



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO

**FENOLOGIA DA VEGETAÇÃO LENHOSA EM UMA
ÁREA DE DUNAS NO LITORAL DO MARANHÃO,
BRASIL**

ALINE DUARTE NASCIMENTO

SÃO LUÍS – MA

2019

ALINE DUARTE NASCIMENTO

**FENOLOGIA DA VEGETAÇÃO LENHOSA EM UMA
ÁREA DE DUNAS NO LITORAL DO MARANHÃO,
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientador: Dr. Eduardo Bezerra de Almeida Jr.

Co-orientadora: Dra. Dinnie Michelle Assunção Lacerda

SÃO LUÍS

2019

Nascimento, Aline Duarte

Fenologia da vegetação lenhosa em uma área de dunas no litoral do Maranhão, Brasil / Aline Duarte Nascimento – São Luís – MA. 2019.

56 f.

Orientador: Eduardo Bezerra de Almeida Júnior

Coorientadora: Dinnie Michelle Assunção Lacerda

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, 2019.

ALINE DUARTE NASCIMENTO

**FENOLOGIA DA VEGETAÇÃO LENHOSA EM UMA
ÁREA DE DUNAS NO LITORAL DO MARANHÃO,
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Biodiversidade e Conservação.

Aprovada em ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo Bezerra de Almeida Júnior (Orientador)

Universidade Federal do Maranhão

Profa. Dra. Patrícia Maia de Albuquerque (Membro titular - interno)

Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dra. Carmen Sílvia Zickel (Membro titular - externo)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedicatória

Dedico este trabalho ao meu Pai, José Maria dos Santos Nascimento, a minha Mãe, Maria do Rosário Sousa Duarte e ao meu irmão, Bruno Duarte Nascimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Eduardo Bezerra de Almeida Junior pela orientação, dedicação, confiança, incentivo, amadurecimentos de ideias, reflexões, carinho, conversas, sorrisos e amizade que espero levar por toda vida. Seus ensinamentos vão muito além da academia. Me sinto feliz e honrada por ter como orientador uma pessoa que contribuiu tão significativamente para minha formação em diversos âmbitos.

A Dra. Dinnie Michelle Assunção Lacerda por me apresentar o mundo da fenologia, por toda orientação, pela paciência e dedicação em cada ensinamento, pelos incentivos, motivação e animação em cada encontro e por toda disponibilidade durante a realização desse trabalho. Minha admiração por você como profissional, que já existia, só cresceu e agora te admiro ainda mais como pessoa.

A todos que colaboraram com as coletas em campo, Ariade Silva, Gabriela Amorim, Camila Pires, Hynder Lima, Aryana Vasquez e, especialmente, a Luann Brendo da Silva Costa por estar ao meu lado em todas as coletas realizadas.

Aos amigos do Laboratório de Estudos Botânicos (LEB) Ariade Silva, Ana Cassia, Aryana Vasquez, Brenda Izídio, Bruna Emanuele, Camila Pires, Catherine Rios, Eulália Cristina, Flavia Serra, Gabriela Amorim, Gustavo Lima, Hynder Lima, Ingrid Amorim, Ingrid Santana, Jailson Ferreira, Jéssica Anjos, Kauê Nicolas, Luann Brendo, Luana Carvalho, Luciana Belfort, Luciano Mamede, Mariana Utta, Maira Diniz, Marina Soares, Marlla Arouche, Michelle Lacerda, Monielle Alencar pela amizade, companheirismo, exemplo de vivência e trabalho em equipe, idas a campo, experiências, conversas, alegrias, festas, almoços compartilhados e muitos sorrisos. Vocês foram responsáveis por muitos ensinamentos e são parte essencial da realização deste trabalho.

Aos amigos de turma do mestrado, Ananda Serejo, Bruna Correa, Carlos Henrique, Daiana Paulino, Luciano Chaves, Raymony Taylor e Samara Serra, pela convivência, parceria, amizade, cumplicidade e sorrisos cada etapa que passamos. Algumas delas foram difíceis, mas nós sempre arranjávamos um jeito de tudo ficar leve e divertido. Obrigada por serem uma turma incrível e inesquecível.

Ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação pela oportunidade de realização do mestrado.

Aos professores do PPGBC por todas as contribuições, em especial a professora Patrícia Albuquerque que me acompanhou durante todos os seminários e qualificação.

Aos membros da banca avaliadora Patrícia Maia de Albuquerque, Carmen Sílvia Zickel e Márcia Maria Correa Rego pelas importantes sugestões e contribuições para este trabalho.

A secretária do PPGBC, dona Ana Lúcia, por ser sempre tão simpática e gentil.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

A minha família que sempre me apoiou e me impulsionou a ir atrás dos meus sonhos, mesmo em meio a dificuldades. Meus pais que são o meu bem maior, por eles sempre irei além. Pai e mãe, agradeço por toda força, oração, torcida, preocupação, confiança e muito amor depositado em todos os anos da minha vida! Tudo isso é por vocês! Também ao meu irmão, que indiscutivelmente torce e acredita em mim. Por todas as caronas desde a graduação até agora para aulas, coletas, viagens, estudos. Sei que você sempre fará o possível para colaborar com os meus sonhos. Você é incrível! Amo cada um de vocês do mais fundo da minha alma.

Ao meu namorado Luann Brendo, por todo amor, compreensão, paciência, ajuda, companheirismo, colaboração, dedicação, cuidado e ensinamento. Você foi parte mais que fundamental para conclusão deste trabalho. Esteve comigo em TODAS as coletas. Ficou ao meu lado durante todas as minhas crises de insegurança, quando eu pensava que nada daria certo. Você sempre acreditou em mim e me colocava pra cima, me incentivando a ir além. Obrigada por estar ao meu lado em todos esses momentos e por demonstrar todos os dias o seu amor por mim. Obrigada por ser o meu Bem e me fazer tão bem. Te amo demais!

Aos meus familiares que acreditam nos meus sonhos, torcem pelo meu sucesso, oram para que eu alcance meus objetivos e tem um carinho especial por mim. Eu sinto a oração e a torcida de vocês que são muito importantes para mim.

Aos meus companheiros da comunidade católica São Raimundo Nonato. Obrigada por serem uma segunda família no amor e na oração. Obrigada por toda torcida, por tanto amor emanado, por tanta energia positiva e por sempre entenderem os tantos

compromissos que a vida acadêmica exige. A amizade e o companheirismo dessa comunidade são essenciais para minha vida.

Aos amigos do ensino médio e do curso de pedagogia por tantos encontros (e desencontros as vezes), risadas e torcidas em todos esses anos. Obrigada por estarem sempre ao meu lado e pela amizade tão especial de cada um de vocês.

E, finalmente, a Deus. Na verdade, especialmente a Ele. Por tanto amor e misericórdia que tens por mim. Eu sou prova viva do Seu amor. Agradeço infinitamente ao meu bom Deus por me permitir tantas coisas maravilhosas. Lembro exatamente do dia em que pedi a Deus a graça de ser aprovada no mestrado. Lembro exatamente também do dia em que agradei por isso. Hoje volto a agradecer pela finalização dessa etapa tão importante em minha vida. Sei que Deus esteve presente em cada instante dessa conquista e eu sou eternamente grata a isso! Obrigada por me dar força para alcançar meus sonhos e por colocar sempre as pessoas certas ao meu lado. O teu amor sempre me sustentará!

RESUMO

A fenologia é considerada um dos mais importantes parâmetros a ser utilizado para caracterizar ecossistemas. Por esse motivo, os estudos fenológicos em nível comunitário podem contribuir para o entendimento mais abrangente sobre a dinâmica dessas comunidades vegetais, com informações como a distribuição de recursos ao longo do ano e suas relações com fatores abióticos, podendo ainda gerar dados para subsidiar projetos de recuperação de áreas degradadas. Este estudo teve como objetivo caracterizar a fenologia da comunidade vegetal lenhosa em uma área de dunas do litoral maranhense, no nordeste brasileiro. Os dados referentes a queda e produção de folhas, floração e frutificação foram estimados quinzenalmente durante 12 meses em 114 indivíduos de espécies lenhosas, incluindo uma espécie de cacto. Foram identificadas um total de 19 espécies e 16 famílias. Os testes estatísticos foram realizados a fim de verificar a ocorrência de sazonalidade e relação com dados climáticos incluindo análises circulares e análises de regressão múltipla. Como resultado, apresentamos o artigo intitulado Aspectos fenológicos da comunidade vegetal lenhosa em dunas costeiras no leste amazônico, Brasil (a ser submetido à revista *Brazilian Journal of Botany*), que apresenta a fenologia de uma comunidade de dunas costeiras localizada no extremo leste do litoral amazônico, juntamente com os seus hábitos foliares, síndromes de polinização e dispersão das espécies. Além disso, avaliamos se os aspectos fenológicos da comunidade possuem relações com fatores climáticos, comparando os resultados obtidos com os de outras áreas de planície costeiras, inseridas em diferentes latitudes. A comunidade não apresentou comportamento sazonal, nem relação com os fatores climáticos avaliados e exibiu maior semelhança de suas fenofases com as áreas inseridas em menor latitude. É provável que o comportamento fenológico das vegetações litorâneas, apresentem semelhanças que se tornam ainda mais fortes nos locais com latitudes próximas. As respostas encontradas ampliam o conhecimento sobre o funcionamento desse ecossistema e reforçam a necessidade de mais atenção às áreas costeiras, visando a conservação da vegetação.

Palavras-chave: Aspectos fenológicos; Fenofases; Sazonalidade; Dunas costeiras; Ecossistemas tropicais.

ABSTRACT

Phenology is considered an important parameter to characterize ecosystems. Therefore, the phenological studies of communities contribute to the understanding of the dynamics of plant communities, with information on the distribution of resources throughout the year and their relationship with abiotic factors, providing data to support projects to recover degraded areas. The objective is to characterize the phenology of the woody plant community in dunes of Maranhão coast, east of the Amazonian coast, in northeastern Brazil. Data on leaf flush and abscission, flowering and fruiting were estimated, in a period of fifteen days, during 12 months, in 114 individuals of woody species, including a cactus species, distributed in 19 species and 16 family. The statistical tests to test the occurrence of seasonality and relation with climatic factors were circular analysis and multiple regression analysis. In results, we present the paper named Aspectos fenológicos da comunidade vegetal lenhosa em dunas costeiras no leste amazônico, Brasil (which will be submitted to the Brazilian Journal of Botany), which present the phenology the coastal dunes located in east of coastal amazonic extreme, by with yours leaf features, pollination syndromes and seed dispersal. We also evaluate if phenological aspects of the community presented relations with climatic factors, comparing the results with those of other coastal plain areas located in different latitudes. The community did not present a seasonal pattern, nor did it correlate with the climatic factors evaluated and exhibited greater similarity of their phenophases with the areas inserted in lower latitude. Possibly, the phenological pattern of coastal vegetation presents similarities that become even stronger in places with near latitudes. These results increase knowledge about the functioning of this ecosystem and reinforce the need for more attention to the coastal areas, promoting the conservation of vegetation.

Key words: Phenological aspects; Phenophases; Seasonality; Coastal dunes; Tropical ecosystems.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1. FENOLOGIA	13
2.2. FENOLOGIA EM ECOSISTEMAS NEOTROPICAIS	14
2.3. FENOLOGIA EM ECOSISTEMAS NO BRASIL	15
2.4. FENOLOGIA EM ECOSISTEMAS LITORÂNEOS BRASILEIROS	16
2.5. FENOLOGIA NO MARANHÃO	17
3. OBJETIVOS	19
3.1. OBJETIVO GERAL	19
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4. REFERÊNCIAS	20
5. Capítulo I: Aspectos fenológicos da comunidade vegetal lenhosa em dunas costeiras no leste amazônico, Brasil	26
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
ANEXO 1	50

1. INTRODUÇÃO

A zona litorânea brasileira possui extensão de aproximadamente 9.000 km (SUGUIO & TESSLER, 1984) e apresenta uma grande diversidade morfológica, influenciada pela ação da água do mar e dos ventos constantes, propiciando a formação de muitos habitats e, conseqüentemente, o aparecimento de uma flora rica e variada (RIZZINI, 1979; ARAUJO & HENRIQUES, 1984). Mais da metade deste litoral, cerca de 5.000 km, são constituídos de restingas e dunas (ARAÚJO & LACERDA, 1987).

As dunas são formadas pelo acúmulo de sedimentos arenosos, que são depositados pela maré alta e, depois de secos, são transportados por ação eólica em direção ao continente (CORDAZZO et al., 2006; DAMASO, 2009). Destacam-se por possuir uma elevada representatividade nos trechos da costa oriental do Brasil (SILVEIRA, 1964; BRITTO et al., 1984) e apresentarem um papel fundamental no controle sedimentar costeiro, contribuindo para minimizar episódios de erosão e enxurradas (PEREIRA et al., 2011; ALMEIDA & SUGUIO, 2012).

A fixação e manutenção das dunas se dá pela presença da vegetação, porém fatores como pobreza de nutrientes do solo, intensidade dos ventos, estresse hídrico, entre outros, são desfavoráveis à colonização das dunas por espécies vegetais (MAUN, 1994; LEITE & ANDRADE, 2004). Devido a estes obstáculos e a forma particular de diversidade biológica, ligadas funcionalmente a certas adaptações, nota-se que esta vegetação é especialmente sensível, sendo prioritária sua conservação (CERQUEIRA, 2000).

