

ÉRICA DAIANE MARQUES DA SILVA

**COORDENAÇÃO FUNCIONAL E FENOLÓGICA DE ESPÉCIES LENHOSAS DE
UMA FLORESTA RIPÁRIA NA CAATINGA**

SERRA TALHADA,

2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO**

**COORDENAÇÃO FUNCIONAL E FENOLÓGICA DE ESPÉCIES LENHOSAS DE
UMA FLORESTA RIPÁRIA NA CAATINGA**

Érica Daiane Marques da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre.

Linha de pesquisa: Ecologia, Conservação e uso da Biodiversidade de Ambientes Terrestres.

Prof. Dr. ANDRÉ LUIZ ALVES DE LIMA
Orientador

SERRA TALHADA,

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada-PE, Brasil

S586c Silva, Érica Daiane Marques da
Coordenação funcional e fenológica de espécies lenhosas de uma
floresta ripária na caatinga / Érica Daiane Marques da Silva. - Serra
Talhada, 2019.
64 f. : il.

Orientador: André Luiz Alves de Lima

Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de
Serra Talhada, Serra Talhada, PE, 2019.

Inclui referências.

1. Fenologia vegetal. 2. Matas ripárias. 3. Ecologia da caatinga. I.
Lima, André Luiz Alves de, orient. II. Título.

CDD 631

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO**

**COORDENAÇÃO FUNCIONAL E FENOLÓGICA DE ESPÉCIES LENHOSAS DE
UMA FLORESTA RIPÁRIA NA CAATINGA**

Érica Daiane Marques da Silva

Dissertação julgada adequada para obtenção do título de mestre em Biodiversidade e Conservação. Defendida e aprovada em 26/02/2019 pela seguinte Banca Examinadora.

Prof. Dr. ANDRÉ LUIZ ALVES DE LIMA - Orientador
[Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada]

Prof. Dr. ANDRÉ LAURÊNIO DE MELO – Membro Interno
[Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada]

Prof.^a. Dr.^a. LÍGIA SILVEIRA FUNCH – Membro Externo
[Universidade Estadual de Feira de Santana]

Prof. Dr. Airton Torres Carvalho – Membro Interno (suplente)
[Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada]

Prof. Dr. Daniel Portela Wanderley de Medeiros – Membro Externo (suplente)
[Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada]

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Raimunda Nonata Marques da Silva e Edivanio Barros da Silva, que mesmo em meio a tantas dificuldades nunca desanimaram e não pouparam esforços para que eu pudesse chegar até aqui. Tudo é por vocês!

Ao meu amado esposo, por todo amor e apoio incondicional que me trouxeram alegria e confiança quando nem eu mesmo acreditei em mim.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, cuidado e amor.

Aos meus pais, por todo apoio e amor incondicional. Agradeço por sempre acreditarem que eu posso ir além.

Ao meu amado esposo, por todo o cuidado, conforto pessoal, preocupação e sacrifício. Por todas as idas e ajuda em campo e laboratório, sem a qual eu jamais conseguiria concluir este trabalho.

Ao meu querido orientador Prof. Dr. André Luiz Alves de Lima, por toda paciência, disponibilidade e aprendizado. Agradeço não só pelo crescimento científico e profissional, mas por todo o crescimento pessoal que me proporcionou nestes dois anos.

A Nielson Brito, Maria Jucicléia e Ana Paula Alves, por toda ajuda em campo.

À Marcondes, por toda ajuda com os dados meteorológicos.

De forma especial, à minha querida amiga Andréa Oliveira, não só pela ajuda em campo, mas por todo o incentivo, conversas e desabafos. Sua amizade deixou essa jornada mais feliz e bem mais leve.

À professora Dr.^a Renata Akemi Shinozaki Mendes, por toda ajuda com a estatística e pelo incentivo.

A todos os colegas de mestrado, em especial Paulo Miranda e Patrícia Menezes, por todas as conversas jogadas fora que alegraram os meus dias na PGBC.

Aos professores Airton Torres e Rogério Saraiva, por toda contribuição seja ela direta ou indireta.

À professora Dr.^a Maria Jesus Nogueira Rodal por toda contribuição na escrita deste trabalho.

À Universidade Federal de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, pela estrutura física, professores e funcionários.

À Vanuza, secretária da PGBC por todo o incentivo e alegria.

À FACEPE pela concessão da bolsa.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. André Laurênio, Prof.^a Dr.^a Lígia Funch, Prof. Dr. Airton Torres Carvalho e Prof. Dr. Daniel Portela Wanderley de Medeiros, por todas as contribuições para o enriquecimento deste trabalho.

A todos os professores e funcionários que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

E não poderia deixar de agradecer aos meus familiares que sempre estiveram comigo, me fortalecendo e acreditando tanto em mim. Em especial aos meus irmãos Andréa Tatiani, Emerson Bruno, à minha pequena Júlia, aos meus tios Janeide, Cícero, Genilson e Vandineide. Ao meu avôzinho, Oscar e a minha querida amiga Adriana Gomes. Eu jamais conseguiria sem todo o amor e incentivo de vocês.

“Não existem caminhos já feitos. O
nosso ir faz o caminho.”

C. S. Lewis

RESUMO

O conhecimento sobre a fenologia vegetal e a identificação de grupos funcionais são importantes para uma melhor compreensão do funcionamento dos ecossistemas, incluindo sua ecologia, dinâmica e evolução. A fenologia de plantas de florestas tropicais sazonalmente secas é coordenada pelos fatores abióticos e pelos traços funcionais morfológicos da espécie, principalmente aqueles relacionados às relações hídricas da planta. Contudo, poucos ecossistemas foram investigados a este respeito, como é o caso das florestas ripárias de ambientes semiáridos. Desta forma, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência das variáveis abióticas e das características funcionais morfológicas na fenologia e na formação dos grupos funcionais de espécies lenhosas de uma floresta ripária. Foram mensurados e analisados traços funcionais de fenologia vegetativa, traços de folha (área foliar específica, área foliar, espessura foliar e teor de matéria seca foliar), densidade de madeira e quantidade saturada de água do caule e suas relações com a disponibilidade de água do solo e outras variáveis abióticas. Os traços funcionais foram ordenadas utilizando-se o índice de *Bray-Curtis* e posteriormente feita uma análise de escalonamento multidimensional para a identificação dos principais grupos funcionais. Foi feita uma análise de componentes principais para identificar quais variáveis tiveram maior influência sobre as espécies e uma análise de correspondência canônica para verificar quais fatores abióticos influenciaram mais no desencadeamento das fenofases em cada grupo. Os traços funcionais morfológicos influenciaram a formação dos grupos e o comportamento fenológico das espécies. Três grupos funcionais foram identificados: espécies decíduas de alta densidade de madeira, decíduas de baixa densidade de madeira e espécies não decíduas (semidecíduas e sempre verdes). As espécies de cada grupo exibiram fortes relações entre si nos traços de área foliar, densidade de madeira, quantidade de água do caule e área foliar específica. Decíduas e semidecíduas apresentaram forte dependência dos fatores abióticos ligados à precipitação e temperatura, enquanto as espécies sempre verdes demonstraram forte dependência do déficit de pressão de vapor para desencadeamento das fenofases. Esses resultados reforçam a importância de estudos que relacionem traços funcionais à fenologia e fatores abióticos, permitindo avanços na compreensão das estratégias de plantas de ambientes sazonalmente secos.

Palavras-chave: Grupos funcionais, uso de água, semiárido, traços foliares, densidade de madeira

ABSTRACT

Knowledge about plant phenology and the identification of functional groups are important for a better understanding of the functioning of ecosystems, including their ecology, dynamics and evolution. The phenology of plants from seasonally dry tropical forests is coordinated by the abiotic factors and the functional morphological traits of the species, especially those related to the water relations of the plant. However, few ecosystems have been investigated in this regard, as is the case of riparian forests in semi-arid environments. We aim was to evaluate the influence of abiotic variables and morphological functional characteristics on the phenology and formation of the functional groups of woody species of a riparian forest. Were measured and analyzed functional traits of vegetative phenology, leaf traits (specific leaf area, leaf area, leaf thickness and leaf dry-matter content), wood density and saturated capacity of stem water and their relationships with the soil water availability and other abiotic variables. Functional traits were ordered using the Bray-Curtis index and then a multidimensional scaling analysis was performed to identify the main functional groups. A principal component analysis was performed to identify which variables had the greatest influence on the species and a canonical correspondence analysis to verify which abiotic factors influenced the phenophase trigger in each group. The functional morphological traits influenced the formation of the groups and the phenological behavior of the species. Three functional groups were identified: deciduous species of high wood density, deciduous low wood density and non-deciduous species (semideciduous and evergreen). The species of each group exhibited strong relationships among themselves in leaf area traits, wood density, amount of stem water and specific leaf area. Deciduous and semideciduous plants showed strong dependence on the abiotic factors associated with precipitation and temperature, while the evergreen species showed a strong dependence on the vapor pressure deficit for the phenophases to be triggered. These results reinforce the importance of studies that relate functional traits to phenology and abiotic factors, allowing advances in the understanding of plant strategies of seasonally dry environments.

Keywords: Functional groups, water use, semi-arid, leaf traits, wood density.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Dados abióticos mensais do Parque Estadual Mata da Pimenteira, Serra Talhada - PE, Brasil.....	45
Figura 2 - Análise de Cluster e análise de escalonamento multidimensional (MDS) das características funcionais de espécies lenhosas de uma área de floresta ripária na caatinga, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil, entre junho/2017 e novembro/2018.....	50
Figura 3 - Eventos fenológicos vegetativos dos grupos funcionais identificados na mata ripária do Parque Estadual Mata da Pimenteira, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. DBDM: Decíduas de baixa densidade de madeira; DADM: decíduas de alta densidade de madeira; SD: semidecíduas; SV: sempre verdes.....	52
Figura 4 - Análise de Componentes Principais (PCA) dos traços funcionais das espécies amostradas (AF = área foliar, AFE = área foliar específica, DM = densidade da madeira, EF = espessura foliar, QAsat = quantidade de água saturada no caule, TMSF = teor de matéria seca foliar, DADM = decíduas de alta densidade de madeira, DBDM = decíduas de baixa densidade de madeira, ND = não decíduas).....	53
Figura 5 - Análise de Correspondência Canônica (CCA) com os fatores ambientais e os grupos funcionais para as fenofases vegetativas das espécies lenhosas de uma mata ripária do Parque Estadual Mata da Pimenteira, Serra Talhada- PE, Brasil, no período de junho/2017 a novembro/2018.....	54

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Traços funcionais de espécies lenhosas do Parque Estadual Mata da Pimenteira, Serra Talhada – PE, Brasil, ordenados conforme a densidade de madeira, no período de junho/2017 a novembro/2018.....	49

SUMÁRIO

Página

DEDICATÓRIA

AGRADECIMENTO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1. FENOLOGIA: ASPECTOS GERAIS.....	17
2.2. TRAÇOS FUNCIONAIS MORFOLÓGICOS E FENOLOGIA.....	19
2.3. PADRÕES FENOLÓGICOS DE PLANTAS DE FLORESTAS TROPICAIS SECAS.....	23
2.4. FENOLOGIA DE FLORESTAS RIPÁRIAS.....	26
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
4. ARTIGO CIENTÍFICO.....	39
4.1. <i>Artigo científico I</i>	41
5. CONCLUSÕES.....	63
Declaração sobre plágio.....	64

1. INTRODUÇÃO

A fenologia de plantas de ambientes sazonalmente secos apresenta uma alta dependência dos fatores ambientais, principalmente aqueles relacionados à precipitação e à temperatura (RIVERA et al., 2002; LIMA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015; SPANNL et al., 2016). Além destes fatores, as características funcionais da planta também estão altamente associadas aos padrões fenológicos (SINGH e KUSHWAHA, 2016), principalmente aqueles responsáveis pelas relações hídricas da planta (BORCHERT, 1994; FU et al., 2012; LIMA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015). Em geral, estas variáveis atuam produzindo diversos padrões fenológicos nas espécies vegetais de ambientes sazonalmente secos (KUSHWAHA et al., 2011) que juntamente com a diversidade de padrões fisiológicos e de desenvolvimento da planta, resultam em inúmeras relações bióticas e abióticas, sendo indispensáveis para a manutenção e regulação dos ecossistemas (MOUNGSRIMUANGDEE et al., 2017). Contudo, ainda pouco se sabe sobre como se dão as relações entre estas variáveis e a fenologia de espécies vegetais em florestas ripárias de ambientes sazonalmente secos (SILVA et al., 2011; AZEVEDO et al., 2014).

As florestas tropicais sazonalmente secas possuem cerca de 20% dos principais centros de diversidade global de plantas e abriga um alto número de espécies endêmicas (MAESTRE et al., 2012; ESTRADA-MEDINA et al., 2013; PORTILLO-QUINTERO e SÁNCHEZ-AZOFEIFA, 2010). Além de possuírem uma alta sazonalidade climática (MURPHY e LUGO, 1986), estes ambientes são caracterizados pela presença de espécies vegetais com diferentes estratégias de resistência à seca, tolerando-a (sempre verdes) ou evitando-a (decíduas) (TYREE et al., 2003; MARKESTEIJN e POORTER, 2009), sendo decíduas em sua maioria (BULLOCK et al., 1995). Nestes ecossistemas, a fenologia das espécies vegetais apresenta fortes relações com a sazonalidade climática (BORCHERT, 1994), sendo a alta estacionalidade das chuvas, a baixa precipitação (SPANNL et al., 2016), a

temperatura e o fotoperíodo (RIVERA et al., 2002) fatores decisivos no controle das fenofases. Além destes, uma variedade de fatores bióticos também coordena os padrões fenológicos das espécies destes ambientes, como por exemplo, a estrutura e longevidade foliar, tempo e duração da deciduidade, densidade da madeira e capacidade de armazenamento de água no caule e a profundidade dos sistemas radiculares (BORCHERT, 1994).

As florestas ripárias, definidas como áreas fronteiriças a rios ou lagos (SCHWARZ et al., 1976) constituem um dos habitats de maior biodiversidade (FINCH e RUGGIERO, 1993; ROOD et al., 1995). Além disso, estas áreas servem como habitat, fonte de água e forragem para animais, como zonas tampão entre áreas antropizadas e naturais (FINCH e RUGGIERO, 1993), contribuem para a estabilização das margens dos rios e canais impedindo o assoreamento, atuam como filtros naturais (ZHANG et al., 2010; PAVLOVIC et al., 2015) e como corredores de fluxo gênico, interligando populações vegetais (FUNCH et al., 1996; REYS et al., 2005). Apesar de sua inquestionável importância, estas áreas são bastante vulneráveis (TABACCHI et al., 1996), sendo amplamente exploradas para o desenvolvimento de atividades como agricultura e pecuária (ROOD et al., 1995; RICHTER e RICHTER, 2000; JACKSON et al., 2001). Em ambientes áridos e semiáridos, as florestas ripárias são consideradas um oásis biológico abrigando grande riqueza e diversidade de vida selvagem (FINCH e RUGGIERO, 1993; SCOTT et al., 2004) e em algumas regiões, estas florestas são consideradas como um tipo de vegetação sempre verde, provavelmente devido a maior disponibilidade hídrica destes locais (ANTUNES e RIBEIRO, 1999).

Diversos padrões fenológicos e suas relações com as variáveis abióticas têm sido descritos para estas áreas (FUNCH et al., 2002; REYS et al., 2005; SILVA et al., 2011; AZEVEDO et al., 2014; TSAI et al., 2016; MOUNGSRIMUANGDEE et al., 2017). Estes estudos têm demonstrado que as espécies de plantas de florestas ripárias podem apresentar seu

comportamento fenológico semelhante ao de áreas mais úmidas ou ainda se assemelhar ao padrão fenológico da vegetação do entorno. Contudo, durante muito tempo os estudos sobre fenologia de plantas de florestas ripárias focaram majoritariamente nas relações entre as variáveis abióticas e os padrões fenológicos (ANTUNES e RIBEIRO, 1999; FUNCH et al., 2002; REYS et al., 2005; SILVA et al., 2011; GUNDNERSON et al., 2012; CASCAES et al., 2013; AZEVEDO et al., 2014). No entanto, uma nova perspectiva sobre como as características funcionais têm influenciado o comportamento fenológico das espécies vegetais em outros ecossistemas tem sido abordada (RINGROSE, 2003; MORIN et al., 2010; STAGGEMEIER et al., 2010; PRINGLE et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2015; BOAKYE et al., 2016). No entanto, não se sabe ainda como se dão estas relações em florestas ripárias de ambientes sazonalmente secos.

Estas novas abordagens onde traços funcionais e o comportamento fenológico são relacionados permitem a identificação de grupos funcionais (BORCHET, 1994, LIMA et al., 2012, OLIVEIRA et al., 2015), nos quais as espécies desempenham funções semelhantes no ecossistema, inclusive com relação ao uso e armazenamento de água. A identificação destes grupos nos ecossistemas contribui para uma melhor compreensão das estratégias ecológicas de espécies vegetais (WRIGHT et al., 2004; CHAVE et al., 2009) assim como das respostas destes organismos à variabilidade ambiental (REICH et al., 2003). Este trabalho aborda a identificação de grupos funcionais através das relações entre a fenologia e os traços funcionais de espécies lenhosas de uma mata ripária no semiárido e as variáveis abióticas

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FENOLOGIA: ASPECTOS GERAIS

A Fenologia é uma ciência ambiental integradora focada no monitoramento, compreensão e previsão dos eventos biológicos repetitivos relacionados ao clima (MORELLATO, 1987, 2016) e sua compreensão é essencial para o estudo da ecologia, dinâmica e evolução dos ecossistemas (LOCATELLI e MACHADO, 2004). Dessa forma, o registro dos ciclos fenológicos permite um melhor entendimento sobre o estabelecimento e dinâmica das espécies, sobre os períodos de crescimento vegetativo e reprodutivo, assim como da alocação de recursos para polinizadores e dispersores e das cadeias alimentares (MORELLATO, 1991; LOCATELLI e MACHADO, 2004; NEVES et al., 2010; SCHELLHORN et al., 2015). Além disso, o estudo dos padrões fenológicos em plantas possibilita a compreensão das relações planta-planta, uma vez que possa existir competição por recursos ou polinizadores (NEVES et al., 2010). Também vale ressaltar que nos últimos anos, a fenologia vegetal tem alcançado uma posição proeminente em pesquisas atuais sobre mudanças globais fornecendo dados que podem ser incorporados em modelos preditivos de cenários de mudanças climáticas (ROSEMARTIN et al., 2014; MORELLATO et al., 2016) e aplicados em projetos de restauração ecológica, ainda que este último permaneça amplamente subexplorado (BUISSON et al., 2016). Os impactos das mudanças dos padrões fenológicos e seus efeitos na saúde, na biodiversidade, na ciclagem de nutrientes, na silvicultura, agricultura e economia (MORELLATO et al., 2016) também têm sido alvos de investigações recentemente.

