29 2007.
- ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V. **Análise das variações da biodiversidade do bioma caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 446 p.: il., 2005.
- ARAÚJO, J. C. de e PIEDRA, J. I. G.; Comparative hydrology: analysis of a semiarid and a humid tropical watershed. **Hydrological Processes** [s.l.]. v.23, p.1169–1178, 2009.
- ARAUJO, Kallianna Dantas. **Análise da vegetação e organismos edáficos em áreas de caatinga sob pastejo e aspectos socioeconômicos e ambientais de São João do Cariri – PB / Campina Grande**. 2010. 151 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande /PB. 2010.
- AWESSOU, K. G. B.; PEUGEOT, C.; ROCHETEAU, A.; SEGUIS, L. GALLE, F. C. Do. S. G.; BELLANGER, M.; AGBOSSOU, E.; SEGHERI, J. Differences in transpiration between a forest and an agroforestry tree species in the Sudanian belt. **Agroforest Systems** [s.l.]. v.91, p.403-413, 2017.
- AYUP, M.; HAO, X.; CHEN, Y.; LI, W.; SU, R. Thanges of xylem hydraulic efficiency and native embolism of *tamarix ramosissima ledeb.* seedlings under different drought stress conditions and after rewatering. **South African Journal of Botany** [s.l.]. 78 75–82, 2012.

- BAKER, T.; MORRIS, J.; DUNCAN, M.; ZHANG, N.N.; YANG, Z.J.; HUANG, Z.H.; CHU, G.W. Tree and Stand Growth and Biomass Relationships for *Eucalyptus urophylla* and *E. 12ABL* on the Leizhou Peninsula, Guangdong Province, China. In: INTERNATIONAL CONFERENCE, 111., 2003., Zhanjiang. **Proceedings [...]**. Zhanjiang, Guangdong, People's Republic of China: ed. J. Turnbull. Aciar. **Proc.** No. 111, ACIAR, Canberra, p. 174–182. 2003.
- BIMPONG, I. K.; SERRAJ, R.; CHIN, J. H.; MENDOZA, E. M. T.; HERNANDEZ, J.; MENDIORO, M.S. Determination of genetic variability for physiological traits related to drought tolerance in African rice (*Oryza glaberrima*). **Journal of Plant Breeding and Crop Science** [s.l.]. v. 3(4). pp. 60-67, 2011.
- BORCHERT, Rolf. “Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees”. **Ecology**[s.l.]. v.75.5. p.1437–1449. 1994.
- BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. FOREST PRODUCTS AND WOOD SCIENCE: AN INTRODUCTION. **Australian Forestry** [s.l.]. v. 70, n. 3, p. 209-212, 2007.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1928-1964. **Fitosociologia**; bases para el estudio de las comunidades vegetales. Trad. da 3.ed.rev.aum. Blume, Madrid, 820 p., 1979.
- CAÑADAS, E.M.; JIMÉNEZ, M.N.; VALLE, F.; FERNÁNDEZ-ONDOÑO, E.; MARTÍN-PEINADO, F.; NAVARO, F.B. Soil e vegetation relationships in semi-arid Mediterranean old fields (se spain): implications for management. **Journal of Arid Environment**, [s.l.]. v.74, p.1525-1533, 2010.
- CARDIM, R.H. **Dendrologia e anatomia funcional do xilema ativo de *Podocarpus lambertii* Klotzsch Endl.** 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.
- CARRASCO O. L., BUCCI S. J., Di FRANCESCANTONIO D., LEZCANO O. A., CAMPANELLO P. I., Scholz F. G., Water storage dynamics in the main stem of subtropical tree species differing in wood density, growth rate and life history traits. **Tree Physiology**, Victoria: Canada.v.35, p.354–365. 2015.
- ČERMAK, J.; KUČERA, J.; NADEZHDINA, N. Sap flow measurements with some thermodynamic methods, flow integration within trees and scaling up from sample trees to entire forest stands. **Trees**, [s.l.]. v. 18.p. 529-546, 2004.
- ČERMAK, J.; NARDEZHDINA, N. Sapwood as the scaling parameter- defining according to xylem water content or radial pattern of sap flow? **Annals of Forest Science**, [s.l.]. v. 55.p. 509-521, 1998.
- COSTA, C. A. G.; LOPES, J. W. B.; PINHEIRO, E. A. R.; ARAÚJO, J. C. de; GOMES FILHO, R. R. Spatial behaviour of soil moisture in the root zone of the Caatinga biome. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 685-694, Dec. 2013.
- CRUZ, A. C. R.; LIBARDI, P. L.; CARVALHO, L. A. de.; ROCHA, G. C. Balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citros. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 1-10, fev. 2005.

- ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; TICCHETTI, I. **Variáveis dendrométricas**. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal. Brasília. 102p.: il. (Comunicações técnicas florestais; v.4, n.1), 2002.
- ENQUIST, B. J. Universal scaling in tree and vascular plant allometry: toward a general quantitative theory linking plant form and function from cells to ecosystems. **Tree Physiology**, Victoria: Canada. v. 22. p. 1045-1064, 2002
- FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira**– Fortaleza: Multigraf, 340p., 1998.
- FERREIRA, L.G.R. **Relações hídricas e translocação de solutos**. Fortaleza: Edições UFC, 137 p., 2010.
- GAYON, Jean. History of the concept of allometry. **American Zoologist** [s.l.]. v.40, p. 748–758. 2000.
- GEBAUER, T.; HORNA, V.; LEUSCHNER, C. Variability in radial sap flux density patterns and sapwood area among seven co-occurring temperate broad-leaved tree species. **Tree Physiology**. Victoria: Canada. v. 28. p. 1821-1830. 2008.
- GOULD, S. J. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. **Biological Reviews**, v.41. p. 587-638, 1966.
- HAO G. Y, WHEELER JK, HOLBROOK NM, GOLDSTEIN G. Investigating xylem embolism formation, refilling and water storage in tree trunks using frequency domain reflectometry. **Journal of Experimental Botany** [s.l.]. v.64, p.2321–2332, 2013.
- HOFFMAN, A. Estimating tree transpiration accurately depends on wood type and species: a study of four southern appalachian tree species. **The Oculus: The Virginia Journal of Undergraduate Research** [s.l.]. v. 11, n. 1. p. 30-34, 2012.
- HAO, G. Y.; SACK, L.; WANG, A.Y.; CAO, K.F.; Goldstein, G. Differentiation of leaf water flux and drought tolerance traits in hemiepiphytic and nonheme epiphytic ficus tree species. **Functional Ecology** [s.l.]. v.24, p.731-740, 2010.
- HAO, G.Y.; WHEELER, J.K.; HOLBROOK, N.M.; GOLDSTEIN, G. Investigating xylem embolism formation, refilling and water storage in tree trunks using frequency domain reflectometry. **Journal of Experimental Botany** [s.l.]. v.64, p. 2321-2332, 2013.
- HORNA, V.; SCHULDT, B.; BRIX, S.; LEUSCHNER, C.; Environment and tree size controlling stem sap flux in a perhumid tropical forest of Central Sulawesi, Indonesia. **Annals of Forest Science**, Springer Verlag/EDP Sciences, v.68 (5), p.1027-1038, 2011.
- HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B; CUNHA, U. S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: Ed. Da UFPR, 162p., 1998.
- JATI, S. R.; FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I. Densidade da madeira de árvores em savanas do Norte da Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v.44, n.1, pp. 79-86. 2014.

JIN YING, WANG CHUAN-KUAN E SANG YING. Contribution of stem water storage to daily transpiration of three temperate trees in northeastern China. **Chinese Journal of Plant Ecology** [s.l.]. v.35, n.12, p. 1, 2011.