Diante disso, estudos enfocando aspectos ecológicos da vegetação de dunas, fazem-se necessários para o melhor entendimento da sua dinâmica, podendo servir de apoio a ações mitigadoras dos impactos antrópicos e proposição de medidas que culminem na sua conservação. Nesse sentido, os estudos fenológicos são considerados essenciais para trabalhos em ecologia, pois permitem a obtenção de informações sobre a sazonalidade dos eventos biológicos, suas relações entre si, e as causas de sua ocorrência em relação aos fatores bióticos e abióticos (LIETH, 1974; FORREST & MILLER-RUSHING, 2010). Além disso, a fenologia pode auxiliar na compreensão do funcionamento dos ecossistemas e gerar dados que venham a subsidiar a recuperação de áreas degradadas e o manejo de unidades de conservação (MORELLATO et al., 2016).

A maioria dos estudos fenológicos realizados com vegetação de dunas costeiras concentra-se no sul (CASTELLANI et al., 1999; GÜTSCHOW-BENTO et al., 2010) e sudeste do Brasil (CORDAZZO & SEELIGER, 1988; MORELLATO et al., 2000), sendo poucos realizados na região Nordeste (COSTA et al., 2006). Estudos que investiguem

tanto os aspectos sazonais quanto os reprodutivos das espécies de plantas nessas áreas irão colaborar para o entendimento mais abrangente acerca da dinâmica, biodiversidade, produtividade e organização dessas comunidades vegetais (MEDEIROS et al., 2007). Desse modo, o presente estudo visa contribuir com importantes informações ecológicas da vegetação de dunas costeiras do litoral maranhense, que poderão vir a subsidiar futuros programas de conservação, direcionamento de coleta de frutos e manejo florestal.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. FENOLOGIA

A palavra “fenologia” deriva do grego “*phaino*” e significa mostrar, sendo proposta pela primeira vez pelo botânico Charles Morrem em 1853 (HOPP, 1974). A fenologia pode ser definida como o estudo dos eventos do ciclo de vida, das causas de sua ocorrência em relação às forças seletivas bióticas e abióticas, bem como da inter-relação entre as fases caracterizadas por esses eventos, em uma ou diferentes espécies (LIETH, 1974).

O estudo da fenologia das plantas fornece conhecimento sobre seus padrões de crescimento e desenvolvimento, bem como sobre os efeitos do ambiente e das pressões seletivas no comportamento de suas fases vegetativas e reprodutivas (ZHANG et al., 2006). O conhecimento da fenologia é baseado nas observações de estádios de desenvolvimento visíveis (fenofases), como a emergência das gemas, o desenvolvimento das folhas, a floração, a frutificação e a senescência (LARCHER, 2000). O período em que os eventos fenológicos ocorrem é fundamental para determinar se a viabilidade das espécies e alterações em seu ritmo estão afetando a abundância e distribuição das mesmas (CHUINE, 2010; BUITENWERF et al., 2015).

A fenologia também contribui para o entendimento da regeneração e reprodução das espécies vegetais, da organização temporal dos recursos dentro das comunidades, das interações planta-animal e da evolução da história de vida dos animais que dependem de plantas para alimentação, como herbívoros, polinizadores e dispersores (MORELLATO & LEITÃO-FILHO, 1996; FRANCO et al., 2014; MORELLATO et al., 2016).

A organização das datas fenológicas proporciona informações ecológicas importantes sobre a duração média das diferentes fenofases das espécies em uma área (LARCHER, 2000), apresentando grande relevância na determinação dos períodos apropriados para a coleta de sementes, além de indicarem os melhores momentos para intervenção em planos de manejo, que visem o aproveitamento da regeneração natural

das áreas (MANTOVANI et al., 2003). Por isso, compreender os gatilhos que regulam e controlam os ciclos de plantas podem melhorar, consideravelmente, o manejo e a conservação de sistemas naturais (MORELLATO et al., 2016).

2.2. FENOLOGIA EM ECOSISTEMAS NEOTROPICAIS

O primeiro estudo fenológico que tratou de uma comunidade na região Neotropical foi realizado por Fournier e Sallas (1966) em um Bosque Tropical na Costa Rica, mostrando a relação da baixa precipitação e alta irradiação solar com a floração das espécies. Daubenmire (1972), também na Costa Rica, destacou a influência do estresse hídrico no aparecimento e senescência de folhas. A partir desses estudos, outras abordagens surgiram, destacando as diferenças nas respostas fenológicas entre áreas secas e úmidas de uma mesma região (FRANKIE et al., 1974; OPLER et al., 1980).

Estudos posteriores também realizados na América Central destacaram que a maioria das espécies arbóreas estudadas nestas comunidades apresentavam pico de floração e frutificação dentro do período seco (CROAT, 1975; FOURNIER, 1976; BULLOCK & SOLÍS-MAGALHANES, 1990). Diferente disso, Bawa et al. (2003) relataram que a maioria das espécies analisadas floresceu durante o período chuvoso. As diferentes estratégias fenológicas existentes se manifestam como resultado de forças seletivas, que podem incluir as variações ambientais (SARMIENTO, 1983), e também, dependem dos critérios de avaliação previamente definidos, como por exemplo, em fisionomias de um único tipo vegetacional (TANNUS et al., 2006), o grupo funcional considerado (ROSSATTO et al., 2009; ROSSATTO, 2013), em comparações entre estratos (BATALHA & MARTINS, 2004), ao longo de gradientes ambientais (NEVES et al., 2017), diferenças intraespecíficas (CAMARGO et al., 2011) e interespecífica (DALMOLIN et al., 2015).

Diante do exposto, percebe-se que existem diferentes critérios de abordagens, e muitos deles são relacionados também a fatores bióticos e/ou abióticos. Vários estudos envolvendo espécies tropicais mostraram que os eventos fenológicos são influenciados por fatores como pluviosidade, temperatura e fotoperíodo (VAN SCHAIK et al., 1993; MORELLATO et al., 2000; BATALHA & MARTINS, 2004). O ciclo anual de insolação diária também vem sendo apontado como um dos sinais principais que sincroniza o desenvolvimento sazonal de espécies tropicais (CALLE et al., 2010), apesar desse último ser um fator ainda pouco estudado nessa região (MENDONZA et al., 2016).

2.3. FENOLOGIA EM ECOSISTEMAS NO BRASIL

No Brasil, a fenologia vem ganhando destaque nas últimas décadas, sendo possível encontrar muitos estudos abordando o tema em diversos tipos de formações vegetais, variando em nível de abordagem, em relação ao número de espécies consideradas e aos eventos fenológicos avaliados.

Destacam-se para a Floresta Amazônica estudos como os de Alencar et al. (1979), que observaram 27 espécies arbóreas, e Pinto et al. (2005), que concentraram suas observações apenas para marupá (*Simarouba amara* Aubl.). Estes autores, trabalhando na Reserva Ducke, verificaram que os períodos de floração e frutificação ocorreram, para a maioria das espécies, de acordo com a distribuição das chuvas, com dominância da floração no período seco e a grande quantidade de frutos maduros no período chuvoso. Na Amazônia central, Lopes et al. (2016) estudaram a fenologia vegetativa de uma comunidade e verificaram que a produção e a queda foliar se concentraram durante o período seco. A produção de folhas foi correlacionada com a disponibilidade de luz e inversamente correlacionada com a precipitação. O termo “green-up” foi utilizado para se referir ao “esverdeamento” da cobertura vegetal, oriundo da produção de folhas que ocorreu predominantemente na seca.

Para a Mata Atlântica, estudos com diversas abordagens e comparações já foram realizados, como os com direcionamento populacional (MARTIN-GAJARDO et al., 2003; STAGGEMEIER, MORELLATO & GALETTI, 2007; LIUTH et al., 2013), da comunidade (MORELLATO, 1991; MORELLATO & LEITÃO-FILHO, 1990, 1996; TALORA & MORELLATO, 2000; MANTOVANI et al., 2003), empregando comparações entre diferentes tipos de formações da Mata Atlântica (MORELLATO et al., 1989; BENCKE & MORELLATO, 2002; MORELLATO et al., 2006) e diferenças ao longo de gradiente sucessional (CARDOSO, ZWIENER & MARQUES, 2018). As áreas de Mata Atlântica costumam exibir baixa sazonalidade hídrica, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano. Já a temperatura e o fotoperíodo, variam de um modo mais moderado, provavelmente, por isso, essas duas últimas variáveis são as que mais apresentam relações significativas com as fenofases vegetativas e reprodutivas nessas áreas.

A fenologia da vegetação do cerrado tem sido abordada por diversos autores (LENZA & KLINK, 2006; TANNUS et al., 2006; MUNHOZ & FELFILI, 2007; FIGUEIREDO, 2008; PIRANI et al., 2009; BELO et al., 2013; PILON et al., 2015; KUSTER et al., 2017, LACERDA et al., 2017). A maioria dos estudos nessas

comunidades mostra que as fenofases vegetativas, de queda e renovação de folhas, apresentam picos no período seco, e a floração se concentra no período seco ou na transição deste com o período chuvoso.

Para a Caatinga, Amorim et al. (2009) avaliaram a fenologia de espécies lenhosas e encontraram uma forte influência da pluviosidade na formação das folhas. As fenofases reprodutivas tiveram pico na estação chuvosa, com a floração acompanhando a produção de folhas, e a frutificação prolongando-se até a fase de queda das folhas. Lima e Rodal (2010) relacionaram fenologia e densidade da madeira, apontando uma forte correlação entre esses fatores nas espécies estudadas. As espécies com baixa densidade de madeira iniciaram fenofases vegetativas e/ou reprodutivas durante a estação seca. A produção de folhas entre essas espécies foi positivamente relacionada ao fotoperíodo. As espécies com densidades de madeira altas foram fortemente dependentes da precipitação para o brotamento, floração e frutificação, uma vez que são capazes de armazenar quantidades limitadas de água em seus troncos.

2.4. FENOLOGIA EM ECOSISTEMAS LITORÂNEOS BRASILEIROS

A fenologia das plantas das regiões litorâneas tem sido frequentemente relacionada com o clima (WRIGHT & VAN SCHAIK, 1994). No Brasil, podem ser esperadas grandes variações no padrão fenológico apresentado pelas vegetações que ocupam as zonas litorâneas, pois estas abrangem uma grande faixa territorial, compreendendo regiões climáticas tropicais e subtropicais (MARQUES & OLIVEIRA, 2004).

Seguindo o gradiente latitudinal, em áreas que se encontram sob maiores latitudes, a temperatura e a duração do dia variam fortemente ao longo das diferentes estações do ano e as respostas fenológicas exibidas pelas plantas inseridas nessas áreas tendem a ser mais intensas com esses fatores climáticos (ALVIM, 1964; TER STEEGE & PERSAUD, 1991). Já nas áreas inseridas em menores latitudes, há uma maior variação na precipitação e a tendência no predomínio de períodos bem definidos de chuva e seca ao longo do ano, por isso, as respostas fenológicas podem estar mais relacionadas com esse fator climático.

Em trabalhos fenológicos realizados em comunidades de dunas costeiras no sul do Brasil, a temperatura, que apresenta grande variação nessa região devido a maior latitude, foi relatada como um fator limitante para a floração (CORDAZZO & SEELIGER, 1988). Algumas espécies que normalmente apresentariam floração longa, mostraram redução em suas amplitudes de floração neste período (CASTELLANI et al.,

1999). Para uma espécie em questão (*Syngonanthus chrysanthus* Ruhland), a frutificação teve início com elevação de pluviosidade, temperatura e fotoperíodo (GÜTSCHOW-BENTO et al., 2010). Em vegetações litorâneas da região sudeste, ambiente ainda inserido em altas latitudes, a floração e o brotamento se concentraram no início do período úmido, com floração apresentando correlação com o comprimento do dia (STAGGEMEIER & MORELLATO, 2011) e temperatura (MORELLATO et al., 2000).

Em dunas costeiras inseridas em ambientes com menores latitudes, Costa et al. (2006) avaliaram a fenologia reprodutiva de espécies de Malpighiaceae e sua relação com visitantes florais em dunas costeiras da Bahia, destacando que a floração ocorreu durante quase todo ano, assim como a frutificação.

Para outras áreas litorâneas, como as restingas do litoral pernambucano, também inseridas em ambientes com menores latitudes, foram encontrados estudos fenológicos a nível de comunidade. A maioria das espécies apresentou atividade de fenofase vegetativa, queda e produção foliar, em maior ou menor intensidade, ao longo de todo ano (MEDEIROS et al., 2007). A floração ocorreu, geralmente, no período seco e a frutificação ocorreu, na maioria das vezes, nos meses chuvosos (MEDEIROS et al., 2007; SILVA et al., 2010).

Nos estudos que envolvem análises entre fenologia e dados climáticos de áreas litorâneas, a principal associação foi entre as fenofases reprodutivas com a precipitação, seguida de temperatura (SILVA et al., 2010). Observou-se também comunidades sem associações entre fenofases e fatores climáticos (MEDEIROS et al., 2007).

2.5. FENOLOGIA NO MARANHÃO

Apesar do Maranhão possuir uma grande extensão territorial, estando localizado na transição entre os climas úmido da Amazônia e semiárido do Nordeste (FREIRE, 1993; ALVARES et al., 2013), ainda são poucos os trabalhos que abordam a fenologia. Na região central do Estado, encontram-se os trabalhos realizados em áreas de floresta amazônica e cerrado. Na Amazônia maranhense, Muniz (2008) encontrou floração e frutificação ocorrendo durante todo ano, sendo o pico de floração no final do período chuvoso, e frutificação no auge do período de transição seco e úmido.

