UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

ÉRICA EMANUELA DE MEDEIROS E SILVA

INTEGRANDO FENOLOGIA DA FRUTIFICAÇÃO E CONSUMO DE FRUTOS POR VERTEBRADOS SILVESTRES EM UMA ÁREA PROTEGIDA DE FLORESTA TROPICAL SAZONALMENTE SECA

MOSSORÓ
2019

ÉRICA EMANUELA DE MEDEIROS E SILVA

INTEGRANDO FENOLOGIA DA FRUTIFICAÇÃO E CONSUMO DE FRUTOS POR VERTEBRADOS SILVESTRES EM UMA ÁREA PROTEGIDA DE FLORESTA TROPICAL SAZONALMENTE SECA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus de Mossoró, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Terrestres.

Orientador: Vitor de Oliveira Lunardi, Prof. Dr.

Co-orientadora: Diana Gonçalves Lunardi, Profa. Dra.

MOSSORÓ

2019

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade da autora, sendo a mesma passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e sua respectiva autora seja devidamente citada e mencionada quanto aos seus créditos bibliográficos.

S586i Silva, Érica Emanuela de Medeiros e.
Integrando fenologia da frutificação e consumo de frutos por vertebrados silvestres em uma área protegida de floresta tropical sazonalmente seca / Érica Emanuela de Medeiros e Silva. - 2019.
52 f. : il.

Orientador: Vitor de Oliveira Lunardi.
Coorientadora: Diana Gonçalves Lunardi.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, 2019.

1. Dieta de vertebrados silvestres. 2. Interações ecológicas. 3. Precipitação pluviométrica. 4. Sazonalidade. I. Lunardi, Vitor de Oliveira, orient. II. Lunardi, Diana Gonçalves, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC´s) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ÉRICA EMANUELA DE MEDEIROS E SILVA

INTEGRANDO FENOLOGIA DA FRUTIFICAÇÃO E CONSUMO DE FRUTOS POR VERTEBRADOS SILVESTRES EM UMA ÁREA PROTEGIDA DE FLORESTA TROPICAL SAZONALMENTE SECA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus de Mossoró, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Terrestres.

Defendida em: 25 / 02 / 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Vitor de Oliveira Lunardi

Prof. Dr. Carlos Barros de Araújo (via web conferência)

Profa. Dra. Rejane Tavares Botrel

Meus pais, Mário Costa e Elba Medeiros.
Aos meus irmãos, Mickaelle Medeiros e Emerson Medeiros.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos:

À Deus, pela presença constante ao longo do mestrado. Ele me deu paciência e determinação para me superar e amadurecer cientificamente.

Aos meus pais, Mário Silva e Elba Medeiros, obrigada pelo amor, respeito, apoio e incentivo nessa jornada. É tudo por vocês.

Às minhas queridas amigas Mickaelle Medeiros, Emanuela Freitas e Monique Macêdo, pois de maneira particular, cada uma esteve ao meu lado e me apoiou nesses dois anos de mestrado, muito obrigada.

Às minhas queridas tias Luzineide Luzia e Maria Luzia, obrigada pelo amor.

Aos meus orientadores Vitor Lunardi e Diana Lunardi, obrigada pelo carinho e confiança demonstrado desde a graduação, e principalmente pela amizade e conhecimentos transmitidos nesses anos. Ao Jabá, meu companheiro de escrita.

Aos meus queridos amigos do Laboratório de Ecologia Evolutiva e Molecular (ECOMOL): Josivânia Emanuelly, Rafaela Rodrigues, Virgínia Paixão, Hiályson Fidelis, Gessica Rafaelly, Diana Carvalho, Gabriela Medeiros e Bianca Maia. Obrigada pela amizade, companheirismo, ajuda em campo e no laboratório.

Aos professores Rejane Tavares Botrel e Carlos de Araújo, por aceitar o meu convite em avaliar este estudo.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), pela autorização para a coleta de dados no Parque Nacional da Furna Feia. Em especial aos parceiros Leonardo Brasil, Suiane Brasil e José Iatagan pela ajuda em campo e troca de conhecimento sobre a fauna e flora da Caatinga.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pelo suporte logístico.

À equipe do herbário da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Herbário Dárdano de Andrade Lima), pela ajuda na identificação das espécies vegetais. Em especial ao professor Leandro Furtado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida em 2018.

NOTA

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Se arrisque, se prepare
E se cair jamais pare
Se levante, se refaça
Se entenda, se reconheça
E, se chorar, agradeça
Cada vez que achou graça.

Bráulio Bessa.

RESUMO

O clima da Caatinga é altamente sazonal, mas ainda pouco se conhece sobre a influência desta sazonalidade nas interações entre plantas e animais frugívoros nesta região. Este estudo teve como objetivo descrever e avaliar a fenologia da frutificação de plantas zoocóricas e o uso deste recurso por vertebrados silvestres em uma área remanescente protegida. Quatro objetivos específicos foram propostos: (i) descrever a variação sazonal da frutificação de espécies zoocóricas em área de floresta seca, (ii) avaliar a influência da precipitação pluviométrica na variação sazonal da frutificação destas espécies, (iii) identificar períodos de ausência de produção de frutos zoocóricos para a fauna silvestre ao longo do período de um ano, e (iv) avaliar a importância relativa de cada espécie de frutos na dieta de vertebrados silvestres de médio e grande porte. A área de estudo compreendeu o Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil, e as expedições à esta área ocorreram mensalmente, entre janeiro de 2013 e junho de 2018. Em cada expedição foi realizada a quantificação de indivíduos/espécie em frutificação, utilizando o método de trilhas e a coleta de amostras de fezes para descrever a dieta frugívora de vertebrados de médio e grande porte. Os padrões da fenologia da frutificação das espécies zoocóricas foram avaliados por meio de estatística circular, e a relação entre sazonalidade da frutificação e a precipitação pluviométrica, por meio de testes de regressão linear simples. Amostras de fezes foram triadas para identificação das sementes encontradas nestas amostras. A fenologia da frutificação de 643 indivíduos, distribuídos em 11 espécies vegetais zoocóricas, foi monitorada e analisada. Durante a estação chuvosa, *Sideroxylon obtusifolium*, *Cereus jamacaru*, *Ziziphus joazeiro*, *Commiphora leptophloeos* e *Bromelia laciniosa* exibiram alta sazonalidade da frutificação. Nesta estação, *Cynophalla flexuosa* também frutificou, mas apresentou baixa sazonalidade em frutificação. Na estação seca *Myracrodruon urundeuva*, *Licania rigida*, *Cissus* sp. e *Maytenus rigida* exibiram alta sazonalidade em frutificação. Nesta estação, *Phoradendron quadrangulare* também frutificou, apresentando baixa sazonalidade em frutificação. Registrou-se assincronia parcial entre o período de frutificação das espécies investigadas, o que proporcionou disponibilidade de frutos zoocóricos ao longo de todos os meses do ano. No entanto, na estação seca registrou-se menor número de indivíduos em frutificação, indicando ser este um período crítico para a fauna dependente de frutos na Caatinga. A intensidade da precipitação pluviométrica influenciou a frutificação de mais de 50% das espécies zoocóricas, corroborando a predição de existência de relação entre precipitação e frutificação para a maioria das plantas da Caatinga. Por meio da análise das sementes intactas encontradas nas amostrais fecais, 16 espécies vegetais foram identificadas. A partir destes dados, uma rede de interações entre fauna e flora zoocórica foi proposta, na qual foram identificados alto potencial dispersor de sementes por vertebrados de médio e grande porte e alta importância de frutos na dieta destes animais. Sugere-se que futuras estratégias de conservação de vertebrados frugívoros da Caatinga devam priorizar a proteção de múltiplas espécies vegetais, pois a ausência de uma pode implicar em risco nutricional para os animais, especialmente durante a estação seca.

Palavras-chave: Dieta de vertebrados silvestres. Interações ecológicas. Precipitação pluviométrica. Sazonalidade.

ABSTRACT

The climate of the Caatinga is highly seasonal, but little is known about the influence of this seasonality on the interactions between plants and frugivorous animals in this region. This study aimed to describe and evaluate the phenology of the fruiting of zoocoric plants and the use of this resource by wild vertebrates in a protected area. Four specific objectives were proposed: (i) to describe the seasonal variation of the fruiting of zoocoric species in a dry forest area, (ii) to evaluate the influence of rainfall on the seasonal variation of the fruiting of these species, (iii) to identify the periods of absence of zoocoric fruit production for the wild fauna during the one year period, and (iv) to evaluate the relative importance of each fruit species in the diet of the animals. The study area comprised the Furna Feia National Park, Rio Grande do Norte, Brazil, and the expeditions to this area occurred monthly between January 2013 and June 2018. In each expedition the quantification of individuals/species in fruiting, using the method of trails and the collection of fecal samples to describe the frugivorous diet of medium and large vertebrates. The patterns of fructification phenology of the zoocoric species were evaluated by means of circular statistics, and the relationship between seasonality of fruiting and rainfall by simple linear regression tests. Fecal samples were dissociated for the identification of the seeds found in these samples. The phenology of the fruiting of 643 individuals, distributed in 11 zoocoric plant species, was monitored and analyzed. During the rainy season, *Sideroxylon obtusifolium*, *Cereus jamacaru*, *Ziziphus joazeiro*, *Commiphora leptophloeos* and *Bromelia laciniosa* exhibited high seasonality of fruiting. At this season, *Cynophalla flexuosa* also fruited, but presented low seasonality in fruiting. In the dry season *Myracrodruon urundeuva*, *Licania rigida*, *Cissus* sp. and *Maytenus rigida* showed high seasonality in fruiting. At this station, *Phoradendron quadrangulare* also fruited, presenting low seasonality in fruiting. Partial asynchrony was observed between the fruiting period of the investigated species, which provided availability of zoocoric fruits throughout all months of the year. However, in the dry season there was a lower number of individuals in fruiting, indicating that this is a critical period for the fruit-dependent fauna in the Caatinga. The intensity of rainfall influenced the fruiting of more than 50% of the zoocoric species, corroborating the prediction of the existence of a relationship between precipitation and fruiting for most Caatinga plants. By means of the analysis of the intact seeds found in the fecal samples, 16 plant species were identified. From these data, a network of interactions between zoocoric fauna and flora was proposed, in which high seed dispersal potential was identified by medium and large vertebrates and high importance of fruits in the diet of these animals. It is suggested that future strategies for the conservation of frugivorous vertebrates of the Caatinga should prioritize the protection of multiple plant species, since the absence of one may imply nutritional risk for animals, especially during the dry season.

Keywords: Wild vertebrate diet. Ecological interactions. Rainfall. Seasonality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do Parque Nacional da Furna Feia (cinza escuro) e de sua zona de amortecimento (cinza claro) no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Fonte: Diana Carvalho de Freitas (2018) 25

Figura 2 – Trilhas ecológicas no Parque Nacional da Furna Feia, RN, Brasil, utilizadas para coleta de dados referentes a fenologia da frutificação e coleta de amostras fecais de aves e mamíferos silvestres. A - C = Trilha Pinga/Letreiro; D - F = Trilha do Virgílio; G - I = Trilha Cedro 26

Figura 3 – Amostras fecais coletadas nas trilhas do Parque Nacional da Furna Feia, RN, Brasil. A = Fezes de jacu (*Penelope* sp.); B = Fezes de macaco-prego (*Sapajus libidinosus*); C = Fezes de cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*); D = Fezes de cateto (*Tayassu pecari*); E = Sementes de imburana (*Commiphora leptophloeos*) e F = sementes de imburana (*Commiphora leptophloeos*) (sementes maiores à esquerda) e *Guettarda* sp. (sementes menores à direita), encontradas após triagem de duas amostras fecais..... 29

Figura 4 – Frutos das espécies vegetais analisadas quanto a fenologia da frutificação no Parque Nacional da Furna Feia, RN, Brasil. A = *Sideroxylon obtusifolium* (quixabeira); B = *Cereus jamacaru* (mandacaru); C = *Ziziphus joazeiro* (juazeiro); D = *Cynophalla flexuosa* (feijão-bravo); E = *Commiphora leptophloeos* (imburana); F = *Bromelia laciniosa* (macambira); G = *Myracrodruon urundeuva* (aroeira); H = *Licania rigida* (oiticica); I = *Maytenus rigida* (bom-nome); J = *Cissus* sp. (cipó-uva); K = *Phoradendron quadrangulare* (erva-de-passarinho) 32

Figura 5 – Representação circular da frequência média de indivíduos em frutificação de espécies zoocóricas no Parque Nacional da Furna Feia, RN, Brasil. As setas representam o comprimento médio do vetor (r) de cada espécie. A = *Sideroxylon obtusifolium* (quixabeira); B = *Cereus jamacaru* (mandacaru); C = *Ziziphus joazeiro* (juazeiro); D = *Cynophalla flexuosa* (feijão-bravo); E =

Commiphora leptophloeos (imburana); F = *Bromelia laciniosa* (macambira) 36

Figura 6 – Representação circular da frequência média de indivíduos em frutificação de espécies zoocóricas no Parque Nacional da Furna Feia, RN, Brasil. As setas representam o comprimento médio do vetor (*r*) de cada espécie. A = *Myracrodruon urundeuva* (aroeira); B = *Licania rigida* (oiticica); C = *Maytenus rigida* (bom-nome); D = *Cissus* sp. (cipó-uva); E = *Phoradendron quadrangulare* (erva-de-passarinho) 37

Figura 7 – Número total de indivíduos em frutificação de 11 espécies zoocóricas e precipitação pluviométrica acumulada (mm) registrados mensalmente entre janeiro de 2013 e junho de 2018, no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil 38

Figura 8 – Rede de interação entre 14 espécies vegetais zoocóricas, 4 mamíferos e 1 ave silvestre no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Espécies zoocóricas com o seu respectivo hábito e número de indivíduos monitorados mensalmente no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil 27

Tabela 2 – Resultados da análise estatística circular para a ocorrência de sazonalidade da fenologia da frutificação para as 11 espécies zoocóricas no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil 34

Tabela 3 – Análise de regressão linear entre o número total de indivíduos em frutificação de 11 espécies zoocóricas e a precipitação pluviométrica acumulada (mm), registrados mensalmente no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil. Resultados significativos são apresentados em negrito 39

Tabela 4 – Frequência de Ocorrência (FO%) de sementes das 11 espécies vegetais nativas presentes nas amostras fecais de aves e mamíferos silvestres no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil 41

Tabela 5 – Frequência de Ocorrência (FO%) de sementes de espécies vegetais exóticas presentes nas amostras fecais de aves e mamíferos silvestres no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil 42

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL 13
Florestas tropicais sazonalmente secas 13
Caatinga: floresta tropical sazonalmente seca endêmica do Brasil 14
Fenologia da frutificação e conservação da biodiversidade 16
Fenologia da frutificação e consumo de frutos por animais na Caatinga 17
REFERÊNCIAS 19

INTEGRANDO FENOLOGIA DA FRUTIFICAÇÃO E CONSUMO DE FRUTOS POR VERTEBRADOS SILVESTRES EM UMA ÁREA PROTEGIDA DE FLORESTA TROPICAL SAZONALMENTE SECA

1 INTRODUÇÃO 22
2 MATERIAL E MÉTODOS 25
2.1 Área de estudo 25
2.2 Coleta de dados 26
2.2.1 Fenologia da frutificação 27
2.2.2 Precipitação e fenologia da frutificação 28
2.2.3 Influência relativa das espécies zoocóricas na dieta de vertebrados 28
2.3 Análise de dados 30
2.3.1 Fenologia da frutificação 30
2.3.2 Precipitação e fenologia da frutificação 31
2.3.3 Influência relativa das espécies zoocóricas na dieta de vertebrados 31
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 31
3.1 Fenologia da frutificação 31
3.2 Precipitação e fenologia da frutificação 38
3.3 Influência relativa das espécies zoocóricas na dieta de vertebrados 40
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 46
REFERÊNCIAS 47

INTRODUÇÃO GERAL

Florestas tropicais sazonalmente secas

As florestas tropicais sazonalmente secas são amplamente distribuídas formando um complexo de tipos vegetacionais, influenciados fortemente pelas topografias, solo e condições climáticas locais (PENNINGTON *et al.*, 2009). Atualmente, a ocorrência de florestas tropicais sazonalmente secas se dá de forma descontínua (PENNINGTON *et al.*, 2009; BANDA-R *et al.*, 2016). Mas durante o último máximo glacial as florestas tropicais sazonalmente secas foram ainda mais disjuntas, com expansão progressiva para o sul e para o leste em escala continental (WERNECK *et al.*, 2011). Os aglomerados de florestas secas são estruturados com base nas características da história evolutiva e na biogeografia dos grupos de plantas lenhosas que estão confinados as suas condições ambientais, resultando em alto endemismo (PENNINGTON *et al.*, 2009). Dentre as áreas de florestas tropical sazonalmente secas destaca-se a Caatinga no nordeste brasileiro e o bosque tropical caducifólio no México – os quais possuem extensas áreas e alta biodiversidade (PENNINGTON *et al.*, 2009; BANDA-R *et al.*, 2016), atuando como áreas de refúgio atuais e históricas (WERNECK *et al.*, 2011).

