



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**



**FENOLOGIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NA FLORESTA ATLÂNTICA:  
INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS E BIÓTICOS**

**FERNANDA GOMES GALVÃO**

**RECIFE  
Pernambuco – Brasil  
2017**

**FERNANDA GOMES GALVÃO**

**FENOLOGIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NA FLORESTA ATLÂNTICA:  
INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS E BIÓTICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

**Orientadora:**

Profa. Dra. Maria Jesus Nogueira Rodal

**Coorientador:**

Prof. Dr. André Luiz Alves de Lima

**RECIFE**  
**Pernambuco – Brasil**  
**2017**

FERNANDA GOMES GALVÃO

**FENOLOGIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NA FLORESTA ATLÂNTICA:  
INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS E BIÓTICOS**

APROVADA em 12/04/2017

**Banca Examinadora:**

---

Dra. Patrícia Barbosa Lima  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

---

Profa. Dra. Ana Lícia Patriota Feliciano  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

**Orientadora:**

---

Profa. Dra. Maria Jesus Nogueira Rodal  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

RECIFE-PE  
Junho/2017

Aos meus queridos pais Rosilene e Fernando, a minha amada e doce vovó Fátima, ao meu avô Manoel (in memorian), aos meus irmãos Paulo e Arthur. É por vocês que acordo e vou à luta todos os dias, obrigada por todas as orações, energias positivas e por todo amor, amo vocês.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom de viver, pela proteção e por me conduzir até aqui.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e aos professores, pela oportunidade concedida.

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

À gerência do Parque Estadual de Dois Irmãos, por ter permitido esta pesquisa.

Ao PPBIO/CNPq, Rede Mata Atlântica, em especial ao sítio PEDI, que possibilitaram que esta pesquisa fosse realizada.

À orientadora Dra. Maria Jesus Nogueira Rodal, por todos os ensinamentos durante esses dois anos, por está sempre disposta e dedicar muito do seu tempo para discussões valiosas que possibilitaram concluir este trabalho. Muito obrigada por toda paciência e disposição para ensinar.

Ao co-orientador Prof. Dr. André Luiz Alves de Lima pelas colaborações e sugestões durante a realização deste trabalho.

À Dra. Wegliane Campelo por todos os ensinamentos durante a graduação, com toda certeza refletiram na minha chegada até aqui.

À toda minha família, pai, mãe, irmãos, avós, primos e tios. Pelo apoio, confiança, carinho. Sem vocês a caminhada seria mais difícil.

Aos companheiros do Laboratório de Ecologia Funcional de plantas, Paulo Sérgio, Maria José, Augusto, Isabela Nascimento e Lilian Flores.

Aos amigos que conheci nessa trajetória, em especial, Lyanne, Tibério, Jordânia, Nathan, Juan Diego, Suellen, Nailson entre outros, por todos os momentos especiais, pelo carinho e amizade, e por tornarem essa caminhada mais leve e descontraída. Ao amigo Valdemir por toda ajuda e contribuições para construção dessa dissertação.

As melhores pessoas que a vida se encarregou de colocar em meu caminho Raianny (Nanny) e Alberto (Beto), amigos e companheiros de casa, obrigada pela amizade sincera, companheirismo e todo carinho, pela convivência agradável e divertida, pela paciência comigo, pelos puxões de orelha. Sem dúvida nenhuma vocês tornaram essa trajetória muito mais fácil, meus melhores dias foram compartilhados com vocês. “A estrada fica mais suave, o fardo fica mais leve, quando temos amigos, alguém especial que nos acompanha”.  
OBRIGADA meus amigos.

Às minhas amigas de sempre Eliziane, Rocilda, Josinete, Bianca por estarem presentes na minha vida, mesmo estando tão longe. Poder contar com o apoio, carinho e amizade de vocês tornam as coisas mais fáceis.

Ao amigo e mateiro Marcos Chagas, pelas preciosas contribuições em campo.

À secretária do PPGCF, Juliana, por se mostrar sempre muito prestativa e amiga.

Enfim, a todos que de forma direta ou indireta, contribuíram para conclusão desse trabalho, mas não foram citados aqui. Muito obrigada!