Para o cerrado, Bulhão e Figueiredo (2002) demonstraram um crescimento periódico e sazonal em leguminosas arbóreas. Tanto o crescimento, quanto a reprodução, ocorreram no auge da seca, com temperaturas mais altas. Esse mesmo padrão foi encontrado por Figueiredo (2008) em uma reserva particular de cerrado, em que a

floração das espécies arbóreas se concentrou no período seco, sendo simultâneo à renovação das folhas. Já Mendes et al. (2011) demonstraram que a floração da maioria das espécies do gênero *Byrsonima* Rich. ocorre no final do período chuvoso e a frutificação no início do período seco.

Lacerda et al. (2017) avaliaram os padrões de populações coespecíficas em diferentes regimes climáticos, sendo uma área com período seco mais curto e outra com período seco mais longo. Apesar de nas duas áreas a maioria das fenofases concentrarem-se nos meses secos, os eventos fenológicos ocorreram com antecedência na área com período seco mais curto. Portanto, os fenômenos fenológicos estavam intrinsicamente ligados a variáveis climáticas, especialmente a temperatura e a duração do dia, que variaram com a ocorrência do período seco.

Buscando entender se havia diferenças nos padrões fenológicos entre espécies de diferentes grupos funcionais, Lacerda et al. (2018) compararam a fenologia reprodutiva de espécies sempre verdes e espécies decíduas. Os autores encontraram diferenças em relação ao tempo, atividade e duração da floração e frutificação entre os grupos funcionais, mostrando que distintas estratégias ecofisiológicas podem exercer influência sobre o comportamento fenológico.

Sobre o litoral maranhense, mesmo este sendo o segundo maior do país (EL-ROBRINI et al., 2006) os estudos fenológicos encontrados não contemplam essa extensão e por isso mais estudos com essa temática são encorajados. Um dos primeiros registros nesse aspecto para o Estado foi o de Freire (1993), no qual, juntamente com um levantamento florístico, realizou observações sobre a floração e frutificação das espécies do litoral da ilha de São Luís. O estudo mostrou que essas fenofases reprodutivas, embora ocorram ao longo de todo ano, apresentam maiores picos de atividade no período intermediário aos meses de maiores precipitações e estiagem, abril a setembro.

Albuquerque et al. (2007) realizaram observações fenológicas de floração ao estudar uma comunidade de abelhas em um ecossistema de duna na Ilha do Maranhão. Os autores observaram que esse ecossistema oferece recompensas durante todo ano para as abelhas visitantes, com plantas florescendo tanto no período seco, quanto no chuvoso. No entanto, o maior pico de floração se concentrou na seca, correspondendo ao período de maior abundância e diversidade das abelhas estudadas.

Ribeiro (2011) avaliou o padrão fenológico considerando os diferentes hábitos das espécies em uma área de Restinga. O estudo demonstrou que existe diferenças entre os

picos das fenofases entre os hábitos, sugerindo que há uma distribuição temporal de recursos vegetais na comunidade.

Mendes et al. (2016) realizaram um estudo fenológico do buriti (*Mauritia flexuosa* L.) em uma área de restinga. Não houve diferença no padrão fenológico entre indivíduos femininos e masculinos. Em ambos os sexos, a floração ocorreu apenas durante a estação seca, com as flores abrindo-se simultaneamente nos espécimes pistilados e estaminados.

Portanto, compreender os padrões fenológicos em comunidades vegetais é importante para o entendimento da organização e distribuição espaço-temporal dos recursos disponibilizados (MORELLATO et al., 2016). Apesar disso, estudos com essa abordagem ainda são considerados escassos no Maranhão e não contemplam sua extensão territorial, tampouco, os domínios fitogeográficos que o formam.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Caracterizar a fenologia da comunidade vegetal lenhosa em uma área de dunas costeiras no litoral maranhense.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar os dados referentes às fenofases vegetativas e reprodutivas das espécies lenhosas;
- Avaliar a influência dos fatores abióticos nas fenofases de brotamento, queda foliar, floração e frutificação para as espécies lenhosas;
- Verificar se as fenofases respondem sazonalmente as variáveis abióticas.

4. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P. M. C.; CAMARGO, J. M. F.; MENDONÇA, J. Â. C. Bee community of a beach dune ecosystem on Maranhão Island, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 6, p. 1005-1018, 2007.
- ALENCAR, J. C.; ALMEIDA, R. A.; FERNANDES, N. P. Fenologia de espécies florestais em Floresta Tropical Úmida de Terra Firme na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 9, n. 1, p. 163-198, 1979.
- ALMEIDA, J. R.; SUGUIO, K. Potencialidade geoturística das dunas eólicas da Ilha Comprida-Estado de São Paulo. **Geociências (São Paulo)**, v. 31, n. 3, p. 473-484, 2012.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVIM, P. T. Periodicidade do crescimento das árvores em climas tropicais. In: **Anais do Congresso Nacional de Botânica**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 405-422, 1964.
- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do Seridó - RN. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 491-499, 2009.
- ARAÚJO, D. S. D.; LACERDA, L. D. A natureza das restingas. **Ciência hoje**, v. 6, n. 33, p. 42-48, 1987.
- ARAÚJO, D. S. D.; HENRIQUES, R. P. B. **Análise florística das restingas do Estado do Rio de Janeiro**. Restingas: origem, estrutura, processos, p. 477, 1984.
- BATALHA, M. A.; MARTINS, F. R. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). **Australian Journal of Botany**, v. 52, n. 2, p. 149-161, 2004.
- BAWA, K. S. et al. Relationships among time, frequency, and duration of flowering in tropical rain forest trees. **American Journal of Botany**, v. 90, n. 6, p. 877-887, 2003.
- BELO, R. M. et al., Fenologia reprodutiva e vegetativa de arbustos endêmicos de campo rupestre na Serra do Cipó, Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, v. 64, n. 4, p. 817-828, 2013.
- BENCKE, C. S.; MORELLATO, L. P. C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, p. 237-248, 2002.
- BORCHERT, R.; RIVERA, G.; HAGNAUER, W. Modification of Vegetative Phenology in a Tropical Semi-deciduous Forest by Abnormal Drought and Rain 1. **Biotropica**, v. 34, n. 1, p. 27-39, 2002.
- BRITTO, I. C. et al. A importância de preservar as dunas de Itapoã e Abaeté. **Restingas: origem, estrutura e processos**. Niterói, CEUFF, p. 269-273, 1984.
- BUITENWERF, R., ROSE, L.; HIGGINS, S. I. Three decades of multi-dimensional change in global leaf phenology. **Nature Climate Change**, v. 5, p. 364-368, 2015.

- BULHÃO, C. F.; FIGUEIREDO, P. S. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 361–369, 2002.
- BULLOCK, S.H.; SOLÍS-MAGALLANES, A. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. **Biotropica**, V. 22, p. 22-35, 1990.
- CALLE, Z., et al. Seasonal variation in daily insolation induces synchronous bud break and flowering in the tropics. **Trees**, v. 24, n. 5, p. 865-877, 2010.
- CAMARGO, M. G. G. et al. Effects of environmental conditions associated to the cardinal orientation on the reproductive phenology of the cerrado savanna tree *Xylopia aromatica* (Annonaceae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 83, n. 3, p. 1007-1020, 2011.
- CASTELLANI, T. T.; CAUS, C. A.; VIEIRA, S. Fenologia de uma comunidade de duna frontal no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 13, n.1, p. 99-114, 1999.
- CARDOSO, F. C. G.; ZWIENER, V. P.; MARQUES, M. Tree phenology along a successional gradient of tropical Atlantic Forest. **Journal of Plant Ecology**, 2018.
- CERQUEIRA, R. Biogeografia das restingas. In: ESTEVES, F.A.; LACERDA, L.D. (Org.). **Ecologia de restingas e lagoas costeiras**. Macaé: NUPEM/UFRJ, 2000, p. 116.
- CHUINE, I. Why does phenology drive species distribution? **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 365, p. 3149-360, 2010.
- CORDAZZO, C. V.; SEELIGER, U. Phenological and biogeographical aspects of coastal dune plant communities in southern Brazil. **Plant Ecology**, v. 75, n. 3, p. 169-173, 1988.
- CORDAZZO, C. V. et al. Plantas das dunas da costa sudoeste Atlântica: guia ilustrado. Useb, 2006.
- COSTA, C. B. N.; COSTA, J. A. S.; RAMALHO, M. A. U. R. O. Biologia reprodutiva de espécies simpátricas de Malpighiaceae em dunas costeiras da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 1, p. 103-114, 2006.
- CROAT, T.B. Phenological behavior of habit and habitat classes on Barro Colorado Island (Panama Canal Zone). **Biotropica**, v. 7, p. 270-277, 1975.
- DALMOLIN, Â. C. et al. Is the dry season an important driver of phenology and growth for two Brazilian savanna tree species with contrasting leaf habits?. **Plant ecology**, v. 216, n. 3, p. 407-417, 2015.
- DAMASO, P. P. Vegetação dunar: caracterização estrutural de dunas do município de Natal-RN como subsídio para implantação de técnicas de reflorestamento, recuperação e conservação do ecossistema. **Dissertação de Mestrado**, Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.
- DAUBENMIRE, B. Phenology and other characteristics of tropical semideciduous forest in North-Western Costa Rica. **Journal of Ecology**, v. 60, p. 147-170, 1972.

EL-ROBRINI, M. et al. Maranhão. In: D. Muehe (Ed.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro: Maranhão**. Brasília, MMA, 2006.

FIGUEIREDO, P. S. Fenologia e estratégias reprodutivas das espécies arbóreas em uma área marginal de cerrado, na transição para o semi-árido no nordeste do Maranhão, Brasil. **Revista tropica-ciências agrárias e biológicas**, v. 2, n. 2, p. 8–21, 2008.

FORREST, J.; MILLER-RUSHING, A. J. Toward a synthetic understanding of the role of phenology in ecology and evolution. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 365, p. 3101-3112, 2010.

FOURNIER, L. A. Observaciones fenológicas en el bosque humedo premontano de San Pedro de Montes Oca, Costa Rica. **Turrialba**, v. 26, p. 54-59, 1976.

FOURNIER, L. A.; SALAS, S. Algunas observaciones sobre la dinamica de la floracion en el bosque humedo de Villa Collon. **Revista de Biologia Tropical**, v. 14, p. 75-85, 1966.

FRANCO, A. C. et al. Cerrado vegetation and global change: the role of functional types, resource availability and disturbance in regulating plant community responses to rising CO₂ levels and climate warming. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 26, n. 1, p. 19-38, 2014.

FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G.; OPLER, P. A. Comparative phenological studies of trees in tropical lowland wet and dry forest sites of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v. 62, p. 881-913, 1974.

FREIRE, M. C. C. C.; MONTEIRO, R. Florística nas praias da ilha de São Luís, estado no Maranhão (Brasil): diversidade de espécies e suas. **Acta Amazonica**, v. 23, n. 2-3, p. 125-140, 1993.

FREIRE, M. C. C. M. Estudos florísticos na região litorânea da ilha de São Luís (MA). Dissertação mestrado, Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro, SP. 142p. 1993.

GÜTSCHOW-BENTO, L. H. et al. Estratégia de crescimento clonal e fenologia de *Syngonanthus chrysanthus* Ruhland (Eriocaulaceae) nas baixadas entre dunas da Praia da Joaquina, Florianópolis, SC, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, p. 205-213, 2010.

HOPP, R. J. Plant phenology observation networks. In: LIETH, H. (Ed.). **Phenology and Seasonality Modeling**. New York: Springer, p. 25-42, 1974.

KUSTER, V. C. et al. Environmental conditions modulate plasticity in the physiological responses of three plant species of the Neotropical savannah. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 39, n. 4, p. 103, 2017.

LACERDA, D. M. A. et al. Do conspecific populations exhibit divergent phenological patterns? A study case of widespread savanna species. **Flora**, v. 236, p. 100-106, 2017.

LACERDA, D. M. A. et al. Reproductive phenology differs between evergreen and deciduous species in a Northeast Brazilian savanna. **Acta Botanica Brasilica**, n. AHEAD, p. 0-0, 2018.

LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. **Editora RiMa**, São Carlos, 2000.