Para a determinação dos padrões fenológicos nas espécies, dois tipos de fatores estão envolvidos: 1. Os fatores proximais, que são aqueles que envolvem fatores externos, abióticos (como água, nutrientes, luz e temperatura) e fatores internos fisiológicos; 2. Os fatores finais, que estão relacionados aos fatores bióticos, como dispersores e polinizadores (LOCATELLI e MACHADO, 2004). Embora estas relações estejam razoavelmente compreendidas, os fatores que controlam o comportamento fenológico das plantas são diversos e complexos (HOLBROOK et al., 1995) e estudos têm demonstrado que além de todos os fatores supracitados, os eventos fenológicos também estão sob influência de fatores filogenéticos (WRIGHT e CALDERON, 1995; STAGGEMEIER et al., 2010). Essa complexidade se dá devido à presença de padrões fenológicos irregulares, em larga ou pequena escala geográfica, principalmente em estudos de curto prazo (BENCKE e MORELLATO, 2002).

Desta forma, é correto afirmar que o desencadeamento do ciclo fenológico das plantas não está apenas sob influência de um tipo de fator, seja ele proximal (externo ou fisiológico) ou final (biótico). Por exemplo, o ciclo fenológico de algumas espécies pode ser influenciado não só pela precipitação, mas, também, pelo status hídrico da própria planta, como ocorre naquelas que possuem raízes profundas ou caules que são capazes de armazenar quantidades significantes de água, etc. (REICH e BORCHERT, 1984; BORCHERT, 1994; BORCHERT e RIVERA, 2001). O fotoperíodo também pode servir como estímulo para o desencadeamento do ciclo fenológico (BORCHERT e RIVERA, 2001; BORCHERT et al., 2005; LIMA e RODAL, 2010; NEVES et al., 2010; LIMA et al., 2012), uma vez que, geralmente, fotoperíodos curtos diminuem a velocidade ou impedem o crescimento, enquanto fotoperíodos mais longos proporcionam o crescimento contínuo ou induzem a ruptura dos brotos (BORCHERT e RIVERA, 2001).

Dias e Oliveira Filho (1996), enfatizam que as maiores preocupações dos estudos fenológicos têm sido os fatores externos como a sazonalidade, precipitação, sincronismo e o periodismo e como estes que podem funcionar como sinal para o desencadeamento das fenofases. Contudo, outros fatores como condições de estresse e/ou fatores endógenos (BORCHERT e RIVERA, 2001), por exemplo, podem atuar alterando a ocorrência ou a duração das fenofases.

A densidade da madeira, que é inversamente proporcional à capacidade de armazenamento de água pela planta (BORCHERT, 1994), também possui fortes relações com a fenologia de espécies vegetais. Por exemplo, espécies que possuem baixa densidade de madeira e conseqüentemente grande quantidade de água em seus caules, são capazes de iniciarem suas fenofases vegetativas ainda na estação seca e perdem suas folhas antes do final da estação chuvosa (BORCHERT, 1994; BORCHERT e RIVERA, 2001; LIMA e RODAL, 2010; LIMA et al., 2012). Entretanto, espécies que apresentaram alta densidade de madeira se mostraram altamente dependentes da precipitação, tanto para as fenofases vegetativas quanto reprodutivas (BORCHERT, 1994; BORCHERT e RIVERA, 2001; LIMA e RODAL, 2010; LIMA et al., 2012). Além disso, a relação entre a fenologia e a densidade de madeira em espécies vegetais de ambientes sazonalmente secos está relacionada com fatores como a resistência à cavitação em condições de estresse hídrico e suporte mecânico para a própria planta, como por exemplo, conferindo resistência contra ventos fortes (REICH et al., 2003; CHAVE et al., 2009).

Quanto à aplicação de pesquisas fenológicas para contribuição da ciência da conservação, estes estudos podem ser utilizados para diversos fins. Um destes é servindo de

apoio para protocolos de gerenciamento de conservação usados para acompanhar, desencadear ou acelerar a resiliência de ecossistemas degradados, podendo contribuir para pesquisas sobre mudanças globais e uso do solo (MORELLATO et al., 2016; ALBERTON et al., 2017). Além disso, ainda podem ser utilizados para o gerenciamento e acompanhamento das variações das espécies e das respostas dos ecossistemas às mudanças ambientais em curso (ROSEMARTIN et al., 2014). Por exemplo, alguns estudos têm demonstrado que o aumento da temperatura do planeta devido às mudanças climáticas tem interferido na fenologia de plantas, seja por diminuir o tempo de duração das fenofases ou antecipando-as, prejudicando as interações entre plantas e visitantes florais (HOYE et al., 2013; KUDO e IDA, 2013).

Mudanças na metodologia de coleta de dados fenológicos também têm sido utilizadas com o auxílio da tecnologia. O uso de câmeras digitais (fenocâmeras) para o monitoramento do meio ambiente tem ganhado cada vez mais espaço no meio científico, apresentando-se como ferramentas poderosas para a conservação (ALBERTON et al., 2014; 2017).

De maneira geral, é notória a importância de estudos fenológicos para estratégias de conservação e de gerenciamento dos sistemas naturais, uma vez que as mudanças fenológicas estão entre as respostas mais sensíveis às mudanças climáticas (PARMESAN, 2007) e a compreensão dos gatilhos que controlam e regulam esses ciclos podem favorecer o aprimoramento de tais práticas (MILLER-RUSHING e WELTZIN, 2009), apesar de ainda haver enorme escassez de estudos que abordem os desajustes fenológicos relacionados ao clima, inclusive em sistemas tropicais (MORELLATO et al., 2016; ALBERTON et al., 2017).

Embora a fenologia tenha alcançado destaque nos cenários atuais das pesquisas de mudanças globais devido sua importância para o monitoramento e previsão do tempo de eventos recorrentes do ciclo de vida, as suas implicações na gestão ambiental e na conservação ainda não têm sido exploradas (MORELLATO et al., 2016).

2.2 TRAÇOS FUNCIONAIS MORFOLÓGICOS E FENOLOGIA

Abordagens utilizando a classificação das espécies de plantas com relação às suas características morfológicas e de sua história de vida são amplamente utilizadas em pesquisas ecológicas e evolutivas abrangendo desde o nível de organismo até o de ecossistemas (VIOLLE et al., 2007; CASTELLANOS-CASTRO e NEWTON, 2015). No entanto, a abundante aplicação das definições de “traços funcionais” tem colaborado para que haja uma confusão tanto no termo “traço” em si, como nos conceitos que este abrange (VIOLLE et al.,

2007). Por isso, se faz necessário que uma definição seja estabelecida para “traço” (*trait*). Reich et al. (2003) definem uma característica funcional (ou traço) como qualquer atributo que tenha influência potencialmente significativa sobre o estabelecimento, a sobrevivência e a aptidão da espécie. Já Violle et al., 2007 definem traço/característica funcional como qualquer característica morfológica, fisiológica ou fenológica que seja mensurável a nível de indivíduo, desde a célula até o organismo, sem referência ao ambiente ou qualquer outro nível de organização. Estes caracteres variam de acordo com os fatores evolutivos e ambientais que operam sobre os indivíduos nas mais variadas escalas (WESTOBY et al., 2002; REICH et al., 2003) e identificar as principais dimensões destas variações entre as espécies e compreender quais fatores são responsáveis por estas mudanças é um dos principais objetivos da ecologia de plantas (WESTOBY et al., 2002).

O uso de traços funcionais permite reunir espécies de plantas com respostas semelhantes a fatores ambientais ou com efeitos semelhantes no ecossistema (LAVOREL et al., 2007) em grupos funcionais. O enfoque nestas características vegetais, inclusive nos traços foliares e de madeira, tem permitido enormes avanços na compreensão de estratégias ecológicas destes organismos (WRIGHT et al., 2004; CHAVE et al., 2009). Borchert (1994), por exemplo, classificou as espécies arbóreas em quatro tipos funcionais conforme os diferentes comportamentos de queda de folhas: 1. Espécies decíduas, que perdem suas folhas após o início da estação seca e se recuperam no início da próxima estação chuvosa; 2. Sempre verdes, que têm a substituição contínua de suas folhas senescentes por novas, ou trocam suas folhas de forma completa no meio da estação seca (as folhas novas brotam primeiro e em seguida, as folhas senescentes caem); 3. Espécies breve-decíduas, que apresentam um curto período sem folhas durante a estação seca; 4. Espécies de caule suculento, perdem suas folhas mais cedo que as espécies decíduas, no final da estação chuvosa e permanecem sem folhas durante toda a estação seca, produzindo novas folhas apenas no início da nova estação chuvosa.

Esta classificação de plantas em grupos funcionais permite a compreensão das respostas da vegetação à variabilidade ambiental histórica e ainda prever as respostas à mudança ambiental (REICH et al., 2003). Dentre os vários caracteres funcionais presentes nas plantas, destacam-se os traços foliares de área foliar específica, deciduidade, longevidade e tamanho foliar; os traços de densidade de madeira e espessura da casca; hábito da planta, podendo ser herbáceo, arbustivo ou arbóreo e características das sementes (massa da semente, modo de dispersão e produção) (WESTOBY et al. 2002).

Wright et al. (2004), por exemplo, formaram uma rede global de traços de folha, reunindo dados de 2 584 espécies de 175 locais diferentes, agrupando propriedades químicas, estruturais e fisiológicas essenciais e reiterando a importância da compreensão dos processos de investimento e reinvestimento de carbono e minerais e como eles variam entre as espécies para modelar a forma como os fluxos de nutrientes e os limites da vegetação mudam com o uso da terra e com as mudanças climáticas.

Diversos estudos têm demonstrado que características de madeira, como por exemplo, a densidade, influenciam diretamente na disponibilidade hídrica, uma vez que plantas com alta densidade de madeira, possuem baixa capacidade para o armazenamento de água, enquanto plantas com baixa densidade de madeira, podem armazenar grandes quantidades de água em seus caules, mantendo um alto potencial hídrico mesmo durante a estação seca (REICH et al., 2003; CHAVE et al., 2009; SINGH e KUSHWAHA, 2016). Outras características como a área, a longevidade e a estrutura das folhas, o tamanho e a distribuição das raízes também interferem no estado de água do caule (SINGH e KUSHWAHA, 2016).

Lima et al. (2012) ao analisar as relações entre fenologia, potencial hídrico, densidade de madeira e a capacidade de armazenamento de água no caule em espécies lenhosas da caatinga, constataram que espécies com baixa densidade de madeira foram capazes de brotar independentemente da chuva e exibiram alto potencial hídrico durante todo o ano, sugerindo que nestas espécies, a fenologia é induzida pelo fotoperíodo, diferentemente das espécies com alta densidade de madeira que demonstraram forte dependência da precipitação para desencadeamento das fenofases, uma vez que apresentaram baixo potencial hídrico. Ou seja, foi verificado que as características de densidade de madeira, uma vez que influenciavam a quantidade de água possível de ser armazenada pela planta, também determinava o padrão fenológico daquelas espécies.

Oliveira et al. (2015) ao estudar a relação entre características funcionais relacionadas à aquisição e utilização de água por plantas no semiárido brasileiro e relacionar com a fenologia dessas espécies, pode encontrar quatro grupos funcionais: espécies decíduas com baixa densidade de madeira, sempre verdes com alta densidade de madeira, espécies breve-decíduas com alta densidade de madeira e decíduas tardias com alta densidade de madeira. Estas relações entre os traços fisiológicos e anatômicos de madeira juntamente com o comportamento fenológico da árvore determinam o grau de estresse hídrico experimentado por diferentes espécies (BUTZ et al., 2017). Um exemplo é o momento da ruptura dos brotos que variam nos diferentes grupos funcionais, servindo como indicadores dos controles

internos e ambientais da fenologia (RIVERA et al., 2002). A variação dos traços funcionais em espécies lenhosas de florestas secas também tem sido alvo de estudos e pode ser explicada pelas relações entre os traços aquisitivos que permitem o alto uso de recursos em condições de alta disponibilidade de água e luz *versus* características conservativas que fornecem tolerância à sombra e a seca (CASTELLANOS-CASTRO e NEWTON, 2015).

Diversos estudos também têm comprovado que as características funcionais das plantas não só influenciam a fenodinâmica das comunidades, mas estão relacionadas a diferentes estratégias ecológicas (WRITE et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2015). Por exemplo, a densidade de madeira (WD), a massa das sementes (SM), a massa foliar por área (LMA) e a altura máxima para adultos (Hmax) são considerados traços fundamentais para árvores em florestas, fornecendo informações sobre os ciclos biogeoquímicos (WD e LMA), variação da história de vida (WD, SM e LMA), capacidade de dispersão (SM), aquisição de recursos (LMA) e competição com outras plantas vizinhas (LMA, SM e Hmax) (WESTOBY et al., 2002; REICH et al., 2003; CHAVE et al., 2009). Estudos utilizando traços funcionais de plantas como ferramentas para restauração ecológica de ambientes degradados contaminados por metais pesados e para reflorestamento também têm sido realizados (ILUNGA et al., 2015).

Sabendo-se ainda que as características funcionais das plantas estão intimamente relacionadas com as características climáticas do local onde ocorrem, principalmente aquelas relacionadas à disponibilidade de água (FU et al., 2012; MENDIVELSO et al., 2016) e que as florestas tropicais secas são caracterizadas por uma forte variação espacial e temporal dos fatores ambientais (HULSHOF et al., 2013), presume-se que alterações no clima acarretem em mudanças na função, fisionomia e composição das espécies (ENQUIST e ENQUIST, 2011). Desta forma, estas mudanças podem afetar diretamente o funcionamento de plantas e ecossistemas (HULSHOF et al., 2013). O impacto das mudanças climáticas globais na fenologia também tem sido alvo de estudos (ENQUIST e ENQUIST, 2011; MENDIVELSO et al., 2016; SINGH e KUSHWAHA, 2016; BUTZ et al., 2017) e a diminuição da precipitação, em especial, nestas regiões que já estão expostas a déficit hídrico resultarão em impactos severos nos ecossistemas tropicais (BUTZ et al., 2017).

A tolerância à seca, por exemplo, é um fator chave para o estabelecimento e sobrevivência de espécies arbóreas em florestas tropicais secas (WORBES et al., 2013) e a queda foliar durante os períodos de estresse hídrico é um dos principais mecanismos utilizados pelas árvores para diminuir sua perda de água. Mudanças na fenodinâmica das espécies estão entre as principais repostas das plantas às mudanças climáticas e estudos têm

analisado se estas respostas são mediadas por caracteres funcionais. Valencia et al. (2016) estudando diferentes grupos funcionais no semiárido mediterrâneo, puderam perceber que o aumento da temperatura adiantou a fenologia reprodutiva, prolongou a duração da floração e diminuiu a produção de flores e frutos. Estes dois últimos, provavelmente relacionados também à consequente diminuição da umidade do solo. Espécies com alta área foliar e com baixa área foliar específica, floresceram precocemente e apresentaram uma maior duração da floração. As espécies que diminuíram sua área foliar quando expostas ao aquecimento avançaram mais o início da floração e aquelas que aumentaram sua altura vegetativa produziram mais flores.

Desta forma, é notório que o estudo da associação dos traços funcionais com comportamento fenológico é fundamental para a identificação de grupos funcionais e para responder questões sobre como as espécies de uma comunidade vegetal respondem às variações ambientais (BORCHERT e RIVERA, 2001; LIMA e RODAL, 2010; LIMA et al. 2012; OLIVEIRA et al, 2015). No entanto, novas propostas de agrupamento têm surgido, uma vez que se considerarmos o ritmo de avanço do conhecimento sobre ecologia funcional, dados demográficos e *feedbacks* vegetação-clima, o modelo de agrupamento de espécies em grupos funcionais pode se tornar antiquado (MUSAVI et al., 2015; YANG et al., 2015; MATHENY et al., 2017), uma vez que este baseia-se nos traços funcionais, fenologia e limites bioclimáticos das espécies. Assim, os novos modelos estão concentrados em se afastar dos tipos funcionais de plantas para se aproximar de representações mais flexíveis baseadas nos traços, incluindo a adição de traços hidráulicos de toda a planta como transpiração, diâmetro e comprimento do xilema, concentração iônica da seiva, comprimento, profundidade e distribuição vertical das raízes, com o objetivo de diminuir os erros nos fluxos do ecossistema que resultam na perda de informação por excesso de agregação de espécies diferentes na mesma classe funcional (MATHENY et al., 2017).

2.3 PADRÕES FENOLÓGICOS DE PLANTAS DE FLORESTAS TROPICAIS SECAS

As terras secas tropicais e as florestas sazonalmente secas são responsáveis por abrigar um grande número de espécies de plantas endêmicas e possuem cerca de 20% dos principais centros de diversidade global de plantas (MAESTRE et al., 2012; ESTRADA-MEDINA et al., 2013; PORTILLO-QUINTERO e SÁNCHEZ-AZOFEIFA, 2010). Nas américas, as florestas tropicais secas se estendem por 519.597 km², dos quais 39% ocorrem na América do Norte e Central, 51% na América do Sul e 9% nas ilhas do Caribe, no entanto,

diversos países, incluindo o Brasil, ainda apresentam baixos níveis de proteção (PORTILLO-QUINTERO e SÁNCHEZ-AZOFEIFA, 2010). Além disso, 66% das florestas secas já foram convertidas para outros usos da terra, como agricultura, agropecuária e assentamento humano (PORTILLO-QUINTERO e SÁNCHEZ-AZOFEIFA, 2010).

As florestas tropicais secas (FTS) são típicas de áreas com regime pluviométrico de 600 a 1800 mm anuais (MURPHY e LUGO, 1986). São caracterizadas por possuir uma estação seca que varia de 2 a 7 meses, na qual ocorre menos de 10% da precipitação anual (MURPHY e LUGO, 1986) e por árvores que apresentam diferentes estratégias de resistência à seca, tolerando-a (sempre verdes) ou evitando-a (decíduas) (TYREE et al., 2003; MARKESTEIJN e POORTER, 2009) e que são decíduas em sua maioria (BULLOCK et al., 1995). Esta deciduidade resulta do efeito integrado da seca, das características morfofisiológicas da árvore e das condições de umidade do solo e pode variar de acordo com as características ecofisiológicas de cada espécie (SINGH e KUSHWAHA, 2016).

O *status* hídrico das árvores de climas tropicais secos varia de acordo com a disponibilidade de água do subsolo e uma variedade de fatores bióticos, como estrutura e longevidade foliar, tempo de duração da queda foliar, densidade da madeira e capacidade de armazenamento de água do caule, profundidade e densidade dos sistemas radiculares (BORCHERT, 1994). Além destes fatores, a alta estacionalidade das chuvas e a baixa precipitação nestas áreas são fatores decisivos no controle das fases fenológicas (SPANNL et al., 2016).