GALVÃO, FERNANDA GOMES. Fenologia de espécies arbóreas na Floresta Atlântica: influência de fatores abióticos e bióticos. 2017. Orientadora: Maria Jesus Nogueira Rodal. coorientador: André Luiz Alves de Lima.

## RESUMO

Grande diversidade de espécies arbóreas na Floresta Atlântica resulta em diferentes e complexos padrões fenológicos vegetativos (queda e brotamento) e reprodutivos (floração e floração). Apesar da complexidade fenológica registrada nas comunidades arbóreas da Floresta Atlântica nordestina ainda existem poucas informações fenológicas, especialmente, no que diz respeito à influência de fatores bióticos e abióticos e da sazonalidade climática nos padrões fenológicos. Diante de contexto, o objetivo desse estudo foi analisar o comportamento fenológico de uma comunidade arbórea da Floresta Atlântica, através de dados das fenofases vegetativas e reprodutivas, relacionando-as com os fatores abióticos (precipitação, temperatura, fotoperíodo) e bióticos (densidade de madeira e quantidade de água saturada do caule e raiz). Levantaram-se as hipóteses de que existem diferentes grupos fenológicos em relação à densidade de caule e raiz; que espécies com alta densidade de madeira e baixa quantidade de água saturada têm suas fenofases vegetativas e floração relacionadas com precipitação e que espécies de baixa densidade da madeira e alta quantidade de água saturada apresentam as fenofases de brotamento e floração independentes da precipitação e dependentes do fotoperíodo. O estudo foi desenvolvido no Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) situado a noroeste do município do Recife – PE, durante 12 meses foram acompanhadas as fenofases de 46 espécies distribuídas em 281 indivíduos, em uma área de 40×250 m. Foi realizada a correlação de Spearman entre as fenofases e os fatores abióticos, análise circular no software statistical Oriana, análises de variância multivariada não paramétrica (PERMANOVAs) para verificar o número de grupos, análise de coordenadas principais (PCoA) e componentes principais (PCA) e por fim análise de correspondência canônica (CCA). 94%, 93%, 40% e 35% dos indivíduos brotaram, perderam folhas, floriram e frutificaram, respectivamente. Os maiores picos de brotamento e queda foliar ocorreu no período de menor precipitação. Para a floração o maior pico ocorreu no final da estação seca. 57% das espécies têm alta densidade de madeira de caule e raiz. Foram identificados três grupos fenológicos, o grupo 1 com espécies de alta densidade, grupo 2 com a maioria de espécies de baixa densidade e o grupo três também com espécies de baixa densidade, porém com padrões vegetativos e reprodutivos distintos dos demais. As variáveis ambientais influenciaram significativamente penas nas fenofases de queda foliar e floração dos grupos. A primeira hipótese foi parcialmente corroborada, uma vez que apenas a floração foi desencadeada pela precipitação. A segunda foi confirmada, pois espécies de baixa densidade de madeira brotaram e floresceram independentes da precipitação.

**Palavras-chave:** Brotamento; Densidade de madeira; Floração; Floresta tropical; Frutificação; Queda foliar.

GALVÃO, FERNANDA GOMES. Phenology of tree species in the Atlantic Forest: influence of abiotic and biotic factors. 2017. Advisor: Maria Jesus Nogueira Rodal. Coorientador: André Luiz Alves de Lima.