- LEITE, A. V. L.; ANDRADE, L. D. H. C. Riqueza de espécies e composição florística em um ambiente de duna após 50 anos de pressão antrópica: um estudo na Praia de Boa Viagem, Recife, PE-Brasil. **Biotemas**, v. 17, n.1, p. 29-46, 2004.
- LENZA, E.; KLINK, C. A. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 4, p. 627-638, 2006.
- LIETH, H. Purpose of a phenology book. In **Phenology and seasonality modeling**. (H. Lieth, ed.). Springer, Berlin, p. 3-19, 1974.
- LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 11, p. 1363-1373, 2010.
- LIUTH, H. S.; TALORA, D. C.; AMORIM, A. M. Phenological synchrony and seasonality of understory Rubiaceae in the Atlantic Forest, Bahia, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 1, p. 195–204, 2013.
- LOPES, A. P. et al. Leaf flush drives dry season green-up of the Central Amazon. *Remote Sensing of Environment*, v. 182, p. 90-98, 2016.
- MANTOVANI, M. et al. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta atlântica. **Revista Árvore**, v. 27, n. 4, p. 451-458, 2003.
- MARQUES, M. C.; OLIVEIRA, P. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 713–723, 2004.
- MAUN, M. A. Adaptations enhancing survival and establishment of seedlings on coastal dune systems. **Plant ecology**, v. 111, n. 1, p. 59-70, 1994.
- MEDEIROS, D. P. W.; LOPES, A. V.; ZICKEL, C. S. Phenology of woody species in tropical coastal vegetation, northeastern Brazil. **Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 202, n. 7, p. 513–520, 2007.
- MENDES, F. N. et al. Reproductive phenology of *Mauritia flexuosa* L. (Arecaceae) in a coastal restinga environment in northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 2016.
- MENDES, F. N.; RÊGO, M. M. C.; ALBUQUERQUE, P. M. C. Fenologia e biologia reprodutiva de duas espécies de *Byrsonima* Rich. (Malpighiaceae) em área de Cerrado no Nordeste do Brasil. **Biota neotropica**, v. 11, n. 4, 2011.
- MENDOZA, I. et al. Continental-scale patterns and climatic drivers of fruiting phenology: A quantitative Neotropical review. **Global and Planetary Change**. 2016.
- MORELLATO, L. P. C. et al. Estudo fenológico comparativo de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 12, p.85-98, 1989.
- MORELLATO, L. P. C. Fenologia de árvores, arbustos e lianas em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Tese de doutorado**, Universidade de Campinas, Campinas, 1991.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiá, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 50, p. 163-173, 1990.

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, P. L. C. et al. Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study 1. **Biotropica**, v. 32, n. 4, p. 811-823, 2000.

MORELLATO, L. P. C. et al. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, v. 195, p. 60-72, 2016.

MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M. Reproductive phenology of an herbaceous-subshrub layer of a Savannah (Campo Sujo) in the Cerrado Biosphere Reserve I, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, n. 2, p. 299-307, 2007.

MUNIZ, F. H. Padrões de floração e frutificação de árvores da Amazônia Maranhense. **Acta amazonica**, v. 38, n. 4, p. 617-626, 2008.

NEVES, S. P. S. et al. 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, 2017.

OPLER, P.A., FRANKIE, G.W. & BAKER, H.G. Comparative phenological studies of treelet and shrub species in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v. 68, p. 189-209, 1980.

PEREIRA, T. G. et al. Diversidade Dunar entre Cabo Frio e o Cabo Búzios-RJ. **Revista de Geografia (Recife) - ISSN: 2238-6211**, v. 27, n. 3, p. 277-290, 2011.

PILON, N. A. L.; UDULUTSCH, R. G.; DURIGAN G. Padrões fenológicos de 111 espécies de Cerrado em condições de cultivo. **Hoehnea**, v. 42, n. 3, p. 425-443, 2015.

PINTO, A. M. et al. Fenologia de *Simarouba amara* Aubl. na reserva florestal Adolpho Ducke, Manaus, AM. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 3, p. 347-352, 2005.

PIRANI, F. R.; SANCHEZ, M.; PEDRONI, F. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 4, p. 1096-1109, 2009.

RIBEIRO, É. K. M. D. Fenologia e atributos reprodutivos de espécies ocorrentes em restinga no Maranhão. **Tese (Doutorado)**. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

RIZZINI, C. T. **Aspectos sociológicos e florísticos**. Ed. de Humanismo, Ciência e Tecnologia-Hucitec, 1979.

ROSSATTO, D. R. Seasonal patterns of leaf production in co-occurring trees with contrasting leaf phenology: time and quantitative divergences. **Plant Species Biology**, v. 28, n. 2, p. 138-145, 2013.

ROSSATTO, D. R.; HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C. Differences in growth patterns between co-occurring forest and savanna trees affect the forest–savanna boundary. **Functional Ecology**, v. 23, n. 4, p. 689-698, 2009.

SARMIENTO, G. The savannas of tropical America. In: BOURLIÈRE, F. (Org.). *Ecosystems of the world: tropical savannas*. Amsterdam: Elsevier, p. 245-288. 1983.

SILVA, S. S. L et al. Observações fenológicas em uma restinga da APA de Guadalupe, Tamandaré, Pernambuco. In: Albuquerque, U. P et al. (Org.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos**. Bauru, SP. Canal6, p. 411- 435. 2010.

SILVEIRA, J. D. da. Morfologia do litoral. In: AZEVEDO, A. de. (Ed.) **Brasil: A terra e o homem**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, p. 253-305, 1964.

SILVÉRIO, D. V.; LENZA, E. Fenologia de espécies lenhosas em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 3, 2010.

STAGGEMEIER, V. G.; MORELLATO, L. P. C.; GALETTI, M. Fenologia reprodutiva de Myrtaceae em uma ilha continental de Floresta Atlântica. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. supl 1, p. 423-425, 2007.

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

SUGUIO, K.; TESSLER, M. G. Planície de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura. In: LACERDA, L.D. et al. (Org.). **Restingas: origem, estrutura e processos**. Niterói: CEUFF, p. 15-25, 1984.

TANNUS, J. L. S.; ASSIS, M. A.; MORELLATO, L. P. C. Fenologia reprodutiva em campo sujo e campo úmido numa área de cerrado no sudeste do Brasil, Itirapina - SP. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 3, p. 1-27, 2006.

TALORA, D. C.; MORELLATO, P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, p. 13-26, 2000.

TER STEEGE, H.; PERSAUD, C. A. The phenology of Guyanese timber species: a compilation of a century of observations. **Vegetatio**, v. 95, n. 2, p. 177-198, 1991.

VAN SCHAIK, C. P. et al. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, p. 353-377, 1993.

WRIGHT, S. J.; VAN SCHAIK, C. P. Light and the phenology of tropical trees. **The American Naturalist**, v. 143, n. 1, p. 192-199, 1994.

ZHANG, X. et al. Global vegetation phenology from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): Evaluation of global patterns and comparison with in situ measurements. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 111, n. G4, 2006.

5. Capítulo I: Aspectos fenológicos da comunidade vegetal lenhosa em dunas costeiras no leste amazônico, Brasil

Artigo a ser submetido à revista **Brazilian Journal of Botany**

Aline Duarte Nascimento^{1*}, Dinnie Michelle Assunção Lacerda², Eduardo Bezerra de Almeida Jr.³

¹ Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Campus Universitário do Bacanga, 1966, 65080 – 805, São Luís, MA, Brasil.

² Universidade Federal do Maranhão, Laboratório de Estudos Botânicos - LEB, Campus Universitário do Bacanga, 1966, 65080-805, São Luís, Maranhão, Brasil

³ Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Biologia, Laboratório de Estudos Botânicos - LEB, Campus Universitário do Bacanga, 1966, 65080 – 805, São Luís, MA, Brasil.

*Autor para correspondência: alineduarte03@hotmail.com; +55 (98) 9 8261-3283

RESUMO

Neste estudo, apresentamos a fenologia de uma comunidade vegetal lenhosa de dunas costeiras localizada no extremo leste do litoral amazônico. Avaliamos os aspectos fenológicos da comunidade e suas relações com fatores climáticos, comparando os resultados obtidos com aqueles encontrados em outras áreas de planície costeiras em diferentes latitudes. Para isso, foram selecionados 19 indivíduos de espécies lenhosas em uma área de dunas do estado do Maranhão, Brasil, que atendessem ao critério de inclusão de diâmetro a altura do solo (DAS) $> 3\text{cm}$ e com total visualização de sua copa. Quinzenalmente, foram coletadas informações sobre queda foliar, brotamento, floração e frutificação. Essas fenofases foram estimadas visualmente segundo o percentual de Fournier. Com isso, foram determinadas as datas médias de início e pico das fenofases, por meio da estatística circular, e o percentual de atividade e intensidade para cada fenofase. Foi aplicada a análise de regressão linear múltipla para investigar as relações entre as fenofases e as variáveis climáticas. Adicionalmente, foram definidos os hábitos foliares e as síndromes de polinização e dispersão para cada espécie. Os resultados revelam que a comunidade não apresentou comportamento sazonal, nem relação com os fatores climáticos avaliados, exibindo maior semelhança de suas fenofases com as áreas inseridas em menor latitude. A maioria das espécies apresentou habito foliar sempre verde (83,4%), síndrome de polinização melitófila (78,9%) e dispersão zoocórica (84,22%). Os longos períodos de floração encontrados nesse estudo podem ser uma estratégia comum às demais espécies que se desenvolvem em vegetações litorâneas. É provável que o comportamento fenológico dessas plantas apresente semelhanças que se tornam ainda mais fortes nos locais com latitudes próximas.

Palavras-chave: Fenologia, fatores climáticos, litoral amazônico, nordeste brasileiro, vegetação litorânea.

1. Introdução

As dunas são formadas pelo acúmulo de sedimentos arenosos depositados pela maré alta e que, depois de secos, são transportados por ação eólica em direção ao continente (Cordazzo et al. 2006). As dunas são caracterizadas por condições ambientais específicas, como ventos fortes, alta intensidade de luz e temperatura, e pobreza de nutrientes (Britto et al. 1993; García-Mora et al. 2001; Ley Vega de Seoane et al. 2007). A variedade de feições topográficas, associada a diferentes gradientes ambientais, determina a coexistência de diferentes tipos de comunidades de plantas no espaço que as dunas ocupam (Wilson e Sykes 1999; Frederiksen et al. 2006). Assim, a vegetação que se desenvolve nas dunas costeiras não é homogênea, e, sim, disposta em manchas, levando a formações de mosaicos complexos de vegetação ao longo desse ambiente em todo o mundo (Doing 1985; Cordazzo et al. 2006).

Além da sua importância ecológica, as dunas costeiras ainda garantem serviços ecossistêmicos como proteção para as áreas litorâneas contra ondas do mar, vento, inundações e erosão (Kiehl e Isermann 2007). No entanto, em todo mundo os ecossistemas costeiros, como o de dunas, são altamente ameaçados (Kutiel et al. 2000), principalmente, devido as atividades antrópicas ocasionadas pelo rápido processo de ocupação urbana (Rosa e Cordazzo 2007; Carboni et al. 2009).

Diante da sensibilidade dessas áreas costeiras e a acelerada pressão e perturbação antrópica, estudos sobre a ecologia da vegetação são de elevada importância para o entendimento e conservação desses ambientes (Medeiros et al. 2007). Nesse aspecto, a fenologia tem ganhado espaço no cenário atual, como ciência ambiental integrativa, podendo ser utilizada em diferentes abordagens relacionadas às práticas da conservação (Morellato et al. 2016). Os estudos fenológicos são fundamentais para a compreensão da influência do clima na vegetação e para a análise de interações planta-animal, como

polinização e dispersão de sementes (Williams-Linera e Meave 2002; Morellato 2003; Franco et al. 2014). No entanto, pouco se sabe sobre o comportamento fenológico das plantas que crescem nas dunas costeiras, pois os estudos nessa área são considerados escassos em todo mundo (Rodríguez-Gallego e Navarro 2015). O Brasil segue a tendência mundial, apresentando poucos estudos que abordem especificamente a fenologia de comunidades em dunas costeiras. Os resultados dos estudos nesses ambientes apontam a temperatura como um fator limitante para floração, apresentando maior influência nas áreas com maiores latitudes (Cordazzo e Seeliger 1988; Castellani et al. 1999).

No presente estudo, apresentamos o comportamento fenológico de uma comunidade de dunas costeiras no extremo leste do litoral amazônico, bem como seus hábitos foliares e síndromes de polinização e dispersão, tentando responder a seguinte questão: existe uma relação entre os fatores climáticos (pluviosidade, temperatura e fotoperíodo) e a fenologia das espécies lenhosas das dunas costeiras do extremo leste do litoral amazônico? Devido à escassez de estudos abordando especificamente fenologia de dunas costeiras, comparamos o comportamento apresentado pela presente comunidade com aqueles encontrados em outras áreas de planície costeira, localizadas em diferentes latitudes.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em uma área de dunas costeiras (02°29'7" S 44°15'59" W) localizada no estado do Maranhão, nordeste do Brasil (Fig. 1). A área encontra-se próxima ao perímetro urbano e é formada por dunas primárias e secundárias. As dunas primárias encontradas são estreitas, com um relevo quase totalmente plano, provavelmente devido a perturbações como a construção da via de acesso à praia. Já as

dunas secundárias possuem relevo íngreme, podendo atingir 35m de altura (Silva et al. 2016).

A vegetação das dunas do presente estudo apresenta sinais de impactos antrópicos, sendo comumente afetada pela incidência de fogo, corte indiscriminado da vegetação, pisoteio de turistas e de frequentadores da praia que adentram as dunas (Silva et al. 2016). Estas se distribuem em cerca de 4 km de extensão, apresentando uma vegetação lenhosa distribuída ao longo de toda a área, cujas espécies apresentam, em geral, porte e calibre menores quando comparadas às mesmas espécies ocorrendo em áreas de florestas (Araújo et al. 2016; Silva et al. 2016).

