



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

ARYADNE ELLEN VILAR DE ALENCAR

**ESTRATÉGIAS FOLIARES DE ESPÉCIES LENHOSAS DA CAATINGA: TRAÇOS
FUNCIONAIS AUXILIARES NO ENFRENTAMENTO AO DÉFICIT HÍDRICO**

**CAMPINA GRANDE
2022**

ARYADNE ELLEN VILAR DE ALENCAR

**ESTRATÉGIAS FOLIARES DE ESPÉCIES LENHOSAS DA CAATINGA: TRAÇOS
FUNCIONAIS AUXILIARES NO ENFRENTAMENTO AO DÉFICIT HÍDRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Ciências Biológicas – Licenciatura, da
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Licenciada em Ciências biológicas

Área de concentração: Ecologia Vegetal

Orientadora: Profa. Dra. Dilma Maria de Brito Melo Trovão

**CAMPINA GRANDE
2022**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A368e Alencar, Aryadne Ellen Vilar de.
Estratégias foliares de espécies lenhosas da caatinga: traços funcionais auxiliares no enfrentamento ao déficit hídrico [manuscrito] / Aryadne Ellen Vilar de Alencar. - 2022.
39 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2022.

"Orientação : Profa. Dra. Dilma Maria de Brito Melo Trovão, Departamento de Biologia - CCBS."

1. Deciduidade. 2. Atributos foliares. 3. Caatinga. 4. Vegetação lenhosa. I. Título

21. ed. CDD 583.321

ARYADNE ELLEN VILAR DE ALENCAR

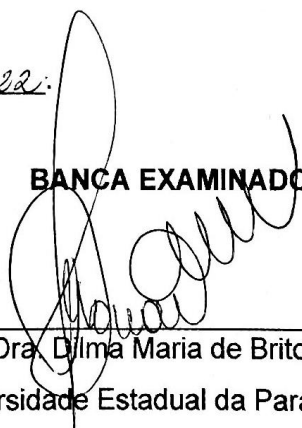
**ESTRATÉGIAS FOLIARES DE ESPÉCIES LENHOSAS DA CAATINGA: TRAÇOS
FUNCIONAIS AUXILIARES NO ENFRENTAMENTO AO DÉFICIT HÍDRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Ciências Biológicas – Licenciatura, da
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Licenciada em Ciências biológicas

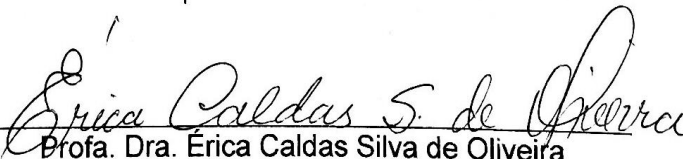
Área de concentração: Ecologia Vegetal

Aprovada em: 28/07/2022.

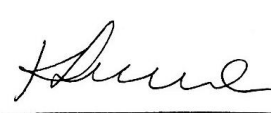
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Dilma Maria de Brito Melo Trovão
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Érica Caldas Silva de Oliveira
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Karla Patrícia de Oliveira Luna
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Á minha mãe, Ana Aparecida Alencar
Vasques, por todo apoio, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida, pela coragem e força que obtive através da fé, para atravessar todos os obstáculos que apareceram nesta trajetória. A minha mãe Ana Aparecida, pela dedicação aos quatro filhos, entre altos e baixos sempre nos proporcionou o que precisávamos para prosseguir no caminho da educação.

Aos meus irmãos Aristótenes, Alluska e Allender pelo apoio e dedicação em momentos cruciais ao longo deste caminho.

As minhas amigas de curso Anna Cunha, Leticia Brasileiro e Manuela Cardoso que percorreram ao meu lado essa trajetória, me dando apoio, incentivo e momentos de descontração.

A Doutora Dilma Trovão, pela orientação durante esses quatro anos, pelas palavras de incentivo, o carinho e amizade, além de seu amor pelas plantas, principalmente da caatinga.

A todos os professores que fizeram parte da minha trajetória, ensinando não apenas o conteúdo, mas lições de vida através de suas experiências. Assim como toda a equipe que trabalha na coordenação do curso.

Aos meus avós Maria Ilza, Apolicarpo Alencar e Hnady Vilar que já partiram deste mundo, mas que queriam ver mais um de seus netos formados. Agradeço pela infância e adolescência cheia de amor e carinho, sem vocês não me tornaria a pessoa que sou hoje.

À banca examinadora e a todos que contribuíram para minha formação acadêmica durante essa trajetória e/ou a realização deste trabalho.

RESUMO

A Caatinga é uma vegetação que se identifica como floresta estacional sazonalmente seca, é composta por árvores e arbustos perenes e um estrato herbáceo sazonal que apresenta alta relação com o período de disponibilidade hídrica. Dados os filtros ambientais que favorecem a estresses fisiológicos de origem hídrica, luminica, nutricional entre outros, a vegetação lenhosa apresenta saltos de crescimento e desenvolvimento anuais. Objetivou-se nesta pesquisa quantificar atributos foliares em espécies decíduas em uma área do cariri Paraibano no município de Barra de Santana-PB, no intuito de formar banco de dados relativos a traços funcionais foliares para algumas espécies. Foram selecionadas as espécies *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Schinopsis brasiliensis* Engl., *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, *Aspidosperma pyrifolium* Mart., *Spondias tuberosa* Arruda, sendo monitorados cinco indivíduos de cada espécie para acompanhar dados de longevidade foliar e os atributos foliares: Massa seca foliar (MSF), área foliar (AF), área específica foliar (AFE) e Espessura foliar (EF). Foram obtidas as médias e desvios padrão de cada parâmetro foliar, posteriormente foi construída uma Análise de componentes Principais. Os atributos foliares que mais influenciaram foram a MSF, MFE e AF, conforme mostrou na ACP, onde os dois eixos explicaram 93, 25% da variação dos dados, onde o grupo 1 é formado por *A. pyrifolium*, *C. pyramidale* e *S. brasiliensis* o grupo 2 é formado por *S. tuberosa* e *A. columbrina*. As espécies *S. brasiliensis* e *S. tuberosa* tiveram perda gradual das folhas, o que indica coortes foliares, enquanto a *A. columbrina* foi a espécie que apresentou folhas com menor longevidade. *A. pyrifolium*, *C. pyramidale* foram as espécies que mostraram maior longevidade foliar.

Palavras-Chave: Atributos Foliares; Chuva; Deciduidade; Folha.

ABSTRACT

The Caatinga is a vegetation that is identified as seasonally dry seasonal forest, it is composed of perennial trees and shrubs and a seasonal herbaceous stratum that has a high relationship with the period of water availability. Given the environmental filters that favor physiological stresses of water, lumen, nutritional origin, among others, woody vegetation presents annual growth and development jumps. The objective of this research was to quantify leaf attributes in deciduous species in an area of Cariri Paraibano in the municipality of Barra de Santana-PB, in order to form a database related to leaf functional traits for some species. The species *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Schinopsis brasiliensis* Engl., *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, *Aspidosperma pyriforme* Mart., *Spondias tuberosa* Arruda, being monitored five individuals of each species to follow leaf longevity data AND, in addition, the leaf attributes of Leaf dry mass (MSF), leaf area (AF), specific leaf area (AFE) and Leaf Thickness (EF). Means and standard deviations of each leaf parameter were obtained, later a Principal Component Analysis was constructed. The leaf attributes that most influenced were MSF, MFE and AF, as shown in the ACP, where the two axes explained 93.25% of the data variation, where group 1 is formed by *A. pyriforme*, *C. pyramidale* and *S. brasiliensis* group 2 is formed by *S. tuberosa* and *A. columbrina*. The species *S. brasiliensis* and *S. tuberosa* had a gradual loss of leaves, which indicates leaf cohorts, while *A. columbrina* was the species that presented leaves with lower longevity. *A. pyriforme*, *C. pyramidale* were the species that showed greater leaf longevity.