A sazonalidade da precipitação é uma importante força ecológica em florestas tropicais sazonalmente secas, devido às atividades biológicas de crescimento e/ou fenologia da floração/frutificação ocorrerem, em geral, sincronizados com a disponibilidade de água (revisão em MURPHY; LUGO, 1986). Em locais com florestas tropicais sazonalmente secas, as médias anuais de precipitação pluviométrica variam de 600 mm a 1.800 mm, concentradas de quatro a nove meses por ano, e recebendo, em média, menos de 100 mm mensais (revisão em MURPHY; LUGO, 1986; BANDA-R *et al.*, 2016). A distribuição geográfica dos animais e plantas em florestas tropicais sazonalmente secas também é determinada pela sazonalidade da precipitação, que ocorre com período de tempo, duração e frequência variados (revisão em MURPHY; LUGO, 1986).

As espécies de árvores das florestas tropicais sazonalmente secas geralmente ocorrem em solos férteis com um pH mediano a alto (PENNINGTON *et al.*, 2009). Estas espécies geralmente não possuem adaptações ao fogo, como ocorre em áreas de savana, portanto, possui atualmente vulnerabilidade aos incêndios, causados pela ação antrópica no período seco (PENNINGTON *et al.*, 2009). A vegetação de florestas tropicais sazonalmente secas é predominantemente decídua, com dossel fechado, apresentando cerca de 50% da altura das florestas tropicais úmidas. Este tipo vegetacional também possui menor área basal e pouco

compartilhamento de espécies de plantas com as florestas mais úmidas (revisão em MURPHY; LUGO, 1986; PENNINGTON *et al.*, 2009). Entre os locais com florestas tropicais sazonalmente secas, também ocorrem poucas espécies florísticas comuns e compartilhadas, e isso reflete a alta diversidade, alto endemismo e alta rotatividade florística dos ambientes secos (BANDA-R *et al.*, 2016). Estas características indicam um sistema de floresta tropical sazonalmente estável, com dispersão limitada (PENNINGTON *et al.*, 2009).

Os motivos para a limitação da dispersão na floresta tropical sazonalmente seca podem incluir regras da biogeografia de ilhas, como a grande distância entre as áreas disjuntas, seus tamanhos reduzidos e as adaptações persistentes das espécies como tolerância à seca (PENNINGTON *et al.*, 2009). A fragmentação histórica e o isolamento por si só não podem explicar o volume da rotatividade na composição das espécies dentro das florestas tropicais sazonalmente secas (NEVES *et al.*, 2015). Assim, é preciso considerar as variáveis ambientais, particularmente aquelas relacionadas aos regimes de precipitação e de temperatura (NEVES *et al.*, 2015; RITO *et al.*, 2017). Também é preciso considerar que, para colonizar novas áreas, as plantas têm que lidar não apenas com a comunidade de plantas lenhosas residentes, mas também com obstáculos ecológicos que atuam tão severamente na sua sobrevivência (PENNINGTON *et al.*, 2009).

Caatinga: floresta tropical sazonalmente seca endêmica do Brasil

O bioma Caatinga é um importante núcleo de floresta tropical sazonalmente seca, tanto pela sua extensão, quanto pela sua alta biodiversidade beta (APGAUA *et al.*, 2014; BANDA-R *et al.*, 2016). É o bioma dominante no nordeste brasileiro com cerca de 800.000 km^2, presente em grande proporção nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Alagoas, Sergipe, Bahia e norte de Minas Gerais (PRADO, 2003). O bioma Caatinga é caracterizado pelo clima semiárido e as paisagens recebem anualmente precipitação inferior a 800 mm, concentrada de três a seis meses ao ano e a temperatura média anual é ligeiramente superior a 26,5 °C – características que enquadram a sua vegetação como floresta tropical sazonalmente seca (revisão em MURPHY; LUGO, 1986; ALVARES *et al.*, 2013). A riqueza florística e faunística do bioma Caatinga é constituída por pelo menos: 4.657 espécies vegetais, destas, 913 endêmicas (19,7%) (revisão em ZAPPI *et al.*, 2015); 240 espécies de peixes; 175 espécies de répteis e anfíbios; 510 espécies de aves e 156 espécies de mamíferos (revisão em ALBUQUERQUE *et al.*, 2012). O elevado grau de endemismo registrado no bioma Caatinga pode ser explicado pela existência de poucas espécies com

ampla distribuição nos ecótopos, prevalecendo o baixo compartilhamento de espécies entre ambientes que diferem em estrutura ou configurações geomorfológicas (ver APGAUA *et al.*, 2015).

A porção arbórea da vegetação ocorre ao longo do domínio fitogeográfico da Caatinga, e está mais fortemente relacionada à vegetação do próprio bioma do que a vegetação de florestas periféricas de suas fronteiras, como as dos biomas Cerrado e Mata atlântica (SANTOS *et al.*, 2012). A porção herbácea encontrada no bioma Caatinga é importante na composição de sua riqueza e fisionomia das espécies (MORO *et al.*, 2016), onde há áreas de vegetação Caatinga com espécies de plantas herbáceas e lenhosas apresentando quase a mesma proporção, ou a proporção de herbáceas superior em alguns locais (e.g., COSTA *et al.*, 2007; MORO *et al.*, 2016). As vegetações de Caatinga que se desenvolvem em solos cristalinos e em solos sedimentares são distintas, não apenas na composição de sua flora, mas também em relação a sua estrutura, com diferentes espectros de forma de vida encontrados nesses dois ambientes (APGAUA *et al.*, 2015; MORO *et al.*, 2016).

No bioma Caatinga, a densidade da madeira varia entre 0,29 g/cm^3 e 0,83 g/cm^3, sendo estes valores inversamente relacionados à quantidade de água armazenada na saturação (LIMA; RODAL, 2010). Neste bioma, espécies que iniciaram as fenofases vegetativas e/ou reprodutivas durante a estação seca tendem a possuir baixas densidades de madeira e grandes quantidades de água armazenada (LIMA; RODAL, 2010; LIMA *et al.*, 2012). Por outro lado, as espécies vegetais com altas densidades de madeira parecem depender fortemente de precipitação pluviométrica para iniciar a fenologia, pois são capazes de armazenar quantidades limitadas de água em seus troncos (LIMA; RODAL, 2010). Em relação à profundidade efetiva do sistema radicular, esta varia entre 0,60 a 0,78 m, em solos profundos não restritivos (PINHEIRO *et al.*, 2013). O sistema radicular possui uma variação temporal, onde, no período seco, a profundidade efetiva das raízes é em média, 10 cm menor que no período chuvoso (PINHEIRO *et al.*, 2013), e isso pode indicar uma estratégia de adaptação para melhorar a infiltração na zona radicular (LIMA; RODAL, 2010; PINHEIRO *et al.*, 2013). No entanto, este sistema não apresenta variação espacial, havendo homogeneidade nas diferentes associações de vegetação, independentemente da proximidade de árvores de grande porte (PINHEIRO *et al.*, 2013), o que sugere uma forte correlação entre a densidade da madeira e a fenologia entre as espécies (LIMA; RODAL, 2010).

Nas comunidades vegetais da Caatinga, os padrões de formas de vida, fenologia da frutificação e síndromes de dispersão tendem a ser similares aos de outras comunidades de floresta tropical sazonalmente seca (GRIZ; MACHADO, 2001). As variáveis climáticas precipitação e temperatura são as mais influentes na vegetação da Caatinga brasileira, afetando particularmente a diversidade e a distribuição geográfica de espécies (KOCH *et al.*, 2017; RITO *et al.*, 2017). Outros parâmetros ambientais também influenciam a distribuição da vegetação, como: declive, pH superficial e variação média da temperatura diurna (KOCH *et al.*, 2017). No bioma Caatinga a escassez de água, que pode prevalecer até nove meses ao ano, impõe à sua vegetação uma sazonalidade das fenofases (MACHADO *et al.*, 1997). No geral, a formação das folhas antecede o período chuvoso devido às chuvas esporádicas. A intensificação da precipitação inicia-se, logo ocorre a floração seguida pela frutificação, e a queda foliar da vegetação é retomada no início do período seco (MACHADO *et al.*, 1997).

A produção de frutos na Caatinga também é influenciada pela precipitação, sendo a produção de frutos autocóricos e zoocóricos maiores no período chuvoso, enquanto a produção dos frutos anemocóricos é maior no período seco (MACHADO, *et al.*, 1997; GRIZ; MACHADO, 2001). Este cenário pode refletir-se na maior representatividade de espécies zoocóricas na estação chuvosa, quando seus frutos podem ser atrativos por mais tempo. Contudo, a maior representatividade de espécies anemocóricas ocorre no período seco (GRIZ; MACHADO, 2001; GOMES *et al.*, 2016). A disponibilidade de frutos com similaridade morfológica e alta frutificação sincrônica pode favorecer a sobrevivência da comunidade de vertebrados em ambientes marcados pela alta sazonalidade, como nas florestas tropicais sazonalmente secas (GOMES *et al.*, 2017).

Fenologia da frutificação e conservação da biodiversidade

Perda de habitat, mudança climática, defaunação e presença de espécies exóticas invasoras são as principais responsáveis pela atual crise da biodiversidade (VALIENTE-BANUET *et al.*, 2015; MORELLATO *et al.*, 2016) e seus efeitos foram avaliados com foco na quantificação da extinção de espécies (VALIENTE-BANUET *et al.*, 2015). No entanto, diante da perda de biodiversidade, um componente que frequentemente acompanha ou até precede o desaparecimento das espécies é a extinção das interações ecológicas (ASLAN *et al.*, 2013; VALIENTE-BANUET *et al.*, 2015) e, consequentemente, a perda dos serviços ecossistêmicos associados (ASLAN *et al.*, 2013; VALIENTE-BANUET *et al.*, 2015). Já é reconhecido que o aumento da cobertura florestal nas paisagens está associado ao aumento na

densidade de sementes dispersas por vertebrados (TROLLIET *et al.*, 2017) – serviço fundamental para os biomas, especialmente os que estão cada vez mais fragmentados. É importante ressaltar que as interações mutualistas animal-planta, como a polinização, frugivoria e dispersão de sementes, são essenciais, tanto para as comunidades ecológicas, como para o bem estar da humanidade (JORDANO *et al.*, 2006; MORELLATO *et al.*, 2016).

A fenologia das plantas relaciona diferentes níveis hierárquicos e grupos funcionais dentro de uma comunidade, incluindo: decompositores, detritívoros, herbívoros, predadores, polinizadores e dispersores de sementes (MORELLATO *et al.*, 2016). As mudanças na fenologia de plantas (ou seja, no ciclo de vida dos organismos) são um alerta precoce das mudanças climáticas globais (MENDOZA *et al.*, 2017). Estas mudanças significativas e inesperadas na disponibilidade de frutos podem ter efeitos dramáticos sobre os vertebrados frugívoros (MORELLATO *et al.*, 2016). A dispersão de sementes por vetores animais (endozoocoria) é onipresente, moldando significativamente as comunidades vegetais (revisão em JAGANATHAN *et al.*, 2016). Nesta interação mutualista, os frutos carnosos fornecem energia para a realização das atividades vitais dos dispersores, e ao ingeri-los, movem as sementes para longe da zona de alta mortalidade, próxima da planta mãe (GALETTI *et al.*, 2006). A dispersão por endozoocoria, além de locomover os diásporos, fornece benefícios significativos para numerosas espécies com dormência física, como a remoção da polpa funicular, resultando no aumento da capacidade de germinação das sementes (LEAL, 2003; JAGANATHAN *et al.*, 2016; GOMES *et al.*, 2016).

Fenologia da frutificação e consumo de frutos por animais na Caatinga

A alta riqueza de espécies e de interações ecológicas dos biomas tropicais é reconhecida mundialmente. Entretanto, áreas de florestas tropicais sazonalmente secas ainda são consideradas subamostradas quanto a sua riqueza de espécies de plantas, seu comportamento fenológico e suas interações interespecíficas, em comparação com as florestas tropicais úmidas e as savanas (ver ALBUQUERQUE *et al.*, 2012; APGAUA *et al.*, 2014). Esta realidade é refletida em diversos estudos realizados no Brasil, concentrados principalmente na região Sudeste (Mata Atlântica e Cerrado) e Norte (Amazônia). Diante deste fato, descrever a riqueza de espécies vegetais e compreender os seus ciclos de vida por meio do estudo da fenologia e de interações nas diferentes regiões da Caatinga é preencher uma lacuna de conhecimento científico, a qual será essencial para o estabelecimento de

estratégias adequadas à conservação da sua biodiversidade (ver ALBUQUERQUE *et al.*, 2012; MENDOZA *et al.*, 2017).

Dentre as interações ecológicas mais bem compreendidas na Caatinga está a forte interação entre formigas e diásporos de plantas zoocóricas. Formigas atuam como dispersores de 28 espécies vegetais, especialmente arbóreas (LEAL, 2003). Formigas são atraídas pelas plantas da Caatinga por meio da oferta de recompensas nutricionais, como o elaiossomo (estrutura rica em lipídeos associada à extremidade da semente) e a polpa dos frutos carnosos (LEAL, 2003). Outra interação ecológica bem compreendida na Caatinga é a de cactáceas e vertebrados. Os frutos carnosos das cactáceas *Cereus jamacaru*, *Pilosocereus gounellei* e *Pilosocereus chrysostele* recebem um número elevado de visitas de diferentes grupos animais, especialmente, aves, lagartos e primatas (GOMES *et al.*, 2014, 2017; MORAES *et al.*, 2014). Como em outros biomas, o consumo de frutos por animais na Caatinga pode ser fundamental para as sementes que possuem barreiras físicas e químicas que as impedem de germinar. Devido a capacidade que vertebrados frugívoros possuem de remover sementes intactas da polpa de frutos ao passar pelo seu trato digestivo (e.g., GOMES *et al.*, 2016), ou a capacidade que determinados invertebrados possuem de transportar sementes sem serem danificadas enquanto utilizam o elaiossoma, estes animais podem elevar as taxas de dispersão e germinação das sementes. Embora os estudos envolvendo cactos-vertebrados (GOMES *et al.*, 2014) e formiga-plantas zoocóricas (e.g., LEAL, 2003) tenham sido relevantes para a compreensão das redes de interações entre fauna e flora da Caatinga, ainda há muitas outras interações entre flora e fauna frugívora para serem investigadas neste bioma (e.g., LEAL, 2003; ALBUQUERQUE *et al.*, 2012; GOMES *et al.*, 2014, 2016).