No entanto, apesar de estar sob forte influência da precipitação, a fenologia destas florestas também está intimamente relacionada com a densidade de madeira e sua capacidade de armazenamento de água no caule (BORCHERT, 1994; LIMA et al., 2012) ou ainda com outros fatores independentes da precipitação como temperatura e fotoperíodo, como ocorre em espécies que possuem baixa densidade de madeira e que conseqüentemente possuem maior capacidade de armazenamento de água (RIVERA *et al.* 2002). Na Caatinga, por exemplo, que compreende uma grande área geográfica com diferentes tipos de vegetação e que é restrita à região semiárida do Nordeste brasileiro (ALBUQUERQUE et al., 2012) e é uma das florestas secas mais ricas do mundo (DOMBROSKI et al., 2011), o principal fator determinante das fenofases é a precipitação, embora diversos outros fatores, já supracitados, também atuem sobre a fenologia destas espécies (LEITE e MACHADO, 2010).

Em geral, estes diversos fatores atuam produzindo diferentes padrões fenológicos nas espécies de plantas de florestas tropicais secas (KUSHWAHA et al., 2011). Por exemplo, diversas espécies de árvores destes ambientes tendem a brotar ou florescer logo após a queda

foliar durante a estação seca, ou seja, durante o período de estresse hídrico (BORCHERT 1994). Ou seja, conforme Rivera et al. (2002), a fenologia de espécies de plantas de florestas tropicais secas não é sincronizada apenas pela estação seca, o que faz com que tais florestas sejam, geralmente, constituídas de mosaicos de diferentes tipos funcionais, desencadeando suas fenofases em diferentes momentos, antes e após a estação seca. No entanto, não se pode excluir a forte influência do estresse hídrico sazonal na determinação dos eventos fenológicos (CHRISTIAN et al. 2015), como, por exemplo, na modulação do desenvolvimento foliar e na senescência foliar em espécies de árvores de FTSs, (MENDIVELSO et al., 2016) embora o mecanismo de sua ação permaneça mal compreendido (CHRISTIAN et al. 2015).

Em geral, as respostas das árvores à sazonalidade climática variam consideravelmente entre as regiões e entre espécies de árvores nos trópicos (WAGNER et al., 2016). Em áreas tropicais submetidas a estresse hídrico, as diferentes espécies de árvores possuem uma grande diversidade de respostas fenológicas, inclusive apresentando variações interanuais, principalmente a nível de indivíduo, uma vez que a duração e a intensidade da seca podem diferir de acordo com a localização geográfica (SINGH e KUSHWAHA, 2016) e com as condições locais relacionadas à topografia, como altitude e ângulo de inclinação (BUTZ et al., 2017), que influenciam a disponibilidade hídrica para as plantas. Além destes fatores, Singh e Kushwaha (2016), numa revisão, apontam que interações complexas entre transpiração, armazenamento de água no caule, absorção de água e os fatores ambientais como fotoperíodo, temperatura, variações sazonais da precipitação e armazenamento de água no solo resultam em padrões fenológicos e padrões de uso da água específicos para cada espécie.

Desta forma, pode-se afirmar que a coexistência de diversas espécies de plantas com diferentes padrões fisiológicos, fenológicos e de desenvolvimento resultam em inúmeras relações bióticas e abióticas, que por sua vez são indispensáveis para a manutenção e regulação dos ecossistemas (MOUNGSRIMUANGDEE et al. 2017) No entanto, o conhecimento sobre a sincronização da fenologia vegetal das florestas tropicais secas carece de estudos mais aprofundados, pois o conhecimento sobre tais relações ainda é escasso (BUTZ et al., 2017; LUNA-NIEVES et al., 2017), assim como o conhecimento detalhado sobre as relações entre as condições climáticas e o uso da água pelas plantas (DOMBROSKI et al., 2011; MENDIVELSO et al., 2016). Esta situação é ainda mais complexa na Caatinga, que além de ser uma das maiores florestas secas do mundo possui um alto grau de perturbação antropogênica (ALBUQUERQUE et al., 2012) e é o ecossistema brasileiro menos estudado e protegido (DOMBROSKI et al., 2011). Por isso, ainda há a necessidade de estudos

fenológicos a longo prazo que incluam descrições quantitativas e qualitativas da fenologia vegetal que forneçam dados sobre as variações interanuais e interespecíficas implícitas nos padrões fenológicos, de modo que estes estudos possam trazer contribuições para a compreensão da operação dos ecossistemas e da manutenção da biodiversidade (ALBUQUERQUE et al., 2012; LUNA-NIEVES et al., 2017).

2.4 FENOLOGIA DE FLORESTAS RIPÁRIAS

As florestas ripárias estão em áreas fronteiriças a rios ou lagos (SCHWARZ et al., 1976) e constituem um dos habitats com maior diversidade de vida selvagem (FINCH e RUGGIERO, 1993; ROOD et al., 1995). Definidas por Gregory et al. (1991) como a interface entre os ecossistemas terrestres e aquáticos, estes ambientes servem como habitat, fontes de água e forragem para animais aquáticos e terrestres, recreação, extração de madeira, vias de passagem para animais e humanos e como zonas tampão entre áreas com ação antrópica e naturais (FINCH e RUGGIERO, 1993). As florestas ripárias também contribuem para a estabilização das margens de rios e canais impedindo o assoreamento, atuam como filtros naturais de escoamento superficial de resíduos filtrando nutrientes e agrotóxicos (ZHANG et al., 2010; PAVLOVIC et al., 2015) e como corredores de fluxo gênico, interligando populações vegetais (FUNCH et al., 1996; REYS et al., 2005).

Além de sua inquestionável importância, estas florestas são bastante vulneráveis, uma vez que sofrem interferência tanto dos regimes de perturbação naturais (hidrológicos e geomorfológicos), quanto antrópicos (TABACCHI et al., 1996), já que estão áreas propícias ao desenvolvimento de atividades como agricultura e pecuária, assentamentos domésticos, corredores de transporte e diversos outros usos que acarretam no desmatamento ou ainda atividades de represamento de rios e desvio de água, como por exemplo, para irrigação (ROOD et al., 1995; RICHTER e RICHTER, 2000; JACKSON et al., 2001), acarretando em prejuízos ao ecossistema ripário, uma vez que este é dependente do regime de fluxo natural do rio com o qual evoluíram (POFF et al., 1997).

Em regiões áridas e semiáridas, as florestas ripárias fornecem um oásis biológico e geralmente abrigam grande riqueza e diversidade de vida selvagem (FINCH e RUGGIERO, 1993; SCOTT et al., 2004), embora, a biodiversidade ao longo de cursos d'água intermitentes seja menor que ao longo de cursos d'água perenes (TABACCHI et al., 1996). Em algumas regiões, as matas ripárias são consideradas como um tipo de vegetação perene (ANTUNES e RIBEIRO, 1999). Esta característica é atribuída ao fato de que estas plantas estão expostas a uma maior disponibilidade hídrica, o que pode originar padrões fenológicos e fitofisionomias

diferenciadas das formações adjacentes localizadas em áreas mais secas (ANTUNES e RIBEIRO, 1999).

Por se encontrarem em um crítico estado de degradação, estas fitofisionomias têm recebido maior atenção nas últimas décadas (REYS et al., 2005) e por serem de grande importância para a conservação da biodiversidade e para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas, seu manejo e recuperação foram incluídos entre as prioridades no Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) (BARBOSA, 2001 *apud* REYS et al., 2005). No entanto apesar de sua importância e de sua alta vulnerabilidade, os estudos que abordam o funcionamento destas comunidades vegetais ainda são escassos, inclusive no Brasil. Funch et al., 2002, caracterizaram a fenologia de árvores de florestas de galeria na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil, e puderam constatar que a fenologia foliar destas florestas se apresentavam com comportamento semelhante ao de florestas tropicais úmidas, enquanto que seus padrões de florescimento e frutificação se assemelharam aos de florestas secas, acompanhando as mudanças climáticas sazonais. Da mesma forma, Silva et al. (2011), ao fazerem uma análise comparativa entre a fenologia reprodutiva de matas ripárias na savana brasileira e a vegetação do entorno, observaram que os picos de floração e frutificação foram semelhantes entre as duas áreas e que ambos foram influenciados pela precipitação e o fotoperíodo.

Estudos recentes têm apontado que alterações nas condições térmicas do ambiente também têm influência sobre a fenologia de plantas (MORIN et al., 2010; GUNDERSON et al., 2012), inclusive em ambientes ripários (TSAI et al., 2016). Por exemplo, Azevedo et al. (2014), ao caracterizar a fenologia de espécies de árvores numa mata ripária no sudeste brasileiro numa área de transição entre caatinga e cerrado, observaram que as fenofases vegetativas apresentaram correlação com a temperatura, enquanto que as fenofases reprodutivas se correlacionaram com a umidade relativa do ar. Estas espécies apresentaram comportamento fenológico semelhante ao de sua área de ocorrência típica (cerrado e caatinga), diferente de outros padrões fenológicos registrados também em florestas ripárias, com os picos de floração e frutificação ocorrendo durante os períodos de alta precipitação (FUNCH et al., 2002; REYS et al., 2005; MOUNGSRIMUANGDEE et al., 2017).

Quanto aos padrões de brotamento e queda foliar, estes podem apresentar aspectos contrastantes, com as espécies brotando nas estações úmidas ou secas (AZEVEDO et al., 2014). Além dos fatores abióticos já supracitados, a temperatura da umidade relativa do ar também tem se mostrado como um dos fatores que influenciam os padrões fenológicos em plantas em regiões tropicais. Por exemplo, numa mata ripária de ambiente tropical com alta

umidade relativa do ar e sem estação seca pronunciada, as espécies floresceram quando a temperatura do ar mudou de fria para quente (CASCAES, 2013).

Embora nas últimas décadas tenham sido desenvolvidos estudos sobre os padrões fenológicos de espécies vegetais de florestas ripárias, a maioria destes abordaram apenas a relação entre a fenologia e variáveis abióticas (ANTUNES e RIBEIRO 1999; FUNCH et al., 2002; RINGROSE, 2003; REYS et al., 2005; CASCAES et al., 2013; AZEVEDO et al., 2014; SOUZA e FUNCH, 2015; BOAKYE et al., 2016; DIAO e WANG 2016; TSAI et al., 2016; MOUNGSRIMUANGDEE et al., 2017), ignorando a influência dos traços funcionais no funcionamento da planta. Entretanto, nos últimos anos, alguns autores têm avaliado a influência destas variáveis nos padrões fenológicos de espécies destes ambientes (MIRANDA et al., 2011; PRINGLE et al., 2011; FLANAGAN et al., 2017) e apontado que o potencial hídrico (MIRANDA et al., 2011), a tenacidade foliar, teor de água foliar, área foliar específica e razão carbono: nitrogênio (C:N) (PRINGLE et al., 2011), índice de área foliar e condutância estomática (FLANAGAN et al., 2017) estão estritamente relacionados com a fenologia de espécies vegetais.

Portanto, com base nos dados levantados, pode-se concluir que o comportamento fenológico de espécies vegetais de florestas ripárias pode variar de acordo com o local onde estas ocorrem (BOAKYE et al., 2016; MOUNGSRIMUANGDEE et al., 2017). Além disso, pode-se afirmar que os padrões fenológicos destas espécies são influenciados tanto por variáveis abióticas quanto pelos seus caracteres morfofisiológicos. Desta forma, estudos sobre a diversidade dos traços funcionais e as relações destes com a fenologia de espécies vegetais de florestas ripárias de ambientes sazonalmente secos é imprescindível para uma melhor compreensão sobre o funcionamento destes ecossistemas e das estratégias de uso e conservação de água destas plantas.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTON, B.; ALMEIDA, J.; HELM, R.; TORRES, R. S.; MENZEL, A.; MORELLATO, L. P. C. Using phenological cameras to track the green up in a cerrado savanna and its on-the-ground validation. **Ecological Informatics**, v. 19, p. 62–70, 2014.
- ALBERTON, B.; TORRES, R. S.; CANCIAN, L. F.; BORGES, B. D.; ALMEIDA, J.; MARIANO, G. C.; SANTOS, J.; MORELLATO, L. P. C. Introducing digital cameras to monitor plant phenology in the tropics: applications for conservation. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, p. 82–90, 2017.
- ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; EL-DEIR, A. C. A.; LIMA, A. L. A.; SOUTO, A.; BEZERRA, B. M.; FERRAZ, E. M. N.; FREIRE, E. M. X.; SAMPAIO, E. V. S. B.; LASCASAS, F. M. G.; MOURA, G. J. B.; PEREIRA, G. A.; MELO, J. G.; RAMOS, M. A.; RODAL, M. J. N.; SHIEL, N.; LYRA-NEVES, R. M.; ALVES, R. R. N.; AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; JÚNIOR, W. R. T.; SEVERI, W. Caatinga Revisited: Ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. **Scientific World Journal**, v. 2012, p. 1-18, 2012.
- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do Seridó, RN. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, n. 3, p.491-499, 2009.
- ANTUNES, N. B.; RIBEIRO, J. F. Aspectos fenológicos de seis espécies vegetais em matas de galeria do Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p.1517-1527, 1999.
- AZEVEDO, I. F. P.; NUNES, Y. R. F.; ÁVILA, M. A.; SILVA, D. L.; FERNANDES, G. W.; VELOSO, R. B. Phenology of riparian tree species in a transitional region in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 37, n. 1, p. 47-59, 2014.
- BARBOSA, D. C. A.; BARBOSA, M. C. A.; LIMA, L. C. M. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Org.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, Recife, 2006, p.657-693.
- BARBOSA, L.M. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (eds) **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp, São Paulo, 2001, p. 289-311.
- 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, 2002.
- BOAKYE, E. A.; GEBREKIRSTOS, A.; HYPPOLITE, D. N.; BARNES, V. R.; KOUAMÉ, F. N.; KONE, D.; POREMBSKI, S.; BRAUNING, A. Influence of climatic factors on tree growth in riparian forests in the humid and dry savannas of the Volta basin, Ghana. **Trees**, v. 30, n. 5, p. 1695-1709, 2016.
- BORCHERT, R. Phenology and flowering periodicity of Neotropical Dry Forest species: Evidence from herbarium collections. **Journal of tropical Ecology**, v. 12, n. 1, p. 65-80, 1996.

BORCHERT, R. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. **Ecology**, v. 75, p. 1437-1449, 1994.

BORCHERT, R.; RIVERA, G. Photoperiodic control of seasonal development and dormancy in tropical stem-succulent trees. **Tree Physiology**, v. 21, p. 213–221, 2001.

BORCHERT, R.; S.S.; CALLE, Z.; NAVARRETE, D.; TYE, A.; GAUTIER, L.; SPICHIGER, R.; HILDEBRAND, P. Photoperiodic induction of synchronous flowering near the Equator. **Nature**, v. 433, p. 627-629, 2005.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012 (disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83). Data: 19/11/2015.

BUISSON, E.; ALVARADO, S. T.; STRADIC, S. L.; MORELLATO, L. P. C. Plant phenological research enhances ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 25, n. 2, p. 164-171, 2016.

BULLOCK, S. H.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E. **Seasonally Dry Tropical Forest**. Cambridge: University Press, Cambridge, 1995.

BUTZ, P.; RAFFELSBAUER, V.; GRAEFE, S.; PETERS, T.; CUEVA, E.; HOLSCHER, D.; BRAUNING, A. Tree responses to moisture fluctuations in a neotropical dry forest as potential climate change indicators. **Ecological Indicators**, v. 83, p. 559–571, 2017.

CASCAES, M. F.; CITADINI-ZANETE, V.; HARTER-MARQUES, B. Reproductive phenology in a riparian rainforest in the south of Santa Catarina state, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 4, p. 1449-1460, 2013.

CASTELLANOS-CASTRO, C.; NEWTON, A. C. Leaf and stem trait variation and plant functional types in 113 woody species of a seasonally dry tropical forest. **Colombia Forestal**, v. 18, n. 1, p. 117-138, 2015.

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.

CHRISTIAN, B.; JOSHI, N.; SAINI, M.; MEHTA, N.; GOROSHI, S.; NIDAMANURI, R. R.; THENKABAIL, P.; DESAI, A. R.; KRISHNAYYA, N. S. R. Seasonal variations in phenology and productivity of a tropical dry deciduous forest from MODIS and Hyperion. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 214-215, p. 91–105, 2015.

DIAO, C.; WANG, L. Incorporating plant phenological trajectory in exotic saltcedar detection with monthly time series of Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 182, p. 60–71, 2016.

DIAS, H. C. T.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Fenologia de quatro espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecídua montana em Lavras, MG. **Cerne**, v. 2, p. 66-88, 1996.

DOMBROSKI, J. L. D.; PRAXEDES, S. C.; FREITAS, R. M. O.; PONTES, F. M. Water relations of Caatinga trees in the dry season. **South African Journal of Botany**, v. 77, p. 430–434, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Rio de Janeiro: 2. ed. rev. Atualizada, 212, p. 1997.

ENQUIST, B. J.; ENQUIST, C. A. F. Long-term change within a Neotropical forest: assessing differential functional and floristic responses to disturbance and drought. **Global Change Biology**, v. 17, p. 1408-1424, 2011.

ESTRADA-MEDINA, H.; SANTIAGO, L. S.; GRAHAN, R. C.; ALLEN, M. F.; JIMÉNEZ-OSORNIO, J. J. Source water, phenology and growth of two tropical dry forest tree species growing on shallow karst soils. **Trees**, v. 27, n. 5, p. 1297–1307, 2013.

FERRAZ, E. M. N.; RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PEREIRA, R. C. A. Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 21, n. 1, p. 7-15, 1998.

FINCH, D. M.; RUGGIERO, L. F. Wildlife habitats and biological diversity in the Rocky Mountains and Northern great plains. **Natural Areas Journal**, v. 13, n. 3, 1993.

FLANAGAN, L. B.; ORCHARD, T. E.; LOGIE, G. S. J.; COBURN, C. A. Water use in a riparian cottonwood ecosystem: Eddy covariance measurements and scaling along a river corridor. *Agricultural and Forest Meteorology*, V. 232, p. 332–348, 2017.

FOURNIER, L. A. Un Método Cuantitativo para la Medición de Características Fenológicas en Árboles. **Revista Turrialba**, v. 24, n. 4, p. 422-423, 1974.

FU, P. L.; JIANG, Y. J.; WANG, A. Y.; BRODRIBB, T. J.; ZHANG, J. L.; ZHU, S. D.; CAO, KUN, F. 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, p. 189–199, 2012.

FUNCH, L. S. **Composição florística e fenologia de mata ciliar e mata de encosta, adjacentes ao Rio Lençóis, Lençóis, BA**. 1996. Tese de doutorado - Universidade de Campinas, Campinas – SP.

FUNCH L. S.; FUNCH R.; BARROSO G. M. Phenology of Gallery and Montane Forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. **Biotropica**, v. 34, n. 1, p. 40-50, 2002.

GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J.; MCKEE, W. A.; COMMINS, K. W. An Ecosystem Perspective of Riparian Zones. **BioScience**, v. 41, n. 8, p. 540-551, 1991.