Keywords: Leaf Attributes; Rain; Deciduousness; Leaf.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

- Figura 1 – Mapa do município de Barra de Santana-PB destacando-se a área de coleta. (●) Fazenda Pocinho..... 18
- Figura 2 – Marcação das folhas das espécies em análise..... 20
- Figura 3 – Fotos das folhas para a determinação da area foliar. Vidro transparente (esquerda) e uma fita de graduação em centímetros(direita)..... 21

GRÁFICOS

- Gráfico 1- Análise de componentes principais (ACP) mostrando a distribuição das espécies em função dos atributos foliares AF (cm²), AFE (m².g⁻¹), MFE (g.m⁻²), MSF (g) e EF (mm)..... 24
- Gráfico 2- Precipitação mensal (mm) no ano 2019 do município de Barra de Santana..... 24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Médias e desvios padrão dos parâmetros foliares. Massa seca foliar (g)-MSF; Área foliar (cm ²)-AF; Área foliar específica (m ² .g ⁻¹)-AFE; Espessura foliar (mm)-EF.....	23
Tabela 2- Média da longevidade foliar das cinco espécies em estudo em Barra Santana-PB.....	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA Agência Executiva de Gestão de Águas

AF Área Foliar

AFE Área Foliar Específica

EF Espessura Foliar

MFE Massa Foliar Específica

MSF Matéria Seca Foliar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Caatinga.....	14
2.2	Traços Funcionais.....	14
2.3	Longevidade Foliar	15
2.4	Folha e seus atributos.....	16
3	METODOLOGIA	18
3.1	Área de estudo	18
3.2	Coleta de dados	19
3.2.1	Traços foliares	19
3.2.1.1	Longevidade foliar	19
3.2.1.2	Características da folha	20
3.2.1.3	Tratamento de dados	21
4	RESULTADOS	22
5	DISCUSSÃO	25
6	CONCLUSÃO.....	28
	REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

O Brasil está incluído entre os países de maior disponibilidade hídrica mundial, porém por conta de suas dimensões geográficas e condições climáticas diferenciadas, algumas regiões sofrem problemas graves de escassez hídrica (ANA, 2012).

Na região semiárida brasileira, encontra-se a maior Floresta Tropical Sazonalmente Seca contínua das Américas, sendo constituída por espécies xerofíticas, que inclui suculentas, árvores e arbustos adaptadas a severas secas. Múltiplas fitofisionomias compõem a paisagem quente e espinhosa, com estratos mesclados por gramíneas, arbustos e árvores de porte baixo e médio (SÁNCHEZ et al. 2018; MIRANDA et al. 2020). A vegetação da Caatinga apresenta dosséis semiabertos com espécies podendo atingir até 20m de altura, com uma média do porte arbóreo em torno de 5 a 10m (OLIVEIRA et al., 2005; MOURA et al. 2017).

Na Caatinga os padrões fenológicos predominantes são caracteristicamente marcados pela rápida renovação das copas no início da época de chuvas e a caducifolia durante parte da estação seca (BARBOSA et al., 2003; ARAÚJO; FERRAZ, 2003).

O sucesso das espécies neste tipo de ambiente depende das características estruturais dos seus órgãos vegetativos, o que permite a manutenção dos processos fisiológicos vitais (BOEGER; GLUZEZAK, 2006). Dentre eles, a folha é o órgão primário de síntese, apresentando grande plasticidade, além de responder às variações impostas pelo meio (LIMA; RODAL, 2010).

De modo geral, os padrões fenológicos das espécies são variáveis com um amplo espectro de estratégias funcionais perante a variabilidade das condições ambientais, mas com uma condição presente de maneira uniforme que é a escassez hídrica. A deciduidade foliar é uma das estratégias utilizadas para evitar possíveis danos provocados pela seca, sendo comum a perda total de folhas em espécies arbóreas decíduas durante essa estação (LENZA; KLINK, 2006). Para essas espécies, a restrição de água no solo não impede a renovação da folhagem e a ocorrência da floração (LENZA; KLINK, 2006). Porém, embora apresentem deciduidade, a longevidade das folhas das diferentes espécies é variável, sendo essa condição também dependente do esforço para sua construção (CHAVE et al., 2009). Espécies decíduas apresentam, normalmente, maiores valores para a área foliar

individual e área foliar por ramo (SOUZA et al., 2009), além de maior eficiência do uso da água que as sempre-verdes (HASSELQUIST et al., 2010).

A deciduidade foliar tem sido frequentemente utilizada na literatura como modo de agrupamento das espécies arbóreas de florestas tropicais secas. Diversos estudos buscaram encontrar características comuns entre espécies pertencentes a cada grupo fenológico foliar, corroborando ou negando a hipótese de que decíduas, semidecíduas e sempre verdes constituem grupos funcionais de espécies arbóreas nas florestas (BORGES, 2016).

Os estudos sobre a fenologia foliar das plantas lenhosas da Caatinga são muito escassos (BARBOSA et al., 1989; PEREIRA et al., 1989; MACHADO et al., 1997; BARBOSA et al., 2003 e AMORIM et al., 2009).

Recentemente o estudo de Souza et al. (2015) tentou evidenciar uma relação entre traços funcionais, deciduidade e longevidade foliar numa perspectiva de ecologia e ecofisiologia vegetal. Outros trabalhos desenvolvidos com Caatinga demonstraram correlações entre os atributos da madeira e comportamento fenológico e verificaram que as respostas ecológicas podem ser influenciadas por fatores abióticos como temperatura, fotoperíodo e precipitação (LIMA; RODAL 2010; LIMA et al. 2012; OLIVEIRA et al. 2015).

A longevidade das folhas é definida como o tempo decorrido entre a emergência das folhas e a queda das folhas, enquanto longevidade foliar (frequentemente chamada vida útil da folha ou longevidade), descreve a quantidade de tempo (dias) que uma folha é capaz de realizar a fotossíntese (KIKUZAWA; LECHOWICZ, 2011).

A longevidade da folha está relacionada à capacidade de adaptação de uma planta ao seu entorno. Para isso, o tempo de vida foliar deve estar equilibrado entre custos e ganhos: se os custos forem maiores que os benefícios, a folha é descartada. Além disso, a síntese de folhas requer maior custo energético, o que prolonga o tempo de vida das novas folhas para que os rendimentos superem os custos. Portanto, a vida e o envelhecimento fisiológico da folha parecem fazer parte de mais estratégias gerais adaptativas das plantas (THOMAS; STODDART, 1980; AMORIM et al., 2009; KIKUZAWA et al., 2013).

Compreender como as espécies vão responder às mudanças climáticas globais tem sido um dos principais objetivos da Ecologia nos últimos anos (PAU et al., 2011). Portanto, com este estudo procuramos compreender e relacionar alguns aspectos

desse órgão vegetal: a longevidade foliar, a área foliar, a área foliar específica, a massa seca foliar, a massa foliar específica e a espessura foliar. Dentre os objetivos específicos, objetiva-se reconhecer a importância dessas estratégias no desempenho de suas funções em um ambiente tão restritivo, visando contribuir com informações para compor o banco de dados sobre características funcionais dessa vegetação, onde ainda não foi estabelecido, de forma categórica, quais as estratégias que melhor a definem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caatinga

A Caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro, além de ser considerada uma das maiores regiões de clima semiárido, sendo bastante povoada. (MORO et al., 2016; RIBEIRO et al., 2016). Este bioma é ricamente biodiversificada, assim como em espécies endêmicas contudo, ainda é pouco estudado (SANTOS et al., 2011; SOBRINHO et al., 2016). Ao mesmo tempo, a Caatinga vem sendo desmatada e queimada, fazendo com que o bioma atinja nível crítico de vulnerabilidade (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2020).

Sua vegetação tropical sazonalmente seca é composta por árvores e arbustos caracterizados pela rusticidade, em que se pode observar queda acentuada das folhas durante a estação seca (SAMPAIO, 1995; RODAL & SAMPAIO, 2002; ARAÚJO et al., 2008; SANTOS et al., 2013). Esse ambiente destaca-se por conter uma grande diversidade de espécies vegetais, muitas das quais endêmicas ao bioma, e outras que podem exemplificar relações biogeográficas que ajudam a esclarecer a dinâmica histórica vegetacional da própria Caatinga (GIULIETTI et al., 2006; BRAND, 2017).

A precipitação média anual para a maior parte do domínio desta região varia entre 300 a 1000 mm e as chuvas são concentradas e distribuídas de forma irregular ao longo de três a cinco meses (ANDRADE, 2005; LIMA, 2010), assim como altas temperaturas associadas a alta intensidade luminosa, causando alta evaporação e, como consequência, a dessecação do solo (TROVÃO et al., 2007).

Devido à variação temporal e espacial na disponibilidade de água, as respostas fisiológicas e fenológicas das plantas da Caatinga são muito complexas e variadas, e se conhece muito pouco a diversidade de espécies, sua organização e estratégias de resposta ao estresse (LIMA; RODAL, 2010).

2.2 Traços funcionais

Na Caatinga, a disponibilidade hídrica pode ser considerada o principal filtro ambiental, afetando quase todos os processos fisiológicos das plantas, diretamente e/ou indiretamente. (MARKESTEIJN; POORTER, 2009; FU et al. 2012).

Grupos funcionais são grupos definidos de organismos que respondem de maneira similar a um conjunto de fatores ambientais, e se adaptam a estresses no ambiente no qual está inserido (GITAY; NOBLE, 1997; TECCO et al., 2013).

Traços foliares, densidade da madeira e comportamento fenológico estão sendo usados para identificar grupos funcionais de lenhosas na Caatinga (SILVA et al., 2004; TROVÃO et al., 2007; LIMA; RODAL 2010; LIMA et al., 2012; SILVA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2015; SOUZA et al., 2015; MENEZES et al., 2017). No entanto, as investigações continuam para tentar capturar os padrões que regem o funcionamento e as respostas dessa vegetação. Alguns autores já vêm observando as associações entre a fenologia foliar e estratégias hídricas em espécies lenhosas da caatinga (SILVA et al., 2004; TROVÃO et al., 2007; LIMA; RODAL, 2010; SOUZA et al., 2015).