KÖSTNER, B.; FALGE, E.; TENHUNEN, J. D. Age-related effects on leaf area/sapwood area relationships, canopy transpiration and carbon gain of Norway spruce stands (*Picea abies*) in the Fichtelgebirge, Germany. **Tree Physiology**. Vol. 22. p. 567-574, 2002

LEITE, A. V. de L.; MACHADO, I. C.; Reproductive biology of woody species in Caatinga, a dry forest of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environment** [s.l.]. v.74, p. 1374-1380, 2010.

LEMONS, J. R.; MEGURO, M. Estudo fitossociológico de uma área de Caatinga na Estação Ecológica (ESEC) de Aiuaba, Ceará, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 28, n. 2, p. 39-50, mar. 2015.

LIMA, M. F. "**Manejo florestal do nordeste semiárido - curso de especialização em economia dos recursos naturais e política ambiental**". Universidade Federal do Ceará - UFC; Fortaleza/CE, 1993.

LOIOLA, M. I. B.; ROQUE, A. A.; OLIVEIRA, A. C. P. Caatinga: vegetação do semiárido brasileiro. **Ecologi@** [s.l.]. v.4, p. 14 - 19, 2012. ISSN: 1647-2829.

LUBCZYNSKI, M. W., CHAVARRO-RINCON, D. C., ROSSITER, D. G. Conductive sapwood area prediction from stem and canopy areas - allometric equations of Kalahari trees, Botswana. **Ecohydrology** [s.l.]. doi: 10.1002/eco.1856. (2017).

MAGURRAN, A. **Ecological diversity and its measurement**. New Jersey: Princeton University Press, 179 p. 1988.

MALAVASI, U. C.; DAVIS, A. S.; MALAVASI, M. de M.; Estimating water in living woody stems – a review. **CERNE**, Lavras, v. 22 n. 4, p. 415-422, 2016.

MARTINS, F. R. **Fitossociologia de florestas no Brasil: um histórico bibliográfico**. Pesquisa série Botânica, São Leopoldo, 40, 1989.

MEINZER, F. C.; BOND, B. J.; WARREN, J. M.; WOODRUFF, D. R. Does water transport scale universally with tree size? **Functional Ecology** [s.l.]. v. 19. p. 558-565, 2005.

MEINZER, F.C., JAMES, S.A.; GOLDSTEIN, G. Dynamics of transpiration, sap flow and use of stored water in tropical forest canopy trees. **Tree Physiology** [s.l.]. Aug;24, v. 8, p. 901-909, 2004.

MENCUCCINI, M., HÖLTTÄ, T., PETIT, G.; MAGNANI, F. Sanio's laws revisited. size-dependent changes in the xylem architecture of trees. **Ecology Letters** [s.l.]. v.10, p. 1084–1093, 2007.

MENCUCCINI, M.; MARTÍNEZ-VILALTA, J.; HAMID, H. A.; KORAKAKI, E.; VANDERKLEIN, D. Evidence for age - and size-mediated controls of tree growth from grafting studies. **Tree Physiology** [s.l.]. v. 27. p. 463-473, 2007.

MENDONÇA, L. A. R.; SANTIAGO, M. O.; FRISCHKORN, H.; SASAKI, J. M. Problemas de cálcio na água de abastecimento de Nova Olinda - Ce. **Engenharia Sanitária e Ambiental** [s.l.]. v. 13, p. 298-305, 2008.

MENDONÇA, L. A. R.; VÁSQUEZ, M. A. N.; FEITOSA, J. V.; OLIVEIRA, J. F.; FRANCA, R. M.; VÁSQUEZ, E. M. F.; FRISCHKORN, H. Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. **Engenharia Sanitária e Ambiental** [s.l.]. v. 14, p. 89-98, 2009.

MORESCHI, J.C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Curitiba. 1ª. ed. 169p. (Manual Didático). 2005.

MORESCHI, J.C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Curitiba. 3ª. ed. 177p. (Manual Didático). 2010.

NIPPERT, J.B.; KNAPP, A.K.; BRIGGS, J.M. Intra-annual rainfall variability and grassland productivity: can the past predict the future? **Plant Ecology** [s.l.]. v. 184, p. 65-74. 2006.