GUNDERSON, C. A.; EDWARDS, N. T.; WALKER, A. V.; O'HARA, K. H.; CAMPION, C. M.; HANSON, P. J. Forest phenology and a warmer climate – growing season extension in relation to climatic provenance. **Global Change Biology**, v. 18, n. 6, p. 2008-2025, 2012.

HOLBROOK, N. M.; WHITBECK, J. L.; MOONEY, H. A. Drought responses of neotropical dry forest trees. In: BULLOCK, S.H.; MOONEY, H.A.; MEDINA, E. (Eds.). **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge: Cambridge University Press., 1995, p. 243-276.

HOYE, T. T.; POST, E.; SCHMIDT, N. M.; TROJELSGAARD, K.; FORCHHAMMER, M. C. Shorter flowering seasons and declining abundance of flower visitors in a warmer Arctic. **Nature Climate Change**, v. 3, p. 759-763, 2013.

HULSHOF, C. M.; MARTÍNEZ-YRÍZAR, A.; BURQUEZ, A.; BOYLE, B.; ENQUIST, B. J. Functional plant trait variation in tropical dry forests: A review and synthesis. In: **Tropical Dry forests of the Americas: Ecology, Conservation, and Management**. Publisher: CRC Press, 2013, p.129-140.

ILUNGA, E. I.; MAHY, G.; PIQUERAY, J.; SÉLECK, M.; SHUTCHA, M. N.; MEERTS, P.; FAUCON, M. P. Plant functional traits as a promising tool for the ecological restoration of degraded tropical metal-rich habitats and revegetation of metal-rich bare soils: A case study in copper vegetation of Katanga, DRC. **Ecological Engineering**, v. 82, p. 214–221, 2015.

JACKSON, R. B.; CARPENTER S. R.; DAHM C. N.; MCKNIGHT D. M.; NAIMAN R. J.; POSTEL S. L.; RUNNING S. W. Water in a Changing World. **Ecology**, v. 9, p. 1-16, 2001.

KOVACH, W. L. **Oriana** - Circular Statistics for Windows, Version 4.02. Pentraeth: Kovach Computing Services, 2013.

KUDO, G.; IDA, T.Y. Early onset of spring increases the phenological mismatch between plants and pollinators. **Ecology**, v. 94, n. 10, p. 2311-2320, 2013.

KUSHWAHA, C.P.; TRIPATHI, S.K.; TRIPATHI, B.D.; SINGH, K.P. Patterns of tree phenological diversity in dry tropics. **Acta Ecologica Sinica**, v. 31, p. 179–185, 2011.

LAVOREL, S.; DÍAZ, S.; CORNELISSEN, J. H. C.; GARNIER, E.; HARRISON, S. P.; MCINTYRE, S.; PAUSAS, J. G.; PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; ROUMET, C.; URCELAY, C. Plant functional types: are we getting any closer to the Holy Grail? In: J. CANADELL, L. F. PITELKA, D. PATAKI (Ed.). **Terrestrial Ecosystems in a Changing World**. Berlin: Springer, 2007, p. 171-186.

LEITE, A. V. L.; MACHADO, I. C. Reproductive biology of woody species in Caatinga, a dry forest of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 1374-1380, 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, p. 1363-1373, 2010.

LIMA, A. L. A.; SAMPAIO E. V. S. B.; CASTRO, C. C.; RODAL, M. J. N.; ANTONINO, A. C. D.; MELO, A. L. 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, p. 1605–1616, 2012.

LOCATELLI, E.; MACHADO, I. C. Fenologia das Espécies Arbóreas de uma Mata Serrana (Brejo de Altitude) em Pernambuco, Nordeste, Brasil. In: PORTO, K. C.; CABRAL, J. P.;

TABARELLI, M. (Org.). **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Ministério do Meio Ambiente/ Universidade Federal de Pernambuco, p. 255-276, 2004.

LUNA-NIEVES, A. L.; MAEVE, J. A.; MORELLATO, L. P. C.; IBARRA-MANRÍQUEZ, G. Reproductive phenology of useful Seasonally Dry Tropical Forest trees: Guiding patterns for seed collection and plant propagation in nurseries. **Forest Ecology and Management**, v. 393, p. 52–62, 2017.

MAESTRE, F. T.; QUERO, J. L.; GOTELLI, N. J.; ESCUDERO, A.; OCHOA, V.; DELGADO-BAQUERIZO, M.; GARCÍA-GÓMEZ, M.; BOWKER, M. A.; SOLIVERES, S.; ESCOLAR, C.; GARCÍA-PALACIOS, P.; BERDUGO, M.; VALENCIA, E.; GOZALO, B.; GALLARDO, A.; AGUILERA, L.; ARREDONDO, T.; BLONES, J.; BOEKEN, B.; BRAN, D.; CONCEIÇÃO, A. A.; CABRERA, O.; CHAIEB, M.; DERAK, M.; ELDRIDGE, D. J.; ESPINOSA, C.; FLORENTINO, A.; GAITÁN, J.; GATICA, M. G.; GHILOUFI, W.; GÓMES-GONZÁLEZ, S.; GUTIÉRREZ, J. R.; HERNÁNDEZ, R. M.; HUANG, X.; HUBER-SANNWALD, E.; JANKJU, M.; MIRITI, M.; MONERRIS, J.; MAU, R. L.; MORICI, E.; NASERI, K.; OSPINA, A.; POLO, V.; PRINA, A.; PUCHETA, E. RAMÍRZ-COLLANTES, D. A.; ROMÃO, R.; TIGHE, M.; TORRES-DÍAZ, C.; VAL, J.; VEIGA, J. P.; WANG, D.; ZAADY, E. Plant Species Richness and Ecosystem Multifunctionality in Global Drylands. **Science**, v. 335, p. 214-217, 2012.

MAGALHÃES, S. E.; PIMENTEL, R. M. M. Matas Ciliares – Análise Histórica dos Estudos Relacionados ao Tema. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 1, p. 49-057, 2013.
MARKESTEIJN, L.; POORTER, L. Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought- and shade-tolerance. **Journal of Ecology**, v. 97, p. 311–325, 2009.

MATHENY, A. M.; MIRFENDERESGI, G.; BOHRER, G. Trait-based representation of hydrological functional properties of plants in weather and ecosystem models. **Plant Diversity**, v. 39, p. 1-12, 2017.

MENDIVELSO, H. A.; CAMARERO, J. J.; GUTIÉRREZ, E.; CASTAÑO-NARANJO, A. Climatic influences on leaf phenology, xylogenesis and radial stem changes at hourly to monthly scales in two tropical dry forests. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 216, p. 20–36, 2016.

MILLER-RUSHING, A. J., WELTZIN, J. Phenology as a tool to link ecology and sustainable decision making in a dynamic environment. **New Phytologist**, v. 184, p. 743–745, 2009.

MIRANDA, L. A. P.; VITÓRIA, A. P.; FUNCH, L. S. Leaf phenology and water potential of five arboreal species in gallery and montane forests in the Chapada Diamantina; Bahia; Brazil. **Environmental and Experimental Botany**, v. 70, p. 143–150, 2011.

MORELLATO, L. P. C. Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semidecídua no Sudeste do Brasil. 1991. **Tese (Doutorado)** – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MORELLATO, L. P. C.; ALBERTI, L. F.; HUDSON, I. L. Applications of Circular Statistics in Plant Phenology: A Case Studies Approach. In: HUDSON, I. L.; KEATLEY, M. (Eds.).

Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis. Dordrecht: Springer, 2010, p. 357-371.

MORELLATO, L. P. C.; ALBERTON, B.; ALVARADO, S. T.; BORGES, B. BUISSON, E.; CAMARGO, M. G. G.; CANCIAN, F. C.; CARTENSEN, D. W.; ESCOBAR, D. F. E.; LEITE, P. T. P.; MENDOZA, I.; ROCHA, N. M. W. B.; SOARES, N. C.; THIAGO, S. F. S.; STAGGEMEIER, V. G.; STREHER, A. S.; VARGAS, B. C.; PERES, C. A. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, v. 195, p. 60–72, 2016.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Reproductive phenology of climbers in a southeastern Brazilian forest. **Biotropica**, v. 28, p. 180-191, 1996.

MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASI, A.; BENCKE, C. C.; ROMERA, E. C.; ZIPPARRO, V. B. Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: A Comparative Study. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 811–823, 2000.

MORELLATO-FONZAR, L. P. C. **Estudo comparativo de fenologia e dinâmica de duas formações florestais as Serra do Japi, Jundiá, SP.** 1987. 232 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MORI, A. S.; SILVA, L. A. M.; LISBOA, G.; CORADIN, L. **Manual de Manejo do Herbário Fanerogâmico.** Ilhéus - BA: Centro de Pesquisa do Cacau, 1989.

MORIN, X.; ROY, J.; SONIÉ, L.; CHUINE, I. Changes in leaf phenology of three European oak species in response to experimental climate change. **New Phytologist**, v. 186, p. 900–910, 2010.

MOUNGSRIMUANGDEE, B.; WAIBOONYA, P.; LARPKERN, P.; YODSA-NGA, P.; SAEYAMG, M. Reproductive phenology and growth of riparian species along Phra Prong river, sa Kao Province, eastern Thailand. **Journal of Landscape Ecology**, v. 10, n. 2, p. 35-48, 2017.

MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of Tropical Dry Forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, p. 67-88, 1986.

MUSAVI, T.; MAHECHA, M. D.; MIGLIAVACCA, M. REICHSTEIN, M.; WEG, M. J.; VAN BODEGOM, P. M.; BAHN, M.; WIRTH, C.; REICH, P. B.; SCHRODT, F.; KATTGE, J. **International journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 43, p. 119-131, 2015.

NEVES, E. L.; FUNCH, L. S.; VIANA, B. F. Comportamento fenológico de três espécies de *Jatropha* (Euphorbiaceae) da Caatinga, semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 1, p. 155-166, 2010.

OLIVEIRA, C. C.; ZANDAVALLI, 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, p. 40–49, 2015.

PARMESAN, C. Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. **Global Change Biology**, v. 13, p. 1860-1872, 2007.

PAVLOVIC, P.; MITROVIC, M.; DORDEVIC, D.; SAKAN, S.; SLOBODNIK, J.; LISKA, I.; CSANYI, B.; JARIC, S.; KOSTIC, O.; PAVLOVIC, D.; MARINKOVIC, N.; TUBIC, B.; PAUNOVIC, M. Assessment of the contamination of riparian soil and vegetation by trace metals — A Danube River case study. **Science of the Total Environment**, v. 540, p. 396-409, 2015.

PEREIRA, I. M.; BOTELHO, S. A.; VAN DEN BERG, E.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MACHADO, E. L. M. Caracterização ecológica de espécies arbóreas ocorrentes em ambientes de mata ciliar, como subsídio à recomposição de áreas alteradas nas cabeceiras do Rio Grande, Minas Gerais, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 235-253, 2010.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; DÍAZ, S.; GARNIER, E.; LAVOREL, S.; POORTER, H.; JAUREGUIBERRY, P.; BRET-HARTE, M. S.; CORNWELL, W. K.; CRAINE, M.; GURVICH, D. E.; URCELAY, C.; VENEKLAAS, E. J.; REICH, P. B.; POORTER, L.; WRIGHT, I. J.; RAY, P.; ENRICO, L.; PAUSAS, J. G.; DE VOS, A. C.; BUCHMANN, N.; FUNES, G.; QUÉTIER, F.; HODGSON, J. G.; THOMPSON, K.; MORGAN, H. D.; TER STEEGE, H.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; SACK, L.; BLODER, B.; POSCHLOD, P.; VAIERETTI, M. V.; CONTI, G.; STAYER, A. C.; AQUINO, S.; CORNELISSEN, J. H. C. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 61, p. 167–234, 2013.

PORTILLO-QUINTERO, C. A.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. **Biological Conservation**, v. 143, p. 144–155, 2010.

PRINGLE, E. G.; ADAMS, R. I.; BROADBENT, E.; BUSBY, P. E.; DONATTI, C. I.; KURTEN, E. L.; RENTON, K.; DIRZO, R. Distinct leaf-trait syndromes of evergreen and deciduous trees in a Seasonally Dry Tropical Forest. **Biotropica**, v. 43, n. 3, p. 299–308, 2011.

RATHCKE, B.; LACEY, E. P. Phenological Patterns of Terrestrial Plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 16, p. 179-214, 1985.

REICH, P. B.; BORCHERT, R. Water Stress and Tree Phenology in a Tropical Dry Forest in the Lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v. 72, n. 1, p. 61-74, 1984.

REICH, P. B.; WRIGHT, I. J.; CAVENDER-BARES, J.; CRAINE, J. M.; OLEKSYN, J.; WESTOBY, M.; WALTERS, M. B. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. **International Journal of Plant Sciences**, v. 164, n. 3, p. 143-164, 2003.

REYS, P.; GALETTI, M.; MORELLATO, L. P. C.; SABINO, J. Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em Mata Ciliar no Rio Formoso, Mato Grosso do Sul. – **Biota Neotropica**, v. 5, n. 2 – BN0120502 2005.

- RIBEIRO, A. S. **Estado de conservação das nascentes do alto trecho do Rio Pajeú, Pernambuco, Brasil**. 2014. 202 f. Dissertação de mestrado (Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- RICHTER, B. D.; RICHTER, H. E. Prescribing flood regimes to sustain riparian ecosystems along Meandering Rivers. **Conservation Biology**, v. 14, n. 5, p. 1467-1478, 2000.
- RINGROSE, S. Characterisation of riparian woodlands and their potential water loss in the distal Okavango Delta, Botswana. **Applied Geography**, n. 23, p. 281-302, 2003.
- ROOD, S. B.; MAHONEY, J. M.; REID, D. E.; ZILM, L. Instream flows and the decline of riparian cottonwoods along the St. Mary River, Alberta. **Canadian Journal of Botany**, v. 73, p. 1250- 1260, 1995.
- ROSEMARTIN, A. H.; CRIMMINS, T. M.; ENQUIST, C. A. F.; GERST, K. L.; KELLERMANN, J. L.; POSTHUMUS, E. E.; DENNY, E. G.; GUERTIN, P.; MARSH, L.; WELTZIN, J. F. Organizing phenological data resources to inform natural resource conservation. **Biological Conservation**, v. 173, p. 90–97, 2014.
- RUBIM, P.; NASCIMENTO, H. E. M.; MORELLATO, L. P. C. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 756-764, 2010.
- SANTOS, D. L.; TAKAKI, M. Fenologia de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) na região rural de Itirapina, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**. v. 19, n. 3, p. 625-632. 2005.
- SCHELLHORN, N. A.; GAGIC, V.; BOMMARCO, R. Time will tell: resource continuity bolsters ecosystem services. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, n. 9, p. 524–530, 2015.
- SCHWARZ, C. F.; THOR, E. C.; ELSNER, G. H. **Wildland Planning Glossary**. USDA Forest Serv. Gen Tech. Rep. PSW-13, 1976, 252 p.
- SCOTT, R. L.; EDWARDS, E. A.; SHUTTLEWORTH, J.; HUXMAN, T. E.; WATTS, C.; GOODRICH, D. C. Interannual and seasonal variation in fluxes of water and carbon dioxide from a riparian woodland ecosystem. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 122, p. 65–84, 2004.
- SILVA, A. P. A. **Diversidade taxonômica e funcional de plantas lenhosas em um semiárido tropical**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada.
- SILVA, I. A.; SILVA, D. M.; CARVALHO, G. H.; BATALHA, M. A. Reproductive phenology of Brazilian savannas and riparian forests: environmental and phylogenetic issues. **Annals of Forest Science**, v. 68, n. 7, p. 1207-1215, 2011.
- SILVA, T. G. F.; ALMEIDA, A. Q. Climatologia e Características Geomorfológicas. In: SANTOS, E. M.; MELO-JÚNIOR, M.; SILVA-CAVALCANTI, J. S.; ALMEIDA, G. V. L. (Orgs.). **Parque Estadual Mata da Pimenteira: Riqueza Natural e Conservação da Caatinga**. Recife-PE: Editora Universitária da UFRPE, p. 30-37, 267p, 2013.

SINGH, K. P.; KUSHWAHA, C. P. Deciduousness in tropical trees and its potential as indicator of climate change: A review. **Ecological Indicators**, v. 69, p. 699–706, 2016.

SOUZA, I. M.; FUNCH, L. S. Fenologia e modos de polinização e dispersão de Fabaceae em floresta ciliar, Chapada Diamantina, Nordeste do Brasil. **Sitientibus, série Ciências Biológicas**, v. 15, p. 1-10, 2015.

SPANNL, S.; VOLLAND, F.; PUCHA, D.; PETER Climate variability, tree increment patterns and ENSO-related carbon sequestration reduction of the tropical dry forest species *Loxopterygium huasango* of Southern Ecuador. **Trees**, v. 30, n. 4, p. 1245–1258, 2016.

STAGGEMEIER, V. G.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; MORELLATO, L. P. C. The shared influence of phylogeny and ecology on the reproductive patterns of Myrteae (Myrtaceae). **Journal of Ecology**, v. 98, p. 1409–1421, 2010.

TABACCHI, E.; PLANTY-TABACCHI, A. M.; SALINAS, M. J.; DÉCAMPS, H. Landscape structure and diversity in riparian plant communities: A longitudinal comparative study. **Regulated Rivers: Research & Management**, v. 12, p. 367-390, 1996.

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 e Ambiental**, v.11, n. 3, p.307–311, 2007.

TRUGILHO P. F.; SILVA, D. A.; FRAZÃO F. J. L.; MATOS, J. L. M. Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira. **Acta Amazonica**, v. 20, p. 307-319, 1990.

TSAI, C. W.; YOUNG, T.; WARREN, P. H.; MALTBY, L. Phenological responses of ash (*Fraxinus excelsior*) and sycamore (*Acer pseudoplatanus*) to riparian thermal conditions. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 16, p. 95–102, 2016.

TYREE, M. T.; ENGELBRECHT, B. M. J.; VARGAS, G.; KURSAR, T. A. Desiccation Tolerance of Five Tropical Seedlings in Panama. Relationship to a Field Assessment of Drought Performance. **Plant Physiology**, v. 132, n. 3, p. 1439–1447, 2003.

VALENCIA, E.; MÉNDEZ, M.; SAAVEDRA, N.; MAESTRE, F. T. Plant size and leaf area influence phenological and reproductive responses to warming in semiarid Mediterranean species. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 21, p. 31–40, 2016.

VIOLLE, C.; NAVAS, M. L.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.; GARNIER, E. L. Let the concept of trait be functional! **Oikos**, v. 116, p. 882-892, 2007.

WAGNER, F. H.; HÉRAULT, B.; BONAL, D. STAHL, C.; ARAGÃO, L. E. O. C. Climate seasonality limits leaf carbon assimilation and wood productivity in tropical forests. **Biogeosciences**, v. 13, p. 2537–2562, 2016.