Contudo, ainda não há consenso sobre quais traços funcionais melhor definem estratégias ecológicas de plantas, características como: altura máxima de plantas, área foliar específica, tamanho e grupos fenológicos, tem sido usado em vários estudos realizados em diferentes tipos de vegetação (DIAZ et al. 2004; WRIGHT et al. 2007). Porém, é perceptível nos trabalhos analisados uma confusão em relação a deciduidade foliar e longevidade foliar.

2.3 Longevidade foliar

A deciduidade foliar é uma estratégia utilizada para diminuir os danos causados pelo estresse hídrico. Na Caatinga, a perda total da folhagem ocorre durante toda a estação seca, com renovação da área foliar nas primeiras chuvas (ARAÚJO; FERRAZ, 2003; BARBOSA et al., 2003). A produção e a deciduidade das folhas parecem ser reguladas por disponibilidade de água ao longo dos anos (TROVÃO et al., 2007; LIMA; RODAL, 2010; SILVA et al., 2014a).

Manutenção ou perda da folhagem não é o equivalente a longevidade foliar. Há diferença entre os níveis de organização: folha é órgão e folhagem é população de órgãos. Tempo de vida de uma população de órgãos não corresponde ao tempo de vida de um órgão. Uma folha pode ter duração de três, quatro, dez meses e a árvore ser decídua. Assim como com a mesma durabilidade, a árvore poderá ser sempre verde. Coortes (populações de folhas nascidas ao mesmo tempo) de folhas

substituem outras coortes de folhas na copa e a copa pode se manter sempre verdes com folhas de três, quatro, dez meses de vida (BORGES, 2016).

A modulação da perda das folhas é uma estratégia para balancear investimento com construção, manutenção e ganho no balanço de carbono. Portanto, o tempo de vida foliar varia com a disponibilidade de recursos externos (KIKUZAWA, 1995; KIKUZAWA & ACKERLY, 1999; KIKUZAWA et al., 2013).

O tempo de vida foliar é uma característica crucial para caracterizar como as plantas gerenciam seus recursos. Plantas com tempo de vida foliar longo apresentam baixa fotossíntese líquida, teor de nitrogênio e altos valores de área foliar específica (REICH et al., 2003), sendo o oposto real. A generalidade dessas relações entre as características funcionais das folhas parece ocorrer em todo o mundo, variando de trópicos a tundra (REICH et al., 1997; REICH et al., 2003).

O tempo de vida foliar é uma característica que regula a fisiologia foliar, conteúdo de nitrogênio e fósforo, em espécies de florestas temperadas e tropicais (REICH et al., 1995, 1997, 1999 REICH et al., 2003; SOUZA et al., 2009). Espécies que apresentam reduzido tempo de vida foliar necessitam de alta capacidade fotossintética, compensando rapidamente os custos de construção e manutenção de folhas. Por outro lado, espécies que apresentam elevado tempo de vida foliar precisam de um período prolongado para realizar a fotossíntese e devolver os recursos investidos (REICH et al., 1995, 1999; SOUZA et al., 2009; KIKUZAWA et al., 2013). Sendo assim, o tempo de vida foliar está intrinsecamente relacionado à irradiância disponível e ao balanço do carbono, que por sua vez é fortemente determinado pelo hábito foliar.

A persistência da folhagem é um indicador para classificar as espécies em grupos funcionais (SOUZA et al., 2009; ROSSATTO et al., 2009; SILVÉRIO & LENZA, 2010; BORGES & PRADO, 2014; SOUZA et al., 2015, 2017; PRADO et al., 2020). As variações na fenologia foliar envolvem características correlatas que surgem devido a trocas inevitáveis entre atributos no mesmo nível ou nos níveis de organização das plantas (REICH et al., 2003).

2.4 Folha e seus atributos

A folha é o principal órgão fotossintético entre os órgãos vegetativos da planta, e se destaca por sua elevada capacidade plástica, respondendo às adaptações das

espécies, assim como os indivíduos, aos mais diversos ambientes, pelas modificações químicas, fisiológicas e morfológicas. Além disso, a estrutura a ser desenvolvida pela folha está relacionada entre a fotossíntese com o ganho de carbono e via transpiração com a perda de água. Portanto, a folha é o órgão responsável pela produção de massa seca a partir da fotossíntese, assim como as demais partes da planta dependem dos fotoassimilados produzidos pelas mesmas (GIVNISH, 1987; BENINCASA, 2003; MONTEIRO et al., 2005).

O crescimento e a organização da lâmina foliar são caracteres induzidos pela intensidade luminosa. Características como massa seca foliar (MSF), área foliar (AF), espessura foliar (EF) e massa foliar específica (MFE) são os principais indicadores da taxa de crescimento dos vegetais e os ajustes destas características podem ser considerados estratégias desenvolvidas para maximizar a eficiência do uso dos recursos pela planta (WILSON et al., 1999; VENDRAMINI et al., 2002).

A área foliar específica (AFE) é um dos importantes traços funcionais para identificar grupos funcionais, devido aos altos valores que estão associados a maior disponibilidade de recursos (MARKESTEIJN & POORTER et al., 2009). Como observado por Méndez-Alonzo et al. (2012), em florestas com árvores decíduas, dessa forma espécies com alta AFE podem prosperar em locais secos (PINEDA-GARCÍA et al., 2013).

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no ano de 2019 entre os meses de fevereiro e dezembro. A coleta de dados foi conduzida na Fazenda Pocinho (07° 29,929' S, 35° 58,237' W) com 391 m de altitude situada no município de Barra de Santana, estado da Paraíba, Brasil (Figura 1). A área está inserida na microrregião do Cariri Oriental, mesorregião da Borborema (AESAs 2022).

Figura 1. Mapa do município de Barra de Santana-PB destacando-se a área de coleta. (●) Fazenda Pocinho.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger atualizada por Peel et al. (2007), a região apresenta clima do tipo BSw^h, semiárido quente, com estação seca entre 9-10 meses e precipitação média anual de 450 mm. As variações de temperatura mensais mínimas e máximas estão, respectivamente, entre 18-22°C nos meses de julho e agosto e entre 28-3 °C nos meses de novembro e dezembro. O valor médio mensal da umidade relativa do ar está entre 60-75%, com valor máximo no mês de junho e mínimo em dezembro (Bioclim 2017). Ambas áreas de coleta estão situadas na escarpa sudoeste do Planalto da Borborema, com relevo ondulado e

altitude variando de 400 a 650 m (Fig. 1). Nas áreas de estudo ocorrem solos solonetz solodizados e solos litólicos (TROVÃO et al. 2007; SANTOS et al. 2013).

A região apresenta clima do tipo AW, tropical de savana com estação seca de inverno, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger atualizada por Peel et al. (2007). Com uma média de pluviosidade anual girando em torno de 450 mm, as chuvas geralmente concentram-se entre os meses de março a julho, com registros mínimos para os meses de outubro e novembro (AESAs, 2022). As variações de temperatura atingem mínimas mensais de 18 a 22 °C entre os meses de julho e agosto, e máximas mensais de 28 a 31 °C entre os meses de novembro e dezembro. A umidade relativa do ar alcança uma média mensal de 60 a 75%, observando-se que os valores máximos ocorrem, geralmente, no mês de junho e os mínimos no mês de dezembro (BIOCLIM, 2017).

O solo predominante na área de estudo é do tipo vertissolo que se caracteriza por apresentar propriedades provenientes de argilas expansíveis, variando de pouco profundo a profundo, embora também possa ocorrer como raso, (SANTOS et al., 2013).

3.2 Coleta de dados

Foram selecionadas cinco espécies de acordo com a abundância no local de estudo, *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Schinopsis brasiliensis* Engl., *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, *Aspidosperma pyrifolium* Mart., *Spondias tuberosa* Arruda, nome popular respectivamente: Angico, Baraúna, Catingueira, Pereiro, Umbuzeiro, com cinco indivíduos cada.

3.2.1 Traços foliares

3.2.1.1 Longevidade foliar

Para o acompanhamento do tempo de vida da folha (longevidade) foram marcadas dez folhas do meio da copa, de cada indivíduo, com exposição Norte com um cordão no seu(s) pecíolo(s). No caso de folhas muito próximas, marcou-se o ramo de onde acompanhou-se o período de permanência de cada folha (Figura 2). Foram realizadas 13 coletas no total, para determinar a longevidade foliar.

Figura 2. Marcação das folhas das espécies em análise.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Foram feitas excursões mensais a partir de janeiro de 2019. A presença das folhas foi detectada em março de 2019 quando deu-se início ao acompanhamento da longevidade das folhas das espécies de estudo.