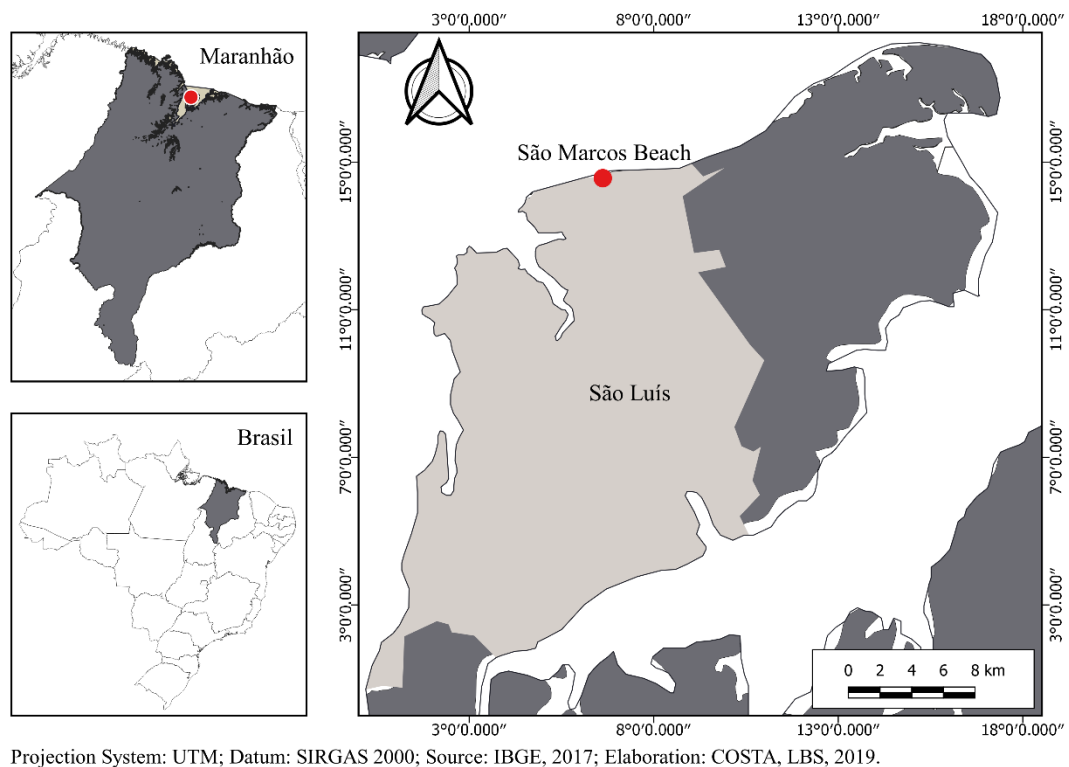


Fig. 1: Local selecionado para observação fenológica situado no estado do Maranhão, nordeste brasileiro.

A área possui clima Tropical chuvoso, tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen (1948), com predomínio de chuvas nos meses de janeiro a julho e períodos de seca entre os meses de agosto e dezembro (Alvares et al. 2013). De acordo com os dados históricos (1988 a 2018), as temperaturas apresentam variação entre 22°C e 33°C ao longo

do ano, e a pluviosidade apresenta um volume médio anual de 1.977mm (Fig. 2A) (INMET 2018). Foram obtidos dados mensais de precipitação total, de médias de temperaturas mínimas e máximas (Fig. 2B) (Fonte: <http://www.inmet.gov.br/portal/>) e de fotoperíodo (Fig. 2C) (Fonte: <http://www.sci.fi/benefon/sol.html>) referentes aos meses de agosto de 2017 a julho de 2018, usados para associação com dados fenológicos.

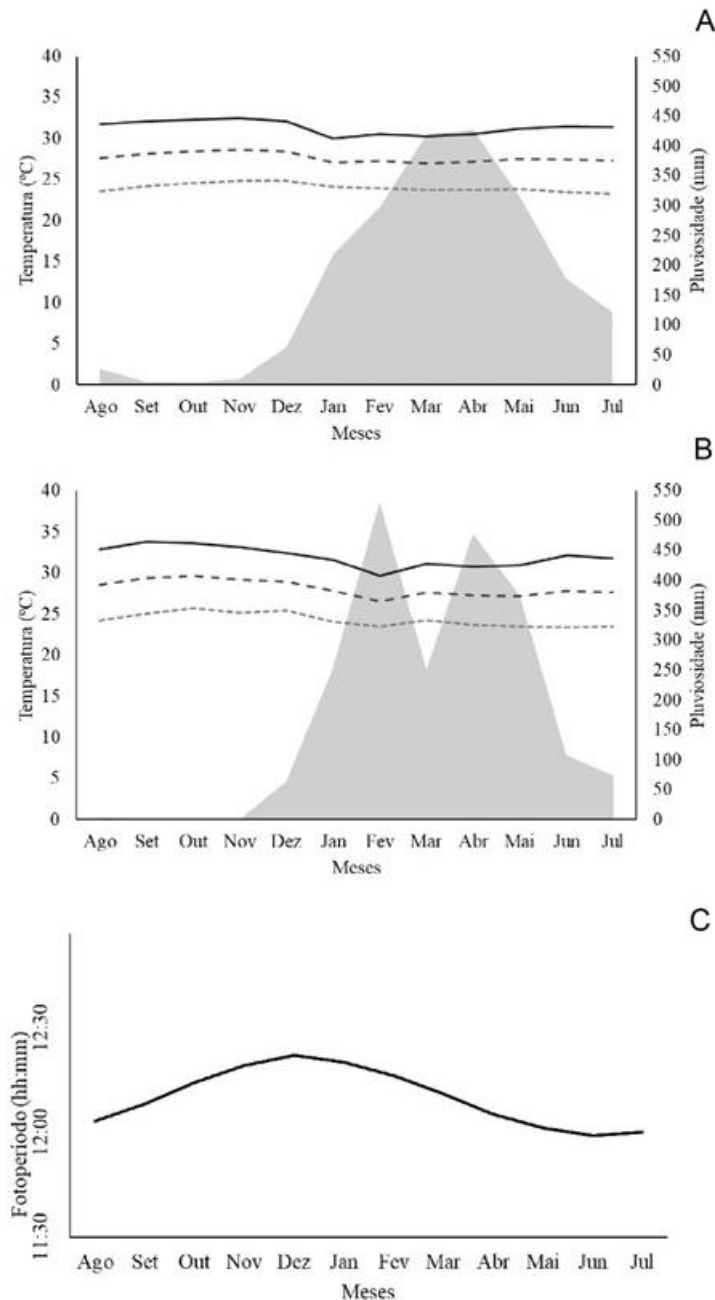


Fig. 2: (A) Dados climáticos históricos (1988 – 2018); (B) Dados climáticos do período de estudo (2017-2018): chuva (área preenchida), temperatura máxima (linha contínua), temperatura média (linha tracejada intermediária) e temperatura mínima (linha tracejada inferior); (C) Fotoperíodo

do ano de estudo. Informações referentes a uma área de dunas costeiras localizada no estado do Maranhão, nordeste brasileiro.

2.2 Dados fenológicos

Para avaliar os dados fenológicos, foram selecionadas 19 espécies lenhosas com diâmetro à altura do solo (DSH) > 3 cm e copa inteira visível, incluindo uma espécie de palma forrageira, com base na lista florística de Silva et al. (2016). Os nomes das espécies e seus respectivos autores foram consultados no site “Flora do Brasil 2020”. A espécie *Maytenus obtusifolia* Mart. foi atualizado para *Monteverdia obtusifolia* (Mart.) Biral. Todas as demais espécies estão de acordo com a lista levantada por Silva et al. (2016). Foram marcados de 2 a 15 indivíduos por espécie. Durante 12 meses consecutivos (agosto de 2017 a julho de 2018), informações sobre queda e produção de folhas, floração e frutificação foram coletadas quinzenalmente para todos os indivíduos marcados.

As fenofases foram estimadas visualmente segundo o percentual de intensidade proposto por Fournier (1974), com valores distribuídos numa escala semi-quantitativa, com cinco categorias agrupadas de 0 a 4, em intervalos de 25%, para as fenofases vegetativas e reprodutivas. Cada fenofase foi considerada da seguinte maneira: queda foliar, como a proporção da copa sem folhas; folhas novas, quando novas folhas estavam surgindo ou se expandindo; floração, a presença de flores em botão e em antese; e frutificação, a presença de frutos imaturos e maduros. Foi determinado também o percentual de atividade de cada fenofase para a comunidade, a partir do registro da presença ou ausência das fenofases em cada indivíduo.

Foi definido o hábito foliar de cada espécie, as quais foram classificadas em sempre-verdes, brevidecíduas e decíduas, seguindo os critérios definidos por Lenza e Kleink (2006), com adaptações. Considerando o período de estudo, a espécie que sempre apresentasse percentual de intensidade de cobertura acima de 50% era considerada

sempre-verde. Quando permaneciam sem ou com poucas folhas senescentes por um intervalo inferior a quatro semanas eram classificadas como brevidecíduas. Já as espécies que perderam totalmente suas folhas e permaneceram um período acima de quatro semanas sem cobertura foliar foram classificadas como decíduas.

2.3 Síndromes de polinização e dispersão

As síndromes de polinização e dispersão foram determinadas a partir de consulta a literatura especializada. Para polinização foram consideradas as seguintes síndromes: anemofilia – vento, falenofilia – mariposas, melitofilia – abelhas e quiropterofilia – morcegos. Para a dispersão, as espécies foram categorizadas nos seguintes grupos: anemocóricas – dispersas pelo vento, autocóricas – dispersão explosiva ou barocoria, e zoocóricas – dispersas por animais.

2.4 Análise estatística

A estatística circular foi aplicada para detectar tendências sazonais na comunidade. Para isso, primeiramente as datas de observações foram convertidas em ângulos, sendo um ano total correspondente a 360° (cada dia corresponde a $0,986^\circ$). Em seguida, foram determinadas as datas de início (a data média em que cada indivíduo manifestou a fenofase pela primeira vez) e pico (a data média em que cada indivíduo apresentou o maior valor de intensidade) de todos os indivíduos, para a obtenção das médias por espécie e para a comunidade, em todas as fenofases.

Para testar a ocorrência de sazonalidade foi aplicado o teste de Rayleigh Z e obtidos o ângulo médio, o vetor “r” e o desvio padrão circular. Se o valor de probabilidade é significativo, a intensidade de concentração em torno do ângulo médio representada pelo vetor r é considerada como medida do grau de sazonalidade, variando de zero

(quando a atividade fenológica é uniformemente distribuída ao longo do ano) a um (quando a atividade fenológica é concentrada em torno de uma única data ou época do ano) (Morellato et al. 2000, 2010). Todas as análises circulares foram realizadas utilizando-se o software ORIANA 4.1 (Kovach 2011).

Foram realizadas análises de regressão múltipla para avaliar as possíveis relações entre os percentuais de intensidade de cada fenofase e os dados climáticos mensais de precipitação, temperaturas máximas e mínimas médias e de fotoperíodo (Zar 2010).

3. Resultados

Foram acompanhados 114 indivíduos, distribuídos em 19 espécies e 16 famílias (Tabela 1). Ao longo da pesquisa muitos indivíduos foram perdidos por cortes e queimadas, que são alguns dos impactos antrópicos considerados frequentes na área.

A comunidade não apresentou sazonalidade para datas de início e de pico das fenofases, exibindo valores não significativos para os testes de Rayleigh. Não foi possível determinar datas de início para as fenofases vegetativas, pois as espécies ganhavam e perdiam folhas ao longo de todo ano, mesmo que em pequenas quantidades. Embora o resultado não tenha se mostrado significativo, os ângulos das fenofases vegetativas ficaram concentrados no mês de janeiro. Já para o início da floração e frutificação, esses meses correspondem a abril e maio, respectivamente, e os picos em setembro para ambos (Tabela 2). Duas espécies não frutificaram durante o período de estudo: *Himatanthus obovatus* e *Apeiba tibourbou*.

Tabela 1. Lista das espécies e suas respectivas famílias, número de indivíduos amostrados (N°), hábito foliar (SV – sempre verde, BVD – brevidecíduas), síndromes de polinização e dispersão, registradas em dunas costeiras no estado do Maranhão, nordeste do Brasil. (-) sem hábito foliar.

Família/Espécies	N°	Hábito foliar	Síndrome de polinização	Síndrome de dispersão
Anacardiaceae				
<i>Anacardium occidentale</i> L.	13	SV	Melitofilia	Zoocoria
Apocynaceae				
<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson.	3	SV	Falenofilia	Anemocoria
Burseraceae				
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand.	6	SV	Melitofilia	Zoocoria
Cactaceae				
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	15	-	Quiropterofilia	Zoocoria
Celastraceae				
<i>Monteverdia obtusifolia</i> (Mart.) Biral	2	SV	Melitofilia	Zoocoria
Dilleniaceae				
<i>Curatella americana</i> L.	6	BVD	Melitofilia	Zoocoria
Fabaceae				
<i>Acacia mangium</i> Willd.	7	SV	Melitofilia	Autocoria
Malpighiaceae				
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	11	SV	Melitofilia	Zoocoria
Malvaceae				
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	3	SV	Melitofilia	Zoocoria
Moraceae				
<i>Ficus americana</i> subsp. <i>guianensis</i> (Desv.) C.C. Berg	3	SV	Melitofilia	Zoocoria
Myrtaceae				
<i>Eugenia biflora</i> (L.) DC.	3	SV	Melitofilia	Zoocoria
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	2	SV	Melitofilia	Zoocoria
<i>Eugenia stictopetala</i> Mart. ex DC.	5	SV	Melitofilia	Zoocoria
<i>Myrcia cuprea</i> (O.Berg) Kiaersk.	2	SV	Melitofilia	Zoocoria
Ochnaceae				
<i>Ouratea fieldingiana</i> (Gardner) Engl.	4	SV	Melitofilia	Zoocoria
Polygonaceae				
<i>Coccoloba latifolia</i> Lam.	8	BVD	Melitofilia	Autocoria
Rubiaceae				
<i>Guettarda angelica</i> Mart. ex Müll.Arg.	8	BVD	Falenofilia	Zoocoria
Sapotaceae				
<i>Manilkara triflora</i> (Allemão) Monach.	6	SV	Melitofilia	Zoocoria
Urticaceae				
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	7	SV	Anemofilia	Zoocoria

Tabela 2. Estatística circular para a sazonalidade, datas de pico da queda foliar e brotamento, datas de início e pico de floração e de frutificação para comunidade de duna costeira localizada no Maranhão, nordeste brasileiro.