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, U. P. *et al.* Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. **The Scientific World Journal**, v. 2012, Artigo ID 205182, p. 1-18, 2012.

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Metereologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

APGAUA, D. M. G. *et al.* Beta-diversity in seasonally dry tropical forests (SDTF) in the Caatinga biogeographic domain, Brazil, and its implications for conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 23, n. 1, p. 217-232, 2014.

APGAUA, D. M. G. *et al.* Floristic variation within seasonally dry tropical forests of the Caatinga biogeographic domain, Brazil, and its conservation implications. **International Forestry Review**, v. 17, n. S2, p. 33-44, 2015.

ASLAN, C. E. *et al.* Mutualism disruption threatens global plant biodiversity: a systematic review. **PLoS one**, v. 8, n. 6, p. e66993, 2013.

BANDA-R, K. *et al.* Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. **Science**, v. 353, n. 6306, p. 1383-1387, 2016.

COSTA, R. C. *et al.* Flora and life-form spectrum in an area of deciduous thorn woodland (Caatinga) in northeastern, Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 68, n. 2, p. 237-247, 2007.

GALETTI, M. *et al.* Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. *In:* CULLEN JR., L.; RUDRAN, R.; VALADARES-PADUA, C. (Org.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Cap. 15, p. 395-422. 2006.

GOMES, V. G. N. *et al.* Frugivory and seed dispersal by birds in *Cereus jamacaru* DC. ssp. *jamacaru* (Cactaceae) in the Caatinga of northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 1, p. 32-40, 2014.

_____ *et al*. Seed removal by lizards and effect of gut passage on germination in a columnar cactus of the Caatinga, a tropical dry forest in Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 135, p. 85-89, 2016.

_____ *et al*. Synchronous fruiting and common seed dispersers of two endemic columnar cacti in the Caatinga, a dry forest in Brazil. **Plant Ecology**, v. 218, n. 11-12, p. 1325-1338, 2017.

GRIZ, L. M. S.; MACHADO, I. C. S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in Caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, n. 2, p. 303-321, 2001.

JAGANATHAN, G. K. *et al.* On the evolutionary and ecological value of breaking physical dormancy by endozoochory. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 22, p. 11-22, 2016.

JORDANO, P. *et al.* Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação. *In:* DUARTE, C. F. *et al.* (Eds.). **Biologia da Conservação: essências**. São Paulo: Rima, 2006, p. 411-436.

KOCH, R. *et al.* Revealing areas of high nature conservation importance in a seasonally dry tropical forest in Brazil: combination of modelled plant diversity hot spots and threat patterns. **Journal for Nature Conservation**, v. 35, p. 24-39, 2017.

LEAL, I. R. Dispersão de sementes por formigas na Caatinga. *In:* LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M.C. (Eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003, p. 593-624.

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

LIMA, A. L. A. *et al.* Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil? **Trees**, v. 26, n. 5, p. 1605-1616, 2012.

MACHADO, I. *et al.* Phenology of Caatinga species at Serra Talhada, PE, northeastern Brazil. **Biotropica**, v. 29, n. 1, p. 57-68, 1997.

MENDOZA, I. *et al.* Continental-scale patterns and climatic drivers of fruiting phenology: a quantitative Neotropical review. **Global and Planetary Change**, v. 148, p. 227-241, 2017.

MORAES, B. L. C. *et al.* Adaptability in stone tool use by wild capuchin monkeys (*Sapajus libidinosus*). **American Journal of Primatology**, v. 76, n. 10, p. 967-977, 2014.

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

MORO, M. F. *et al.* A phytogeographical metaanalysis of the semiarid Caatinga Domain in Brazil. **The Botanical Review**, v. 82, n. 2, p. 91-148, 2016.

MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, n. 1, p. 67-88, 1986.

NEVES, D. M. *et al.* Environmental and historical controls of floristic composition across the South American dry diagonal. **Journal of Biogeography**, v. 42, n. 8, p. 1566-1576, 2015.

PENNINGTON, R. T. *et al.* Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from seasonally dry tropical forests. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, p. 437-457, 2009.

PINHEIRO, E. A. R. *et al.* Effective root depth of the Caatinga biome. **Journal of Arid Environments**, v. 89, p. 1-4, 2013.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. *In:* LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M.C. (Eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003, p. 03-73.

RITO, K. F. *et al.* Precipitation mediates the effect of human disturbance on the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Ecology**, v. 105, n. 3, p. 828-838, 2017.

SANTOS, R. M. *et al.* Identity and relationships of the arboreal Caatinga among other floristic units of seasonally dry tropical forests (SDTFs) of north-eastern and Central Brazil. **Ecology and Evolution**, v. 2, n. 2, p. 409-428, 2012.

TROLLIET, F. *et al.* Frugivorous birds influence the spatial organization of tropical forests through the generation of seedling recruitment foci under zoochoric trees. **Acta Oecologica**, v. 85, p. 69-76, 2017.

VALIENTE-BANUET, A. *et al.* Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. **Functional Ecology**, v. 29, n. 3, p. 299-307, 2015.

WERNECK, F. P. *et al.* Revisiting the historical distribution of seasonally dry tropical forests: new insights based on palaeodistribution modelling and palynological evidence. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, n. 2, p. 272-288, 2011.

ZAPPI, D. C. *et al.* Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 4, p. 1085-1113, 2015.

INTEGRANDO FENOLOGIA DA FRUTIFICAÇÃO E CONSUMO DE FRUTOS POR VERTEBRADOS SILVESTRES EM UMA ÁREA PROTEGIDA DE FLORESTA TROPICAL SAZONALMENTE SECA

1 INTRODUÇÃO

A Caatinga ocupa vários estados do Nordeste brasileiro e corresponde ao quarto maior bioma deste país. Na Caatinga o clima predominante é o semiárido, caracterizado por apresentar precipitações pluviométricas entre 250 e 900 mm, distribuídos irregularmente ao longo do ano, definindo dois períodos distintos, seco e chuvoso (PRADO, 2003). Outras características notáveis desta região são: alta radiação solar, baixa nebulosidade, altas taxas de temperatura média anual, baixas taxas de umidade relativa, evapotranspiração elevada, precipitações baixas e irregulares, e solos cristalinos e rasos. Sob estas condições climáticas e características ambientais, evoluiu uma floresta tropical sazonalmente seca, constituída por um mosaico de comunidades florísticas que engloba áreas florestadas de grande porte e áreas de vegetação arbustiva, muitas vezes dominadas por cactáceas e bromeliáceas, apresentando elevado grau de endemismo florístico e deciduidade (ver PRADO, 2003; SANTOS *et al.*, 2011; ALBUQUERQUE *et al.*, 2012; ALVARES *et al.*, 2013). Os padrões de agrupamento deste mosaico de comunidades florísticas na Caatinga estão relacionados principalmente à precipitação pluviométrica, às configurações geológicas locais e aos atributos do solo (GRIZ; MACHADO, 2001; APGAUA *et al.*, 2015).

A fenologia das espécies lenhosas na Caatinga é determinada principalmente pela estacionalidade da precipitação pluviométrica. Esta sazonalidade hídrica provavelmente constituiu uma das principais pressões seletivas que conduziu a ampla diversificação de estratégias fenológicas e fisiológicas das espécies vegetais na Caatinga (LIMA *et al.*, 2012). A frutificação da maioria das espécies vegetais começa no início da estação chuvosa, com algumas exceções de frutificação ocorrendo no final da estação seca (LIMA; RODAL, 2010). Tanto as fenofases vegetativas, quanto as reprodutivas de espécies decíduas da Caatinga respondem de forma semelhante às variações de precipitação, exibindo ajustes no tempo, duração e intensidade (SILVEIRA *et al.*, 2013). Esta variação fenológica confere uma vantagem adaptativa a essas plantas, principalmente em condições variáveis e imprevisíveis de disponibilidade de água – características típicas do clima deste bioma. Esta vantagem

adaptativa seria uma explicação plausível para explicar a alta densidade destas espécies nesta floresta tropical sazonalmente seca (SILVEIRA *et al.*, 2013).

Nas florestas do bioma Caatinga, o sucesso reprodutivo de muitas espécies vegetais é semelhante ao de outras áreas de florestas tropicais, sendo dependentes da disponibilidade de precipitação pluviométrica e da eficácia de animais polinizadores (LEITE; MACHADO, 2010; GOMES *et al.*, 2014). O sucesso reprodutivo de espécies da Caatinga de outras áreas de florestas tropicais também depende da eficácia da dispersão das sementes (e.g., LEAL, 2003; MORAES *et al.*, 2014; GOMES *et al.*, 2016, 2017) e da densidade de sementes viáveis no banco de sementes – que pode ser reduzida em resposta ao estresse hídrico nos anos de seca (SILVEIRA *et al.*, 2013). Na Caatinga, diversas espécies lenhosas apresentam baixa produção de frutos (em relação a elevada produção de flores), o que influencia diretamente na composição da guilda de frugívoros. A escassez hídrica e de nutrientes parecem exercer uma influência direta nesta razão flor/fruto (LEITE; MACHADO, 2010).

O estudo de interações ecológicas, especialmente de relações mutualísticas, é fundamental para a definição de estratégias mais adequadas que visem à conservação funcional e estrutural da biodiversidade (JORDANO *et al.*, 2006; FLEMING; KRESS, 2011). A perda das interações mutualísticas ocorre com maior frequência e bem antes da espécie ser extinta e, consequentemente, gera desequilíbrios nos serviços ecossistêmicos para toda a biota (JORDANO *et al*., 2007; VALIENTE-BANUET *et al.*, 2015). Cerca de 40 a 50% das plantas que perderam o seu polinizador ou dispersor de sementes experimentaram elevados declínios reprodutivos, prejudicando a persistência de suas populações (ASLAN *et al.*, 2013; FLEMING; KRESS, 2011). Estudos sobre a sazonalidade da disponibilidade de recursos vegetais para a fauna em áreas naturais remanescentes possibilitam uma melhor compreensão sobre a dinâmica temporal das interações ecológicas e sobre a importância relativa das espécies em seus habitats (ver JORDANO *et al*., 2007). Muitos destes estudos incluem investigações sobre frugivoria e dispersão de sementes, e tem como objetivos primários a identificação dos principais frutos que fornecem energia para a realização das atividades vitais dos animais, e do potencial dos frugívoros em mover as sementes para longe da zona de alta mortalidade próxima da planta mãe (GALETTI *et al.*, 2006; JORDANO *et al*., 2007).

O número de variáveis que modulam a eficiência da dispersão das sementes é muito grande, as quais podem estar relacionadas com as características das plantas que terão seus propágulos dispersos, dos dispersores animais e/ou de fatores ambientais (CÔRTES; URIARTE, 2013; THEL *et al*., 2015). Na Caatinga, por exemplo, a morfologia semelhante

dos frutos e a alta sincronia da frutificação são fatores que favorecem a partilha de recursos entre os dispersores (GOMES *et al.*, 2017). Ainda, a sincronia de frutificação por diferentes espécies durante a estação chuvosa pode ser uma consequência (e/ou uma causa) da elevado número de aves migratórias potencialmente dispersoras de sementes que são registradas em remanescentes florestais da Caatinga neste período (ver RUIZ-ESPARZA *et al.*, 2011).

Apenas 7,5% (~ 64.300 km^2) da área original da Caatinga está protegida legalmente como unidades de conservação da natureza (CNUC/MMA, 2014) e aproximadamente 60% da área original de vegetação nativa deste bioma já foi alterada pela ação antrópica (SILVA; BARBOSA, 2017). Considerando a alta riqueza e diversidade de espécies lenhosas em ecossistemas de Caatinga, torna-se evidente a necessidade de um planejamento de ações de conservação que atendam aos valores da biodiversidade e à integridade estrutural e funcional desta floresta (APGAUA *et al.*, 2015). Este planejamento requer, entre outros, resultados de estudos sobre fenologia florística e sobre o uso de recursos florestais pelos animais ao longo do ano (ver GALETTI *et al.*, 2006; JORDANO *et al.*, 2006). Entretanto, estudos sobre fenologia na Caatinga ainda são raros e comumente são realizados com duração igual ou inferior a dois anos. Além disso, há muitas áreas remanescentes que ainda não foram exploradas cientificamente (revisão em MENDOZA *et al.*, 2017).

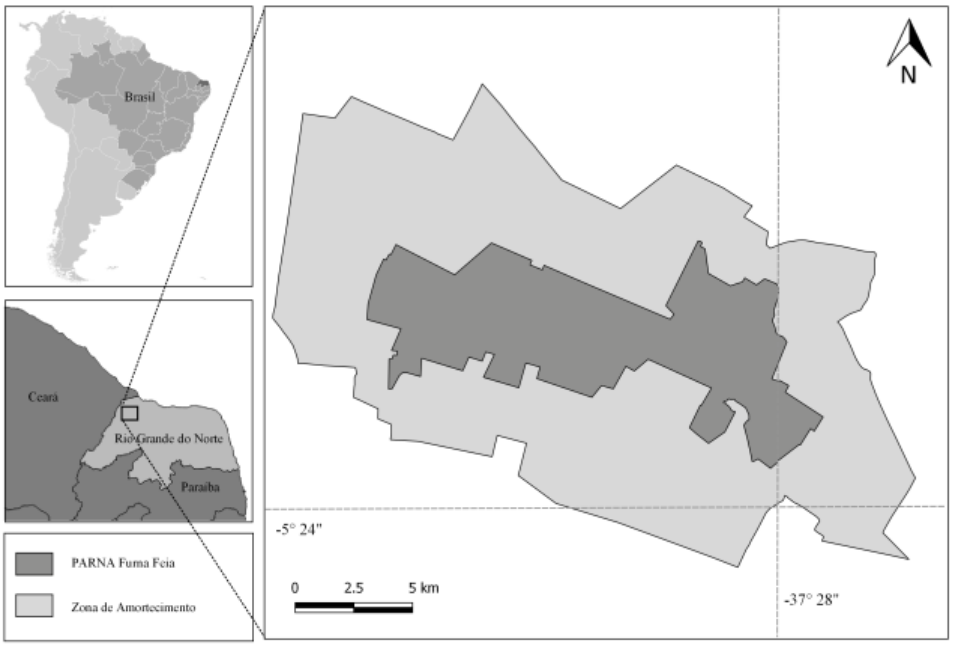
Como forma de contribuir com novas informações sobre a dinâmica sazonal da disponibilidade de frutos e sobre as interações entre fauna e flora na Caatinga, este estudo teve como objetivo geral descrever e avaliar a fenologia da frutificação de plantas zoocóricas e o uso deste recurso por vertebrados silvestres em uma área remanescente protegida, mais especificamente, objetivou-se: (i) descrever a variação sazonal (presença/ausência) da frutificação de espécies zoocóricas em área de floresta seca remanescente no semiárido brasileiro ao longo de cinco anos; (ii) avaliar a influência da precipitação pluviométrica na variação sazonal da frutificação destas espécies; (iii) identificar períodos de ausência de produção de frutos zoocóricos para a fauna silvestre ao longo do período de um ano; e (iv) avaliar a importância relativa de cada espécie de fruto na dieta de vertebrados silvestres de médio e grande porte.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Este estudo foi realizado no Parque Nacional da Furna Feia (05°11′17″S, 37°20′39″O), localizado nos municípios de Baraúna e Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil (Figura 1). O Parque Nacional (Parna) da Furna Feia é uma Unidade de Conservação inserida na categoria de proteção integral, o qual foi criado pelo Decreto Presidencial S/N de 05 de junho de 2012 e possui aproximadamente 8.494 ha (BRASIL, 2012). Segundo a classificação de Köppen, a área do Parna Furna Feia é caracterizada pelo clima do tipo BSh, com precipitação média anual entre 250 e 900 mm, e temperatura média anual ligeiramente superior a 26,5°C (ALVARES *et al.*, 2013). O regime de chuvas é concentrado de três a seis meses no ano (geralmente entre janeiro e junho), denominado estação chuvosa. Já o período de escassez hídrica, denominado estação seca (geralmente entre julho e dezembro), apresenta forte insolação e altas temperaturas (SILVA *et al.*, 2010), típico da região semiárida do nordeste brasileiro.