3.2.1.2 Características da folha

Para determinar a área foliar, coletas foram realizadas no período chuvoso, quando as folhas se apresentavam expandidas para a realização das medidas. Foram coletadas dez folhas de cinco indivíduos de cada espécie para a determinação do conteúdo de matéria seca foliar (MSF), matéria foliar específica (MFE) e espessura foliar (EF). As folhas plenamente expandidas na face norte, no terço medial da copa foram usadas na medição desses atributos. A espessura das folhas foi mensurada com um paquímetro digital, tomando cuidado para não atingir a nervura central, assim como a de não exercer pressão demasiada sobre a folha a ponto de danificá-la.

Posteriormente, as folhas foram armazenadas em sacos de papel e colocadas em estufa (FANEM/320) à temperatura de 60°C por no mínimo 78h, até estabilizar o peso seco. Em seguida, as folhas foram pesadas em uma balança semianalítica (KN300/3), obtendo-se assim a matéria seca. Em seguida, dividindo-se o peso seco (g) pela área foliar (m²), obtém-se a MFE (ROSADO, 2006). A área foliar (AF) foi medida com o auxílio de fotos digitais com resolução de 1600x1200, as folhas foram

colocadas sobre um quadro branco, prensadas com um vidro e fotografadas, junto a elas, foi posta uma fita de graduação em centímetros (Figura 3). As fotos foram analisadas utilizando o programa IMAGEJ®.

Figura 3. Fotos das folhas para a determinação da área foliar. Vidro transparente (esquerda) e uma fita de graduação em centímetros(direita).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

3.2.1.3 Tratamento de dados

Foram obtidas as médias e desvios padrão de cada parâmetro foliar. Posteriormente, construiu-se tabelas para observar o comportamento dos parâmetros no programa Microsoft Excel 2019®. Foi construída uma Análise de componentes Principais usando o Programa PAST® (Paleontological Statistics) para verificar a distribuição e possíveis relações entre os atributos funcionais e as espécies estudadas.

4 RESULTADOS

As espécies *Cenostigma pyramidale* e *Aspidosperma pyriformium* apresentaram maiores períodos de dias com suas folhas. A *Anadenanthera colubrina* começou a perder folhas depois dos 30 dias, ou seja, após a segunda coleta, enquanto as espécies *Schinopsis brasiliensis* e *Spondias tuberosa* começaram a perder as folhas após 60 dias, entre a quarta e a quinta coleta (Tabela 1).

A espécie *Anadenanthera colubrina* apresentou menores valores de MFE e EF e maiores valores de AF e AFE. A espécie *Aspidosperma pyriformium* mostrou maior valor de EF e MFE e juntamente com a *Schinopsis brasiliensis* apresentaram menor valor de AFE. A espécie *Spondias tuberosa* revelou menor valor de MSF e, por fim, a *Cenostigma pyramidale* que apresentou maior valor de MSF (Tabela 2).

No gráfico 1 está apresentada a Análise de Componentes Principais (ACP) onde os eixos 1 e 2 explicaram 93, 25% da variação dos dados. A Área Foliar foi a variável explicativa no eixo 1 e a Massa seca foliar e Massa foliar específica as do eixo 2.

O gráfico 2 mostra as precipitações mensais durante o estudo no ano 2019, em março mostrou um pico de precipitação, entre os meses de abril e maio houve uma diminuição na curva e voltou a subir, alcançando o pico no mês de julho. Logo após, começou a cair novamente, até parar a precipitação a partir do mês de outubro.

Tabela 1. Média da longevidade foliar das cinco espécies em estudo em Barra Santana-PB.

Dias	Angico (<i>Anadenanthera colubrina</i> Vell.)	Baraúna (<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.)	Catingueira (<i>Cenostigma pyramidalis</i> Tul.)	Pereiro (<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.)	Umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arruda Câm.)
15	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
30	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
45	9,60	10,00	10,00	10,00	10,00
60	8,80	10,00	10,00	10,00	10,00
75	8,40	9,80	10,00	10,00	9,50
90	7,00	9,60	10,00	10,00	9,25
105	6,40	8,80	10,00	10,00	7,25
120	6,40	8,80	10,00	10,00	7,25
135	5,80	8,60	10,00	10,00	6,75
150	5,60	6,60	6,60	6,00	6,00
165	3,60	6,00	6,00	4,25	3,50
180	0,00	2,60	2,20	4,50	1,25
195	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

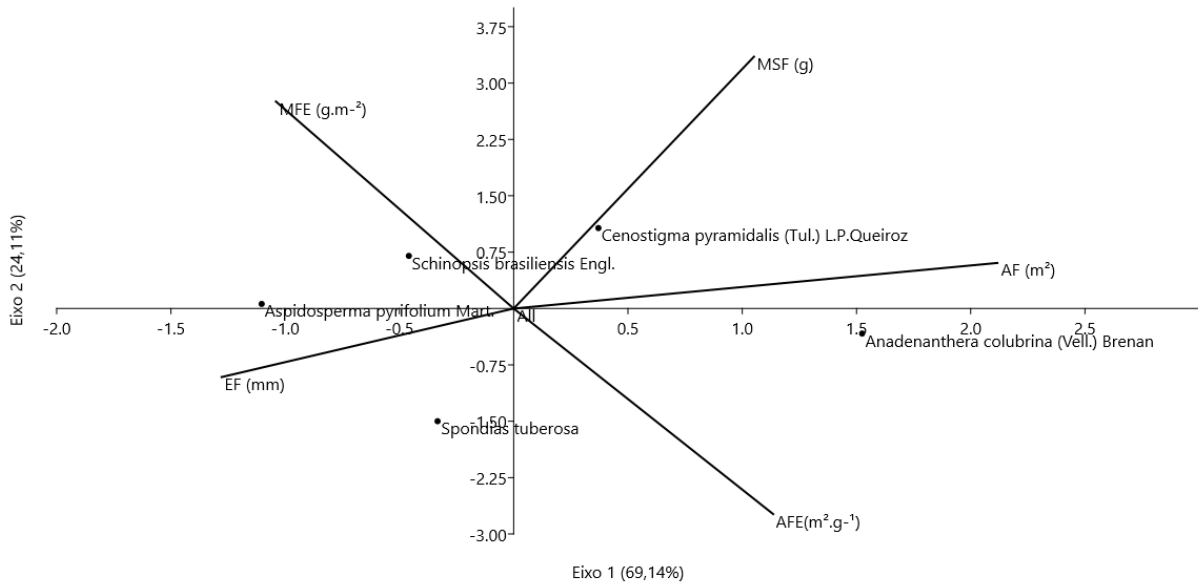
Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Tabela 2. Médias e desvios padrão dos parâmetros foliares. Massa seca foliar (g)-MSF; Área foliar (cm²)-AF; Área foliar específica (m².g⁻¹)-AFE; Massa Foliar Específica (g.m⁻²)-MFE; Espessura foliar (mm)-EF.

Espécie	MSF (g)+SD	AF (m ²)+SD	AFE (m ² .g ⁻¹)+SD	MFE (g.m ⁻²)+SD	EF (mm)+SD
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	3,89±1,52	0,16±0,05	0,04±0,01	24,82±8,66	0,65±0,09
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	1,54±0,42	0,01±0,005	0,01±0,001	94,46±10,53	3,38±0,68
<i>Cenostigma pyramidalis</i> (Tul.) L.P. Queiroz	5,74±1,50	0,08±0,02	0,01±0,003	70,47±13,12	2,00±0,38
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	2,43±0,71	0,02±0,005	0,01±0,002	93,23±15,39	1,24±0,12
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	1,03±0,15	0,03±0,006	0,03±0,005	33,87±6,32	3,03±0,69