Variável	Queda foliar	Brotamento	Floração		Frutificação	
			Início	Pico	Início	Pico
Ângulo Médio	6,72°	25,268°	89,984°	244,452°	125,634°	253,31°
Data média	7 Jan	26 Jan	1 Abr	5 Set	7 Mai	14 Set
Comprimento do vetor	0,323	0,228	0,007	0,146	0,092	0,318
Desvio padrão	86,18°	98,535°	179,348°	112,452°	125,138°	86,756°
Rayleigh Test (p)	0,154	0,398	0,999	0,674	0,869	0,181

O percentual de espécies apresentando queda foliar foi praticamente constante ao longo do ano, com um percentual abaixo de 90% apenas no mês de janeiro. As espécies apresentaram uma alta produção de folhas novas durante todo período chuvoso, se estendendo até o mês de agosto, quando exibiu o maior percentual, atingindo quase 100% de atividade, após isso, houve uma diminuição da produção (Fig. 3A).

Para o percentual de atividade da comunidade, houve uma redução na quantidade mensal de queda e produção foliar em comparação ao percentual de atividade das espécies, no entanto, os valores seguiram um padrão similar. A queda de folhas foi constante ao longo do ano, com uma redução no mês de janeiro, já a produção de folhas demonstrou um padrão de crescimento nos períodos de transição seco/chuvoso e chuvoso/seco (Fig. 3B).

Os valores da intensidade de Fournier mostraram maiores taxas para a queda foliar entre os meses de outubro e dezembro, apresentando percentuais acima de 30%, seguidos de uma redução no mês de janeiro (16%). Nos meses seguintes, esses valores se mantiveram entre 22% e 29%. O percentual de intensidade de folhas novas exibiu o mesmo padrão encontrado para a atividade da comunidade, com um aumento durante os períodos de transição seco e chuvoso (Fig. 3C). Quanto ao hábito foliar, a maioria das

espécies foram classificadas como sempre-verdes (83,4%), seguidas das brevidecíduas (16,6%), não sendo encontradas espécies decíduas (Tabela 1).

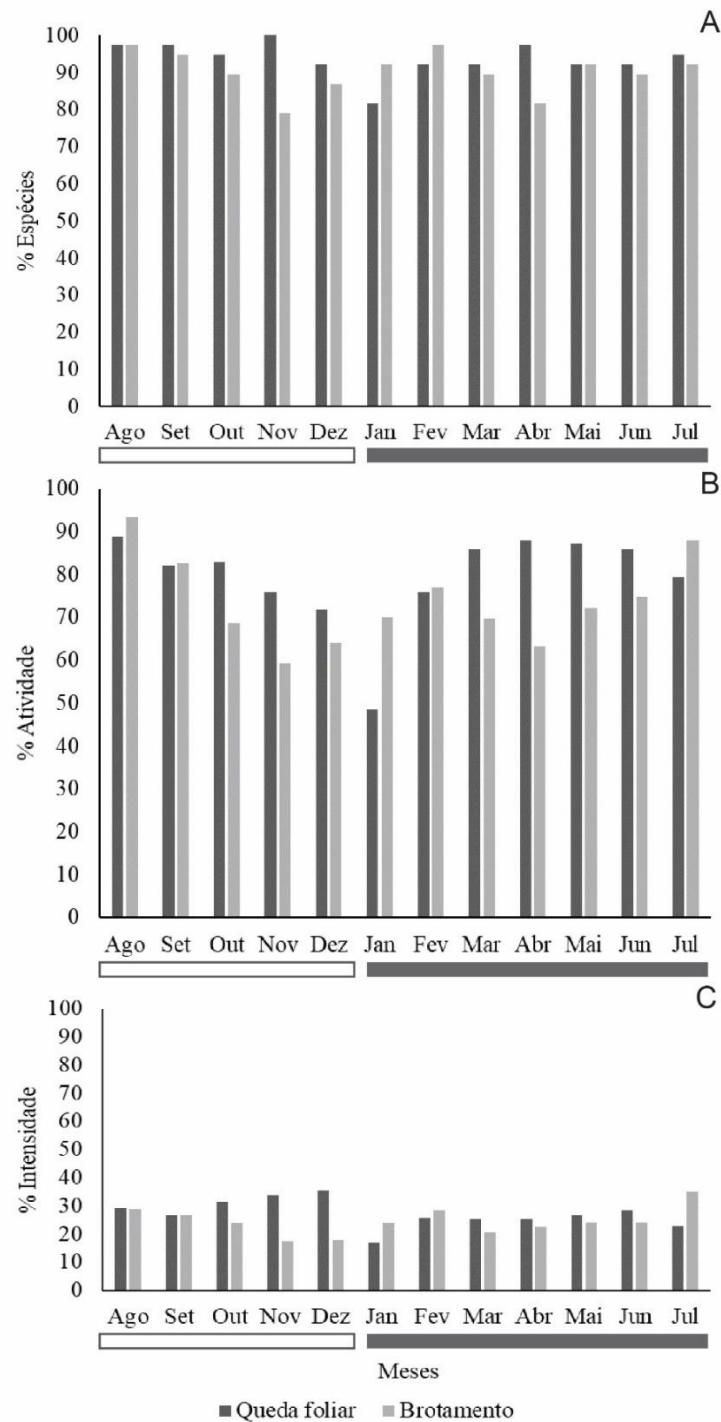


Fig. 3: Porcentagem de espécies (A), percentual de atividade (B) e de intensidade de Fournier (C) das fenofases vegetativas na comunidade de dunas costeiras do litoral amazônico. Barras preenchidas representam período chuvoso e barras não preenchidas representam período seco.

As espécies apresentaram atividade das fenofases reprodutivas ao longo de todo ano. Os maiores percentuais de espécies em floração e frutificação ocorreram no mês de setembro, dentro do período seco, e os menores no mês de maio, correspondente ao período chuvoso. Apesar de seguir o mesmo ritmo de crescimento e decréscimo, os valores referentes a frutificação sempre foram menores que os de floração (Fig. 4A).

Os maiores e os menores percentuais de atividade para floração ocorreram no período seco, julho a setembro, e novembro a dezembro, respectivamente. Para frutificação, a maior atividade dos indivíduos foi no período seco, e a menor no período chuvoso, agosto a outubro, e janeiro, respectivamente (Fig. 4B). A intensidade de Fournier das fenofases reprodutivas exibiu os maiores percentuais dentro do período seco, ambas em setembro. O menor percentual de floração ocorreu ainda no período seco, em novembro, e o menor valor para frutificação ocorreu no período chuvoso, em abril (Fig. 4C).

Quanto as síndromes de polinização, 14 espécies (78,9%) foram classificadas como melitófilas, duas (10,5%) falenófilas, uma (5,3%) quiropterófila e uma (5,3%) anemófila. Já para dispersão, a maioria das espécies exibiu síndrome de dispersão zoocórica 17 (84,22%), duas (10,52%) autocóricas e uma (5,26%) anemocórica.

De acordo com os resultados a regressão múltipla, a comunidade não apresentou relação significativa entre os dados climáticos (pluviosidade, temperatura, fotoperíodo) e as fenofases vegetativas ou reprodutivas (Tabela 3).

Tabela 3: Análise da regressão múltipla avaliando os efeitos das variáveis climáticas sobre a fenologia da comunidade lenhosa da duna costeira localizada no Maranhão, nordeste brasileiro. R^2 = coeficiente de regressão; p = probabilidade.

	Queda foliar	Folhas novas	Floração	Frutificação
R^2	0,49	0,41	0,681	0,450
P	0,25	0,36	0,06	0,316

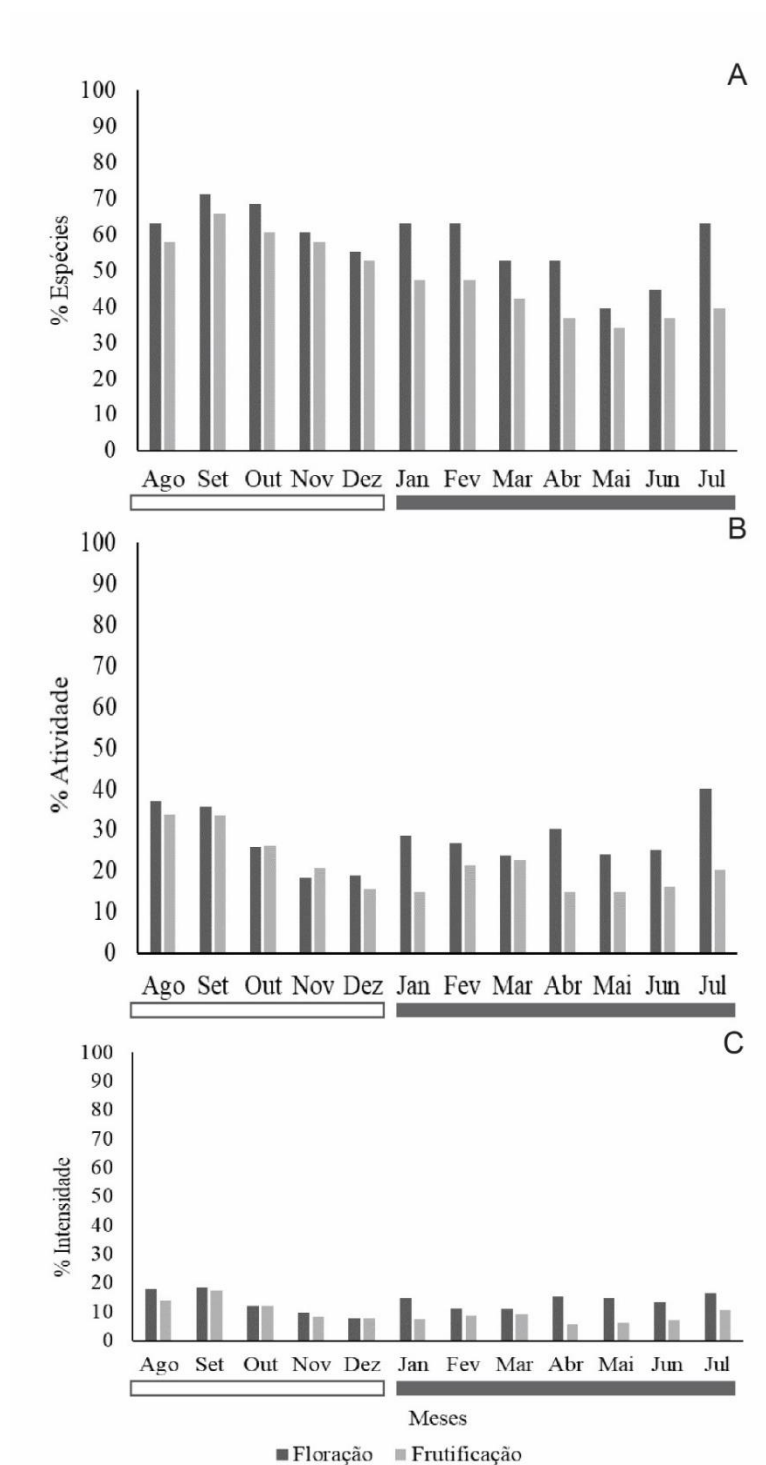


Fig. 4: Porcentagem de espécies (A), percentual de atividade (B) e de intensidade de Fournier (C) das fenofases reprodutivas na comunidade de dunas costeiras do litoral amazônico. Barras preenchidas representam período chuvoso e barras não preenchidas representam período seco.

4. Discussão

A comunidade não apresentou sazonalidade em suas fenofases vegetativas e reprodutivas. Além disso, não foi encontrada relação com os fatores climáticos avaliados (precipitação, temperatura e fotoperíodo).

Em algumas vegetações litorâneas, como as de restinga e dunas, a fenofase queda foliar pode apresentar relações com a pluviosidade (Silva et al. 2010), assim como o brotamento (Cordazzo e Seeliger 1988; Bencke e Morellato 2002). Por outro lado, a ausência de relações das fenofases vegetativas, de queda e brotamento, com as variáveis climáticas, também tem sido verificada (Medeiros et al. 2007). Além da pluviosidade, algumas comunidades costeiras ainda podem apresentar relações de suas fenofases vegetativas com outros fatores climáticos, como temperatura ou fotoperíodo (Morellato et al. 2000; Marchioretto et al. 2007). Essa ampla variação de comportamento fenológico encontrada em áreas costeiras pode estar relacionada com a ampla localização geográfica das diferentes comunidades.