Figura 1. Localização do Parque Nacional da Furna Feia (cinza escuro) e de sua zona de amortecimento (cinza claro) no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil.



Fonte: Diana Carvalho de Freitas (2018).

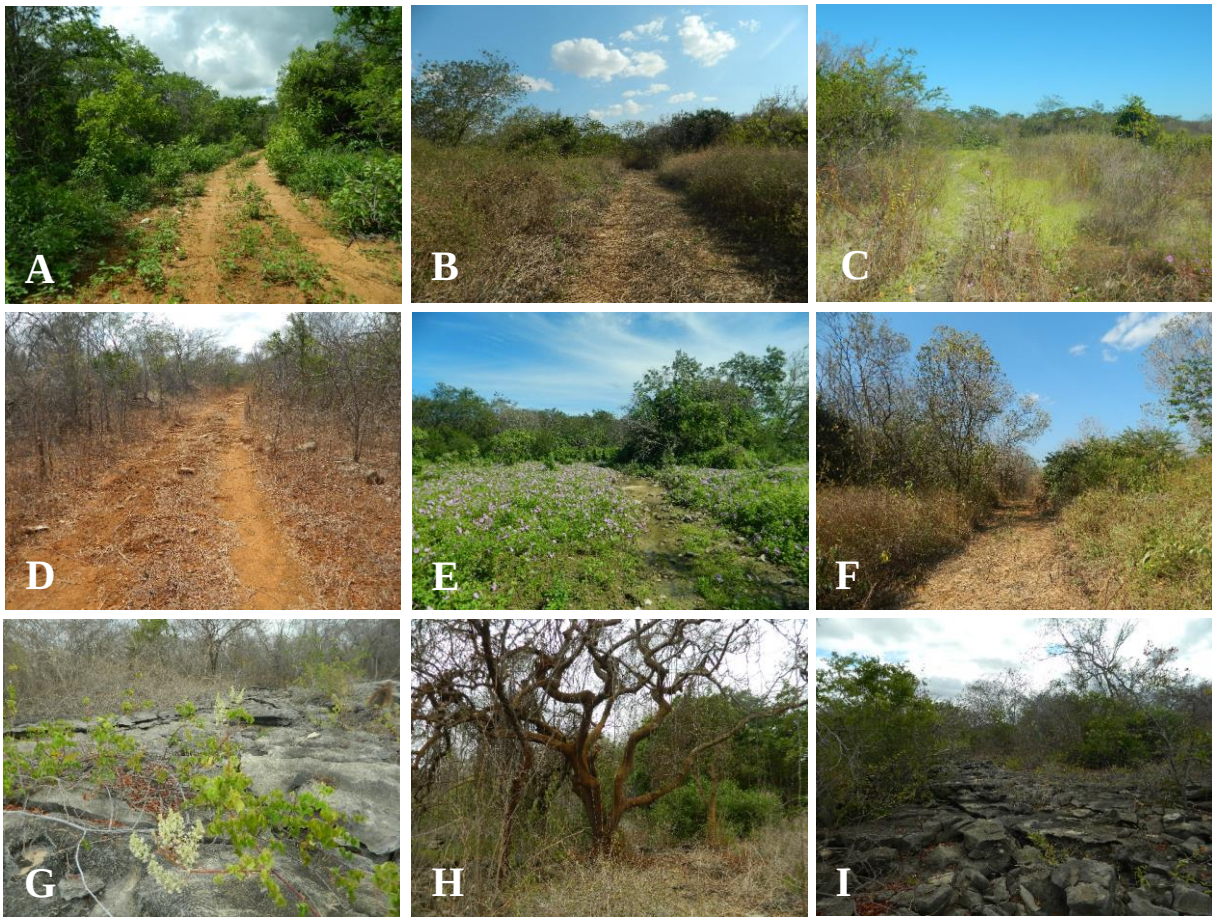
O Parna Furna Feia é um remanescente de Caatinga que apresenta fauna e flora bem representativas deste bioma, com solos tipicamente rasos de origem cristalina e presença de afloramentos calcários cársticos (CRUZ *et al.*, 2010; BENTO *et al.*, 2016). São exemplos de

espécies da flora e fauna comumente registradas no Parna Furna Feia: aroeira (*Myracrodruon urundeuva*); juazeiro (*Ziziphus joazeiro*); imburana (*Commiphora leptophloeos*); oiticica (*Licania rigida*); macambira (*Bromelia laciniosa*); veado catingueiro (*Mazama gouazoupira*); raposa (*Cerdocyon thous*) e macaco-prego (*Sapajus libidinosus*) (CRUZ *et al.*, 2010; BENTO *et al.*, 2016).

2.2 Coleta de dados

As expedições ao Parna Furna Feia para a coleta de dados da fenologia da frutificação e de amostras fecais ocorreram mensalmente, em dois dias não consecutivos na primeira semana de cada mês, entre janeiro de 2013 e junho de 2018. A coleta dos dados de fenologia da frutificação e de amostras fecais ocorreu por meio de caminhadas em três trilhas pré-estabelecidas: trilha Pinga/Letreiro (coordenadas iniciais: 05° 03'06.1"S; 37°31'53.6"O; comprimento: 1,5 km) (Figura 2A-C), trilha do Virgílio (05°02'25.8"S, 37°31'19.7"O; 2,5 km) (Figura 2D-F), e trilha do Cedro (05°03'09.7"S, 37°31'51.3"O; 0,9 km) (Figura 2G-I).

Figura 2. Trilhas ecológicas no Parque Nacional da Furna Feia, RN, Brasil, utilizadas para coleta de dados referentes a fenologia da frutificação e coleta de amostras fecais de aves e mamíferos silvestres. A - C = Trilha Pinga/Letreiro; D - F =Trilha do Virgílio; G - I = Trilha Cedro.



Fonte: Autor (2018).

2.2.1 Fenologia da frutificação

A quantificação de indivíduos/espécie em frutificação foi realizada utilizando o método de trilhas, por meio do monitoramento mensal da fenofase de todos os espécimes da flora marcados ao longo das três trilhas pré-determinadas (D'EÇA-NEVES; MORELLATO, 2004; revisão em MENDOZA *et al.*, 2017). Foram selecionados e marcados para o acompanhamento da fenologia da frutificação 643 indivíduos distribuídos em 11 espécies vegetais (Tabela 1). Os indivíduos selecionados para este estudo foram os que apresentaram diâmetro altura do peito (DAP) > 10 cm, distância máxima de 5 m perpendicularmente, em ambos os lados, da linha das trilhas percorridas. Estas 11 espécies da flora foram selecionadas para análise por apresentar características endozoocóricas, e/ou por serem espécies cujas sementes foram previamente registradas em amostras fecais coletadas na área de estudo.

Tabela 1. Espécies zoocóricas com o seu respectivo hábito e número de indivíduos monitorados mensalmente no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.

Família/ Espécie	Nome Comum	Hábito	Nº de indivíduos marcados
ANACARDIACEAE			
Myracrodruon urundeuva Allemão	Aroeira	Árvore	48
BROMELIACEAE			
Bromelia laciniosa Mart. ex Schult. & Schult.f.	Macambira	Erva	358
BURSERACEAE			
Commiphora leptophloeos (Mart.) J.B.Gillett	Imburana	Árvore	72
CACTACEAE			
Cereus jamacaru DC.	Mandacaru	Árvore	5
CAPPARACEAE			
Cynophalla flexuosa (L.) J.Presl	Feijão-bravo	Arbusto	81
CELASTRACEAE			
Maytenus rigida Mart.	Bom-nome	Árvore	18
CHRYSOBALANACEAE			
Licania rigida Benth.	Oiticica	Árvore	4
RHAMNACEAE			
Ziziphus joazeiro Mart.	Juazeiro	Árvore	16
SAPOTACEAE			
Sideroxylon obtusifolium (Roem. & Schult.) T.D.Penn.	Quixabeira	Árvore	32
SANTALACEAE			
Phoradendron quadrangulare (Kunth) Griseb.	Erva-de-passarinho	Hemiparasita	5
VITACEAE			
Cissus sp.	Cipó-uva	Trepadeira	4

Fonte: Autor (2019).

Neste estudo, o número de indivíduos marcados e monitorados de cada espécie da flora variou entre as espécies, sendo sete espécies representadas por mais de dez indivíduos.

Apenas cinco indivíduos de *Cereus jamacaru* e *Phoradendron quadrangulare* e quatro de *Cissus* sp. e *Licania rigida* foram marcados e monitorados, pois foram os únicos indivíduos destas espécies encontrados a menos de 5 m perpendicularmente da linha das trilhas percorridas (Tabela 1). As espécies *Cissus* sp. e *Licania rigida* são relativamente menos abundantes na área de estudo, quando comparado as demais zoocóricas. Para a avaliação da fenologia da frutificação, foi utilizado o método qualitativo direto por escala nominal, isto é, o registro da presença ou ausência da fenofase da frutificação, sem a quantificação da produção de frutos (D'EÇA-NEVES; MORELLATO, 2004; revisão em MENDOZA *et al.*, 2017). Dados preliminares de fenologia da frutificação do período de junho de 2013 a julho de 2014 foram utilizados previamente por Torquato (2015), mas foram analisados conjuntamente com dados do período janeiro de 2013 e junho de 2018 pela primeira vez neste estudo.

Os 643 indivíduos analisados neste estudo foram identificados com o auxílio de guias de identificação (LORENZI, 1992, 1998; LIMA, 2012; MAIA, 2012; MAIA-SILVA *et al.*, 2012) e consultas ao herbário da Universidade Federal Rural do Semi-árido (Herbário Dárdano de Andrade Lima). Os portais Flora do Brasil 2020 (floradobrasil.jbrj.gov.br/) e International Plant Names Index (www.ipni.org) foram consultados para verificação e confirmação dos nomes científicos e hábitos das espécies da flora investigados neste estudo.

2.2.2 Precipitação e fenologia da frutificação

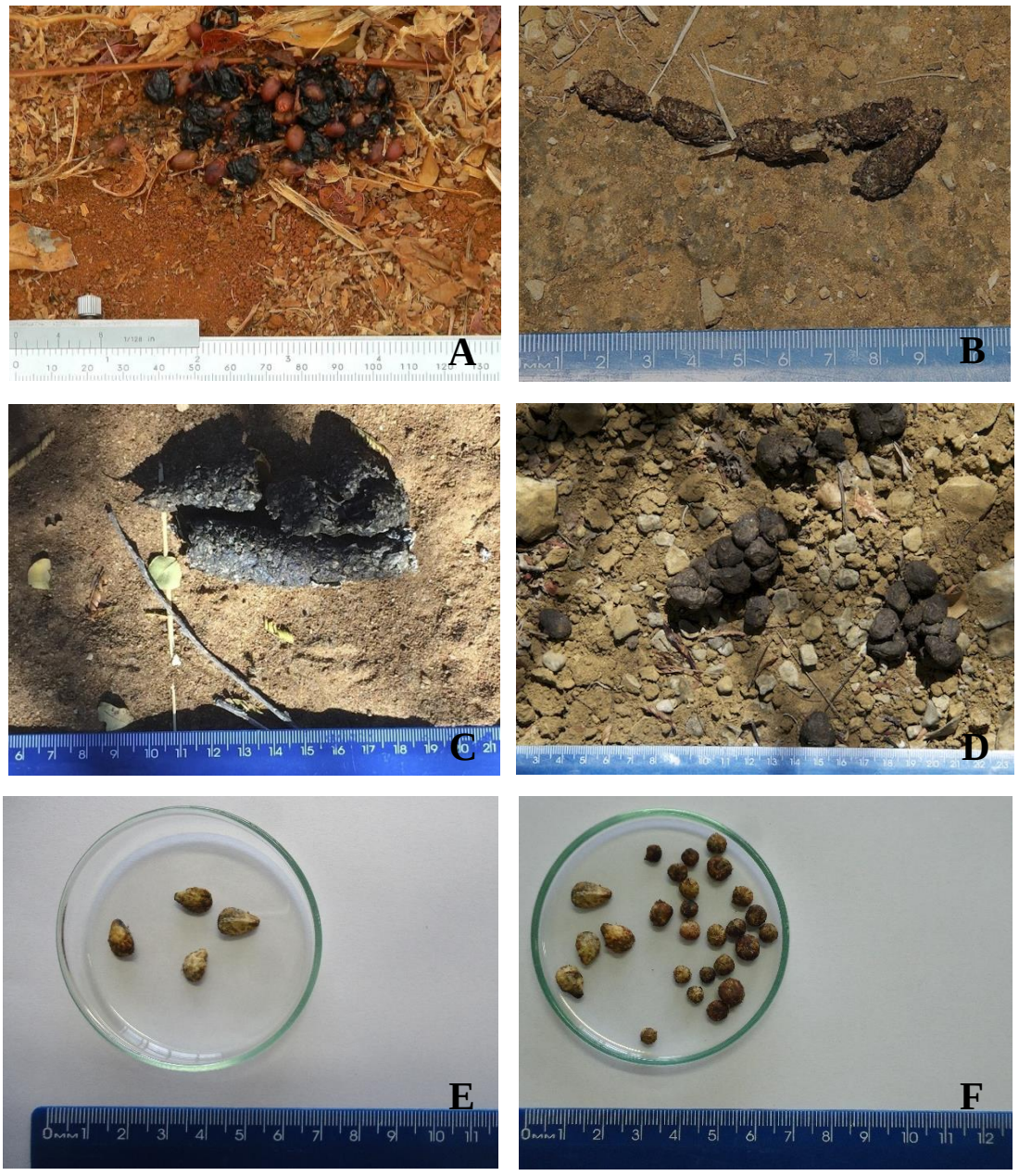
Os dados acumulados mensais de precipitação da região em estudo referente ao período de 2013 a 2018 foram obtidos no banco de dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A – EMPARN (disponível em: http://www.emparn.rn.gov.br) e do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais – CEMADEN (disponível em: www.cemaden.gov.br).

2.2.3 Influência relativa das espécies zoocóricas na dieta de vertebrados

Coletamos amostras fecais nas três trilhas percorridas no Parna Furna Feia para a identificação das espécies zoocóricas consumidas pelos animais silvestres de médio e grande. Para cada amostra fecal encontrada durante as expedições à área de estudo, foi seguida a seguinte metodologia: (i) captura de imagem com escala e coleta de dados morfométricos (comprimento e largura), (ii) identificação da espécie animal referente à amostra fecal, por meio da análise do tamanho e formato das fezes e das pegadas adjacentes à amostra fecal, com o auxílio de guia de rastros de animais silvestres (BORGES; TOMÁS, 20004) (Figura

3A-D), (iii) georeferenciamento da localização da amostra fecal (com o auxílio do GPS), e (iv) armazenamento da amostra em recipiente plástico devidamente identificado. Os dados parciais das amostras fecais de macacos-prego foram previamente apresentados por Paixão (2017), mas foram analisados conjuntamente com as demais espécies de vertebrados pela primeira vez neste estudo.