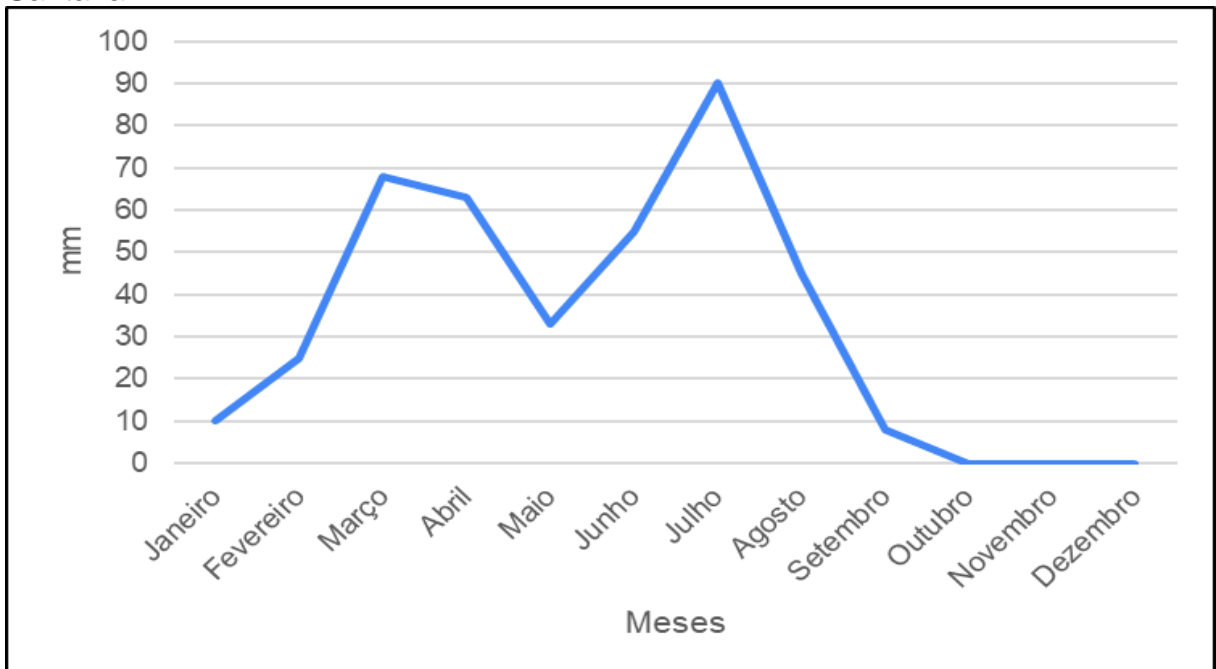
Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Gráfico 1. Análise de componentes principais (ACP) mostrando a distribuição das espécies em função dos atributos foliares AF (cm²), AFE (m².g⁻¹), MFE (g.m⁻²), MSF (g) e EF (mm).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Gráfico 2. Precipitação mensal (mm) no ano 2019 do município de Barra de Santana.



Fonte: Aesa 2022, modificado pelo autor.

5 DISCUSSÃO

De acordo com os resultados, as espécies *A. pyriformium* juntamente com *C. pyramidale* permaneceram por mais tempo com suas folhas, mostrando maior longevidade foliar que as demais (Tabela 1). Essas duas espécies também mostraram maiores valores de MFE e EF (Tabela 2). As folhas que apresentam maior longevidade, também mostram maior MFE e EF, isso foi observado por outros autores com suculentas na Argentina (VEDRAMINI et al., 2002), entre várias espécies de diferentes vegetações na Austrália (WESTOBY; WRIGHT, 2006; PERZ-HARGUINDEGUY et al., 2016). Além disso, alguns autores destacaram que espécies que mostram maior MFE encontram-se em locais mais secos, quentes e com grande irradiação solar, enquanto as folhas que apresentam menor MFE tendem a possuir mais recursos (WRIGHT, 2007; SILVA et al., 2014; PEREZ-HARGUINDEGUY et al., 2016).

As espécies *A. pyriformium*, *C. Pyramidale* e *S. Brasilienses* apresentaram menores valores de AFE, corroborando com alguns estudos de que espécies que apresentam baixa AFE tendem a conservar o recurso nas folhas e geralmente, apresentam folhas mais longevas (Marin; Medina 1981; Wright et al. 2001; Wright et al. 2002; Ishida et al. 2008).

S. tuberosa apresentou menor MSF, enquanto a *C. pyramidale* mostrou maior MSF (Tabela 2). A menor MSF ocorre porque os vegetais que se desenvolvem submetidos a estresses ambientais, sofrem mudanças morfológicas para melhor se adaptarem a esses estresses, como por exemplo, redução na parte aérea, o que resulta na diminuição da massa seca nas folhas. Portanto, mais massa foi distribuída para o caule e raiz do que para as folhas, os órgãos fotossintéticos, e isso pode ser uma vantagem devido ao maior desenvolvimento das raízes para absorção de água, juntamente com nutrientes (WAHID, 2004; SANTIAGO, 2013; MANZANO et al., 2017).

A espécie *A. colubrina* apresentou maior AF e AFE e menor MFE e EF (Tabela 2). De acordo com SOUZA et al, (2015) essa espécie tem uma maior eficiência na fotossíntese por apresentar maior AF, que leva a maior absorção de luz e, portanto, a perda de água. Porém Japiassú, et al. (2016) relatam que *A. colubrina* é sensível à redução hídrica, o que foi comprovado com a perda de folhas após os 30 dias em resposta a diminuição da precipitação entre os meses de abril e maio (Gráfico 2). A escassez hídrica também limita a produção de biomassa da planta, uma vez que

nestas condições pode ocorrer o fechamento estomático por um tempo mais prolongado para reduzir a perda de água, promovendo uma redução no suprimento de CO₂ para as células que realizam a fotossíntese, causando prejuízo ao rendimento de MSF (SILVA et al., 2014; SCALON et al. 2011).

É interessante notar que *A. columbrina* tem folhas recompostas com foliólulos, o que denota que essa modificação morfológica é uma importante estratégia para garantir uma maior biomassa e provavelmente absorção foliar em detrimento da sua baixa espessura (SOUZA et al., 2011).

A Análise de Componentes Principais (Gráfico 1) confirmou, através da divergência de orientação dos eixos específicos, como no caso de *A. columbrina*, que as espécies de menor AF incrementam a EF e MSF (VEDRAMINI et al., 2002; CORNELISSEN et al., 2003; WESTOBY; WRIGHT, 2006; PEREZ- HARGUINDEGUY et al., 2016). A EF está associada a AFE, onde folhas que apresentam menor EF mostram maior AFE (WILSON ET AL., 1999; LEÃO et al. 2009). Tais aspectos, de compensação (demandas conflitantes) entre traços funcionais foliares, explicam como as plantas se especializam para estabelecer-se no ambiente, para evitar que a perda de água possa comprometer o desenvolvimento vegetal.

S. brasiliensis e *S. tuberosa* coincidiram no período quanto a longevidade das folhas (Tabela 1), com perda gradual ao longo do período de observação. A ocorrência das fenofases apresentou relação com a precipitação da área de estudo (Gráfico 2). Segundo Chuine e Beaubien (2001), a relação entre a variação sazonal do clima e as fases fenológicas de uma determinada espécie de planta, é um dos fatores mais relevantes de sua distribuição. Dessa forma, há uma expectativa de que, sobretudo, as espécies endêmicas apresentem respostas fenológicas ajustadas às particularidades do habitat no qual estão inseridas (BATALHA et al., 2013).

Essas espécies se encontram em um ambiente de alta sazonalidade hídrica (ALBUQUERQUE et al., 2012; MENEZES et al., 2012). Sendo assim, a disponibilidade hídrica associada a altas temperaturas e intensa luminosidade, causam alta demanda evaporativa, e, conseqüentemente, dessecação do solo, o que propicia pontos críticos de sobrevivência das várias espécies da caatinga (TROVÃO et al. 2007).

Sazonalidade na fenologia também foi observada por alguns autores e em diversas regiões: cerrado (VIEIRA et al., 2002; BATALHA & MARTINS, 2004; LENZA & KLINK, 2006), Caatinga (LIMA & RODAL, 2010), florestas tropicais (LENZA &

OLIVEIRA, 2005; STAGGEMEIER & MORELLATO 2011) e campos rupestres (BORBA & BRAGA 2003; COELHO & MACHADO 2009).

As espécies *S. brasiliensis*, *A. pyriformium* e *C. pyramidale* foram as espécies que mantiveram o maior número de folhas por mais tempo, e também, de forma similar, se apresentaram de forma positiva no eixo 1 (Gráfico 1), denotando proximidade nas características de MSF, MFE e AF, formando um grupo (Gráfico 1). *S. tuberosa* foi a espécie que apresentou as menores taxas de MSF e MFE, indicando que esta investe pouco em suas folhas, caracterizando uma possível urgência no disparo para formação e manutenção dessas folhas por curto período. Essa característica é reflexo da adaptação da espécie a períodos de pouca disponibilidade hídrica.

6 CONCLUSÃO

De acordo com os dados obtidos, pode-se concluir que os atributos foliares estudados refletem estratégias diferentes, formando grupos funcionais em resposta ao déficit hídrico. Dentre as características foliares estudadas, as que mais influenciaram foram a MSF, MFE e AF, conforme mostrou na ACP, onde os dois eixos explicaram 93, 25% da variação dos dados. Sendo assim, *A. pyrifolium*, *C. pyramidale* e *S. brasiliensis*, formam um grupo, enquanto a *S. tuberosa* e *A. columbrina* formam outro grupo. *A. pyrifolium*, *C. pyramidale* foram as espécies que mostraram maior longevidade foliar. As espécies *S. brasiliensis* e *S. tuberosa* tiveram perda gradual das folhas, o que indica coortes foliares, enquanto a *A. columbrina* foi a espécie que apresentou folhas com menor longevidade.