WEIHER, E.; VAN DER WERF, A.; THOMPSON, K.; RODERICK, M.; GARNIER, E.; ERIKSSON, O. Challenging Theophrastus: A Common Core List of Plant Traits for Functional Ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 10, p. 609-620, 1999.

WESTOBY, M.; FALSTER, D. S.; MOLES, A. T.; VESK, P. A.; WRIGHT, I. J. Plant Ecological Strategies: Some Leading Dimensions of Variation Between Species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 33, p. 125-159, 2002.

WILLIAMS, R. J.; MYERS, B. A.; EAMUS, D.; DUFF, G. A. Reproductive Phenology of Woody Species in a North Australian Tropical Savanna. **Biotropica**, v. 31, n. 4, p. 626-636, 1999.

WILLIAMS, R. J.; MYERS, B. A.; MULLER, W. J.; DUFF, G. A.; EAMUS, D. Leaf Phenology of Woody Species in a North Australian Tropical Savanna. **Ecological Society of America**, v. 78, n. 8, p. 2542-2558, 1997.

WORBES, M. BLANCHART, S.; FICHTLER, E. Relations between water balance, wood traits and phenological behavior of tree species from a tropical dry forest in Costa Rica—a multifactorial study. **Tree Physiology**, v. 33, p. 527–536, 2013.

WRIGHT, J.; CALDERON, O. Phylogenetic Patterns among Tropical Flowering Phenologies. **Journal of Ecology**, v. 83, n. 6, p. 937-948, dec., 1995.

WRIGHT, I. J.; REICH, P. B.; WESTOBY, M.; ACKERLY, D. D.; BONGERS, F.; CAVENDER-BARES, J.; CHAPIN, T.; CORNELISSEN, J. H. C.; DIEMER, M.; FLEXAS, J. GARNIER, E.; GROOM, P. K.; GULIAS, J.; HIKOSAKA, K.; LAMONT, B. B.; LEE, T.; LUSK, C.; MIDGLEY, J.; NAVAS, M. L.; NIINEMENTS, U.; OLEKSYN, J.; OSADA, N.; POORTER, H.; POOT, P.; PRIOR, L.; PYANKOV, V.; ROUMET, C.; THOMAS, S. C.; TJOELKER, M. G.; VENEKLAAS, E. J. VILLAR, R. The worldwide leaf economics spectrum. **Nature**, v. 428, p. 821-827, 2004.

WRIGHT, S. J.; KITAJIMA, K. KRAFT, N. J. B.; REICH, P. B.; WRIGHT, I. J.; BUNKER, D. E.; CONDIT, R.; DALLING, J. W.; DAVIES, S. J.; DÍAZ, S.; ENGELBRECHT, B. M. J.; HARMS, K. E.; HUBBELL, S. P.; MARKS, C.; RUIZ-JAEN, M. C.; SALVADOR, C. M.; ZANNE, A. E. Functional traits and the growth–mortality trade-off in tropical trees. **Ecology**, v. 91, n. 12, p. 3664–3674, 2010.

YANG, Y.; ZHU, Q.; PENG, C.; WANG, H.; CHEN, H. From plant functional types to plant functional traits: A new paradigm in modelling global vegetation dynamics. **Progress in Physical Geography**, v. 39, n. 4, p. 514–535, 2015.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 3 ed. New York: Prentice-Hall. 1996, 662p.

ZHANG, H.; CUI, B.; XIAO, R.; ZHAO, H. Heavy metals in water, soils and plants in riparian wetlands in the Pearl River Estuary, South China. **Procedia Environmental Sciences**, v. 2, p. 1344–1354, 2010.

ZHANG, X. **Phenology and Climate Change**. Ed. InTech, Croatia, 2012, 320p.

ARTIGO CIENTÍFICO I

**GRUPOS FUNCIONAIS DE ESPÉCIES LENHOSAS EM FLORESTA
RIPÁRIA NO SEMIÁRIDO DO BRASIL: EVIDÊNCIAS
FENOLÓGICAS E MORFOFISIOLÓGICAS**

Artigo científico a ser encaminhado à Revista Austral Ecology

**Grupos funcionais de espécies lenhosas em floresta ripária no semiárido do Brasil:
evidências fenológicas e morfofisiológicas**

ÉRICA DAIANE MARQUES DA SILVA¹, ANA PAULA ALVES DA SILVA², NIELSON
DINIVAN DA SILVA BRITO¹, MARIA JESUS NOGUEIRA RODAL³, RENATA AKEMI
SHINOZAKI-MENDES¹, ANDRÉ LUIZ ALVES DE LIMA¹

¹Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST, Universidade Federal de Pernambuco – UFRPE, Avenida Gregório Ferraz Nogueira, S/N, Bairro: José Tomé de Souza Ramos. CEP: 56909-535 – Serra Talhada / PE, Brasil. (E-mail: ericadaianem@gmail.com).

²Programa de Pós-Graduação em Sistemática e Evolução – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.

³Departamento de Biologia, Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife, PE, Brasil. SECRETARIA. DB@ufrpe.br

Resumo

Abordagens sobre relações entre traços morfofisiológicos e fenológicos de espécies vegetais permitem a identificação de grupos funcionais, entretanto, ainda não há consenso se estas características influenciam o hábito foliar e a formação destes grupos de plantas de ambientes sazonalmente secos. Objetivou-se avaliar a influência dos traços morfofuncionais e fenológicos na formação de grupos funcionais de espécies lenhosas de uma floresta ripária do semiárido do Brasil. Foram mensurados e analisados traços de fenologia vegetativa, de folha (área foliar específica, área foliar, espessura foliar e teor de matéria seca foliar), densidade de madeira e quantidade saturada de água do caule e a associação destes com a disponibilidade de água do solo, umidade relativa do ar, precipitação, temperatura, fotoperíodo e déficit de pressão de vapor. Os traços foram ordenados utilizando o índice de Bray-Curtis e, posteriormente, foi feita uma análise de escalonamento multidimensional para identificar os principais grupos funcionais. Os traços analisados atuaram como preditores dos três grupos identificados (n=23): espécies decíduas de baixa densidade de madeira (9%), decíduas de alta densidade de madeira (48%) e não decíduas, incluindo semidecíduas (17%) e sempre verdes (26%). Os traços funcionais morfológicos (área foliar, densidade de madeira, quantidade de água caule e área foliar específica) foram os melhores preditores dos grupos funcionais. Decíduas e semidecíduas demonstraram forte dependência dos fatores abióticos ligados à precipitação e temperatura, enquanto as sempre verdes apresentaram forte dependência do

déficit de pressão de vapor para o desencadeamento de suas fenofases. Ficou evidente que os traços funcionais estudados influenciaram o hábito foliar e a formação dos grupos das espécies lenhosas de mata ripária do semiárido.

Palavras-chave

Caatinga, densidade de madeira, tipos funcionais, traços foliares, uso de água.

INTRODUÇÃO

A fenologia em ambientes sazonalmente secos, é determinada pela duração e intensidade da seca sazonal (KUSHWAHA et al., 2011) e está relacionada aos fatores ambientais e aos caracteres morfofisiológicos destas plantas, principalmente aqueles relacionados ao controle hídrico, como caule e folha (FU et al., 2012). Os padrões fenológicos são fortemente influenciados pelas estratégias de uso e conservação de água, que por sua vez são controlados pela combinação de traços fisiológicos e arquitetônicos da planta (BUTZ et al., 2017). Embora estas interações estejam razoavelmente compreendidas (REICH et al., 2003), em alguns tipos vegetacionais as características funcionais podem não estar relacionadas ao hábito foliar das espécies, conseqüentemente havendo sobreposição dos diferentes tipos funcionais de plantas (CIANCIARUSO et al., 2013). Desta forma, entende-se que estas estratégias não estão bem definidas, fazendo-se necessários estudos adicionais que abordem uma maior diversidade de comunidades ecológicas (CASTELLANOS- CASTRO e NEWTON, 2015).

Em regiões semiáridas, os padrões fenológicos são altamente influenciados pela precipitação (AMORIM et al., 2009; LEITE e MACHADO, 2010; SINGH e KUSHWAHA, 2016) e pela disponibilidade de água no solo (CHATURVEDI et al., 2011; CHATURVEDI et al., 2012; SINGH & KUSHWAHA, 2016). Entretanto, outros estudos em florestas tropicais sazonalmente secas (REICH e BORCHERT, 1984; BORCHERT, 1994; BORCHERT e RIVERA, 2001; WESTOBY et al., 2002; POORTER e MARKESTEIJN, 2008; SINGH e KUSHWAHA, 2016) têm demonstrado que não só estes fatores, mas, as características funcionais da planta atuam coordenando a fenologia dos indivíduos, conferindo mecanismos que permitem que a planta lide com a sazonalidade (WESTOBY et al., 2002), evitando ou tolerando a seca (POORTER e MARKESTEIJN, 2008). Estes mecanismos refletem na capacidade das plantas de armazenarem ou acessarem a água do solo (SINGH e KUSHWAHA, 2016) e conseqüentemente na disponibilidade de água na própria planta (BORCHERT e RIVERA, 2001).

A deciduidade, por exemplo, é uma característica funcional que permite que a planta evite a seca (BORCHERT, 1994; CHATURVEDI et al., 2012). Este mecanismo está negativamente relacionado ao teor de matéria seca foliar (POORTER e MARKESTEIJN, 2008) e positivamente à área foliar específica. Outras características como raízes profundas, controle estomático, menor área foliar (SLOT e POORTER, 2007) e maior espessura foliar ou ainda uma menor área foliar específica também reduzem a perda de água pela planta (CHATURVEDI et al., 2012). A baixa densidade de madeira também é uma característica funcional que permite que a planta armazene grandes quantidades de água em seu caule ou ainda resista a grandes variações no potencial hídrico em locais de baixa disponibilidade hídrica (LIMA e RODAL, 2010).

Estas abordagens relacionando traços funcionais e o comportamento fenológico da planta permitiram a identificação de grupos funcionais (BORCHERT, 1994, LIMA et al., 2012, OLIVEIRA et al., 2015), nos quais as espécies desempenham a mesma função no ambiente, inclusive no que diz respeito ao uso e armazenamento da água. Contudo, estes estudos geralmente têm abordado traços funcionais de folha e madeira de forma isolada, o que pode ser considerado como uma fonte crítica de incerteza, uma vez que os traços funcionais foliares ou de madeira por si só podem não refletir satisfatoriamente as respostas da espécie ao ambiente (MATHENY et al., 2017). Desta forma, o uso de traços funcionais relacionados às estratégias hidráulicas da planta como um todo para a identificação de grupos funcionais pode permitir uma melhor compreensão das estratégias de resistência e tolerância à seca de espécies vegetais de ambientes sazonalmente secos (MATHENY et al., 2017).

Apesar de alguns estudos terem identificado padrões gerais de tipos funcionais de plantas e estratégias ecológicas, os dados obtidos até recentemente representam apenas uma parte da ampla gama de ecossistemas encontrados na natureza (CASTELLANOS-CASTRO e NEWTON, 2015), inclusive, não abordando as florestas ripárias de ambientes sazonalmente secos, certamente devido ao desmatamento e quase supressão completa destas florestas (NILSSON e BERGGREN, 2000; HUGHES e ROOD, 2003).

Durante muito tempo, a maioria dos estudos sobre a fenologia de plantas de florestas ripárias se concentrou apenas nas relações entre os padrões fenológicos e a sazonalidade climática (ANTUNES e RIBEIRO, 1999; FUNCH et al., 2002; GUNDNERSON et al., 2012; CASCAES et al., 2013; AZEVEDO et al., 2014) e na influência das variáveis abióticas no comportamento destas espécies, tanto em ambientes úmidos (REYS et al., 2005; MOUNGSRIMUANGDEE et al., 2017) quanto sazonalmente secos (FUNCH et al., 2002; SILVA et al., 2011). Nestas florestas, a fenologia pode se assemelhar à da vegetação do

entorno, com os picos das fenofases ocorrendo geralmente em períodos de alta precipitação (SILVA et al., 2011; AZEVEDO et al., 2014; BOAKYE et al., 2016; MOUNGSRIMUANGDEE et al., 2017), ou podem ocorrer tanto na estação seca (ANTUNES e RIBEIRO, 1999; AZEVEDO et al., 2014) quanto na estação chuvosa (FUNCH et al., 2002). Além da precipitação, fatores como a temperatura, umidade relativa do ar (AZEVEDO et al., 2014) e o fotoperíodo (SILVA et al., 2011; LIMA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015) atuam como gatilho para início das fenofases em matas ripárias de ambientes sazonalmente secos. Contudo, abordagens mais específicas da fenologia relacionando fatores abióticos e outros aspectos da ecologia funcional (MORIN et al., 2010; PRINGLE et al., 2011; BOAKYE et al., 2016), incluindo aspectos fisiológicos (RINGROSE, 2003) e morfológicos (STAGGEMEIER et al., 2010) têm sido realizadas. Desta forma, estudos que associem a fenologia às características morfofuncionais de plantas de florestas ripárias permite a identificação de grupos funcionais nestes ambientes e contribuem para uma melhor compreensão sobre como estas espécies respondem à disponibilidade de água.

Neste trabalho foi analisado se os traços funcionais morfológicos e fenológicos atuam como preditores dos grupos funcionais de espécies vegetais de florestas ripárias, inclusive daquelas inseridas em ambiente sazonalmente secos. Neste sentido, este estudo teve como objetivo avaliar quais traços funcionais influenciam a formação de grupos funcionais e como se dá o comportamento fenológico destes grupos em função dos traços funcionais e das variáveis abióticas.

MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado numa floresta ripária localizada às margens do riacho Boi Morto situado no Parque Estadual Mata da Pimenteira (PEMP), (07°53'21" e 07°57'36"S e 38°18'42" e 38°17'7"W), localizado no município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil (SILVA e ALMEIDA, 2013). A vegetação do PEMP é em sua maioria arbustivo-arbórea caducifólia espinhosa, típica de caatinga (MELO et al., 2013) e os solos são Cambissolos associados a Podzólicos vermelho-amarelo, Planossolos e Solonetz e está situado entre 500 a 700 metros de altitude (SILVA e ALMEIDA, 2013). Na área de floresta ripária, a vegetação tem um porte mais elevado, maior diversidade (A. P. A. Silva, dados não publicados, 2018) e permanece com suas folhas por mais tempo. O clima da região é do tipo BSw^h (semiárido e quente), segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 653,2 mm e temperatura média de 26°C (SILVA e ALMEIDA, 2013). O período chuvoso se inicia em

dezembro e se estende até maio, concentrando 69,5% da precipitação anual (SILVA e ALMEIDA, 2013), entretanto, com grande variabilidade interanual (SAMPAIO, 1995). Os dados meteorológicos de precipitação, umidade relativa do ar e temperatura média foram obtidos de uma estação meteorológica situada a 11km de distância do PEMP, através da Agência Pernambucana de Águas e Clima (www.apac.pe.gov.br/). O fotoperíodo foi obtido de Lammi (2015). O estudo ocorreu entre junho/2017 e novembro/2018, compreendendo o final da estação chuvosa de 2017, duas estações secas (agosto/2017 – janeiro/2018 e maio/2018 – novembro/2018) e plena estação úmida de 2018 (fevereiro/2018 – abril/2018).

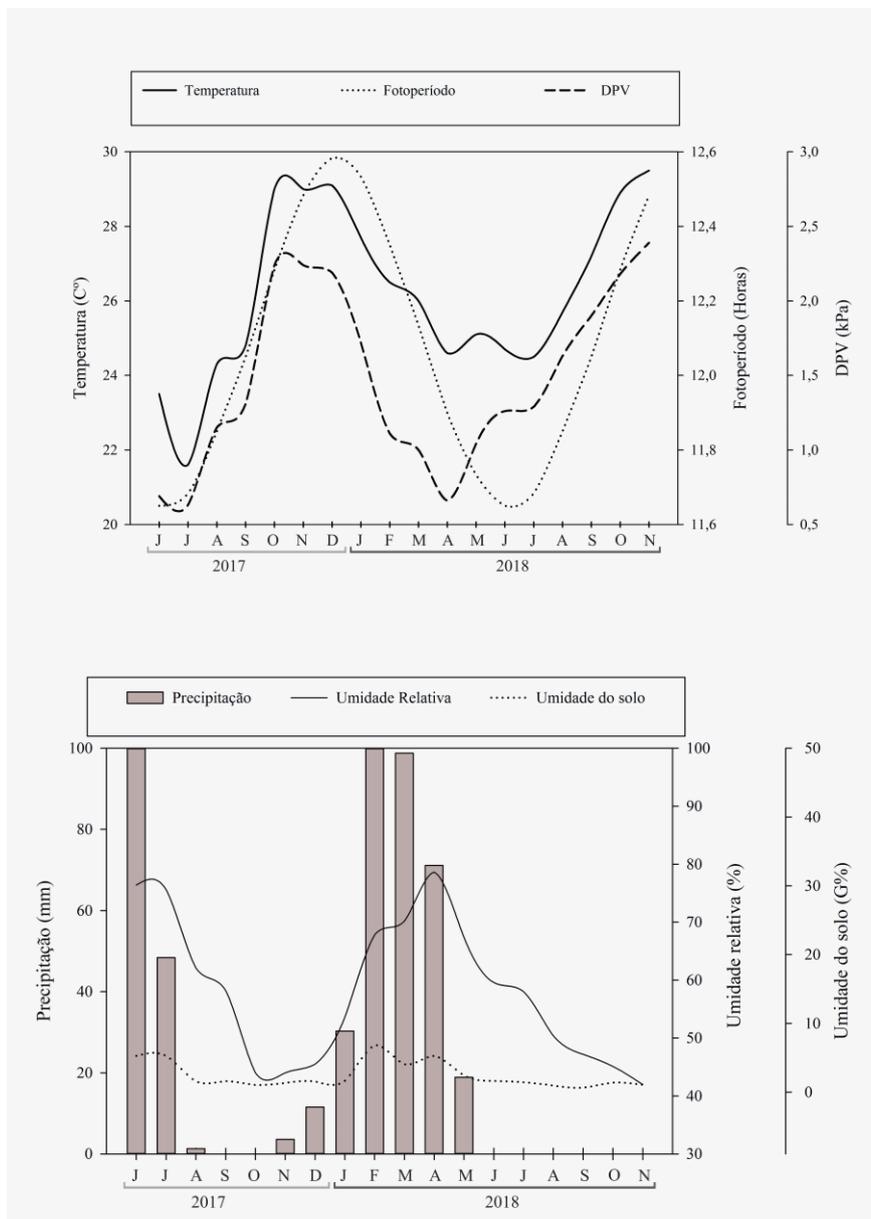


Fig. 1. Dados abióticos mensais do Parque Estadual Mata da Pimenteira, Serra Talhada - PE, Brasil.