Figura 3. Amostras fecais coletadas nas trilhas do Parque Nacional da Furna Feia, RN, Brasil. A = Fezes de jacu (*Penelope* sp.); B = Fezes de macaco-prego (*Sapajus libidinosus*); C = Fezes de cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*); D = Fezes de cateto (*Tayassu pecari*); E = Sementes de imburana (*Commiphora leptophloeos*) e F = sementes de imburana (*Commiphora leptophloeos*) (sementes maiores à esquerda) e *Guettarda* sp. (sementes menores à direita), encontradas após triagem de duas amostras fecais.



Fonte: Autor (2019).

Todas as amostras fecais coletadas durante as expedições foram encaminhadas ao Laboratório de Ecologia Evolutiva e Molecular (Ecomol), localizado na Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), onde foram triadas para a análise da dieta das espécies de animais silvestres. A triagem de cada amostra fecal foi conduzida individualmente em placas de Petri com o auxílio de água, pinças e papel filtro, para a separação das possíveis sementes (Figura 3E-F). Todas as sementes triadas em cada amostra foram acondicionadas em recipientes individuais por amostra fecal e secadas em estufa 34^0C. Após secagem, as sementes foram identificadas com o auxílio de guias de identificação (LORENZI, 1992, 1998; LIMA, 2012; MAIA, 2012; MAIA-SILVA *et al.*, 2012), visita ao herbário Dárdamo de Andrade Lima/UFERSA e consultas da espécimes identificados da carpoteca do Laboratório Ecomol/UFERSA.

2.3 Análise de dados

2.3.1 Fenologia da frutificação

Para descrever os padrões da fenologia da frutificação das espécies zoocóricas na área de estudo, foi utilizado a estatística circular (ZAR, 1996; MORELLATO *et al.*, 2010; PILON *et al.*, 2015). Os meses do ano foram convertidos em ângulos, em intervalos de 30°, iniciando pelo ângulo 0° que corresponde ao mês de janeiro, até o ângulo 330° que corresponde o mês de dezembro (ZAR, 1996). Foram construídos histogramas circulares para representar a sazonalidade da frutificação a partir da frequência média, a qual foi expressa em porcentagem de indivíduos que apresentaram a fenofase da frutificação em cada mês no período em estudo (ZAR, 1996; PILON *et al.*, 2015). Para cada espécie investigada, calculou-se o ângulo médio (μ) para a indicação de seu pico de frutificação. Neste estudo, considerou-se como 'pico de frutificação' o mês do ano em que a fenofase da frutificação ocorreu para a maioria dos indivíduos ao longo do intervalo de ano. Adicionalmente, calculou-se o comprimento do vetor *r*, o qual representa uma medida da concentração da fenofase em torno do ângulo médio, com valores variando de 0 a 1, onde o valor 0 representa a distribuição uniforme dos dados e o valor 1 reflete a distribuição agregada dos dados em torno do ângulo médio (ZAR, 1996). Quando o comprimento do vetor *r* foi suficientemente alto (> 0,5) as hipóteses de aleatoriedade foram rejeitadas (MORELLATO *et al.*, 2010). Como parte da análise da estatística circular, foi realizado o teste de Rayleigh (*p*) para cada espécie, com a finalidade de testar a significância do ângulo médio (ZAR, 1996). Foram realizadas as análises da

estatística circular na versão teste do software ORIANA versão 4.0, Kovach Computing Services, Anglesey, Reino Unido) (Kovach, 2013). A análise circular foi aplicada à fenologia da frutificação para cada espécie separadamente, com o objetivo de avaliar as variações interespecíficas.

2.3.2 Precipitação e fenologia da frutificação

A análise de regressão linear simples (ZAR, 1996) foi utilizada para analisar a relação entre fenologia da frutificação (número total de indivíduos independente da espécie em frutificação em cada mês) e a precipitação pluviométrica mensal (precipitação acumulada de cada mês). O coeficiente de determinação (R^2) e a análise de variância, em nível de significância de 5%, foram utilizados para testar a significância da regressão linear (ZAR, 1996). Esses mesmos testes foram utilizados para analisar a relação entre fenologia da frutificação para cada espécie vegetal (porcentagem de indivíduos que apresentaram a fenofase da frutificação a cada mês) e a intensidade de precipitação pluviométrica (precipitação acumulada a cada mês). Os testes de regressão linear foram realizados utilizando o software livre PAST versão 3.22 (https://folk.uio.no/ohammer/past/) (HAMMER *et al.*, 2001).

2.3.3 Influência relativa das espécies zoocóricas na dieta de vertebrados

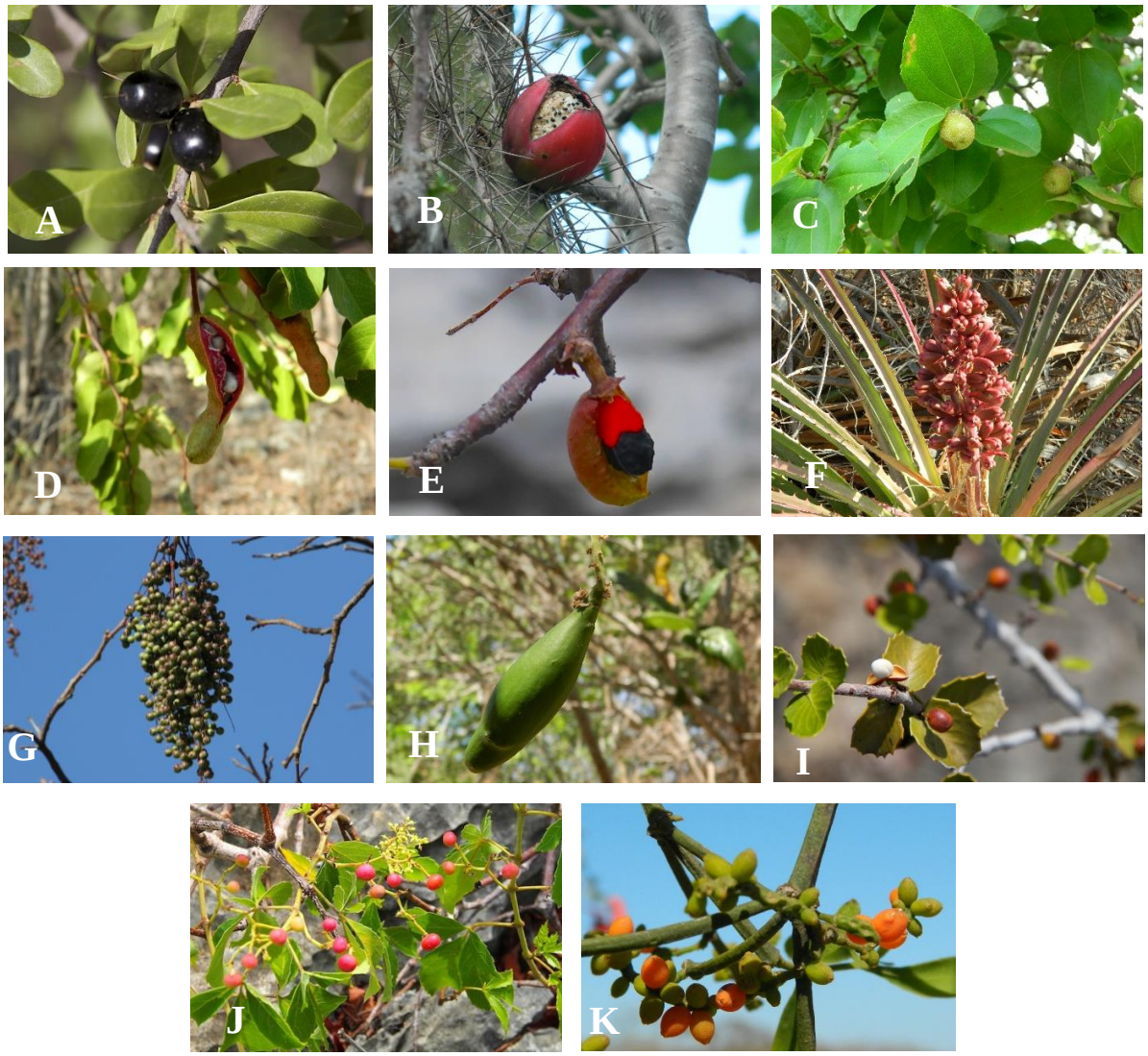
Para cada espécie de semente identificada, calculou-se a Frequência de Ocorrência (FO%) definida como o número de amostras fecais em que ocorre a espécie de semente em particular, dividido pelo número total de amostras fecais com presença de sementes. A partir da frequência de ocorrência, foi proposto uma rede de interação quantitativa entre as espécies de animais e plantas zoocóricas para a área de estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fenologia da frutificação

As análises circulares da fenologia da frutificação de 11 espécies zoocóricas investigadas possibilitaram a identificação de diferenças sazonais na disponibilidade de frutos para a fauna silvestre na área de estudo (Figura 4).

Figura 4. Frutos das espécies vegetais analisadas quanto a fenologia da frutificação no Parque Nacional da Furna Feia, RN, Brasil. A = *Sideroxylon obtusifolium* (quixabeira); B = *Cereus jamacaru* (mandacaru); C = *Ziziphus joazeiro* (juazeiro); D = *Cynophalla flexuosa* (feijão-bravo); E = *Commiphora leptophloeos* (imburana); F = *Bromelia laciniosa* (macambira); G = *Myracrodruon urundeuva* (aroeira); H = *Licania rigida* (oiticica); I = *Maytenus rigida* (bom-nome); J = *Cissus* sp. (cipó-uva); K = *Phoradendron quadrangulare* (erva-de-passarinho).



Fonte: Vitor Lunardi (2018).

Ao longo do interstício de janeiro a dezembro, houve a presença de pelo menos uma das 11 espécies zoocóricas com frutos maduros, disponível para a fauna que utiliza este recurso alimentar (Figuras 5 e 6). Este resultado corrobora a premissa de que, na Caatinga, as diferentes espécies zoocóricas possuem diferenças no período de frutificação ao longo do ano (ver GRIZ; MACHADO, 2001; LIMA *et al.*, 2012; SILVEIRA *et al.*, 2013). A existência da frutificação de espécies zoocóricas ao longo de todo o ano, registrado neste estudo, é um padrão fenológico descrito para outras florestas tropicais, especialmente as úmidas

(SMYTHE, 1970; HILTY, 1980; WHEELWRIGHT, 1985; MORELLATO *et al.*, 1989; MORELLATO, 1995; DEVELEY; PERES, 2000; TALORA; MORELLATO, 2000; REYS *et al.*, 2005). É muito provável que este padrão de frutificação tenha envolvido históricos co-evolutivos entre flora zoocórica e fauna dispersora de sementes que resultaram em uma maximização da efetividade de dispersão para as espécies vegetais e na manutenção de recursos para os animais dispersores de sementes ao longo do ano (SMYTHE, 1970; HILTY, 1980; WHEELWRIGHT, 1985; REYS *et al.*, 2005; FLEMING; KRESS, 2011).

Quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium*) frutificou durante a estação chuvosa, apresentando alta sazonalidade, com as maiores frequências de frutificação entre os meses de dezembro e março, e com o pico de frutificação no mês de janeiro (Figura 5A; Tabela 2). Mandacaru (*Cereus jamacaru*), juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) e feijão-bravo (*Cynophalla flexuosa*) apresentaram pico de frutificação no mês de março. Mandacaru (*Cereus jamacaru*) e juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) apresentaram alto grau de sazonalidade e a frutificação dos indivíduos dessas espécies se estendeu até o mês de abril (Figura 5B-C; Tabela 2). Já a frutificação do feijão-bravo (*Cynophalla flexuosa*) se estendeu por toda a estação chuvosa, resultando na menor sazonalidade dos indivíduos ao longo do ano (Figura 5D; Tabela 2). Os padrões de frutificação da imburana (*Commiphora leptophloeos*) e macambira (*Bromelia laciniosa*) também foram sazonais. Estas duas espécies iniciaram a frutificação em março, se estendendo até junho, com pico de frutificação em abril (Figura 5E-F; Tabela 2).

Portanto, as espécies *Sideroxylon obtusifolium* (quixabeira), *Cereus jamacaru* (mandacaru), *Ziziphus joazeiro* (juazeiro), *Cynophalla flexuosa* (feijão-bravo), *Commiphora leptophloeos* (imburana) e *Bromelia laciniosa* (macambira) presentam, na Caatinga, estratégia reprodutiva de frutificação zoocórica na estação chuvosa, disponibilizando de forma parcialmente assincrônica, mas consecutiva dentro desta estação, frutos para a população de vertebrados que utilizam este recurso em sua dieta. Estas espécies vegetais são extremamente importantes para a persistência espacial e temporal, tanto dos animais frugívoros residentes, quanto os migratórios que utilizam a região durante a estação chuvosa. De fato, na Caatinga, um maior número de registro de aves migratórias, incluindo frugívoros, ocorre no período da maior disponibilidade de frutos carnosos, consequência da maior precipitação pluviométrica (e.g., RUIZ-ESPARZA *et al.*, 2011).

Tabela 2. Resultados da análise estatística circular para a ocorrência de sazonalidade da fenologia da frutificação para as 11 espécies zoocóricas no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.

Família/ Espécie	Ângulo médio (μ)	Mês médio	Vetor *r*	Teste de Rayleigh (*p*)	Período de frutificação
ANACARDIACEAE					
Myracrodruon urundeuva Allemão	238,946°	Agosto	0,746	< 1E-12	Seco
BROMELIACEAE					
Bromelia laciniosa Mart. ex Schult. & Schult.f.	110,518°	Abril	0,74	< 1E-12	Chuvoso
BURSERACEAE					
Commiphora leptophloeos (Mart.) J.B.Gillett	106,271°	Abril	0,66	< 1E-12	Chuvoso
CACTACEAE					
Cereus jamacaru DC.	83,401°	Março	0,96	< 1E-12	Chuvoso
CAPPARACEAE					
Cynophalla flexuosa (L.) J.Presl	68,89°	Março	0,48	1,56E-10	Chuvoso
CELASTRACEAE					
Maytenus rigida Mart.	287,098°	Outubro	0,81	< 1E-12	Seco
CHRYSOBALANACEAE					
Licania rigida Benth.	298,804°	Outubro	0,92	< 1E-12	Seco
RHAMNACEAE					
Ziziphus joazeiro Mart.	89,874°	Março	0,81	< 1E-12	Chuvoso
SAPOTACEAE					
Sideroxylon obtusifolium (Roem. & Schult.) T.D.Penn.	33,406°	Fevereiro	0,59	< 1E-12	Seco
SANTALACEAE					
Phoradendron quadrangulare (Kunth) Griseb.	356,002°	Dezembro	0,35	5,02E-05	Chuvoso
VITACEAE					
Cissus sp.	323,282°	Novembro	0,86	< 1E-12	Seco

Fonte: Autor (2019).