REFERÊNCIAS

- ABE, Natália; MIATTO, Raquel Carolina; BATALHA, Marco Antonio. Relationships among functional traits define primary strategies in woody species of the Brazilian “cerrado”. **Brazilian Journal of Botany**, v. 41, n. 2, p. 351-360, 2018.
- AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>, acesso: 03/03/2022.
- ALBUQUERQUE, U.P., ARAÚJO, E.L. Effect of temporal variation in precipitation on the demography of four herbaceous populations in a tropical dry forest area in Northeastern Brazil. **Revista de biologia tropical**, v.63, p.903-914, 2015.
- ALBUQUERQUE, Ulysses Paulino et al. Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. **The Scientific World Journal**, v. 2012, 2012. doi.org/10.1100/2012/205182
- AMORIM, I.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.L. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga do Seridó, RN. **Revista Árvore**, v.33, n.3, p. 491-499, 2009.
- ANA- **Agencia Nacional de Águas: A Questão da Água no Nordeste / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas**. – Brasília, DF: CGEE, 2012. p.; il, 24 cm ISBN 978-85-60755-45-5
- ANDRADE, L. A.; PEREIRA, I. M.; LEITE, U. T.; BARBOSA, M. R. V. Análise da Cobertura de duas Fitofisionomia da Caatinga com Diferentes Históricos de Uso, no Município de São Joao do Cariri, Estado da Paraíba. **Revista Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 253 – 262, 2005.
- ARAÚJO, E. L.; FERRAZ, E. M. N. Processos ecológicos mantenedores da diversidade vegetal na Caatinga: estado atual do conhecimento. In: CLAUDINO-SALES, V. (Ed.) **Ecosistemas brasileiros: manejo e conservação**. Fortaleza: Expressões Gráficas. p. 115-128, 2003.
- ARAÚJO, E. L.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, S. I.; SILVA, K. A.; SILVA, P. P. A.; SANTOS, A. V. C.; SANTIAGO, G. A. S. Ecofisiologia de plantas da caatinga e implicações com a dinâmica das populações e do ecossistema. In: MOURA, A. N.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. (Ed.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos**. Vol. 1. Bauru: Canal6, p. 327-361, 2008.
- BARBOSA, D. C. A.; BARBOSA, M. C. A; LIMA, L.C.M. **Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga**. Pp. 657-693. In: I.R. Leal; M. Tabarelli.; J.M.C. Silva (eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: UFPE. 2003.
- BARBOSA, J.L.A.; ALVES, S.M.; PRAZERES; PAIVA, A.M.A. Dados fenológicos de 10 espécies arbóreas de uma área de Caatinga. **Acta Botânica Brasilica**, v.3, p.109-117, 1989.

BATALHA, M. A., & MARTINS, F. R. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). ***Australian Journal of Botany***, vol. 52(2), 149-161, 2004. doi: 10.1071/BT03098

BELO, R. M.; NEGREIROS, D. G.; FERNANDES, W.; SILVEIRA, F. A. O.; RANIERI, B. D.; MORELLATO, P. C. Fenologia reprodutiva e vegetativa de arbustos endêmicos de campo rupestre na Serra do Cipó, Sudeste do Brasil. ***Rodriguésia***, v. 64, n. 4, p. 817-828, 2013.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. ***Revista Brasileira de Botânica***, v. 25, n.3, p. 269-275, 2002a.

BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BIE, S.; KETNER, P.; PAASSE, M.; GEERLING, C. Woody plant phenology in the West Africa savanna. ***Journal of Biogeography***, v.25, p.883-900, 1998.

BIOCLIM. Bioclimatic variables. Disponível em: <http://geospatialdatawiki.wikidot.com/bioclim-data-sets>. Acesso em: 10 de maio, 2017.

BOEGER, M. R. T.; GLUZEZAK, R. M. Adaptações estruturais de sete espécies de planta para as condições ambientais da área de dunas de Santa Catarina, Brasil. Iheringia, ***Série Botânica*** 61(1-2): p. 73-82, 2006.

BORBA, E. L.; BRAGA, P. I. S. Biologia reprodutiva de *Pseudolaelia corcovadensis* (Orchidaceae): melitofilia e autocompatibilidade em uma Laeliinae basal. ***Revista Brasileira de Botânica***, v. 26, p. 541-549, 2003.

BORGES, M. P.; PRADO, C. H. B.A. Relationships between leaf deciduousness and flowering traits of woody species in the Brazilian neotropical savanna. ***Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants***, v. 209, n. 1, p. 73-80, 2014. doi:10.1016/j.flora.2013.10.004

BORGES, M.P. **Caracterização dos grupos funcionais de espécies arbóreas do cerrado**. 2016. 109 f. Tese (Doutorado em Ciências: Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2016.

BORGES, M., PRADO, C.H.B.A. The significance of crown traits in cerrado vegetation. In: PRICE, R (Ed.). ***Savannas: Exploration, Threats and Management Strategies***. NY: NOVA Science Publishers, p. 1-29, 2018.

BRAND, M. A. Potencial de uso da biomassa florestal da caatinga, sob manejo sustentável, para geração de energia. ***Ciência Florestal***, v. 27, n. 1, p. 117-127, 2017.

BULHÃO, C. F.; FIGUEIREDO, P. S. Fenologia de Leguminosas Arbóreas em uma Área de Cerrado Marginal do Nordeste do Maranhão. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 361-369, 2002.

BUSTAMANTE, J. A. B.; ALVALÁ, R. C. S.; VON RANDOW, C. Seasonal Variability of Vegetation and Its Relationship to Rainfall and Fire in the Brazilian Tropical Savanna. In: Boris Escalante-Ramirez. (Org.). **Remote Sensing - Applications**. Intech, v. 1, p. 77-98, 2012.

CHAGAS, P. T.; ALBERT, R.; FERNANDES, T. G.; VIEIRA, F. A. Fenologia reprodutiva e vegetativa da *Jatropha gossypifolia* L. (Euphorbiaceae) em Macaíba/RN. **VIII Simpósio Brasileiro de Pós-graduação em Ciências Florestais**. 28-47-1, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.12702/VIII.SimposFloresta.2014.28-47-1>

CHAVE, J.; COOMES, D.; JANSEN, S.; LEWIS, S. L.; SWENSON, N. G.; ZANNE, A. E. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, v. 12 p. 351-366, 2009.

CHUINE, I.; BEAUBIEN, E. G. Phenology is a major determinant of tree species range. **Ecology Letters**, v. 4, p. 500–510, 2001.

COELHO, A. G.; MACHADO, C. G. Fenologia reprodutiva de *Prepusa montana* Mart. (Gentianaceae) em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, BA, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, p. 405-410, 2009.

CORNELISSEN, J. H.C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DÍAZ, S.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D. E.; REICH, P. B.; TER STEEGE, H.; MORGAN, H. D.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; PAUSAS, J. G.; POORTER, H. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, vol. 51 (4), pag. 335-380, 2003. <https://doi.org/10.1071/BT02124>

DAMASCOS, M. A.; PRADO, C. H. B. A.; RONQUIM, C. C. Bud composition, branching patterns and leaf phenology in cerrado woody species. **Annals of Botany**, v. 96, n. 6, p. 1075 – 1084, 2005.

DANTAS, FRANCISCA CLENILDA PEREIRA; TAVARES, MARIA LUCINE ROCHA; TARGINO, MICAELA DA SILVA; COSTA, ANDRÉ PEREIRA DA; DANTAS, FRANCISCO ODAIR. *Ziziphus joazeiro* Mart. - Rhamnaceae: características biogeoquímicas e importância no bioma Caatinga. **Revista Principia: DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IFPB**, Joao Pessoa, n. 25, p. 51-57, dez. 2014.

DIAZ, S. et al. The plant traits that drive ecosystems: evidence from three continents. **Journal of vegetation science**, v. 15, n. 3, p. 295-304, 2004.

DÍAZ, Sandra et al. The global spectrum of plant form and function. **Nature**, v. 529, n. 7585, p. 167, 2016.

FU, Pei-Li et al. Stem hydraulic traits and leaf water-stress tolerance are co-ordinated with the leaf phenology of angiosperm trees in an Asian tropical dry karst forest. **Annals of Botany**, v. 110, n. 1, p. 189-199, 2012.

GIULIETTI, A. M.; CONCEIÇÃO, A.; QUEIROZ, L. P. Diversidade e caracterização das fanerógamas do semi-árido brasileiro. **Associação Plantas do Nordeste**, Recife, v, 1, 2006. 488 p.

GIVNISH, T. J. Comparative studies of leaf form: Assessing the relative roles of selective pressures and phylogenetic constraints. **New Phytologist.**, 106: 131-160. 1987.

GRUBB, P.J. Leaf form and function – towards a radical new approach. **New Phytologist** 155: 317-320, 2002.

HASSELQUIST, N. J.; ALLEN, M. F.; SANTIAGO, L. S. Water relations of evergreen and drought-deciduous trees along a seasonally dry tropical forest chronosequence. **Oecologia**, v.164, p.881-890, 2010.