No Brasil, as vegetações litorâneas, como as que se desenvolvem nas dunas costeiras, apresentam ampla distribuição geográfica, estando sujeitas a condicionantes ambientais que variam de acordo com a latitude e que podem influenciar nos processos dinâmicos das comunidades (Marques e Oliveira 2004), podendo exibir várias respostas fenológicas.

Em áreas costeiras localizadas em menores latitudes, onde a variação do fotoperíodo ao longo do ano é pequena, a época seca, geralmente, tende a determinar o padrão fenológico exibido (Medeiros et al. 2007; Silva et al. 2010). À medida em que a latitude aumenta, há uma maior variação do fotoperíodo, e este, intimamente ligado à temperatura, passa a ter maior influência sobre as fenofases (Marques et al. 2004; Marchioretto et al. 2007). A comunidade avaliada neste estudo está localizada em baixa

latitude e não apresentou relações com a temperatura e nem com fotoperíodo, e, apesar de também não exibir resultados significativos na relação a pluviosidade, a época seca apresentou os maiores percentuais em quase todas as fenofases avaliadas.

Quanto ao hábito foliar, a maioria das espécies foi classificada como sempre verde. A comunidade aqui estudada apresenta um período de aproximadamente quatro meses com baixa ou nenhuma pluviosidade, mesmo assim a maioria das espécies acompanhadas mantiveram suas folhas ao longo da estação seca, apresentando constante produção e queda de folhas. Espécies com hábito foliar sempre verde são, geralmente, pouco frequentes em áreas com déficit hídrico, pois o custo energético para se manterem nessas áreas são maiores (Holbrook et al. 1995). No entanto, em formações de planícies litorâneas, que geralmente são ambientes de baixa fertilidade do solo, o aumento do tempo de retenção da folha pode significar uma estratégia de economia de nutrientes, possibilitando a transferência de nutrientes diretamente para as folhas novas (Jordan 1985).

Com relação à floração, o comportamento verificado para a comunidade estudada converge com outras áreas litorâneas, principalmente aquelas encontradas em menores latitudes, em que as comunidades apresentaram produção de flores ao longo de todo o ano, exibindo um aumento no período mais seco, e, também, apresentaram ausência de sazonalidade nesta fenofase (Medeiros et al. 2007; Silva et al. 2010). A ocorrência de espécies em flor ao longo de todo o ano e de muitas espécies com floração de longa duração, como o encontrado nesse estudo, é também relatado para áreas costeiras localizadas em latitudes mais altas (Castellani et al. 1999; Talora e Morellato 2000), onde foram verificadas associações com fatores climáticos, como temperatura e fotoperíodo (Marchioretto et al. 2007).

A ocorrência de eventos de floração ao longo de todo o ano pode indicar uma estratégia dos indivíduos garantirem um melhor aproveitamento e acumularem recursos necessários para a maturação de sementes em ambientes onde os recursos são temporalmente imprevisíveis ou esparsos (Rathcke e Lacey 1985; Sánchez et al. 2012).

A forte ação dos ventos nas dunas pode restringir a atividade dos polinizadores, por isso, os longos períodos de floração das espécies encontradas nessas áreas podem representar uma vantagem adaptativa que compense essa restrição (Albuquerque et al. 2007). A maior parte das espécies do presente estudo dependia de agentes polinizadores para reprodução, com a maioria apresentando síndrome melitófila, informação que converge com outro estudo, realizado anteriormente nas dunas da região (Gottsberger et al. 1988).

Para a frutificação, registrada durante todos os meses do ano, não foram encontradas relações significativas com os fatores climáticos. A ausência de relações dessa fenofase com o clima também foi registrada no estado de Pernambuco (Medeiros et al. 2007). Em Pernambuco também foi verificada a ocorrência da relação da frutificação com a precipitação (Silva et al. 2010). Diversos ecossistemas exibem esse padrão mais variável de distribuição temporal de frutificação (Machado et al. 1997; Justiniano e Fredericksen 2000; Morellato et al. 2013; Lacerda et al. 2017), o que pode indicar que, a nível de comunidade, exista diferentes estratégias relacionadas a essa fenofase, ligadas à dispersão, germinação e estabelecimento das espécies (Morellato et al. 1989; Schaik et al. 1993; Griz e Machado 2001). Tais mecanismos fisiológicos podem ser direcionadores mais fortes para frutificação do que as variáveis climáticas.

Quanto à dispersão dos frutos, mais de 80% das espécies deste estudo apresentaram síndrome zoocórica. Nas áreas litorâneas da costa brasileira, as proporções de espécies zoocóricas são muito similares às observadas neste estudo, com valores

sempre acima de 80% para essa síndrome (Moraes e Mondin 2001; Almeida Jr. et al. 2008; Amaral et al. 2015), corroborando com a assertiva de que as florestas tropicais apresentam altas proporções de espécies vegetais dispersas por animais (Morellato e Leitão-Filho 1992; Talora e Morellato 2000).

A frutificação, que ocorreu ao longo de todo o ano, com um sutil aumento no período mais seco não ultrapassou as porcentagens de floração, diferindo de outras áreas costeiras que, em pelo menos algum mês, os valores de frutificação ultrapassaram os de floração (Castellani et al. 1999; Medeiros et al. 2007; Silva et al. 2010). Além disso, as espécies *H. obovatus* e *A. tibourbou* não frutificaram ao longo do estudo, apesar de terem florescido, ao contrário de estudos realizados em diferentes ecossistemas em que é relatado que essas espécies apresentam uma frequência de frutificação anual (Pirani et al. 2009; Barbosa 2014). Estas observações sugerem que pode estar havendo uma pequena produção de frutos na comunidade. Todavia, a interferência humana é considerada uma das causas que pode influenciar no comportamento das espécies, principalmente em áreas com maior índice de degradação, podendo haver uma dificuldade de obtenção de recursos necessários para a manutenção e crescimento das plantas, devido a indisponibilidade dos mesmos na área (Costa 2002).

Por fim, os resultados do presente estudo revelam que a comunidade de dunas costeiras não apresentou comportamento sazonalmente definido, nem relação com nenhum dos fatores climáticos avaliados, apresentando maior semelhança de suas fenofases vegetativas e reprodutivas com as áreas inseridas em menor latitude. Apesar disso, o comportamento de floração prolongada encontrado nesse estudo, pode ser uma estratégia comum às demais vegetações litorâneas. Portanto, mesmo apresentando ampla distribuição geográfica e ecossistemas circundantes distintos, é provável que as vegetações litorâneas apresentem semelhanças no comportamento fenológico que se

tornam ainda mais fortes nos locais com latitudes próximas. As respostas encontradas ampliam o conhecimento sobre o funcionamento desse ecossistema, reforçando a necessidade de mais atenção as áreas de planície costeira, com a intensificação de estudos ecológicos e com medidas de manejo de impacto reduzido, visando a conservação da vegetação costeira.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida; a FAPEMA pela bolsa de produtividade do último autor; ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação e ao Laboratório de Estudos Botânicos (LEB) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) pela infraestrutura para execução do trabalho.

5. Referências

- Albuquerque PMC, Camargo JMF, Mendonça JÂC (2007) Bee community of a beach dune ecosystem on Maranhão Island, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50:1005-1018
- Almeida Jr EB, Medeiros DPW, Vicente A, Lima LF, Lima PB (2007). Estudo comparativo entre síndromes de dispersão em quatro áreas de Floresta Atlântica sensu lato, Nordeste-Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 5:498-500
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Moraes G, Leonardo J, Sparovek G (2013) Köppen, W. Climate classification map for Brazil *Meteorol* 22:711-728
- Amaral DD, Jardim MAG, Costa Neto SV, Carmo Bastos MDN (2015) Síndromes de dispersão de propágulos e a influência da floresta amazônica na composição de espécies lenhosas de uma restinga no litoral norte brasileiro. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)* 5:28-37
- Araujo ACM, Silva ANF, Almeida Jr, EB (2016) Caracterização estrutural e status de conservação do estrato herbáceo de dunas da Praia de São Marcos, Maranhão, Brasil. *Acta Amazonica* 46:3
- Barbosa JFM (2014) Ecofisiologia, fenologia e adaptação de espécies florestais arbóreas nas condições edafoclimáticas de Viana-ES. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Biologia Vegetal) Universidade Federal do Espírito Santo.
- Bencke CS, Morellato LPC (2002) Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 25:237–248

- Britto IC, Queiroz LP, Guedes, MLS, Oliveira NC, Silva LB (1993) Flora fanerogâmica das dunas Lagoas de Abaeté, Salvador, Bahia. *Sitientibus*, Feira de Santana 11:31-46
- Carboni M, Carranza ML, Acosta A (2009) Assessing conservation status on coastal dunes: a multiscale approach. *Landscape and urban planning* 91:17-25
- Castellani TT, Caus CA, Vieira S (1999) Fenologia de uma comunidade de duna frontal no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 13: 99-114
- Cordazzo CV, Paiva JB, Seeliger, U (2006) Plantas das dunas da costa sudoeste Atlântica: guia ilustrado. Useb.
- Cordazzo CV, Seeliger U (1988) Phenological and biogeographical aspects of coastal dune plant communities in southern Brazil. *Vegetatio* 75:169-173
- Costa FAPL (2002) Fenologia de árvores tropicais. La insignia. Disponível em: <<http://www.lainsignia.org/2002/diciembre/dial005.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2008.
- Doing H (1985) Coastal fore-dune zonation and succession in various parts of the world. In *Ecology of coastal vegetation*. Springer, Dordrecht
- Faegri K, Pijl LVD (1979) *The principles of pollination ecology*. Pergamon, New York
- Fournier LA (1974) Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en arboles. *Turrialba* 24:422-423
- Franco AC, Rossatto, DR, Silva LDCR, Silva Ferreira C (2014). Cerrado vegetation and global change: the role of functional types, resource availability and disturbance in regulating plant community responses to rising CO₂ levels and climate warming. *Theoretical and Experimental Plant Physiology* 26:19-38
- Frederiksen L, Kollmann J, Vestergaard P, Bruun HH (2006) A multivariate approach to plant community distribution in the coastal dune zonation of NW Denmark. *Phytocoenologia* 36:321-342
- García-Mora MR, Gallego-Fernández, JB, Williams, AT, García-Novo, F (2001) A coastal dune vulnerability classification. a case study of the SW Iberian Peninsula. *Journal of Coastal Research* 17:802-811
- Gottsberger G, Camargo I, Silberbauer-Gottsberger JMF (1988) A bee-pollinated tropical community: the beach dune vegetation of Ilha de São Luis, Maranhão, Brasil. *Botanische Jahrbücher für Systematik* 109:469-500
- Griz LMS, Machado ICS (2001) Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *Journal of tropical Ecology* 17:303-321
- Holbrook NM, Whitbeck JL, Mooney HA (1995) Droughts responses of neotropical dry forest trees. In: Bullock SH, Mooney HA, Medina E (Eds.) *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge, University Press
- Inmet, Instituto Nacional de Meteorologia. (2018) Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa, BDMEP, <http://www.inmet.gov.br/portal/>. 06 nov. 2018

- Jordan CF (1985) Nutrient cycling in tropical forest ecosystems. Principles and their application in management and conservation. John Wiley & Sons
- Justiniano MJ, Fredericksen TS (2000) Phenology of tree species in Bolivian dry forests. *Biotropica* 32:276-281
- Kiehl K, Isermann M (2007) Restoration of coastal ecosystems an introduction. Coastline reports
- Köppen W (1948) Climatologia. México. Fundo de Cultura Econômica.
- Kovach WL (2011) Oriana - Circular Statistics for Windows. Version 3. Pentraeth, Wales: Kovach Computing Services
- Kutiel P, Peled Y, Geffen E (2000) The effect of removing scrub cover on annual plants and small mammals in a coastal sand dune ecosystem. *Biol Conserv* 94:235–242
- Lacerda DMA, Araújo Barros JBH, Almeida Jr EB, Rossatto DR (2017) Do conspecific populations exhibit divergent phenological patterns? A study case of widespread savanna species. *Flora* 236:100-106
- Lenza E, Klink CA (2006) Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 29:627-638
- Ley Vega de Seane C, Gallego-Fernández JB, Vidal-Pascual C (2007) Manual de restauración de dunas costeras. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección general de Costas
- Machado IC, Barros LM, Sampaio EV (1997) Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, northeastern Brazil. *Biotropica* 29:57-68
- Marchioretto MS, Mauhs J, Budke JC (2007) Fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em uma floresta psamófila no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 21:193-201
- Marques MCM, Oliveira PEAM (2004) Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. *Rev. Brasileira Bot* 27:713–723
- Marques MCM, Roper JJ, Salvalaggio APB (2004) Phenological patterns among plant life forms in a subtropical forest in Southern Brazil. *Plant Ecol* 173:203–213
- Medeiros DPW, Lopes AV, Zickel CS (2007) Phenology of woody species in tropical coastal vegetation, northeastern Brazil. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 202:513–520
- Moraes D, Mondin CA (2001) Florística e fitossociologia do estrato arbóreo em mata arenosa no Balneário do Quintão, Palmares do Sul, Rio Grande do Sul. *Pesquisas, série Botânica* 51:87-100
- Morellato LPC (2003) América do Sul. In: Schwartz M. (Ed.), *Phenology: Uma Ciência Ambiental Integrativa*. Nova Iorque, Springer