A frutificação da aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) ocorreu durante a estação seca, entre os meses de julho e outubro. O pico de frutificação desta espécie foi em agosto, e a análise circular resultou em um alto grau de sazonalidade (Figura 6A; Tabela 2). A análise da fenologia da frutificação da oiticica (*Licania rigida*) e bom-nome (*Maytenus rigida*) indicou alto grau de sazonalidade para ambas as espécies, com pico de frutificação em outubro (Figura 6B-C; Tabela 2). A espécie cipó-uva (*Cissus* sp.) apesentou o pico de frutificação em novembro e alto grau de sazonalidade, estendendo sua frutificação até dezembro (Figura 6D; Tabela 2). Erva-de-passarinho (*Phoradendron quadrangulare*) frutificou ao longo do ano, apresentando baixo grau de sazonalidade (Figura 6E; Tabela 2).

Este comportamento fenológico atípico da espécie erva-de-passarinho, quando comparado as demais espécies investigadas, pode ser explicado pelo hábito hemiparasita, no qual esta planta consome água e nutrientes da planta hospedeira (revisão em ARRUDA, *et al*., 2012). A produção de flores e frutos de ervas-de-passarinho por longos períodos beneficia um número elevado de polinizadores e dispersores de sementes (revisão em ARRUDA, *et al*.,

2012). Estes resultados indicam que as espécies *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), *Licania rigida* (oiticica), *Maytenus rigida* (bom-nome), *Cissus* sp. (cipó-uva) e *Phoradendron quadrangulare* (erva-de-passarinho) podem ser consideradas como um recurso importante para a fauna da Caatinga, pelo fato de terem frutificado em períodos de maior escassez de recursos para os animais desta região. Embora a alta produtividade das florestas tropicais sazonalmente secas seja restrita ao período chuvoso, concentrado de três a seis meses, na estação seca também há disponibilidade de frutos, embora reduzida, sendo ambas as estações importantes para a manutenção de espécies animais residentes e migratórias e das interações ecológicas (ASLAN *et al.*, 2013; VALIENTE-BANUET *et al.*, 2015; BANDA-R *et al.*, 2016).

Figura 5. Representação circular da frequência média de indivíduos em frutificação de espécies zoocóricas no Parque Nacional da Furna Feia, RN, Brasil. As setas representam o comprimento médio do vetor (r) de cada espécie. A = *Sideroxylon obtusifolium* (quixabeira); B = *Cereus jamacaru* (mandacaru); C = *Ziziphus joazeiro* (juazeiro); D = *Cynophalla flexuosa* (feijão-bravo); E = *Commiphora leptophloeos* (imburana); F = *Bromelia laciniosa* (macambira).

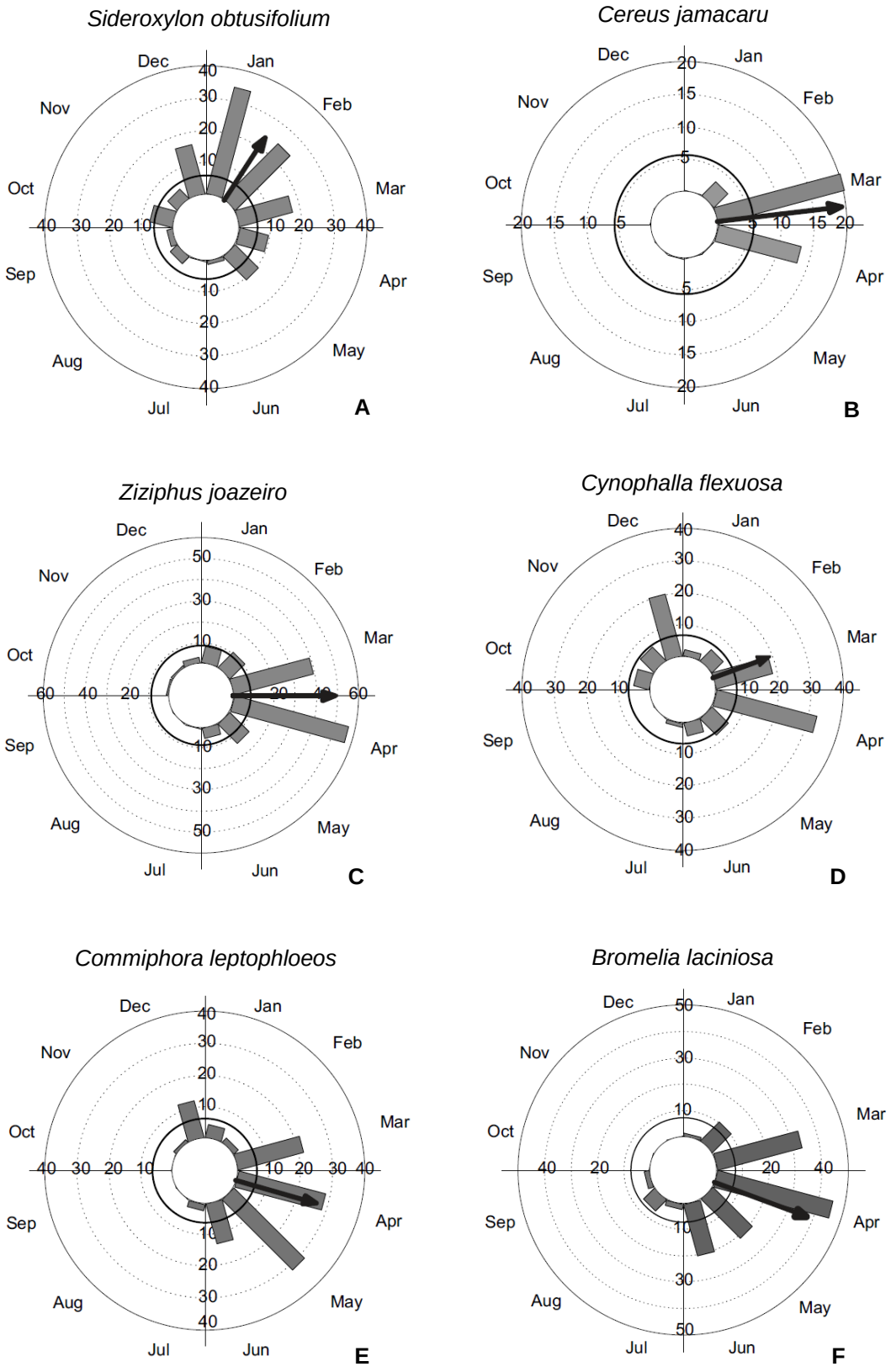
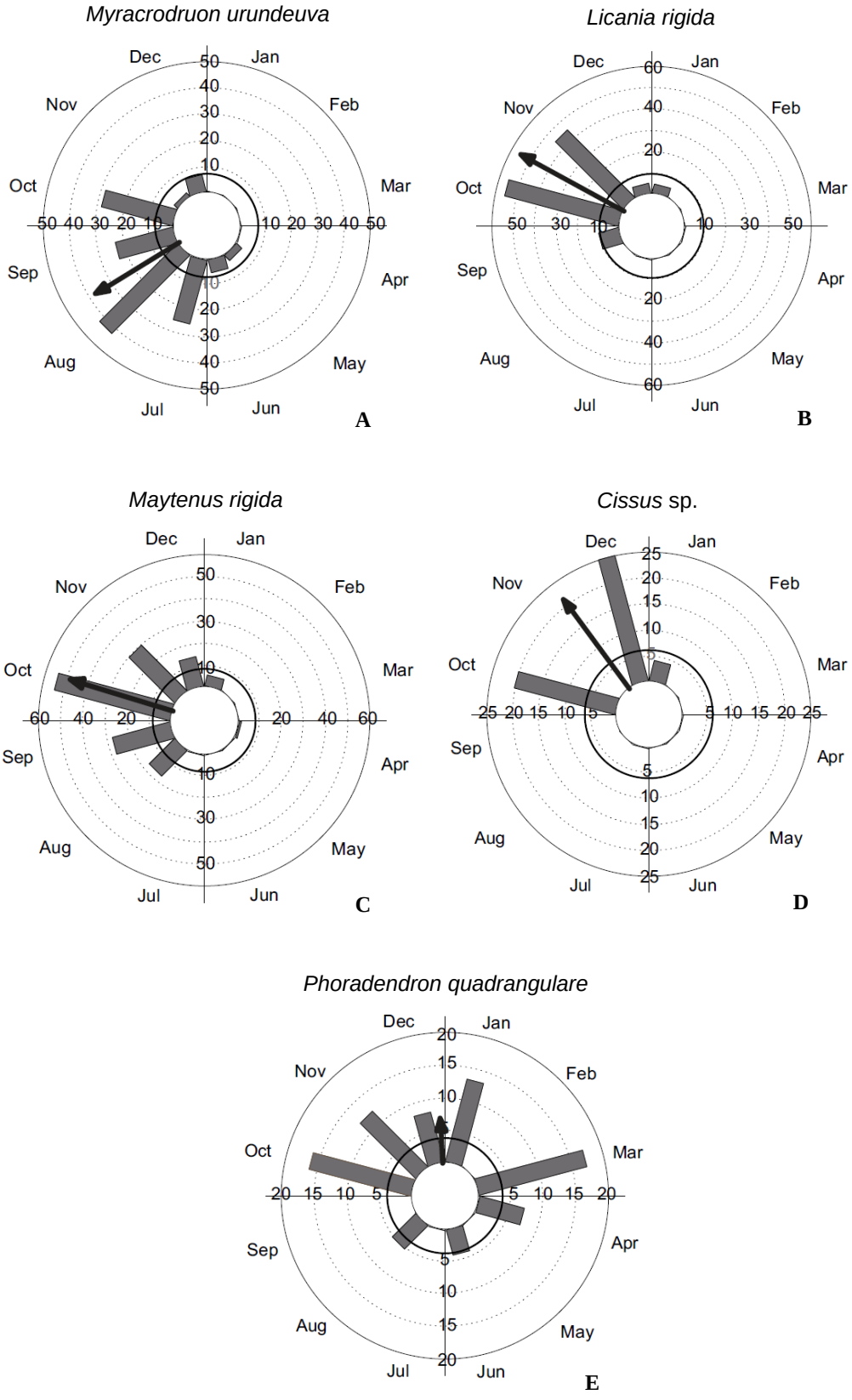


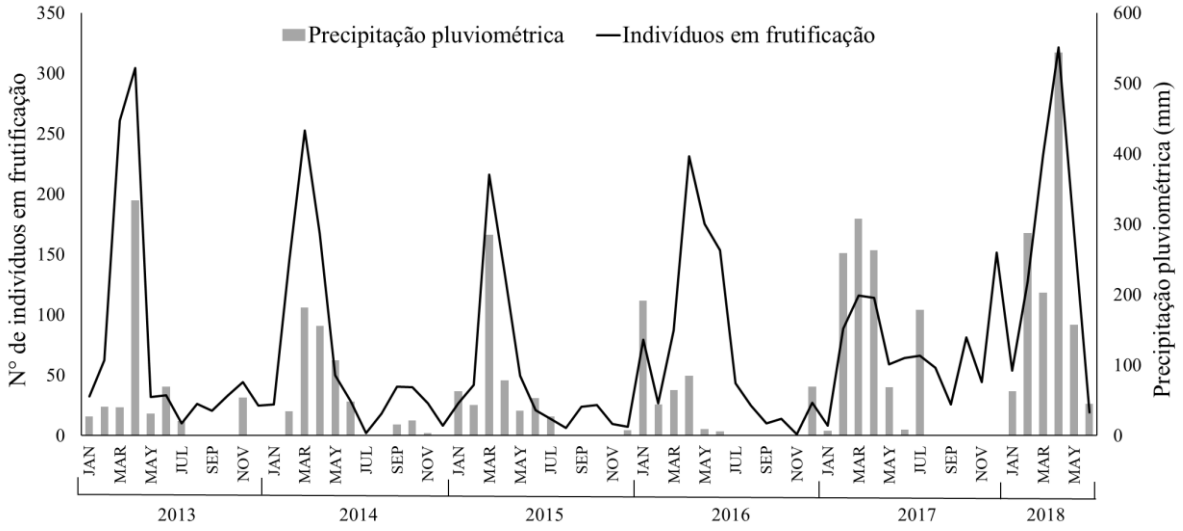
Figura 6. Representação circular da frequência média de indivíduos em frutificação de espécies zoocóricas no Parque Nacional da Furna Feia, RN, Brasil. As setas representam o comprimento médio do vetor (*r*) de cada espécie. A = *Myracrodruon urundeuva* (aroeira); B = *Licania rigida* (oiticica); C = *Maytenus rigida* (bom-nome); D = *Cissus* sp. (cipó-uva); E = *Phoradendron quadrangulare* (erva-de-passarinho).



3.2 Precipitação e fenologia da frutificação

A partir de dados mensais do número total de indivíduos em frutificação ao longo de cinco anos de estudo, foi identificada relação direta entre a disponibilidade de indivíduos apresentando frutos zoocóricos e a intensidade da precipitação pluviométrica (coeficiente de determinação: $R^2 = 0{,}472$; $p < 0{,}0001$; n = 66; Figura 7). Na área de estudo, a maioria das espécies investigadas frutificou na estação chuvosa e este padrão foi semelhante aos padrões de frutificação descritos para Serra Talhada-PE (LIMA *et al.*, 2012), outras florestas tropicais secas (GRIZ; MACHADO, 2001; SILVEIRA *et al*., 2013; MENDOZA *et al.*, 2017) e florestas tropicais úmidas, especialmente matas ciliares (MORELLATO *et al.*, 2000; FUNCH *et al.*, 2002; REYS *et al.*, 2005). Mas diferiu do padrão descrito para florestas tropicas semidecíduas (MORELLATO, 1995; MORELLATO; LEITÃO-FILHO, 1996).

Figura 7. Número total de indivíduos em frutificação de 11 espécies zoocóricas e precipitação pluviométrica acumulada (mm) registrados mensalmente entre janeiro de 2013 e junho de 2018, no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.



Fonte: Autor (2019).

A frutificação da macambira (*Bromelia laciniosa*), imburana (*Commiphora leptophloeos*) e juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) foi positivamente relacionada com a intensidade da precipitação pluviométrica (Tabela 3). Já a frutificação da aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), oiticica (*Licania rigida*) e bom-nome (*Maytenus rigida*) foi negativamente relacionada à esta intensidade (Tabela 3). Embora a aroeira possua caracteristicamente frutos secos com estruturas aladas (anemocoria), estes frutos foram também consumidos por animais durante a estação seca – os quais buscaram recurso na camada de lipídeos que envolve as

sementes. Estes resultados corroboram, em parte, o padrão de frutificação registrado em outras áreas de Caatinga, onde a maioria das espécies zoocóricas frutificou na estação chuvosa, enquanto a maioria das espécies anemocóricas frutificou na estação seca (GRIZ; MACHADO, 2001; LIMA *et al.*, 2012; MENDOZA *et al.*, 2017). Em uma visão geral sobre a flora da Caatinga, é conhecido que as fenofases reprodutivas são desencadeadas principalmente pelas chuvas (GRIZ; MACHADO, 2001; SILVEIRA *et al*., 2013).

Tabela 3. Análise de regressão linear entre o número total de indivíduos em frutificação de 11 espécies zoocóricas e a precipitação pluviométrica acumulada (mm), registrados mensalmente no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil. Resultados significativos são apresentados em negrito.