Durante o primeiro ano de estudo a precipitação foi de 611,8 mm, portanto, um pouco abaixo da média histórica e durante os últimos seis meses do período de estudo não houve precipitação. Ainda durante o primeiro ano de estudo, a temperatura média foi de 25,9 °C, com mínima de 21,6°C e máxima de 29,1°C; a umidade relativa do ar média 61,95%, com mínimo de 44% e máxima de 78,5%; o conteúdo gravimétrico de água do solo variou de 1,04% a 6,81% e a variação do fotoperíodo foi de 55 minutos (Fig. 1). Neste período, o déficit de pressão de vapor (DPV) variou de 0,63 Kpa a 2,24 Kpa, com média de 1,33 Kpa. Enquanto durante o último semestre do estudo, a temperatura média foi de 26,7 °C, com mínima de 24,5°C e máxima de 29,5°C e umidade relativa do ar média 50,4%, com mínimo de 42% e máxima de 59,6%; o conteúdo gravimétrico de água do solo variou de 0,7% a 1,6% e o DPV médio foi de 1,8 Kpa, com mínima de 1,3 Kpa e máxima de 2,4 Kpa. A variação do fotoperíodo foi de 50 minutos (Fig. 1).

Coleta de dados e análises

Fenologia

Para o monitoramento fenológico foi determinado um trecho de um quilômetro da floresta ripária, em cada um dos lados da margem e cada um com largura de cinco metros (A. P. A. Silva, dados não publicados, 2018). Nesta área foram selecionadas 23 das 36 espécies presentes no local (64%), as mais abundantes, que correspondem a 89% do total de indivíduos da comunidade (A. P. A. Silva, dados não publicados, 2018) e destas foram marcados nove indivíduos adultos de cada espécie, com diâmetro do caule ao nível do solo > 3cm (RODAL et al., 2013), considerando os indivíduos com maiores alturas e com copas aparentes para melhor visualização. As observações fenológicas foram realizadas mensalmente, durante 18 meses, entre junho de 2017 e novembro de 2018, para as fenofases de brotamento, queda foliar (folhas amarelas ou marrons e quando as folhas foram parcial ou totalmente perdidas pelo indivíduo) e proporção de folhas na copa (todas as folhas do dossel). A intensidade dos eventos fenológicos foi estimada conforme Fournier (1974), segundo o qual a intensidade das fenofases são quantificadas de zero a quatro para cada indivíduo (índice de intensidade de Fournier), onde zero representa a ausência da fenofase, um representa a fenofase entre 1-25%, dois entre 26-50%, três entre 51-75 e quatro entre 76-100%. A intensidade da fenofase para cada espécie se dá através da fórmula: $(\sum \text{Fournier} / 4N) * 100$, onde \sum Fournier é o valor do índice de Fournier para cada indivíduo e N o número de indivíduos da espécie. A deciduidade foliar das espécies baseou-se em Williams et al. (1997), sendo consideradas sempre verdes aquelas que permaneceram com sua copa acima de 50% durante os 12 meses, semidecíduas,

as espécies em que o dossel se apresentou abaixo de 50% na estação seca, mas não perdendo completamente suas folhas e como decíduas aquelas que perderam suas folhas durante a estação seca e permaneceram sem folhas por pelo menos um mês.

Densidade de Madeira

A densidade de madeira foi determinada para cinco indivíduos de cada espécie, através de amostras do ramo com pelo menos três cm de diâmetro. As amostras tiveram suas cascas retiradas e logo após foram imersas em água, durante cinco dias, para saturação máxima (CHAVE et al., 2009). Após esse período, as amostras foram retiradas e permaneceram 10 minutos fora da água para que o excesso de água escoasse. Posteriormente, cada amostra foi mergulhada em outro recipiente com água destilada para medição do deslocamento do líquido para determinação do volume. Em seguida, as amostras foram secas em estufa à temperatura de 103 °C por 72 horas e logo após pesadas para determinação da massa seca (TRUGUILHO et al., 1990). A densidade básica de madeira foi determinada através da relação entre a massa seca da amostra pelo seu volume saturado (g/cm^3) (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). A quantidade de água saturada do caule (QAsat. %) foi obtida pela fórmula: $QAsat = 100 (V - MS)/MS$, onde v é o volume deslocado e MS a massa seca (BORCHERT, 1994). As espécies foram consideradas como de baixa densidade de madeira quando apresentaram densidade menor que $0,5 \text{ g}/\text{cm}^3$ e de alta densidade de madeira quando a densidade foi maior ou igual a este valor (BORCHERT, 1994).

Traços de Folha

Os traços funcionais de espessura foliar, área foliar, área foliar específica e teor de matéria seca foliar foram determinados segundo Pérez-Harguindeguy et al. (2013) para cinco indivíduos para cada espécie, dos quais foram coletadas dez folhas de cada um. A espessura foliar foi obtida com auxílio de um paquímetro digital Stainless Hardened® (MTX-316119). Para obtenção da área foliar (mm^2), cada folha foi digitalizada em um scanner de mesa e suas dimensões foram determinadas através do programa Image-J®. O cálculo da área foliar específica foi realizado através da razão entre a área foliar (mm^2) e o peso seco (mg) obtido em estufa a 70 °C por 72 horas. O teor de matéria seca foliar foi obtido através do peso seco de cada folha dividido pelo seu peso úmido ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$).

Conteúdo de água do solo

Amostras de solo foram coletadas mensalmente, nas mesmas datas de coleta de dados fenológicos. As coletas foram realizadas na profundidade de 20 cm com auxílio de um trado em dez pontos aleatórios, cinco em cada um dos lados das margens. Para evitar a perda de umidade, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos fechados para posterior pesagem em laboratório para obtenção do peso úmido e logo após secagem em estufa a 105 °C por 24 horas. O conteúdo gravimétrico de água do solo foi obtido através da equação: % (G): (peso úmido – peso seco) * 100/ peso seco (EMBRAPA, 1997).

Análises estatísticas

Para análise multivariada, foi elaborada uma matriz de dados, contendo as espécies como descritores e os dados fenológicos e traços funcionais como objetos. Os dados foram transformados (raiz quadrada da raiz quadrada) e em seguida, foi utilizado o índice de Bray-Curtis como método de ligação entre os objetos e os descritores. Em seguida, foi utilizada a média do grupo (group average) e, a partir da matriz triangular, foi feita a análise de escalonamento multi-dimensional (MDS), com o objetivo de identificar os principais grupos aos quais os descritores são ordenados (MARDIA et al., 1980).

Após a separação dos grupos funcionais, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) dos traços funcionais, cujos grupos foram comparados por meio de uma ANOSIM com 9999 permutações. Foi realizada uma análise de Correlação Canônica (CCA) com os dados fenológicos de cada grupo funcional e abióticos para cada fenofase vegetativa (CLARKE, 1993).

RESULTADOS

Das espécies estudadas, 57% tiveram comportamento decíduo, 26% sempre verde e 17% semidecíduo (Tabela 1). Isto indica que 43% das espécies permaneceram com folhas durante o ano inteiro, embora com diferentes intensidades de queda foliar.

A densidade básica da madeira (DM g/cm³) e a capacidade de armazenamento de água no caule (QAsat%) variou entre as espécies e foram inversamente proporcionais ($r^2=0,775$) (Tabela 1). A DM variou de 0,28 g/cm³, como foi registrado em *Jatropha mollissima*, a 0,81 g/cm³ que foi verificado em *Libidibia ferrea*, e QAsat variou entre 222,6% a 20,2% do peso seco, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1: Traços funcionais de espécies lenhosas do Parque Estadual Mata da Pimenteira, Serra Talhada – PE, Brasil, ordenados conforme a densidade de madeira, no período de junho/2017 a novembro/2018.

Espécie	DM (g/cm ³)	QAsat (%)	AF (cm ²)	AFE (cm ² /g)	EF (mm)	TMSF (mg.g ⁻¹)	Fenologia Foliar
<i>Jatropha molíssima</i>	0,2803	222,5859	144,4711	142,9927	0,3422	0,1737	Decídua
<i>Manihot carthaginensis</i>	0,3325	194,1339	306,1778	158,3278	0,1922	0,2363	Decídua
<i>Triplaris gardneriana</i>	0,4637	117,2654	65,5849	172,4271	0,2532	0,4304	Sempre verde
<i>Mimosa arenosa</i>	0,5679	77,7842	30,7139	171,3489	0,1000	0,3125	Decídua
<i>Piptadenia stipulacea</i>	0,5981	20,1759	35,6844	198,2461	0,1000	0,3295	Decídua
<i>Licania rigida</i>	0,6144	53,2779	99,4160	93,7985	0,3260	0,4254	Sempre verde
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	0,6336	45,7346	41,5979	159,1902	0,2393	0,3495	Decídua
<i>Chloroleucon dumosum</i>	0,6349	50,1366	16,5843	165,2824	0,1000	0,4035	Decídua
<i>Cynophalla flexuosa</i>	0,6479	59,2351	33,7717	49,2822	0,2820	0,4997	Sempre verde
<i>Annona leptopetala</i>	0,6520	51,6037	25,9709	226,9318	0,1258	0,1968	Decídua
<i>Croton blanchetianus</i>	0,6582	39,6132	78,9266	210,7622	0,3233	0,1635	Decídua
<i>Ziziphus joazeiro</i>	0,6677	48,0048	29,7589	174,3639	0,1620	0,3304	Sempre verde
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	0,6753	52,9664	16,0504	244,5664	0,1000	0,2863	Semidecídua
<i>Myracrodouon urundeuva</i>	0,6865	48,9398	135,1392	216,0031	0,1714	0,2760	Semidecídua
<i>Sebastiania macrocarpa</i>	0,6971	48,4181	20,6084	219,0189	0,1744	0,2125	Decídua
<i>Poecilanthe grandiflora</i>	0,7105	48,8805	151,3272	177,2245	0,2242	0,2035	Semidecídua
<i>Cenostigma pyramidale</i>	0,7236	45,4750	98,4567	150,7365	0,1000	0,3334	Decídua
<i>Bauhinia cheilantha</i>	0,7244	48,5786	59,6465	230,2082	0,3333	0,2794	Decídua
<i>Anadenanthera colubrina</i>	0,7450	37,1975	35,4649	115,3948	0,1000	0,5278	Decídua
<i>Colycodendron yco</i>	0,7558	58,1538	119,9408	56,6551	0,4990	0,4651	Sempre verde
<i>Combretum pisonioides</i>	0,7809	39,7450	12,7179	237,6287	0,1333	0,2801	Decídua
<i>Parapiptadenia zehntneri</i>	0,7973	36,7222	88,3736	153,4611	0,1000	0,3876	Sempre verde
<i>Libidibia ferrea</i>	0,8145	42,0930	45,5709	92,1323	0,1000	0,3156	Semidecídua

Abreviações: DM: densidade básica da madeira, QAsat: quantidade de água saturada no caule, AF: área foliar, AFE: área foliar específica, EF: espessura foliar, TMSF: teor de matéria seca foliar.

A análise de agrupamento considerando os traços funcionais foliares, fenológicos vegetativos, densidade básica de madeira e capacidade de armazenamento de água no caule mostrou três grupos funcionais: espécies decíduas de baixa densidade de madeira (DBDM), decíduas de alta densidade de madeira (DADM) e espécies não decíduas. Este último

composto por espécies semidecíduas (SD) e sempre verdes (SV) (Fig. 2). A formação desses grupos foi confirmada pela análise de escalonamento multidimensional (MDS) (Fig. 2).

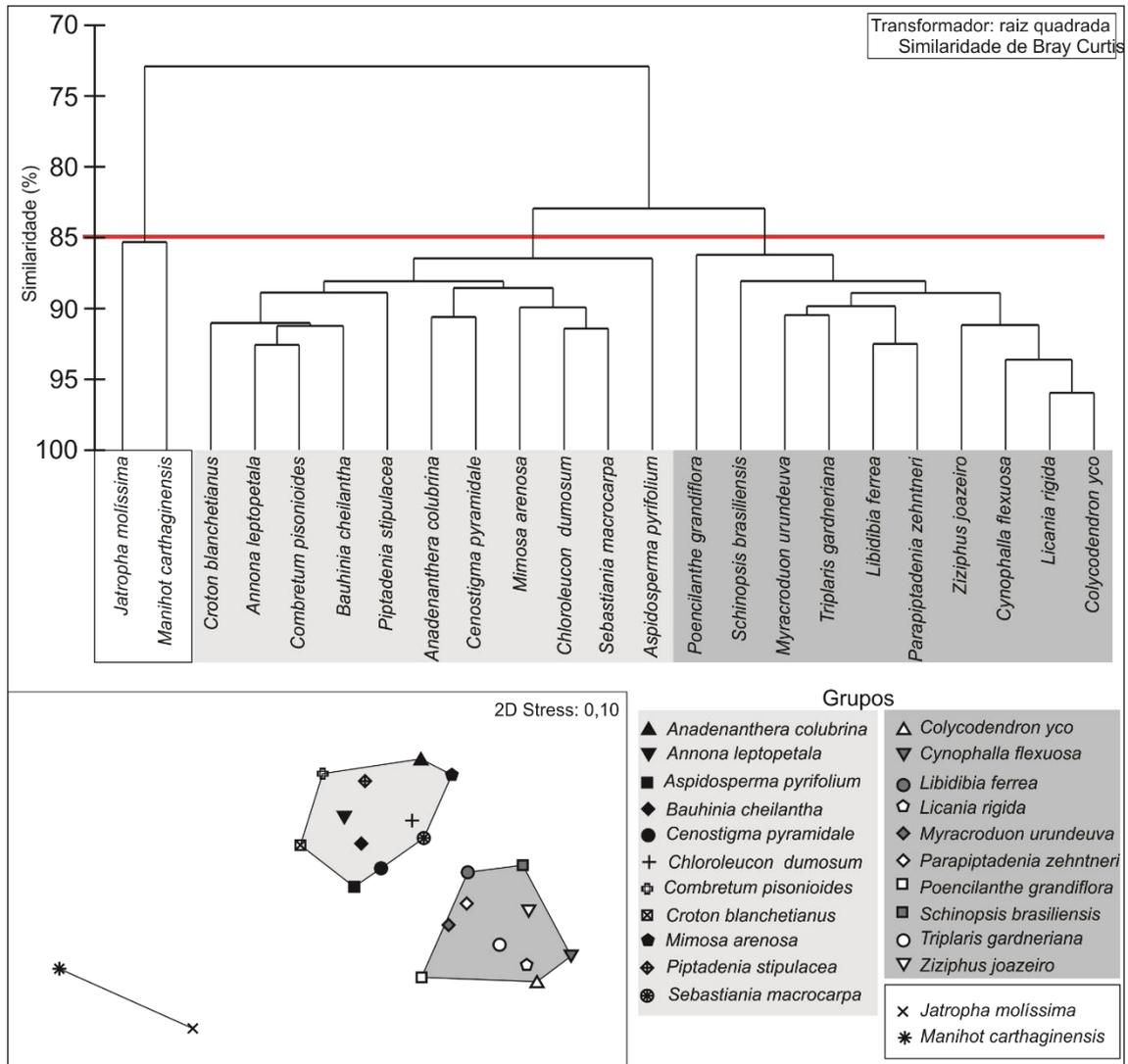


Fig. 2. Análise de Cluster e análise de escalonamento multidimensional (MDS) das características funcionais de espécies lenhosas de uma área de floresta ripária na caatinga, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil, entre junho/2017 e novembro/2018.

O grupo DBDM, incluiu 9% das espécies estudadas. Estas apresentaram os maiores valores de área foliar (AF) e QAsat e os menores valores de DM. O segundo grupo, DADM, formado por espécies decíduas de alta densidade de madeira, composto por 48% das espécies, apresentou os maiores valores de área foliar específica (AFE) e os menores valores de AF e de QAsat. O terceiro grupo, composto por 43% das espécies, incluiu espécies semidecíduas (17%) e sempre verdes (26%). As espécies semidecíduas apresentaram maiores valores de DM e os menores de espessura foliar (EF), enquanto que as espécies sempre verdes exibiram os maiores valores de EF e TMSF (teor de matéria seca foliar) e os menores de AFE.

Quanto ao comportamento fenológico, o grupo DBDM brotou antes das primeiras chuvas e iniciou a queda foliar no final da estação chuvosa, com as espécies permanecendo com menos de 15% de suas copas por cinco meses da estação seca (Fig. 3). As espécies DADM iniciaram o brotamento com as primeiras chuvas e a queda foliar aumentou logo no início da estação seca, contudo, as espécies deste grupo permaneceram com menos de 15% de suas copas apenas durante dois meses do último semestre do período de estudo (Fig. 3). Do terceiro grupo, as espécies semidecíduas, também iniciaram o brotamento com as primeiras chuvas, no entanto o pico de queda foliar destas se deu no auge da estação seca, pouco antes da estação úmida (Fig. 3). Quanto às espécies sempre verdes, a troca de folhas foi constante, com o brotamento e a queda foliar ocorrendo simultaneamente durante todo o ano (Fig. 3).

Conforme o resultado obtido pela PCA (Fig. 4), pode-se observar que as variáveis que mais tiveram influência sobre as espécies foram AF, QAsat, DM (componente principal 1 - CP1) e AFE (componente principal 2 - CP2), respectivamente. Ou seja, os traços funcionais foliares e de madeira apresentaram maior influência na distribuição das espécies na PCA do que os traços fenológicos. Além disso, pode-se afirmar que as espécies que estão próximas na distribuição sofreram influência semelhante de tais variáveis. A CP1 explicou 57,7% da variação dos grupos e a CP2 explicou 28,8%.

Além de diferir com relação aos traços funcionais, os grupos também diferiram em seus comportamentos fenológicos, como supracitado, e com relação à influência dos fatores ambientais no desencadeamento das fenofases. A Análise de Correspondência Canônica (CCA) (Fig. 5) demonstrou que o brotamento nas espécies DBDM foi influenciado principalmente pelo aumento do fotoperíodo, da temperatura e déficit de pressão de vapor (DPV). Nas espécies DADM e SD o aumento da umidade relativa do ar, umidade do solo e da precipitação serviram como gatilho para esta fenofase. Contudo, as espécies DADM iniciaram o brotamento com as primeiras chuvas, enquanto as espécies SD brotaram apenas em plena estação chuvosa. O brotamento em SV demonstrou estar inversamente relacionado ao DPV.

A redução do fotoperíodo, da temperatura e do DPV possibilitou a manutenção da copa nas espécies DBDM e SD. Enquanto as espécies DADM permaneceram com suas copas influenciadas principalmente pelo aumento da umidade relativa do ar, da umidade do solo e da precipitação. A manutenção das folhas na copa das espécies SV demonstrou relação com a temperatura, fotoperíodo e DPV (Fig. 5).