HOLBROOK, N.M.; WHITBECK, J.L.; MOONEY, H.A. Drought responses of neotropical dry forest trees. Pp. 243-276. In: S.H. Bullock; H.A. Mooney & E. Medina (Eds.). **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge: Cambridge University Press, LENZA1995.

JAPIASSÚ, A.; LOPES, K. P.; DANTAS, J. G.; NÓBREGA, J. S. Fenologia de quatro espécies arbóreas da Caatinga no Semiárido paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** V.11, Nº 4, p. 34-43, 2016.

KIKUZAWA K.; LECHOWICZ M. J. Ecology of Leaf Longevity. New York, **Springer**. 147 p. 2011.

KIKUZAWA, K. et al. Mechanisms underlying global temperature-related patterns in leaf longevity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 22, n. 8, p. 982-993, 2013. doi: 10.1111/geb.12042

KIKUZAWA, K. Leaf phenology as an optimal strategy for carbon gain in plants. **Canadian Journal of Botany**, 73: 158-163, 1995.

KIKUZAWA, K; ACKERLY, D. Significance of leaf longevity in plants. **Plant Species Biology**, v. 14, n. 1, p. 39-45, 1999. doi: 10.1046/j.1442-1984.1999.00005.x

LEÃO, T. C. C.; SILVA, E. E. S.; DEMÉTRIO, K. M.; SOUZA, A. A.; RIBEIRO - NETO, J. D. Estratégias foliares em diferentes estratos verticais da vegetação na caatinga. Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço, Minas Gerais, p. 1-3, 2009.

LENZA, E.; KLINK, C. A. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, p.627-638, 2006.

LENZA, E.; OLIVEIRA, P. E. Biologia reprodutiva de *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae), uma espécie dióica em mata de galeria do Triângulo Mineiro, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, p. 179-190, 2005.

LIMA, A. L. A. **TIPOS FUNCIONAIS FENOLÓGICOS EM ESPÉCIES LENHOSAS DA CAATINGA, NORDESTE DO BRASIL**. 2010. 116 f. Tese (Mestrado em Botânica) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Recife- PE, 2010.

LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 11, p. 1363-1373, 2010.

LIMA, A.L.A.; SAMPAIO, E. V. D. S. B.; DE CASTRO, C. C.; RODAL, M. J. N.; ANTONINO, A. C. D.; MELO, A. L. Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil?. **Trees**, v. 26, n. 5, p. 1605-1616, 2012.

LIMA, A.L.S.; ZANELLA, F.; SCHIAVINATO, M.A. & HADDAD, C.R.B. Nitrogenous compounds, phenolic compounds and morphological aspects of leaves: comparison of deciduous and semideciduous arboreal legumes. **Scientia Agricola**, 63: 40-45, 2006.

LIMA, E. L.; ARAUJO, E.L.; SAMPAIO, E. V. S. B; FERRAZ, E. M. N; SILVA, K. A.; PIMENTELL, R. M. M. Fenologia e Dinâmica de duas Populações Herbáceas da Caatinga. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 24, no 1, jan/abr. 2007.

MACHADO, I.C.; BARROS, L.M.; SAMPAIO, E. Phenology of Caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. **Biotropica**, v.29, n.1, p.58-68, 1997.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora, 413p. 2004

MANZANO, E. R.; ANDRADE, J. L.; ZOTZ, G.; GARCÍA, C. R. Physiological plasticity of epiphytic orchids from two contrasting tropical dry forests. **Acta Oecologica**, Volume 85, Pages 25-32, 2017. ISSN 1146-609X,

MARENCO, R. A.; SOUSA, F. F.; OLIVEIRA, M. F. Leaf phenology, growth and photosynthesis in *Pseudobombax munguba* (Malvaceae). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 66, n.1, p. 001-010, jan/fev, 2019. ISSN 0034-737X. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201966010001>.

MARKESTEIJN, Lars; POORTER, Lourens. Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought-and shade-tolerance. **Journal of Ecology**, v. 97, n. 2, p. 311-325, 2009.

MENEZES, R. S. C. et al. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Brazilian Journal of Biology**. 2012, v. 72, n. 3, p. 643-653, 2012. doi: /10.1590/S1519-69842012000400004

MENEZES, Tatiane Gomes Calaça et al. Do seedling functional groups reflect ecological strategies of woody plant species in Caatinga?. **Acta Botanica Brasilica**, n. AHEAD, p. 0-0, 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Caatinga. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>. Acesso em: 20 de Ago. de 2020.

MIRANDA I.S. Fenologia do estrato arbóreo de uma comunidade de cerrado em Alterdo-Chão. **Revista Brasileira de Botânica** 18:235-240, 1995.

MIRANDA, R. Q.; NÓBREGA, R. L. B.; MOURA, M. S. B.; Raghavan, S.; Galvêncio, J. D. Realistic and simplified models of plant and leaf area indices for a seasonally dry tropical forest. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v. 85: 101992. 2020.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; AMORIM, E. L. C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova** [online]. 2005, v. 28, n. 5, pp. 892-896. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000500029>.

MORAIS, H.C., DINIZ, I.R.; BAUMGARTEN, L. Padrões de produção de folhas e sua utilização por larvas de Lepidoptera em um cerrado de Brasília. **Revista Brasileira de Botânica** 18:163-170, 1995.

MORELLATO, L. P. C. et al. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, v. 195, p. 60-72, 2016. doi: 10.1016/j.biocon.2015.12.033

MORO, M. F.; NIC LUGHADHA, E.; ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R. A. Phytogeographical Metaanalysis of the Semiarid Caatinga Domain in Brazil. **Botanical Review**, v. 82, n. 2, p. 91–148, 2016. DOI. 10.1007/s12229-016-9164-z

MOURA, Y. M.; GALVÃO, L. S.; HILKER, T.; WU, J.; SALESKA, S.; AMARAL, C. H.; NILSON, B. W.; LOPES, A. P.; WIEDEMAN, K. K.; PROHASKA, N.; OLIVEIRA, R.C.; MACHADO, C. B.; ARAGÃO, L. E. O. C. "Spectral Analysis of Amazon Canopy Phenology during the Dry Season Using a Tower Hyperspectral Camera and Modis Observations." **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing** 131: 52–64. 2017.

OLIVEIRA P.E.; GIBBS P.E. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. **Flora** 195:311-329, 2000.

OLIVEIRA, C. C.; ZANDEVALLI, R. B.; LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Functional groups of woody species in semi-arid regions at low latitudes. **Austral Ecology**, v. 40, n. 1, p. 40-49, 2015.

OLIVEIRA, M. B. L.; SANTOS, A. J. B.; MANZI, A. O.; ALVALÁ, R. C. S.; CORREIA, M. F.; MOURA, M. S. B. Trocas De Energia E Fluxo De Carbono Entre A Vegetação De Caatinga E Atmosfera No Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3b, 378-386, 2005.

PAU, S.; WOLKOVICH, E. M.; COOK, B. I.; DAVIES, T. J.; KRAFT, N. J. B.; BOLMGREN, K.; BETANCOURT, J. L.; CLELAND, E. E. Predicting phenology by integrating ecology, evolution and climate science. **Global Change Biology**, v.17, p. 3633–3643, 2011.

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B. L. & MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences** 11: 1633-1644, 2007.

PEREIRA, J. B. A. **Avaliação do Crescimento, Necessidade Hídrica e Eficiência no Uso da Água pela Cultura do Pimentão (*Capsicum annum. L*), sob Manejo Orgânico nos Sistemas de Plantio com Preparo do Solo e Direto** – Seropédica, RJ. 2006. 112f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica- RJ, 2006.

PEREIRA, R.M.A.; ARAÚJO FILHO, J.A.; LIMA, R.V.; LIMA, F.D.G.; ARAÚJO, Z. B. Estudos fenológicos de algumas espécies lenhosas e herbáceas da Caatinga. **Ciência Agrônômica**, v.20, n. ½, p.11-20, 1989.

PEREZ-HARGUINDEGUY, Natalia et al. Corrigendum to: new handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of botany**, v. 64, n. 8, p. 715-716, 2016.

PRADO, C.H. B. A.; DE MELO TROVÃO, D. M.; SOUZA, J. P. A network model for determining decomposition, topology, and properties of the woody crown. **Journal of Theoretical Biology**. v. 499, p. 110318, 2020. doi: 10.1016/j.jtbi.2020.110318

QUEIROZ, L.P. Leguminosas da Caatinga. **Royal Botanic Gardens, Kew e Associação de Plantas do Nordeste**. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009.