Espécie	Nome comum	Equação de regressão linear	R^2	*p*
Bromelia laciniosa Mart. ex Schult. & Schult.f.	Macambira	Y = 0.0294X + 0.0126	**0.111**	**0.006**
Cereus jamacaru DC.	Mandacaru	Y = 0.0160X - 0.0004	0.054	0.059
Cissus sp.	Cipó-uva	Y = -0.0132X + 0.0257	0.004	0.100
Commiphora leptophloeos (Mart.) J.B.Gillett	Imburana	Y = 0.0305X + 0.0043	**0.149**	**0.001**
Cynophalla flexuosa (L.) J.Presl	Feijão-bravo	Y = 0.0118X + 0.0211	0.026	0.195
Licania rigida Benth.	Oiticica	Y = -0.0250X + 0.0559	**0.074**	**0.027**
Maytenus rigida Mart.	Bom-nome	Y = -0.0322X + 0.0716	**0.124**	**0.004**
Myracrodruon urundeuva Allemão	Aroeira	Y = -0.0480X + 0.0841	**0.282**	**<0.001**
Phoradendron quadrangulare (Kunth) Griseb.	Erva-de-passarinho	Y = 0.0051X + 0.0016	0.022	0.230
Sideroxylon obtusifolium (Roem. & Schult.)	Quixabeira	Y=0.0056X + 0.0338	0.005	0.594
Ziziphus joazeiro Mart.	Juazeiro	Y=0.0318X + 0.0074	**0.119**	**0.005**

Y: número de indivíduos em frutificação; X: precipitação pluviométrica mensal.
R^2: coeficiente de determinação; *p*: significância de análise de variância.
Fonte: Autor (2019).

Por outro lado, a frutificação da quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium*), cipó-uva (*Cissus* sp.), feijão-bravo (*Cynophalla flexuosa*) e erva-de-passarinho (*Phoradendron quadrangulare*) não apresentou relação significativa com a precipitação pluviométrica mensal (Tabela 3). A frutificação em períodos de baixa intensidade de precipitação pluviométrica pode ser uma estratégia evolutivamente estável para esta espécies, uma vez que seus frutos tornam-se atrativos para potenciais dispersores em um período de menor disponibilidade de recursos (JANZEN, 1967). Conforme observado na análise circular, estas espécies possuem um amplo período de frutificação como estratégia reprodutiva, sendo, por isso, particularmente um importante recurso para a fauna entre o final da estação seca e início da estação chuvosa (LIMA; RODAL, 2010). Embora, neste estudo, não se tenha registrado relação significativa entre a frutificação do mandacaru e a precipitação pluviométrica, esta relação já foi apontada para a Caatinga, no qual o pico de frutificação do mandacaru inclusive foi registrado entre os meses de fevereiro e junho (GOMES *et al.*, 2014).

A fenologia de frutificação das espécies zoocóricas na área de estudo foi bem diversa quanto ao início e a duração no período de frutificação, indicando parcial assincronia no período de frutificação. A intensidade da precipitação pluviométrica influenciou a frutificação de mais de 50% das espécies zoocóricas, corroborando a predição de existência de relação entre precipitação e frutificação para a maioria das plantas da Caatinga (SILVEIRA *et al.*, 2013). Modelos climáticos preveem mudanças nas condições climáticas para a Terra nos próximos anos, e as previsões apontam que regiões áridas e semiáridas (incluindo a Caatinga) se tornarão mais secas (MENDOZA *et al.*, 2017). Se isso de fato ocorrer, estima-se que uma das consequências desta mudança climática será a redução na oferta de frutos para a fauna silvestre nestas regiões. Isto resultaria primeiramente no declínio populacional de espécies da fauna dependente de frutos e, consequentemente, de plantas zoocóricas, ao influenciar o recrutamento e a manutenção destas espécies vegetais com a redução da dispersão das sementes pela fauna (MENDOZA *et al.*, 2017).

3.3 Importância relativa das espécies zoocóricas na dieta de vertebrados

No período de estudo, foram coletadas 704 amostras fecais nas três trilhas percorridas da área de estudo. Após a triagem, 410 amostras fecais não continham sementes e 294 amostras fecais continham sementes intactas. Identificou-se um total de 16 espécies vegetais, sendo 12 espécies nativas (Tabela 4) e quatro exóticas (Tabela 5). Estas espécies da flora são comumente utilizadas por aves e mamíferos silvestres de médio e grande porte como recurso alimentar.

As espécies vegetais mais frequentes nas amostras fecais foram, em ordem decrescente: quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium*: FO% = 44,9, n = 132), frei-jorge (*Cordia trichotoma:* FO% = 11,6, n = 34) e juazeiro (*Ziziphus joazeiro*: FO% = 9,9, n = 29) (Tabela 4). De fato, quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium*) e juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) recebem numerosas visitas de animais silvestres no período de frutificação (THEL *et al*., 2015; COINER-COLLIER *et al*., 2016) e são importantes para a dieta de frugívoros na Caatinga, por possuírem polpa suculenta rica em carboidratos (LORENZI, 1992; 1998; THEL *et al*., 2015). Outra característica da quixabeira e do juazeiro é a alta produção anual de frutos e sementes (LORENZI, 1992), o que intensifica o seu consumo por animais silvestres e subsequente dispersão. Estas características são importantes à sobrevivência e à reprodução das populações destas plantas, uma vez que maximizam a deposição de suas sementes em

outros ambientes não habitados pela espécie, longe da área competitiva (GALETTI *et al.*, 2006; JORDANO *et al.*, 2006).

Tabela 4. Frequência de Ocorrência (FO%) de sementes das 12 espécies vegetais nativas presentes nas amostras fecais de aves e mamíferos silvestres no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.

Família/ Espécie	Nome Comum	N° de amostras fecais	Frequência de Ocorrência (FO%)
ANACARDIACEAE			
Myracrodruon urundeuva Allemão	Aroeira	4	1,4
Spondias sp.	Cajarana	1	0,3
BORAGINACEAE			
Cordia trichotoma (Vell.) Arráb. ex Steud.	Frei-jorge	34	11,6
ARECACEAE			
Copernicia prunifera (Mill.) H.E.Moore	Carnaúba	3	1,0
BURSERACEAE			
Commiphora leptophloeos (Mart.) J.B.Gillett	Imburana	1	0,3
CELASTRACEAE			
Maytenus rigida Mart.	Bom-nome	3	1,0
FABACEAE			
Centrosema sp.	Centrosema	1	0,3
RHAMNACEAE			
Ziziphus joazeiro Mart.	Juazeiro	29	9,9
RUBIACEAE			
Guettarda sp.	Guettarda	8	2,7
SAPOTACEAE			
Sideroxylon obtusifolium (Roem. & Schult.) T.D.Penn.	Quixabeira	132	44,9
SANTALACEAE			
Phoradendron quadrangulare (Kunth) Griseb.	Erva-de-passarinho	3	1,0
VITACEAE			
Cissus sp.	Cipó-uva	27	9,2

Fonte: Autor (2019).

Por outro lado, frei-jorge (*Cordia trichotoma*) possui fruto seco com cálice persistente (ver LORENZI, 1992) e o seu consumo foi frequente por vertebrados, conforme os resultados obtidos na análise de amostras fecais. Vale destacar que apenas um indivíduo de frei-jorge foi encontrado na área de estudo, por isso esta espécie não foi incluída nas análises fenológicas. O período de frutificação de frei-jorge ocorreu na estação seca, entre julho à setembro. Frei-jorge e as cinco espécies monitoradas no estudo fenológico que frutificaram no período seco, *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), *Licania rigida* (oiticica), *Maytenus rigida* (bom-nome), *Cissus* sp. (cipó-uva) e *Phoradendron quadrangulare* (erva-de-passarinho), foram importantes fontes alimentares para os animais silvestres, exatamente no período em que

frutos carnosos encontram-se em baixa disponibilidade nas florestas secas (MACHADO, *et al.*, 1997; GRIZ; MACHADO, 2001). Adicionalmente, identificou-se prevalência do consumo de espécies vegetais nativas, quando comparado à espécies exóticas, por vertebrados de médio e grande porte. Este resultado corrobora a importância de espécies nativas para a sobrevivência dos animais silvestres (ver GALETTI *et al.*, 2006; ASLAN *et al.*, 2013; VALIENTE-BANUET *et al.*, 2015) e para a dispersão de sementes (ver JORDANO *et al.*, 2006; MORELLATO *et al.*, 2016) na Caatinga.

Apesar da frequência de sementes exóticas ter sido baixa nas amostras de fezes, quando comparada a frequência de sementes nativas, o fato é que vertebrados de médio e grande porte parecem buscar recursos alimentares alternativos além dos limites do remanescente florestal protegido investigado, tendo em vista que no interior do Parna Furna Feia não há registro de espécies exóticas. As espécies exóticas mais frequentes nas amostras fecais foram, em ordem decrescente: algaroba (*Prosopis juliflora*; FO = 6,8%, n = 20), seguida pelo mamão (*Carica papaya*; FO = 6,1%, n = 18) e melancia (*Citrullus lanatus*; FO = 4,8%, n = 14; Tabela 5).

Tabela 5. Frequência de Ocorrência (FO%) de sementes de espécies vegetais exóticas presentes nas amostras fecais de aves e mamíferos silvestres no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.

Família / Espécie	Nome comum	N° de amostras fecais	Frequência de Ocorrência (FO%)
CARICACEAE			
Carica papaya L.	Mamão	18	6,1
CUCURBITACEAE			
Citrullus lanatus (Thunb.) Matsum. & Nakai	Melancia	14	4,8
Cucumis sp.	Melão	1	0,3
LEGUMINOSAE			
Prosopis juliflora (Sw.) DC.	Algaroba	20	6,8

Fonte: Autor (2019).

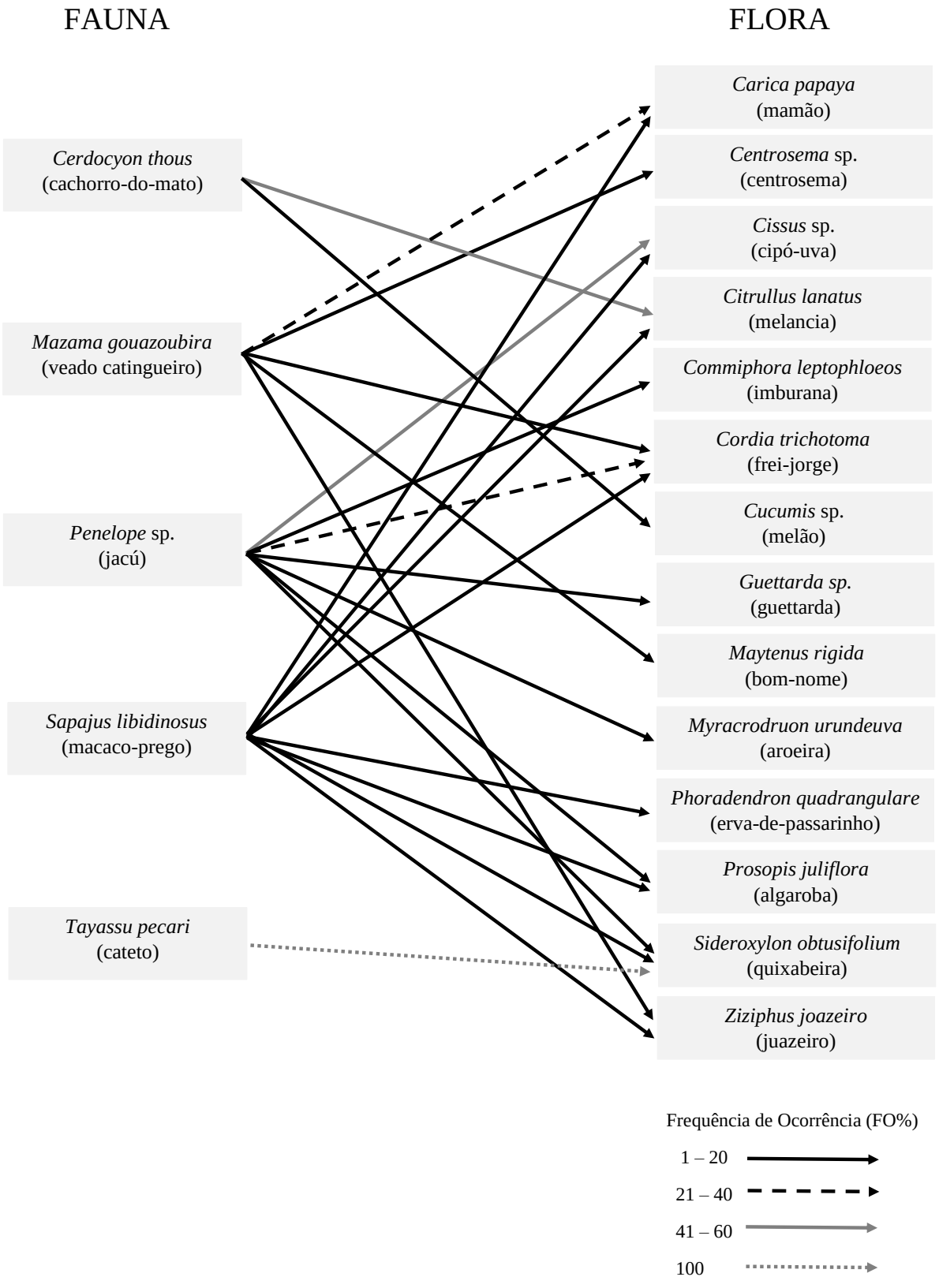
A presença das sementes de mamão, melancia e melão (*Cucumis* sp.) nas fezes de animais silvestres do Parna Furna Feia parece indicar que estes animais estão visitando e se alimentando das plantações de fruticultura irrigada ao redor deste Parna. Quatro das cinco espécies animais: *Sapajus libidinosus* (macaco-prego), *Mazama gouazoubira* (veado-catingueiro), *Cerdocyon thous* (cachorro-do-mato) e *Penelope* sp. (jacu), das quais as amostras de fezes foram analisadas neste estudo, consumiram espécies vegetais exóticas (Figura 8). O relato de produtores agrícolas sobre a presença de animais silvestres em suas plantações é comum em áreas próximas ao Parna Furna Feia, o que tem gerado conflitos

socioambientais evidentes entre humanos e vertebrados silvestres (observação pessoal). A proximidade dos cultivos agrícolas à unidades de conservação na Caatinga oportuniza o consumo de frutos ricos em carboidratos pelos animais silvestres, sendo uma alternativa de fonte de alimento, principalmente no período seco, quando ocorre à escassez de frutos zoocóricos (e.g., FREITAS *et al*., 2008; SPAGNOLETTI *et al*., 2017).