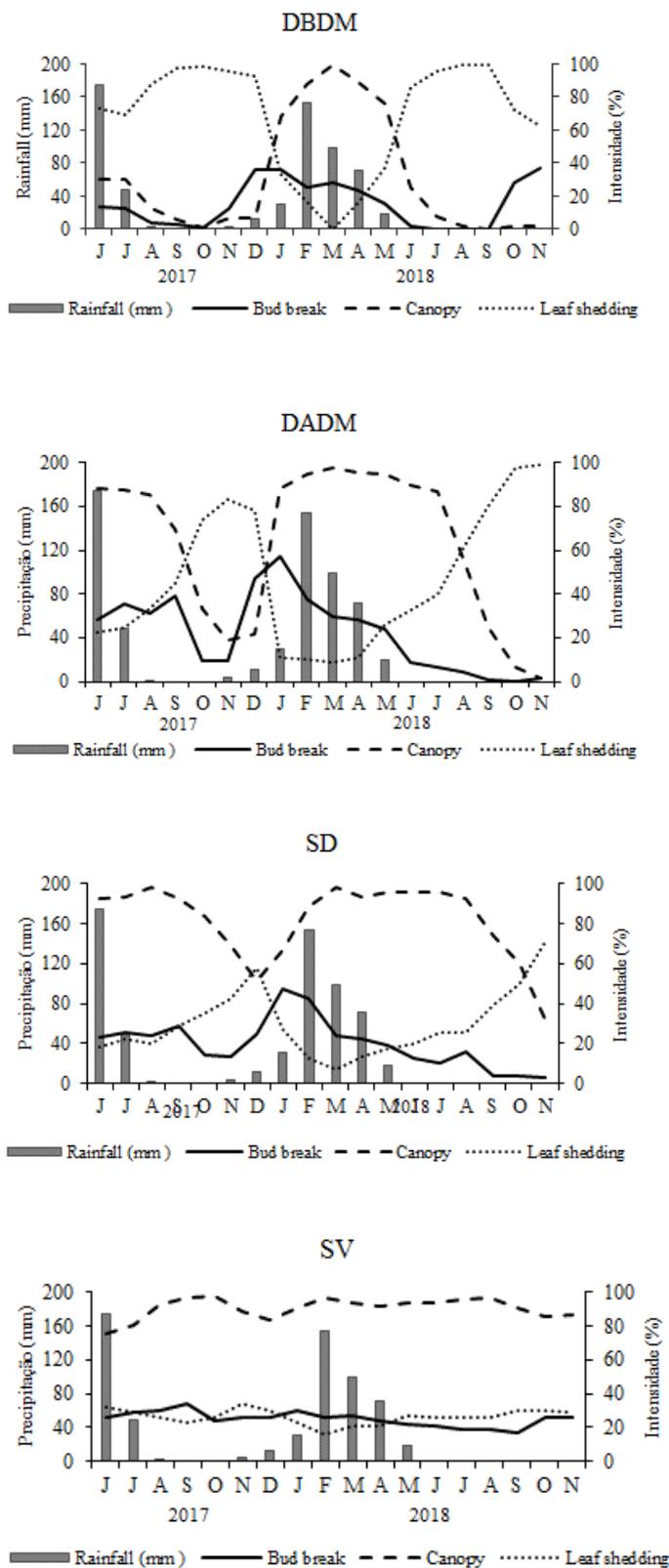


Fig. 1. Precipitação e intensidade da copa em diferentes espécies de árvores decíduas na mata ripária do Parque Estadual Mata da Pimenteira, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. DBDM: Decíduas de baixa densidade de madeira; DADM: decíduas de alta densidade de madeira; SD: semidecíduas; SV: sempre verdes.

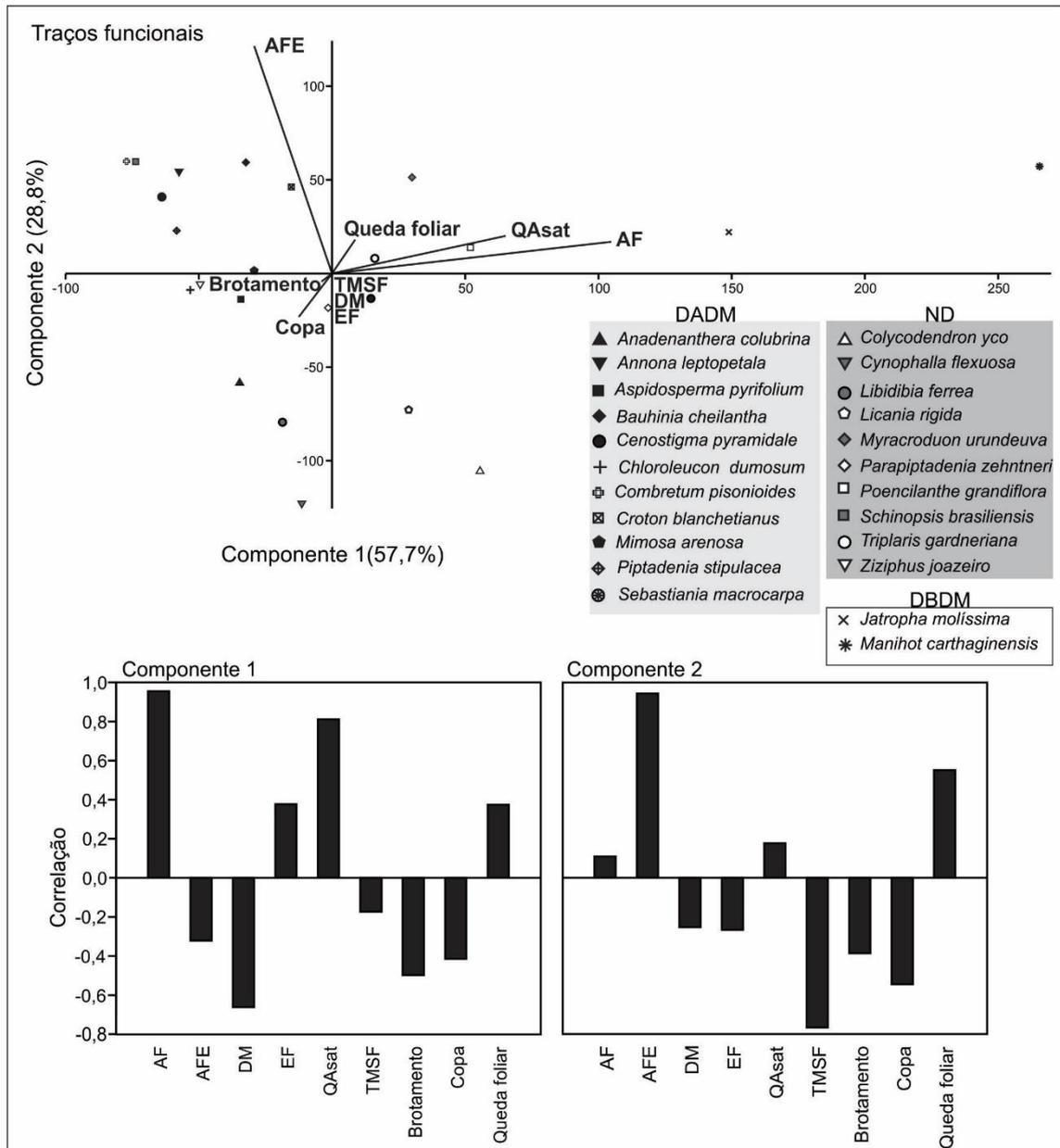


Fig. 4. Análise de Componentes Principais (PCA) dos traços funcionais das espécies amostradas (AF = área foliar, AFE = área foliar específica, DM = densidade da madeira, EF = espessura foliar, QAsat = quantidade de água saturada no caule, TMSF = teor de matéria seca foliar, DADM = decíduas de alta densidade de madeira, DBDM = decíduas de baixa densidade de madeira, ND = não decíduas).

Quanto à queda foliar, nas espécies DBDM esta fenofase foi influenciada pela diminuição do DPV, do fotoperíodo e da temperatura, enquanto que nas espécies SD e SV a queda de folhas demonstrou relação com o aumento destas variáveis. Nas espécies DADM esta fenofase foi desencadeada principalmente pela diminuição da precipitação, da umidade relativa do ar e da umidade do solo. Nas espécies SV, a queda foliar sofreu forte influência da temperatura, fotoperíodo e do DPV (Fig. 5).

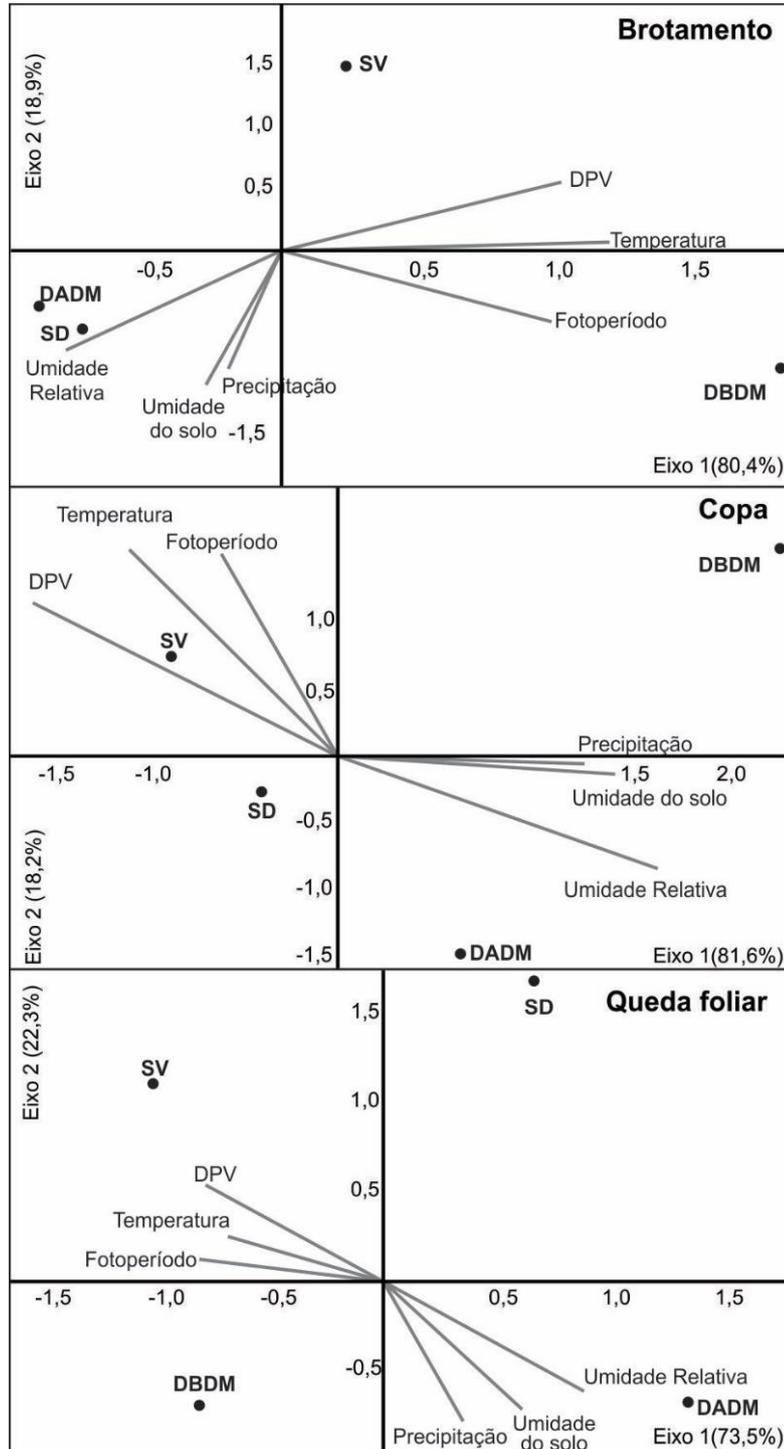


Fig. 5. Análise de Correspondência Canônica (CCA) com os fatores ambientais e os grupos funcionais para as fenofases vegetativas das espécies lenhosas de uma mata ripária do Parque Estadual Mata da Pimenteira, Serra Talhada- PE, Brasil, no período de junho/2017 a novembro/2018

DISCUSSÃO

Conforme esperado, as características funcionais morfológicas das espécies lenhosas atuaram como preditoras da fenologia e dos grupos funcionais na floresta ripária estudada. A identificação destes grupos é importante porque permite uma melhor compreensão das

respostas das espécies vegetais à variabilidade ambiental (REICH et al., 2003), inclusive no que diz respeito à disponibilidade de água. Através da análise de componentes principais constatou-se que as espécies exibiram fortes relações em seus caracteres de área foliar, densidade de madeira, quantidade de água no caule e área foliar específica. Além disso, a proximidade das espécies na distribuição da PCA indica que os traços funcionais tiveram influência semelhante sobre tais espécies. Estes resultados demonstram a forte influência dos traços funcionais morfológicos na formação dos grupos, sugerindo que estes caracteres podem ser suficientes para a identificação de grupos funcionais, não sendo necessários, obrigatoriamente, o uso de traços fenológicos, cujo tempo de coleta exige estudos de longo prazo. Em Neves et al. (2017), os caracteres morfofisiológicos, tais como potencial hídrico e densidade de madeira, exibiram maior influência sobre a formação dos grupos do que os caracteres fenológicos. Estes autores identificaram grupos funcionais em diferentes formações vegetais: quatro grupos na savana, um em uma área de transição savana-floresta tropical sazonalmente seca e dois na formação floresta tropical sazonalmente seca. Não foram encontrados estudos que identificassem grupos funcionais em florestas ripárias.

Outros trabalhos realizados na caatinga também identificaram grupos de plantas associados às características funcionais. Lima et al. (2012), identificou três grupos de espécies que exibiram fortes relações entre si em seus traços de potencial hídrico, densidade de madeira, capacidade de armazenamento de água em seus tecidos e fenologia. Por sua vez, Oliveira et al. (2015), conseguiu identificar quatro grupos funcionais também altamente relacionados por seus traços morfofisiológicos e fenológicos.

De maneira geral, a 57% das espécies estudadas tiveram comportamento decíduo, padrão esperado para plantas de ambientes sazonalmente secos (BULLOCK et al., 1995). Alguns trabalhos também registraram que florestas ripárias podem apresentar o comportamento fenológico semelhante à sua área típica de ocorrência (AZEVEDO et al., 2014), ou ainda se mostrar específico de acordo com o ambiente em que ocorrem (BOAKYE et al., 2016; MOUNGSRIMUANGDEE et al., 2017). Contudo, 43% das espécies permaneceram com folhas tanto na estação úmida, quanto na estação seca. Este fato demonstra que a falta de precipitação durante o período seco não interferiu tão fortemente na deciduidade destas espécies (ANTUNES e RIBEIRO, 1999), sugerindo que estas plantas obtêm água do solo, através de seu sistema radicular profundo (BORCHERT et al., 1994; POORTER e MARKESTEIJN, 2008) ou do armazenamento de água em suas raízes (JACKSON et al., 2007). Alguns estudos em florestas ripárias mostram padrões fenológicos vegetais independentes da precipitação e da umidade do solo (FUNCH et al., 2002; SILVA et

al., 2011). A ocorrência simultânea de espécies sempre verdes e decíduas em ambientes ripários também foi registrada por Funch et al. (2002) numa mata ripária no Nordeste brasileiro.

Quanto aos três grupos funcionais identificados, o grupo DBDM, composto pela minoria das espécies, iniciou o brotamento antes da estação chuvosa quando houve aumento do fotoperíodo (RIVERA et al., 2002; KUSHWAHA et al., 2011; LIMA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015), temperatura e DPV, o que pode ser considerado uma estratégia para antecipar o período de crescimento, maximizando a assimilação de fotossintatos. Este comportamento sugere que durante o período chuvoso as folhas estarão maduras, maximizando a fotossíntese e otimizando o armazenamento de reservas que podem ser utilizadas para a posterior produção de flores e frutos (RIVERA et al., 2002). Toda esta estratégia é favorecida pela alta área foliar destas espécies que permite uma maior obtenção de energia luminosa, facilitando essa maximização da assimilação no curto período em que as espécies permanecerão com folhas (RIVERA et al., 2002). O brotamento no final da estação seca também pode servir como uma estratégia de fuga contra herbívoros, uma vez que a abundância destes durante este período é menor (COLEY e BARONE, 1996). Este tipo de padrão fenológico, em que as espécies brotam antes do período chuvoso, é possível devido à grande quantidade de água que estas espécies armazenam em seus caules (BORCHERT, 1994; BORCHERT e RIVERA, 2001; LIMA e RODAL, 2010; LIMA et al., 2012). A queda foliar no final da estação chuvosa, também é considerada uma estratégia que permite que a planta evite a perda de água durante a estação seca (BORCHERT e RIVERA, 2001) e danos no sistema hidráulico (HACKE et al., 2001).

As espécies do grupo DADM, que correspondem a 48% do total, demonstraram alta dependência da precipitação, da disponibilidade de água no solo e umidade relativa do ar para o desencadeamento de suas fenofases, uma vez que armazenam pouca água em seus caules (BORCHERT, 1994; LIMA e RODAL, 2010; LIMA et al., 2012). A queda foliar logo início da estação seca funciona como uma estratégia para evitar a perda de água (BORCHERT, 1994), assim como os baixos valores de área foliar apresentado pelas espécies deste grupo (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). Os altos valores de área foliar específica também representam um fator importante para desenvolvimento e manutenção destas espécies, uma vez que estas permanecem com folhas apenas durante um curto período de tempo e maiores valores de AFE tendem a incrementar positivamente a taxa fotossintética saturada de luz nestas plantas (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). A queda foliar no início da estação

seca reflete a relação inversa entre a AFE e a longevidade foliar (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013), tendo em vista que espécies decíduas tem folhas pouco longevas.

Quanto às não decíduas (semidecíduas e sempre verdes), a sobreposição destes dois tipos funcionais em apenas um grupo pode ter ocorrido porque os traços funcionais de folha e madeira influenciaram mais o agrupamento das espécies do que a fenologia. A alta porcentagem destas e o fato de terem permanecido com folhas tanto na estação seca quanto na estação chuvosa pode estar relacionado à disponibilidade hídrica que os ambientes ripários dispõem e ao próprio microclima resultantes da vegetação local (AZEVEDO et al., 2014). Além disso, a alta densidade de madeira destas espécies é uma característica crucial para plantas de ambientes sazonalmente secos, uma vez que está relacionado à resistência à cavitação em condições de estresse hídrico e suporte mecânico (HACKE et al., 2001; REICH et al., 2003; CHAVE et al., 2009). Embora estes dois tipos funcionais tenham permanecido no mesmo grupo, diferiram com relação ao comportamento fenológico e quanto aos traços funcionais morfológicos.