Morellato LPC, Alberti LF, Hudson IL (2010) Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In: Hudson, L.I., Keatley, M.R. (Eds.), Phenological research, Springer Netherlands

Morellato LPC, Alberton B, Alvarado ST, Borges B, Buisson E, Camargo MGG, Cancian LF, Carstensen DW, Escobar DFE, Leite PTP, Mendonza I, Rocha NMWB, Soares NC, Silva TSF, Staggemeier VG, Streher AS, Vargas BC, Peres CA (2016) Linking plant phenology to conservation biology. *Biological Conservation* 195:60-72

Morellato LPC, Camargo MGG, Gressler E (2013). A review of plant phenology in South and Central America. In *Phenology: An integrative environmental Science*. Springer, Dordrecht

Morellato LPC, Leitão-Filho HF (1992) Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: Morellato LPC (Ed.). *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Campinas, Editora da Unicamp/Fapesp

Morellato LPC, Rodrigues RR, Leitão-Filho HF Joly CA (1989) Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. *Revta. brasil. Bot* 12:85-98

Morellato LPC, Tarola DC, Takahasi A, Bencke CC, Romera EC, Zipparro VB (2000) Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study. *Biotropica* 32:811-823

Pirani FR, Sanchez M, Pedroni F (2009) Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 23:1096-1109

Rathcke B, Lacey EP (1985) Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual review of ecology and systematics* 16:179-214

Rodríguez-Gallego C, Navarro T (2015) Vegetative and reproductive phenological patterns in coastal dunes in S Spain. In *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 72:17

Rosa LSD, Cordazzo CV (2007) Perturbações antrópicas na vegetação das dunas da Praia do Cassino (RS)

Sánchez AM, Albert MJ, Rodríguez M, Escudero A (2012) Extended flowering in a Mediterranean shrub: Seasonal variability in seed quality and quantity. *Flora* 207:821-827 <http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2012.09.007>

Schaik CPV, Terborgh JW, Wright SJ (1993) The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of ecology and Systematics* 24:353-377

Silva SSL, Medeiros DPW, Almeida Jr EB, Pessoa LM, Zickel CS (2010) Observações fenológicas em uma restinga da APA de Guadalupe, Tamandaré, Pernambuco. In: Albuquerque, U. P et al. (Org.). *Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos*. Bauru, SP, Canal6

Silva, ANF, Araujo, ACM, Almeida Jr, EB (2016) Flora Fanerogâmica das Dunas da Praia de São Marcos, São Luís, Maranhão. In: Almeida Jr, E.B., Santos-Filho, F.S.

(Orgs). Biodiversidade do Meio Norte do Brasil: Conhecimentos ecológicos e aplicações. Curitiba, CVR

Talora, DC, Morellato, LPC (2000) Fenologia das espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Rev. Brasileira Bot* 1:13–26

Van der Pijl L (1982) Principles of dispersal. Berlin, Springer 10:978-3

Williams-Linera G, Meave H (2002) Patrones fenológicos. In: Guariguata MR, Kattan GH (Eds.) *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*, Libro Universitario Regional, Cartago

Wilson JB, Sykes MT (1999) Is zonation on coastal sand dunes determined primarily by sand burial or salt spray? A test in New Zealand dunes. *Ecology letters* 2:233-236

Zar JH (2010) *Bioestatistical Analysis*. New Jersey, Prentice Hall

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações apresentadas neste estudo contribuem com o conhecimento sobre o comportamento fenológico a nível de comunidade, além de colaborar com dados ecológicos importantes para o entendimento da organização e distribuição espaço-temporal dos recursos disponibilizados pela comunidade vegetal de dunas costeiras do litoral maranhense.

Foi realizada uma avaliação do comportamento fenológico da comunidade e suas relações com fatores climáticos, em uma área localizada em baixa latitude e com grande sazonalidade na precipitação. A comunidade não apresentou comportamento sazonal, nem relação com os fatores climáticos avaliados. Através desses resultados foi possível fazer comparações da presente área com outras áreas litorâneas da costa brasileira. A atividade das fenofases exibiu maior semelhança com as áreas inseridas em menor latitude, já os longos períodos de floração encontrados neste estudo parece ser uma estratégia comum as essas vegetações litorâneas. Com isso, é provável supor que o comportamento fenológico das vegetações litorâneas, apresentem semelhanças que se tornam ainda mais fortes nos locais com latitudes próximas.

Por fim, os resultados obtidos através desse estudo podem ser úteis para confecção de calendários para coleta de folhas, flores e frutos de espécies com potencial para extrativismo sustentável, que podem servir como fonte de renda para os moradores locais e reconhecimento dos serviços ambientais, criando práticas mais conscientes ligadas à manutenção dos recursos naturais. Além disso, os calendários de coletas podem ser direcionados para coleta de sementes, que podem vim a ser utilizadas para produção de mudas das espécies de dunas costeiras, auxiliando no desenvolvimento de programas de regeneração e recuperação de áreas degradadas deste ecossistema. Portanto, este trabalho contribuiu para a ampliação do conhecimento da biodiversidade e conservação da vegetação costeira do Estado do Maranhão.

ANEXO 1

Brazilian Journal of Botany – Instructions for authors

This journal is a member of, and subscribes to the principles of COPE.

For more info: www.publicationethics.org

Last update: January 2019

1. Article Types

The *Brazilian Journal of Botany* considers for publications original articles, short communications, and reviews.

Original articles should not exceed 30 doubled-spaced pages, including tables, figures, and references.

Longer articles might be considered, provided they are concise and its length is needed to properly convey its results. The sections of original articles should be:

- o Abstract
- o Introduction
- o Material and methods
- o Results
- o Discussion
- o Authors' contributions
- o Acknowledgements
- o References

2. Short Communications

are handled rather flexible. The average article in this category has 4-6 printed pages (including references) and the "Results" and "Discussion" section are usually combined.

Reviews should be submitted by invitation only.

3. Submission Fee

The submission fee is not applicable to members of São Paulo Botany Society. For non-members, a nonrefundable fee is required for each manuscript submitted to the journal, as follows:

- o BRL 75 for Brazilian authors
- o USD 25 for foreign authors

To proceed with payment: <http://botanicasp.org/en/journal-submission>

4. Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

5. Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

6. Online Submission

Manuscripts should be submitted through the online submission system at <https://www.editorialmanager.com/BRJB>.

Title Page

The title page should include the following items (please do not include any text other than the ones described below):

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title (in bold)
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, and telephone number(s) of the corresponding author
- We highly encourage authors to provide the 16-digit ORCID number (www.orcid.org)

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords for indexing purposes. These key-words should appear in alphabetic order. Please do not include words already used in the article title.

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word

- Use a normal, plain font (e.g., 12-point Times Roman) and double line for text.
- Use the automatic page numbering function to number the pages (do not use line numbering function).
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).
- Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX (LaTeX macro package (zip, 182 kB)
- The use of footnotes is highly discouraged.
- Apply italic fonts only for scientific names, descriptions or diagnosis of new taxa, the names and numbers of collectors, and for genetic or statistical symbols.
- Numbers up to nine should be written in full, except if followed by units, or if indicating tables or figures (Examples: 21 L, 20.32 mg, Table 1);
- Separate units from values by placing a space (except for percentages, or geographical degrees, minutes and seconds). Use abbreviations whenever possible.

Headings

Headings should be numbered following the decimal system, a maximum of three levels is allowed (e.g. 1.1; 1.2; 1.2.1)

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Scientific Style

- Please always use internationally accepted signs and symbols for units (SI units).
- Genus and species names should be in italics.
- Taxonomic authorities should be cited for all taxon names at the species level rank and below at their first usage in the text.
- Please use the standard mathematical notation for formulae, symbols etc.
- For compound units, use exponentiation; do not use slash. Example: mg day⁻¹ instead of mg/day, $\mu\text{mol min}^{-1}$ instead of $\mu\text{mol/min}$
- Use Italic for single letters that denote mathematical constants, variables, and unknown

quantities

- Use roman/upright for numerals, operators, and punctuation, and commonly defined functions or abbreviations, e.g., cos, det, e or exp, lim, log, max, min, sin, tan, d (for derivative)
- Use bold for vectors, tensors, and matrices.
- Manuscripts submitted to the journal are expected to adhere to internationally accepted nomenclature for receptors (www.guidetopharmacology.org) and enzymes (International Union of Biochemistry and Molecular Biology)

Citations

References within the main text should appear in parenthesis as in the examples below. For multiple citations, use ascending chronological order:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

Author Contribution Statement

Authors must provide a short description of the contributions made by each listed author (please use initials). This will be published in a separate section before the Acknowledgments.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

Reference List

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list: EndNote style (zip, 2 kB)

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list. Entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Order multi-author publications of the same first author alphabetically with respect to second, third, etc. author. Publications of exactly the same author(s) must be ordered chronologically. Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see ISSN LTWA. If you are unsure, please use the full journal title.

Journal Article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8
Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of "et al" in long author lists will also be accepted:
Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325-329

Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086

Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern*

genomics, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb.
<http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

Dissertation

Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California, Berkeley.

Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text

Example: (SE Sanchez, unpublished data).

Events

Döbereiner J. 1998. Função da fixação de nitrogênio em plantas não leguminosas e sua importância no ecossistema brasileiro. In: Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros (S Watanabe, coord.). Aciesp, São Paulo, v.3, pp.1-6

In taxonomic papers, cite botanical material in detail in the following sequence: place and date of collection, collector's name and number, and herbarium abbreviation, according to the samples below (except for historical collections in which location data is vague lacking):

BRAZIL. Mato Grosso: Xavantina, s.d., HS Irwin s.n. (HB3689). São Paulo: Amparo, 23-XII-1942, JR Kuhlmann & ER Menezes 290 (SP); Matão, BR 156, 8-VI-1961, G Eiten et al. 2215 (SP, US).

BRAZIL. São Paulo: São Paulo, Jardim Botânico, Lago das Ninféias, 23o38'20.5"S, 43o37'18"W, 23-XII-1942, FC Hoehne s.n. (SP)

Tables

Tables should be submitted separately from the text.

All tables are to be numbered using Arabic numerals.

Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

For each table, supply a table caption (title) explaining the components of the table.

Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.

Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

Avoid abbreviations (except for units).

Do not insert vertical lines.

Use horizontal lines only to stress the header and close the table.

Artwork and Illustrations Guidelines

Supply all figures electronically, saved as eps, tif, or similar format.

Indicate what graphics program was used to create the artwork.

For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format.

MSOffice files are also acceptable.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Do not submit the figures saved as doc, ppt, pptx, bitmap format.

Do not use letters that are used for internal legends of each image.

Use bar scales to indicate size placed in the lower or upper left corner.

Figure Numbering

All figures are to be numbered using Arabic numerals.

Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.

Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).

If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures,

"A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material)

should, however, be numbered separately.

Figure Lettering

To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).

Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).

Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.

Avoid effects such as shading, outline letters, etc.

Ethical responsibilities of authors

This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of the Committee on Publication Ethics (COPE) the journal will follow the COPE guidelines on how to deal with potential acts of misconduct.

Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in the journal, the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific endeavor.

Maintaining integrity of the research and its presentation can be achieved by following the rules of good scientific practice, which include:

The manuscript has not been submitted to more than one journal for simultaneous consideration.

The manuscript has not been published previously (partly or in full), unless the new work concerns an expansion of previous work (please provide transparency on the re-use of material to avoid the hint of text-recycling ("self-plagiarism").

A single study is not split up into several parts to increase the quantity of submissions and submitted to various journals or to one journal over time (e.g. "salami-publishing").

No data have been fabricated or manipulated (including images) to support your conclusions.

No data, text, or theories by others are presented as if they were the author's own ("plagiarism"). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased), quotation marks are used for verbatim copying of material, and permissions are secured for material that is copyrighted. Important note: the journal may use software to screen for plagiarism. Consent to submit has been received explicitly from all co-authors, as well as from the responsible authorities - tacitly or explicitly - at the institute/organization where the work has been carried out, before the work is submitted.

Authors whose names appear on the submission have contributed sufficiently to the scientific work and therefore share collective responsibility and accountability for the results.

Authors are strongly advised to ensure the correct author group, corresponding author, and order of authors at submission. Changes of authorship or in the order of authors are not accepted **after** acceptance of a manuscript. Adding and/or deleting authors and/or changing the order of authors at revision stage may be justifiably warranted. A letter must accompany the revised manuscript to explain the reason for the change(s) and the contribution role(s) of the added and/or deleted author(s). Further documentation may be required to support your request. Requests for addition or removal of authors as a result of authorship disputes after acceptance are honored after formal notification by the institute or independent body and/or when there is agreement between all authors.

Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in order

to verify the validity of the results. This could be in the form of raw data, samples, records, etc. Sensitive information in the form of confidential proprietary data is excluded.

If there is a suspicion of misconduct, the journal will carry out an investigation following the COPE guidelines. If, after investigation, the allegation seems to raise valid concerns, the accused author will be contacted and given an opportunity to address the issue. If misconduct has been established beyond reasonable doubt, this may result in the Editor-in-Chief's implementation of the following measures, including, but not limited to:

If the article is still under consideration, it may be rejected and returned to the author.

If the article has already been published online, depending on the nature and severity of the infraction, either an erratum will be placed with the article or in severe cases complete retraction of the article will occur. The reason must be given in the published erratum or retraction note. Please note that retraction means that the paper is maintained on the platform, watermarked "retracted" and explanation for the retraction is provided in a note linked to the watermarked article.

The author's institution may be informed.