Do total de amostras fecais que possuíam sementes intactas (n = 294), foi possível a identificação da espécie animal em 121 amostras. A partir destas amostras, foi realizada uma rede de interações animal-planta que envolveu 14 espécies vegetais e cinco espécies animais, sendo cinco mamíferos: *Sapajus libidinosus* (macaco-prego; n = 81 amostras), *Mazama gouazoubira* (veado-catingueiro; n = 10), *Cerdocyon thous* (cachorro-do-mato; n = 5), *Tayassu pecari* (cateto; n = 1), e uma ave: *Penelope* sp. (jacu; n = 24) (Figura 8). O maior número de espécies vegetais, registrado por meio de suas sementes, foi encontrado em amostras fecais de macacos-prego (n = 8) e jacus (n = 7) (Figura 8). A relação mutualista entre aves e mamíferos e frutos provavelmente ocorre a pelo menos 90 milhões de anos (FLEMING; KRESS, 2011). Relações coevolutivas entre aves frugívoras e plantas produtoras de frutos carnosos podem ter contribuído para a grande diversificação destes dois grupos, e a consequente existência de alta diversidade e disponibilidade de frutos no ambiente provavelmente facilitou a evolução da frugivoria em primatas e outros grupos de vertebrados (FLEMING; KRESS, 2011). A dieta de macacos-prego, apesar de ser composta por diversos itens como raízes, vertebrados, artrópodes e néctar de flores (IZAWA, 1979; COINER-COLLIER *et al*., 2016), é predominantemente frugívora, sendo, por isso, um importante dispersor de sementes (FREITAS *et al*., 2008; MORAES *et al*., 2014; FALÓTICO *et al*., 2017). Na Caatinga, macacos-prego exibem comportamento de busca de alimento diversificado e utilização de ferramentas (MORAES *et al*., 2014; FALÓTICO *et al*., 2017), consumindo alimentos com rigidez e tamanho variados, mesmo alimentos com presença de espinhos (MORAES *et al*., 2014; FALÓTICO *et al*., 2017). Os jacus também são fundamentais para a dispersão de sementes em florestas tropicais úmidas (e.g., ZACA *et al*., 2006) e secas (e.g., THEL *et al*., 2015). Estas aves de grande porte possuem abertura do bico de grande dimensão, o que possibilita a ingestão de grande número de espécies frutíferas, incluindo espécies que produzem frutos com sementes grandes – sendo muitas vezes um dos poucos vertebrados que possuem esta habilidade em florestas (ZACA *et al*., 2006; THEL *et al*., 2015).

Após a triagem das amostras fecais, foram identificadas quatro espécies vegetais nativas e quatro exóticas que não estavam presentes no monitoramento fenológico. Uma explicação razoável para este fato seria que estes animais possuem ampla área de forrageamento (e.g., IZAWA, 1979; MORAES *et al*., 2014; THEL *et al*., 2015; DIAS; BOCCHIGLIERI, 2016), buscando recursos a grandes distâncias da área amostrada neste estudo. Este resultado pode implicar em duas conclusões: (i) vertebrados de médio e grande porte atuam como dispersores de sementes a grandes distâncias na Caatinga (ver também THEL *et al*., 2015; JORDANO *et al*., 2007) e (ii) estudos que analisam conjuntamente fenologia da frutificação e análise de amostras fecais fornecem dados complementares para uma melhor compreensão das interações ecológicas e dieta na Caatinga. Ainda, quanto ao resultado da análise fecal, quatro espécies vegetais (mandacaru, feijão-bravo, oiticica e macambira), registradas no estudo fenológico não foram encontradas nas amostras fecais. É provável que os frutos com sementes menores tenham atraído vertebrados de pequeno porte, como pássaros, lagartos ou morcegos (e.g., GOMES *et al.*, 2016, 2017) – cujas fezes não foram coletadas neste estudo, devido a dificuldade de identificação. Ainda, sementes destas plantas podem ter sido removidas das fezes de vertebrados de médio e grande porte por dispersores secundários (ver LEAL, 2003), antes de serem coletadas para análise.

Figura 8. Rede de interação entre 14 espécies vegetais zoocóricas, 4 mamíferos e 1 ave silvestre no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.



Fonte: Autor (2019).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo, realizado ao longo de cinco anos, indica que, em uma área remanescente protegida do bioma Caatinga há uma assincronia parcial quanto ao período de frutificação das espécies zoocóricas investigadas, proporcionando disponibilidade de frutos zoocóricos ao longo de todos os meses do ano. Assim, sugere-se que estratégias de conservação da fauna silvestre na Caatinga, especialmente de aves e mamíferos, devem estar diretamente relacionadas à conservação de espécies zoocóricas – uma vez que estas contribuem para a manutenção das populações animais, especialmente nos períodos de escassez hídrica e demais recursos.

A frutificação de nove das onze espécies zoocóricas analisadas ocorreu sazonalmente em curto e específico período do ano (quixabeira, cipó-uva, mandacaru, juazeiro, imburana, macambira, aroeira, oiticica e bom-nome), e para duas espécies o período de frutificação foi extenso (feijão-bravo e erva-de-passarinho). A intensidade da frutificação foi relacionada à precipitação pluviométrica para seis (macambira, imburana, oiticica, bom-nome, aroeira e juazeiro) das onze espécies analisadas, corroborando a predição de existência de relação entre precipitação e frutificação para a maioria das plantas da Caatinga.

Aves e mamíferos de médio e grande porte atuaram como potenciais dispersores de sementes, especialmente de espécies nativas da Caatinga. Em relação a fauna analisada, macaco-prego e o jacu se destacaram como potenciais dispersores, sendo encontrado uma maior riqueza de sementes em suas fezes. Sementes de espécies exóticas também foram encontradas nas amostras de fezes da fauna silvestre, indicando complementação da dieta em áreas antrópicas e alto potencial de dispersão a longas distâncias.

A partir do conhecimento dos padrões fenológicos de plantas zoocóricas, e da identificação de vertebrados de médio e grande porte como potenciais dispersores de sementes, foi possível identificar novos aspectos da dinâmica, estrutura e funcionamento dos ecossistemas da Caatinga, que poderão ser base para ações de manejo e conservação deste bioma.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, U. P. *et al.* Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. **The Scientific World Journal**, v. 2012, Artigo ID 205182, p. 1-18, 2012.

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Metereologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

APGAUA, D. M. G. *et al.* Floristic variation within seasonally dry tropical forests of the Caatinga Biogeographic Domain, Brazil, and its conservation implications. **International Forestry Review**, v. 17, n. S2, p. 33-44, 2015.

ARRUDA, R. *et al*. Ecology of neotropical mistletoes: an important canopy-dwelling component of Brazilian ecosystems. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 264-274, 2012.

ASLAN, C. E. *et al.* Mutualism disruption threatens global plant biodiversity: a systematic review. **PLoS one**, v. 8, n. 6, p. e66993, 2013.

BANDA-R, K. *et al.* Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. **Science**, v. 353, n. 6306, p. 1383-1387, 2016.

BENTO, D. M. *et al.* Seasonal variations in cave invertebrate communities in the semiarid Caatinga, Brazil. **Journal of Cave and Karst Studies**, v. 78, n. 2, p. 61, 2016.

BORGES, P. A. L.; TOMÁS, W. M. **Guia de rastros e outros vestígios de mamíferos do Pantanal.** 2004. 139 p.

BRASIL. Decreto S/N, de 5 de junho de 2012. Dispõe sobre a criação do Parque Nacional da Furna Feia, nos municípios de Baraúna e Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 06 jun.

CEMADEN - **Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais**. Monitoramento. Disponível em: <https://www.cemaden.gov.br/>.

CNUC/MMA - **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação**. Tabela consolidada de unidades de conservação. Brasília, 11 de fev. 2014. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80112/UCporBioma_0214_sem_Logo_copy.pdf >. Acesso em: 11 abr. 2018.

COINER-COLLIER, S. *et al.* Primate dietary ecology in the context of food mechanical properties. **Journal of human evolution**, v. 98, p. 103-118, 2016.

CÔRTES, M. C.; URIARTE, M. Integrating frugivory and animal movement: a review of the evidence and implications for scaling seed dispersal. **Biological Reviews**, v. 88, n. 2, p. 255-272, 2013.

CRUZ, J. B. *et al.* Diagnóstico Espeleológico do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Espeleologia**, v. 1, n. 1, p. 1-24, 2010.

D'EÇA-NEVES, F. F.; MORELLATO, L. P. C. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 1, p. 99-108, 2004.

DEVELEY, P. F.; PERES, C. A. Resource seasonality and the structure of mixed species bird flocks in a coastal Atlantic forest of southeastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 16, n. 1, p. 33-53, 2000.

DIAS, D. M.; BOCCHIGLIERI, A. Trophic and spatio-temporal niche of the crab-eating fox, *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) (Carnivora: Canidae), in a remnant of the Caatinga in northeastern Brazil. **Mammalia**, v. 80, n. 3, p. 281-291, 2016.

EMPARN - **Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A**. Monitoramento Pluviométrico. Disponível em: <http://www.emparn.rn.gov.br>.

FALÓTICO, T. *et al*. Digging up food: excavation stone tool use by wild capuchin monkeys. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2017.

FLEMING, T. H.; KRESS, W. J. A brief history of fruits and frugivores. **Acta Oecologica**, v. 37, n. 6, p. 521-530, 2011.

FLORA DO BRASIL 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < http://floradobrasil.jbrj.go.br/ >. Acesso em: 28 Jan. 2018.

FREITAS, C. H. *et al*. Agricultural crops in the diet of bearded capuchin monkeys, *Cebus libidinosus* Spix (Primates: Cebidae), in forest fragments in southeast Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n. 1, p. 32-39, 2008.

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

GALETTI, M. *et al.* Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. *In:* CULLEN JR., L.; RUDRAN, R.; VALADARES-PADUA, C. (Org.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Editora UFPR, 2006, p. 395-422.

GOMES, V. G. N. *et al.* Frugivory and seed dispersal by birds in *Cereus jamacaru* DC. ssp. *jamacaru* (Cactaceae) in the Caatinga of northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 1, p. 32-40, 2014.

_____ *et al.* Seed removal by lizards and effect of gut passage on germination in a columnar cactus of the Caatinga, a tropical dry forest in Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 135, p. 85-89, 2016.

_____ *et al.* Synchronous fruiting and common seed dispersers of two endemic columnar cacti in the Caatinga, a dry forest in Brazil. **Plant Ecology**, v. 218, n. 11-12, p. 1325-1338, 2017.

GRIZ, L. M. S.; MACHADO, I. C. S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in Caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of tropical Ecology**, v. 17, n. 2, p. 303-321, 2001.

HAMMER, Øyvind *et al.* PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia electronica**, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.

HILTY, S. L. Flowering and fruiting periodicity in a premontane rain forest in Pacific Colombia. **Biotropica**, p. 292-306, 1980.

IPNI - **The International Plant Names Index**. Plant Names. Disponível em: < http://www.ipni.org/ipni/plantnamesearchpage.do>.

IZAWA, K. Foods and feeding behavior of wild black-capped capuchin (*Cebus apella*). **Primates**, v. 20, n. 1, p. 57-76, 1979.

JANIO, Lopes Torquato. **Produção e consumo de frutos zoocóricos em dois fragmentos florestais do oeste do Rio Grande do Norte, Brasil.** 2015. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

JANZEN, D. H. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. **Evolution**, v. 21, n. 3, p. 620-637, 1967.

JORDANO, P. *et al.* Ligando frugivoria e dispersão de sementes à Biologia da Conservação. *In:* DUARTE, C. F. *et al.* (Eds.). **Biologia da Conservação**: essências. São Paulo: Rima, 2006, p. 411-436.

_____ *et al.* Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 9, p. 3278-3282, 2007.

KOVACH, W. L. Oriana version 4.0. Kovach Computing Services, Anglesey, 2013.

LEAL, I. R. Dispersão de sementes por formigas na Caatinga. *In:* LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M.C. (Eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003, p. 593-624.

LEITE, A. V. L.; MACHADO, I. C. Reproductive biology of woody species in Caatinga, a dry forest of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 11, p. 1374-1380, 2010.

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

_____ *et al.* Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil? **Trees**, v. 26, n. 5, p. 1605-1616, 2012.

LIMA, B. G. **Caatinga**: espécies lenhosas e herbáceas. Mossoró/RN: EdUFERSA - Editora Universitária, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2012. 316 p.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 4 ed. São Paulo: **Nova Odessa**, Instituto Plantarum, v. 1, 1992. 368 p.

_____ Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 2 ed. São Paulo: **Nova Odessa**, Instituto Plantarum, v. 2, 1998. 352 p.

MACHADO, I. C. S. *et al.* Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. Biotropica, v. 29, n. 1, p. 57-68, 1997.

MAIA, G. N. **Caatinga**: árvores e arbustos e suas utilidades. 2. ed. Fortaleza: Printcolor Grágica e Editora, 2012. 413 p.

MAIA-SILVA, C. *et al.* **Guia de plantas visitadas por abelhas na Caatinga.** Fundação Brasil Cidadão, Fortaleza, 2012. 191 p.

MENDOZA, I. *et al.* Continental-scale patterns and climatic drivers of fruiting phenology: a quantitative Neotropical review. **Global and Planetary Change**, v. 148, p. 227-241, 2017.

MORAES, B. L. C. *et al.* Adaptability in stone tool use by wild capuchin monkeys (*Sapajus libidinosus*). **American Journal of Primatology**, v. 76, n. 10, p. 967-977, 2014.

MORELATTO, L. P. C. As estações do ano na floresta. *In:* MORELLATO, P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. (Org.). **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana**. Editora da Unicamp, Campinas, 1995, p. 37-41.

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

_____ *et al.* Estudo comparativo das espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. **Rev. Bras. Bot., São Paulo**, v. 12, p. 85-98, 1989.

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

_____ *et al.* Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. *In:* HUDSON, I. L.; KEATLEY, M. (Org.). **Phenological research:** methods for environmental and climate change analysis. Springer, New York, 2010, p. 339-359.

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

PAIXÃO, Helen Figueiredo. **Dieta de macacos-prego *Sapajus libidinosus* (primata, cebidae) no Parque Nacional da Furna Feia, Caatinga do semiárido brasileiro.** 2017. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ecologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

PILON, N. A. L. *et al.* Padrões fenológicos de 111 espécies de Cerrado em condições de cultivo. **Hoehnea**, v. 42, n. 3, p. 425-443, 2015.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. *In:* LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M.C. (Eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003, p. 03-73.

REYS, P. *et al.* Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em mata ciliar no rio Formoso, Mato Grosso do Sul. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 2, p. 309-318, 2005.

RUIZ-ESPARZA, J. *et al*. Migratory birds in the semi-arid Caatinga scrublands of northeastern Brazil: diversity and seasonal patterns. **Ornitologia Neotropical**, v. 22, p. 15-24, 2011.

SANTOS, J. C. *et al.* Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. **Tropical Conservation Science**, v. 4, n. 3, p. 276-286, 2011.

SILVA, J. M. C.; BARBOSA, L. C. F. Impact of Human Activities on the Caatinga. *In:* SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (eds). **Caatinga**. Springer, Cham, 2017. p. 359-368.

SILVA, P. C. G. *et al.* Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. *In:* SA, I.B., SILVA, P.C.G. (Eds.). **Semiárido brasileiro**: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Embrapa Semiárido, Petrolina, Brasil, p. 18-48, 2010.

SILVEIRA, A. P. *et al.* Do vegetative and reproductive phenophases of deciduous tropical species respond similarly to rainfall pulses? **Journal of forestry research**, v. 24, n. 4, p. 643-651, 2013.

SMYTHE, N. Relationships between fruiting seasons and seed dispersal methods in a neotropical forest. **The American Naturalist**, v. 104, n. 935, p. 25-35, 1970.

SPAGNOLETTI, N. *et al*. Coexistence between humans and capuchins (*Sapajus libidinosus*): Comparing observational data with farmers' perceptions of crop losses. **International Journal of Primatology**, v. 38, n. 2, p. 243-262, 2017.

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.

THEL, T. N. *et al*. Aspects of the ecology of *Penelope superciliaris* temminck, 1815 (Aves: Cracidae) in the Araripe National Forest, Ceará, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, p. 126-135, 2015.

VALIENTE-BANUET, A. *et al.* Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. **Functional Ecology**, v. 29, n. 3, p. 299-307, 2015.

WHEELWRIGHT, N. T. Competition for dispersers, and the timing of flowering and fruiting in a guild of tropical trees. **Oikos**, p. 465-477, 1985.

ZACA, W. *et al*. Diet of the Rusty-margined Guan (*Penelope superciliaris*) in an altitudinal forest fragment of southeastern Brazil. **Ornitologia Neotropical**, v. 17, p. 373-382, 2006.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1999. 662 p.