Quanto às espécies semidecíduas, apesar de permanecerem com folhas tanto na estação seca quanto na estação úmida, ainda apresentaram forte dependência de sua fenologia com os fatores abióticos ligados à precipitação e temperatura. Além disso, algumas destas espécies podem apresentar outro comportamento fenológico de acordo com o ambiente em que estão inseridas. Por exemplo, as espécies *Libidibia ferrea* e *Myracrodon urundeuva* também podem ter comportamento decíduo (LIMA et al., 2012; SOUZA et al., 2015) e *Schinopsis brasiliensis* pode ser decídua (LIMA e RODAL, 2010) ou até mesmo sempre verde (BARBOSA et al., 1989). As espécies sempre verdes, por sua vez, demonstraram maior dependência do DPV para o desencadeamento de suas fenofases do que da precipitação, o que pode se dar ao fato de que estas espécies minimizam a transpiração para persistirem durante condições secas, uma vez que possuem um maior controle estomático e de uso de água (POORTER e MARKESTEIJN, 2008; MARKESTEIJN e POOTER, 2009). Ainda pode-se ressaltar que as espécies sempre verdes apresentaram os maiores valores de EF e TMSF e menores de AFE. Estas características são associadas a uma maior resistência mecânica das folhas, a ambientes mais ensolarados e secos, bem como a folhas mais longevas (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). Além disso, folhas com altos valores de TSMF são relativamente mais duras e mais resistentes a danos físicos como herbivoria e vento do que folhas que apresentam menores valores destas variáveis (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). Folhas de espécies sempre verdes também tendem a ser menos palatáveis, diminuindo a taxa de predação (PRINGLE et al., 2011). Ainda, pode-se ressaltar a importância da

manutenção da copa para estas espécies uma vez que o transporte de água para as folhas durante a estação seca atua evitando a cavitação, demonstrando forte controle hídrico (MARKESTEIJN e POOTER, 2009).

De maneira geral, a capacidade das espécies reterem suas folhas por mais ou menos tempo está relacionada a vários fatores como às características morfológicas foliares, à capacidade de controlar a perda de água, à disponibilidade de água no solo ou a duração do período seco (Borchert 1994). Pode-se também concluir que os traços funcionais são imprescindíveis para a determinação dos grupos funcionais que por sua vez permitem uma melhor compreensão do funcionamento do ecossistema, inclusive como as espécies respondem à variabilidade ambiental. Fica evidente a forte influência das diferentes características funcionais das espécies nos distintos padrões fenológicos registrados e nas diferentes respostas de cada grupo ao ambiente, como a influência do DPV sobre as espécies sempre verdes e da precipitação e umidade do solo sobre as decíduas e semidecíduas. Pode-se ainda afirmar que embora a floresta estudada esteja inserida em um ambiente sazonalmente seco, quase metade das espécies tiveram sua fenologia influenciada pelos fatores ambientais próprios do ambiente ripário. Desta forma, pode-se concluir que as características morfofuncionais atuaram como preditoras da fenologia e dos grupos funcionais de espécies lenhosas de florestas ripárias. Contudo, novas pesquisas em áreas ripárias que estejam inseridas em ambientes sazonalmente secos devem ser realizadas para verificar se estas influências se repetem em outras áreas.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro através da bolsa de pós-graduação (processo IBPG-0914-2.03/16).

REFERÊNCIAS

- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do Seridó, RN. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 33, n. 3, p. 491-499, 2009.
- ANTUNES, N. B.; RIBEIRO, J. F. Aspectos fenológicos de seis espécies vegetais em matas de galeria do Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, 1517-1527, set. 1999.
- AZEVEDO, I. F. P.; NUNES, Y. R. F.; ÁVILA, M. A.; SILVA, D. L.; FERNANDES, G. W.; VELOSO, R. B. Phenology of riparian tree species in a transitional region in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 47-59, 2014.

BARBOSA, D. C. A.; ALVES, J. L. H.; PRAZERES, S. M.; PAIVA, A. M. A. Dados fenológicos de 10 espécies arbóreas de uma área de caatinga (Alagoinha- PE). **Acta Botanica Brasilica**, v. 3, n. 2, p. 109-117, 1989.

BOAKYE, E. A.; GEBREKIRSTOS, A.; HYPPOLITE, D. N.; BARNES, V. R.; KOUAMÉ, F. N.; KONE, D.; POREMBSKI, S.; BRAUNING, A. Influence of climatic factors on tree growth in riparian forests in the humid and dry savannas of the Volta basin, Ghana. **Trees**, Berlin, v. 30, p. 1695-1709, may 2016.

BORCHERT, R. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. **Ecology**, v.75, n. 4, p. 1437-1449, jul. 1994.

BORCHERT, R.; RIVERA, G. Photoperiodic control of seasonal development and dormancy in tropical stem-succulent trees. **Tree Physiology**, v. 21, p. 213–221, 2001.

BULLOCK, S.H.; MOONEY, H.A.; MEDINA, E. **Seasonally Dry Tropical Forest**. Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

BUTZ, P.; RAFFELSBAUER, V.; GRAEFE, S.; PETERS, T.; CUEVA, E.; HOLSCHER, D.; BRAUNING, A. Tree responses to moisture fluctuations in a neotropical dry forest as potential climate change indicators. **Ecological Indicators**, v. 83, p. 559–571, 2017.

CARVALHO, F.S.; SARTORI, A.L.B. Reproductive phenology and seed dispersal syndromes of woody species in the Brazilian Chaco. **Journal of Vegetation Science**, v. 26, n. 2, p. 302-311, 2015.

CASCAES, M.F.; CITADINI-ZANETE, V.; HARTER-MARQUES, B. Reproductive phenology in a riparian rainforest in the south of Santa Catarina state, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 4, p. 1449-1460, 2013.

CASTELLANOS- CASTRO, C.; NEWTON, A. C. Leaf and stem trait variation and plant functional types in 113 woody species of a seasonally dry tropical forest. **Colombia Forestal**, v. 18, n. 1, p. 117-138, 2015.

CHATURVEDI, R. K.; RAGHUBANSHI, A. S.; SINGH, J. S. Plant functional traits with particular reference to tropical deciduous forests: A review. **Journal of Biosciences**, v. 36, n. 5, p. 963–981, december 2011.

CHATURVEDI, R. K.; RAGHUBANSHI, A. S.; SINGH, J. S. Growth of tree seedlings in a tropical dry forest in relation to soil moisture and leaf traits. **Journal of Plant Ecology**, v. 6, p. 158–170, 2012.

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.

CIANCIARUSO, M. V.; SILVA, I. A.; MANICA, L. T.; SOUZA, J. P. Leaf habit does not predict leaf functional traits in cerrado woody species. **Basic and Applied Ecology**, v. 14, p. 404–412, 2013.

CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Austral Ecology**, v. 18, n. 1, p. 117–143, 1993.

COLEY, I. D.; BARONE, J.A. Herbivory and plant defenses in tropical forests. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 27, p. 305–335, 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p

FOURNIER L. A. Un Método Cuantitativo para la Medición de Características Fenológicas en Árboles. **Revista Turrialba**, v. 24, p. 422-423, 1974.

FU P.; JIANG Y.; WANG A.; BRODRIBB T. J.; ZHANG J.; ZHU S.; CAO K. 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, p. 189-199, 2012.

FUNCH L. S.; FUNCH R.; BARROSO G. M. Phenology of Gallery and Montane Forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. **Biotropica**, v. 34, n. 1, p. 40-50, 2002.

GUNDERSON C. A.; EDWARDS N. T.; WALKER A. V.; O'HARA K. H.; CAMPION C. M.; HANSON P. J. Forest phenology and a warmer climate – growing season extension in relation to climatic provenance. **Global Change Biology**, v. 18, 2008-2025, 2012.

HACKE, U. G.; SPERRY, J. S.; POCKMAN, W. T.; DAVIS, S. D.; MCCULLOH, K. A. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. **Oecologia**, v. 126, n. 4, p. 457–461, 2001.

HUGHES F. M. R.; ROOD S. B. Allocation of river flows for restoration of floodplain forest ecosystems: A review of approaches and their applicability in Europe. **Environmental Management**, v. 32, n. 1, p. 12-33, 2003.

JACKSON R. B.; POCKMAN W. T.; HOFFMANN W. A.; BLEBY T. M.; ARMAS C. Structure and function of root systems. In: PUGNAIRE F. I.; VALLADARES F. **Functional Plant Ecology**. 2nd edn. USA: CRC Press (Taylor & Francis Group), 2007, p. 151–173.

KUSHWAHA, C.P.; TRIPATHI, S.K.; TRIPATHI, B.D.; SINGH, K.P. Patterns of tree phenological diversity in dry tropics. **Acta Ecologica Sinica**, v. 31, p. 179–185, 2011.

LAMMI J., (2015). Online photoperiod calculator. Disponível a partir da URL: <http://http://www.sci.fi/~benefon/sol.html>. Acessado em 20 de junho de 2018.

LEITE A. V. L.; MACHADO I. C. Reproductive biology of woody species in Caatinga, a dry forest of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 1374-1380, 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, p. 1363-1373, 2010.

- LIMA A. L. A.; SAMPAIO E. V. S. B.; CASTRO C. C.; RODAL M. J. N.; ANTONINO A. C. D.; MELO A. L. 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, 1605–1616, 2012.
- MARDIA K. V.; KENT J. T.; BIBBY J. M. **Multivariate Analysis**. 1980. p. 521. Academic Press.
- MARKESTEIJN L.; POORTER, L. Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought- and shade-tolerance. **Journal of Ecology**, v. 97, p. 311–325, 2009.
- MATHENY, A. M.; MIRFENDERESGI, G.; BOHRER, G. Trait-based representation of hydrological functional properties of plants in weather and ecosystem models. **Plant Diversity**, v. 39, p. 1-12, 2017.
- MELO, A. L.; LIMA, A. L. A.; MENEZES, T. G. C.; CORDEIRO, R. S.; SANTOS, E. S.; FARIAS, S. G. G.; SILVA, F. V.; CALDAS, D. R. M.; MATIS, S. S.; MELO, R.; LIMA, L. R.; CORDEIRO, W. P. F. S.; GOMES, A. P. S.; RODAL, M. J. N. Flora vascular terrestre. In: SANTOS, E. M.; MELO JÚNIOR, M.; SILVA-CAVALCANTI, J. S.; ALMEIDA, G. V. L. **Parque Estadual Mata da Pimenteira: Riqueza Natural e Conservação da Caatinga**. Recife: Edufrpe, Recife, BR, 2013, p. 83-103.
- MORIN, X.; ROY, J.; SONIÉ, L.; CHUINE, I. Changes in leaf phenology of three European oak species in response to experimental climate change. **New Phytologist**, v. 186, p. 900–910, 2010.
- MOUNGSRIMUANGDEE B.; WAIBOONYA P.; LARPKERN P.; YODSA-NGA P.; SAEYAMG M. Reproductive phenology and growth of riparian species along Phra Prong river, sa Kao Province, eastern Thailand. **Journal of Landscape Ecology**, v. 10, n. 2, p. 35-48, 2017.
- NEVES, S. P. S.; DE MIRANDA, L.P.; ROSSATTO, D. R.; FUNCH, L. S. The roles of rainfall, soil properties, and species traits in flowering phenology along a savanna-seasonally dry tropical forest gradient. **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, n. 3, p. 665–679, September 2017.
- NILSSON, C.; BERGGREN, K. Alterations of riparian ecosystems caused by river regulation. **BioScience**, v. 50, n. 9, p. 783–792, september 2000.
- OLIVEIRA, C. C.; ZANDAVALLI, 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, p. 40–49, 2015.
- PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; DÍAZ, S.; GARNIER, E.; LAVOREL, S.; POORTER, H.; JAUREGUIBERRY, P.; BRET-HARTE, M. S.; CORNWELL, W. K.; CRAINE, M.; GURVICH, D. E.; URCELAY, C.; VENEKLAAS, E. J.; REICH, P. B.; POORTER, L.; WRIGHT, I. J.; RAY, P.; ENRICO, L.; PAUSAS, J. G.; DE VOS, A. C.; BUCHMANN, N.; FUNES, G.; QUÉTIER, F.; HODGSON, J.G.; THOMPSON, K.; MORGAN, H. D.; TER STEEGE, H.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; SACK, L.; BLODER, B.; POSCHLOD, P.;

VAIERETTI, M. V.; CONTI, G.; STAVER, A. C.; AQUINO, S.; CORNELISSEN, J. H. C. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 61, p. 167–234, 2013.

POORTER, L.; MARKESTEIJN, L. Seedling traits determine drought tolerance of tropical tree species. **Biotropica**, v. 40, n. 3, p. 321–331, 2008.

PRINGLE, E. G.; ADAMS, R. I.; BROADBENT, E.; BUSBY, P. E.; DONATTI, C. I.; KURTEN, E. L.; RENTON, K.; DIRZO, R. Distinct leaf-trait syndromes of evergreen and deciduous trees in a Seasonally Dry Tropical Forest. **Biotropica**, v. 43, n. 3, p. 299–308, 2011.

REICH, P.B.; BORCHERT, R. Water Stress and Tree Phenology in a Tropical Dry Forest in the Lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v. 72, n. 1, p. 61-74, 1984.

REICH, P.B.; WRIGHT, I.J.; CAVENDER-BARES, J.; CRAINE, J.M.; OLEKSYN, J.; WESTOBY, M.; WALTERS, M.B. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. **International Journal of Plant Sciences**, v. 164, n. 3, p. 143-164, 2003.

REYS, P.; GALETTI, M.; MORELLATO, L. P. C.; SABINO, J. Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em Mata Ciliar no Rio Formoso, Mato Grosso do Sul. – **Biota Neotropica**, v. 5, n. 2 – BN0120502 2005.

RINGROSE, S. Characterisation of riparian woodlands and their potential water loss in the distal Okavango Delta, Botswana. **Applied Geography**, n. 23, p. 281-302, 2003.

RIVERA, G.; ELLIOTT, S.; GUILLERMO, L. S.; NICOLOSSI, G.; CORADIN, V. T. R.; BORCHERT, R. Increasing day-length induces spring flushing of tropical dry forest trees in the absence of rain. **Trees**, v. 16, p. 445-456, 2002.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B., FIGUEIREDO, M.A. **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico: ecossistema caatinga**. 2013. Sociedade Botânica do Brasil, Brasília.

SAMPAIO, E. V. S. B. Overview of the Brazilian Caatinga. In: Bullock SH, Mooney HA, Medina E (eds) **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge University Press, Cambridge, p 35–63, 1995.

SILVA, T. G. F.; ALMEIDA, A. Q. Climatologia e Características Geomorfológicas. In: SANTOS, E. M.; MELO-JÚNIOR, M.; SILVA-CAVALCANTI, J.S.; ALMEIDA, G. V. L. (Orgs.). **Parque Estadual Mata da Pimenteira: Riqueza Natural e Conservação da Caatinga**. Recife-PE: Editora Universitária da UFRPE, p. 30-37, 267p, 2013.

SILVA, I. A.; SILVA, D. M.; CARVALHO, G. H.; BATALHA, M. A. Reproductive phenology of Brazilian savannas and riparian forests: environmental and phylogenetic issues. **Annals of Forest Science**, v. 68, n. 7, p. 1207-1215, 2011.

SILVA, A. P. A. **Diversidade taxonômica e funcional de plantas lenhosas em um semiárido tropical**. 2018. 65 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) -

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada.

SINGH, K.P.; KUSHWAHA, C.P. Deciduousness in tropical trees and its potential as indicator of climate change: A review. **Ecological Indicators**, v. 69, p. 699–706, 2016.

SLOT, M.; POORTER, L. Diversity of tropical tree seedling responses to drought. **Biotropica**, v. 39, n. 6, p. 683–690, 2007.

SOUZA, C. B.; OLIVEIRA, R. S.; ARAÚJO, F. S.; LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Divergências funcionais e estratégias de resistência à seca entre espécies decíduas e sempre verdes tropicais. **Rodriguésia**, v. 66, n. 1, p. 21-32, 2015.

STAGGEMEIER, V.G.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; MORELLATO, L.P.C. The shared influence of phylogeny and ecology on the reproductive patterns of Myrteae (Myrtaceae). **Journal of Ecology**, v. 98, p. 1409–1421, 2010.

TRUGILHO P.F.; SILVA, D.A.; FRAZÃO F.J.L.; MATOS, J.L.M. Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira. **Acta Amazonica**, v. 20, p. 307-319, 1990.

WESTOBY, M.; FALSTER, D.S.; MOLES, A.T.; VESK, P.A.; WRIGHT, I.J. Plant Ecological Strategies: Some Leading Dimensions of Variation Between Species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 2002.

WILLIAMS, R.J.; MYERS, B.A.; MULLER, W.J.; DUFF, G.A.; EAMUS, D. Leaf Phenology of Woody Species in a North Australian Tropical Savanna. **Ecological Society of America**, v. 78, n. 8, p. 2542-2558, 1997.

5. CONCLUSÕES

Os traços funcionais morfofisiológicos juntamente com os fatores abióticos determinam a fenologia de espécies de plantas de ambientes sazonalmente secos. Neste estudo, os traços funcionais morfológicos atuaram como preditores dos grupos funcionais e da fenologia das espécies estudadas. Além disso, estas características, são imprescindíveis para a identificação de grupos funcionais, inclusive em florestas ripárias de ambientes sazonalmente secos. De maneira geral, a capacidade das espécies deste estudo manterem suas folhas por mais ou menos tempo esteve relacionada a diversos fatores, tais como os traços funcionais da planta, principalmente as características foliares, às estratégias de uso e conservação de água, à disponibilidade de água no solo e a duração e intensidade do período seco. Através da análise de agrupamento foi possível identificar três grupos funcionais: um com as espécies decíduas de baixa densidade de madeira, outro com as espécies decíduas de alta densidade de madeira e o último grupo composto pelas não decíduas (semidecíduas e sempre verdes). As espécies de cada grupo exibiram fortes relações entre si quanto à área foliar, quantidade de água saturada do caule e área foliar específica, o que demonstra que os traços morfológicos influenciaram mais a formação dos grupos do que os traços fenológicos. Além disso, ficou evidente que os diferentes traços funcionais morfológicos das espécies determinaram a resposta de cada grupo ao ambiente, como por exemplo, a influência dos fatores relacionados à precipitação e umidade do solo sobre a fenologia das espécies decíduas e do déficit de pressão de vapor sobre as espécies sempre verdes. Contudo, novos estudos em outras florestas ripárias de ambientes semiáridos devem ser realizados para verificar se estas influências se repetem.

Declaração sobre plágio

Eu, Érica Daiane Marques da Silva, autor (a) da dissertação intitulada “**COORDENAÇÃO FUNCIONAL E FENOLÓGICA DE ESPÉCIES LENHOSAS DE UMA FLORESTA RIPÁRIA NA CAATINGA**”, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, declaro que:

- O trabalho de pesquisa apresentada nesta dissertação, exceto onde especificado, representa uma pesquisa original desenvolvida por mim;
- Esta dissertação não contém material escrito ou dados de terceiros, de qualquer fonte bibliográfica, a menos que devidamente citada e referenciada no item “Referências Bibliográficas”.

Serra Talhada, ____ de _____ de _____

(assinatura)