OLIVEIRA, G.; ARAÚJO, M. B.; RANGEL, T. F.; ALAGADOR, D.; Diniz-Filho, J. A. F. Conserving the Brazilian semiarid (Caatinga) biome under climate change. **Biodiversity and Conservation** (Dordrecht. Online), v. 21, p. 2913-2926, 2012

DINIZ-FILHO, J. A. F. Evaluating environmental and geometrical constraints on endemic vertebrates of the semiarid Caatinga (Brazil). **Basic and Applied Ecology** [s.l.]. v. 12, p. 664-673, 2011.

PEREIRA, L.; MAZZAFERA, P. A low cost apparatus for measuring the xylem hydraulic conductance in plants. **Bragantia** [s.l.]. v.71, n.4, pp. 583-587. 2012.

PHILLIPS, N.G.; RYAN, M.G.; BOND, B.J.; McDOWELL, N.G.; HINCKLEY, T. M.; ČERMÁK, J. Reliance on stored water increases with tree size in three species in the pacific northwest. **Tree Physiology** [s.l.]. v. 23, Issue 4. p. 237-245, 2003.

PINHEIRO, E. A. R.; LIER, Q. J. V.; BEZERRA, A. H. F. Hydrology of a water-limited forest under climate change scenarios: the case of the Caatinga biome, Brazil. **Forests** [s.l.]. v.8, p.62-76, 2017.

PINHEIRO, E. A. R.; METSELAAR, K.; VAN LIER, Q. de J.; ARAÚJO, J. C. de. Importance of soil-water to the Caatinga biome, Brazil. **Ecohydrology** [s.l.]. v. 9, p. 1313-1327, 2016.

PINTO JR., O. B.; VOURLITIS, G. L.; SANCHES, L. D. H. J.; LOBO, F. de A.; NOGUEIRA, J. de S. Transpiração pelo método da sonda de dissipação térmica em floresta de transição Amazônica-Cerrado. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** [s.l.]. v.17, n.3, p. 268-274, 2013.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E, V. de Sa B.; FIGUEIREDO, M. A. **Manual sobre métodos de estudos florístico e fitossociológico: ecossistema Caatinga**. Brasília: SB, 1 arquivo de texto (24p.), 2013.

RODE, R. FIGUEIREDO FILHO, A.; GALVÃO, F.; MACHADO, S. do A. Estrutura horizontal da comunidade arbórea sob um povoamento com *Araucaria angustifolia* e uma Floresta Ombrófila Mista. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 347, ago. 2010.

SALLES, I. S.; BUCKERIDGE, M. S. Alometria e arquitetura de árvores. **Revista da Biologia**, São Paulo, v.12, n.1, p.17-20, 2014.

SILVA, E.C.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; AZEVEDO NETO, A.D.; BRITO, J.Z.; CABRAL, E.L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia. Série Botânica** [s.l.]. v.59, n.2, p.201-205, 2004.

SILVA, M. R. S.; MACHADO, G. O.; DEINER, J.; JUNIOR CALIL, C. Permeability measurements of brazilian eucalyptus. **Materials Research**, São Carlos, v. 13, n. 13.1-7. 2010.

SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L.; GAMA, J. R. V.; LEITE, H. G. Emprego de análise multivariada para estratificação vertical de florestas inequidâneas. **Rev. Árvore** Viçosa, v.27, n.1, p. 59-63, 2003. ISSN 0100-6762.

TROVÃO, D. M. de B. M.; FERNANDES, PEDROD.; ANDRADE, L. A. de; DANTAS NETO, J. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11(3), p.307-311, 2007.

WEST, G. B.; BROWN, J. H.; ENQUIST, B. J. A. General model for the structure and allometry of plants vascular system. **Nature** [s.l.]. v. 400, p. 664- 667, 1999.

YASEEF, N.R.; YAKIR D.; ROTENBERG E.; SCHILLER G.; COHEN S. Ecohydrology of a semiarid forest: partitioning among water balance components and its implications for predicted precipitation changes. **Ecohydrology** [s.l.]. v.3, p. 143-154, 2010.