REICH, P. B. et al. Different photosynthesis-nitrogen relations in deciduous hardwood and evergreen coniferous tree species. **Oecologia**, v. 104, n. 1, p. 24-30, 1995. doi: 10.1007/BF00365558

REICH, P. B. et al. Generality of leaf trait relationships: a test across six biomes. **Ecology**, v. 80, n. 6, p. 1955-1969, 1999. doi:10.1890/0012-9658

REICH, P. B.; WALTERS, M. B.; ELLSWORTH, D. S. From tropics to tundra: global convergence in plant functioning. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 94, n. 25, p. 13730-13734, 1997. doi:10.1073/pnas.94.25.13730

REICH, P.B. Phenology of tropical forests: patterns, causes, and consequences. **Canadian Journal of Botany** 73: 164-174, 1995

REICH, P.B.; WALTERS, M.B.; ELLSWORTH, D.S. Leaf lifespan in relation to leaf, plant and stand characteristics among diverse ecosystems. **Ecological Monographs** 62: 365- 392, 1992.

REICH, Peter B. et al. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. **International Journal of Plant Sciences**, v. 164, n. S3, p. S143-S164, 2003.

REICH, P. B. et al. Leaf demography and phenology in Amazonian rain forest: a census of 40 000 leaves of 23 tree species. **Ecological monographs**, v. 74, n. 1, p. 3-23, 2004. doi: 10.1890/02-4047

RIBEIRO, E. M. S.; SANTOS, B. A.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; TABARELLI, M.; SOUZA, G.; LEAL, I. R. Phylogenetic impoverishment of plant communities following chronic human disturbances in the Brazilian Caatinga. **Ecology**, v. 97, n. 6, p. 1583–1592, 2016. DOI. 10.1890/15-1122.1

RICHARDSON, A. D.; KEENAN, T. F.; MIGLIAVACCA, M.; RYU, Y.; SONNENTAG, O.; TOOMEY, M. Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 169, p. 156–173, 2013.

RODAL, M.J.N. & E.V.S.B. SAMPAIO. A vegetação do bioma caatinga. p.11-24 In: Vegetação e flora das caatingas (SAMPAIO, E.V.S.B., A.M.; GIULIETTI, J. VIRGÍNIO & C.F.L. GAMARRA-ROJAS, ed.). **APNE / CNIP**, Recife, PE. 2002.

ROSADO, B. H. P. **A importância da inclusão de diferentes dimensões de variação de características morfo-fisiológicas e de crescimento para o entendimento dos padrões de dominância de plantas de restinga**. Dissertação (Mestrado em Ecologia), 100 f. Instituto de Biologia/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

ROSSATTO, D.R.; HOFFMAN, W.A. & FRANCO, A.C. 2009. Tropical forest trees have higher radial growth rates and delayed leaf flush relative to co-occurring savanna congeners. **Functional Ecology**, v. 23, p. 689 – 698, 2009. doi: 10.1111/j.1365-2435.2009.01568.x

SAMPAIO, E. V. S. B. Overview of the Brazilian caatinga. In: BULLOCK, S. H.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E. Seasonally dry tropical forests. p. 34-63. Cambridge **University Press**, Cambridge, p. 34-63, 1995.

SÁNCHEZ, A. S.; ALMEIDA, M. B.; TORRES, E. A. ; KALID. R. A.; COHIM. E.; GASPARATOS, A. "Alternative Biodiesel Feedstock Systems in the Semi-Arid Region of Brazil: Implications for Ecosystem Services." **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 81: 2744–58. 2018.

SANTIAGO, R. R. **Atributos foliares como ferramenta de identificação de grupos funcionais da caatinga**. 2013. 28 f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas), Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande-PB, 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA,

J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SANTOS, J. C.; LEAL, I. R.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FERNANDES, G. W.; TABARELLI, M. Caatinga: The scientific negligence experienced by a dry tropical forest. **Tropical Conservation Science**, v. 4, n. 3, p. 276–286, 2011. DOI. 10.1177/194008291100400306

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. DE M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, 21 (4): p. 655-662, 2011. SHUGART, H. H. **Plant and ecosystem functional types**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

SILVA, A. M. L.; LOPES, S. F.; VITORIO, L. A. P.; SANTIAGO, R. R.; MATTOS, E. A.; TROVÃO, D. M. Plant functional groups of species in semiarid ecosystems in Brazil: wood basic density and SLA as an ecological indicator. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 229-237, 2014a.

SILVA, Elizamar Ciríaco et al. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia. Série Botânica.**, v. 59, n. 2, p. 201-206, 2004.

SILVA, Fernanda Kelly Gomes et al. Patterns of species richness and conservation in the Caatinga along elevational gradients in a semiarid ecosystem. **Journal of Arid Environments**, v. 110, p. 47-52, 2014.

SILVA, M. D. **Resiliência e susceptibilidade de tipos funcionais vegetais na paisagem no semiárido nordestino**. 2012. 121 f. Tese (Geografia), Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

SILVA, F. O. R. *et al.* Efeito do resíduo de tanque de piscicultura na produção de mudas de maracujazeiro. **Bol. Ind. Anim.**, Nova Odessa, v. 74, n. 1, p. 58-64, 2017.

SILVÉRIO, D. V.; LENZA, E. Fenologia de espécies lenhosas em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 3, p. 205-216, 2010. doi: 10.1590/S1676-06032010000300024

SOBRINHO, M. S.; TABARELLI, M.; MACHADO, I. C.; SFAIR, J. C.; BRUNA, E. M.; LOPES, A. V. Land use, fallow period and the recovery of a Caatinga forest. **Biotropica**, v. 48, n. 5, p. 586–597, 2016. DOI. 10.1111/btp.12334

SOUZA, B. C. et al. Divergências funcionais e estratégias de resistência à seca entre espécies decíduas e sempre verdes tropicais. **Rodriguésia-Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 66, n. 1, p. 021-032, 2015.

SOUZA, J. P.; ALBINO, A. L. S.; PRADO, C. H. B.A. Evidence of the effects of fire on branching and leaf development in cerrado trees. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n. 4, p. 677-685, 2017. doi: 10.1590/0102-33062017abb0123

SOUZA, J. P.; PRADO, C. H. B. A.; ALBINO, A. L. S.; DAMASCOS, M. A. Shoot-
foliage relationships in deciduous, semideciduous, and evergreen cerrado tree
species. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 21, n.1, p. 76-86, 2009.
doi.org/10.1590/S1677-04202009000100009

STAGGEMEIER, V. G.; MORELLATO, L. P. C. Reproductive phenology of coastal
plain Atlantic forest vegetation: Comparisons from seashore to foothills. *International
Journal of Biometeorology*, v. 55, n. 6, p. 843–854, 2011.

THOMAS, H; STODDART, J. L. Leaf senescence. *Annual Review of Plant Biology*,
v. 31, p. 83-11, 1980.

TOMLINSON, K. W. et al. Deciduous and evergreen trees differ in juvenile biomass
allometries because of differences in allocation to root storage. **Annals of botany**, v.
112, n. 3, p. 575-587, 2013a. doi: 10.1093/aob/mct132

TROVÃO, D. M. B. M.; FERNANDES P. D; ANDRADE, L. A.; NETO, J. D. Variações
sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de
Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 307-311, 2007.

VENDRAMINI, F.; DÍAZ, S.; GURVICH, D. E.; WILSON, P. J.; THOMPSON, K.;
HODGSON, J. G. Leaf traits as indicators of resource-use strategy in floras with
succulent species. **New Phytologist**, vol. 154 (1), pag. 147-157, 2002. doi:
10.1046/j.1469-8137.2002.00357.x

VIEIRA, D. L. M.; AQUINO, F. G.; BRITO, M. A.; FERNANDES- BULHÃO, C.;
HENRIQUES, R. P. B. Síndromes de dispersão de espécies arbustivo-arbóreas em
cerrado sensu stricto do Brasil Central e savanas amazônicas. **Revista Brasileira
de Botânica**, v. 25, p. 215-220, 2002.

WAHID, A. Analysis of toxic and osmotic effects of sodium chloride on leaf growth
and economic yield of sugarcane. **Bot. Bull. Acad. Sin.** Vol. 45, p. 133-141, 2004

WESTOBY, M; WRIGHT, I. J. Land-plant ecology on the basis of functional traits.
Trends Ecology, v.21, p.261-268, 2006.

WESTOBY, Mark et al. Plant ecological strategies: some leading dimensions of
variation between species. **Annual review of ecology and systematics**, v. 33, n. 1,
p. 125-159, 2002.

WILSON, P., THOMPSON, K., & HODGSON, J. Specific leaf area and leaf dry
matter content as alternative predictors of plant strategies. **New Phytologist**, vol.
143(1), pag. 155-162, 1999. doi:10.1046/j.1469-8137.1999.00427.x

WOODWARD, F. I.; KELLY, C. K. **Plant functional types: towards a definition by
environmental constraints. Plant functional types: their relevance to ecosystem
properties and global change.** Cambridge University Press, Cambridge, p. 47-65,
1997.

WRIGHT, I. J. et al. The worldwide leaf economics spectrum. **Nature**, v. 428, n. 6985, p. 821, 2004. doi: 10.1038/nature02403

WRIGHT, Ian J. et al. Relationships among ecologically important dimensions of plant trait variation in seven Neotropical forests. **Annals of Botany**, v. 99, n. 5, p. 1003-1015, 2007.