### **ABSTRACT**

A great diversity of tree species in the Atlantic Forest results in different and complex vegetative patterns (fall and budding) and reproductive (flowering and fruiting). In spite of the phenological complexity registered in the arboreal communities of the Northeastern Atlantic Forest, there is still little phenological information, especially regarding the influence of biotic and abiotic factors and climatic seasonality on phenological patterns. The objective of this study was to analyze the phenological behavior of an Atlantic Forest tree community, through data on vegetative and reproductive phenophases, correlating them with the abiotic factors (precipitation, temperature, photoperiod) and biotic factors (wood density and amount of saturated water from the stem and root). We hypothesized that there are different phenological groups in relation to stem and root density; That species with high wood density and low amount of saturated water have their vegetative phenomena and flowering related to precipitation and that species of low wood density and high amount of saturated water present the phenophases of flowering and fruiting independent of the precipitation and dependent on the photoperiod. The study was carried out at the State Park of Dois Irmãos (PEDI) located northwest of the city of Recife - PE, during 12 months the phenophases of 46 species distributed in 281 individuals were observed in an area of 40 × 250 m. Spearman's correlation between phenophases and abiotic factors, circular analysis in the statistical Oriana software, non-parametric multivariate analysis of variance (PERMANOVAs) to verify the number of groups, principal coordinate analysis (PCoA), and a principal component analysis (PCA) and finally canonical correspondence analysis (CCA). 94%, 93%, 40% and 35% of individuals sprouted, lost leaves, flowered and fruited, respectively. The highest peaks of leaf sprouting and leaf fall occurred during the period of low precipitation. For flowering the highest peak occurred at the end of the dry season. 57% of the species have high density of stem and root wood. Three phenological groups were identified, group 1 with high density species, group 2 with most low density species and group 3 also with low density species, but with vegetative and reproductive patterns distinct from the others. The environmental variables significantly influenced features in the phenomena of leaf fall and flowering of the groups. The first hypothesis was partially corroborated, since only flowering was triggered by precipitation. The second one was confirmed, because species of low density of wood sprouted and they flourished independent of the precipitation. **Keywords:** Budding; Density of wood; Flowering; Tropical forest; Fruiting; Quantity of water saturated in wood; Fall foliage.

**Keywords:** Budding; Density of wood; Flowering; Tropical forest; Fruiting; Fall foliage.

| <b>SUMÁRIO</b>   |  | <b>Página</b> |
|--|--|---------------|
| 1 INTRODUÇÃO.....  |  | 12            |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA .....  |  | 14            |
| 2.1 PADRÕES FENOLÓGICOS NA FLORESTA ATLÂNTICA.....                               |  | 14            |
| 2.2 DENSIDADE DA MADEIRA E FOTOPERÍODO .....                                     |  | 16            |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS.....  |  | 17            |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO .....   |  | 17            |
| 3.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS .....   |  | 20            |
| <b>3.2.1 Fenologia .....</b>   |  | <b>20</b>     |
| <b>3.2.2 Densidade da madeira do caule e raiz .....</b>                          |  | <b>23</b>     |
| <b>3.2.3 Análise multivariada .....</b>  |  | <b>23</b>     |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   |  | 25            |
| 4.1 INFLUÊNCIA DOS FATORES ABIÓTICOS NA FENOLOGIA DA COMUNIDADE<br>ARBÓREA ..... |  | 25            |
| 4.2 INFLUÊNCIA DOS FATORES ABIÓTICOS NA FENOLOGIA DAS POPULAÇÕES<br>.....        |  | 32            |
| 4.3 DENSIDADE BÁSICA DE MADEIRA .....  |  | 35            |
| 4.4 GRUPOS FENOLÓGICOS .....   |  | 35            |
| 4.5 ESTATÍSTICA CIRCULAR PARA OS GRUPOS FENOLÓGICOS.....                         |  | 37            |
| 4.6 INFLUÊNCIA DOS FATORES ABIÓTICOS NAS FENOFASES DOS GRUPOS ....               |  | 43            |
| 5 CONCLUSÕES.....  |  | 45            |
| REFERÊNCIAS .....  |  | 46            |

## LISTA DE FIGURAS

Página

- Figura 1-** Localização da área de estudo no Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) Recife, Pernambuco. .... 18
- Figura 2** – Dados mensais de Precipitação e temperatura durante 12 meses (jun/2015 a mai/2016). Os valores de precipitação e temperatura foram obtidos Instituto Nacional de meteorologia (INMET). .... 19
- Figura 3** – Dados mensais de temperatura e fotoperíodo durante 12 meses (jun/2015 a mai/2016). Os valores de temperatura foram obtidos Instituto Nacional de meteorologia (INMET). Os dados do fotoperíodo foram obtidos a partir de Lammi (2009). .... 19
- Figura 4** - Intensidade das fenofases de brotamento e queda foliar, conforme Fournier (1974), para 46 espécies (281 indivíduos) no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE. .... 26
- Figura 5** - Intensidade das fenofases de floração e frutificação, conforme Fournier (1974), para 46 espécies (281 indivíduos) no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE. .... 26
- Figura 6** - Análise de agrupamento hierárquico com base nas fenofases e densidade de madeira e quantidade de água saturada em caule e raiz para 42 espécies no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE. Distância euclidiana e método de Ward. .... 38
- Figura 7-** Análise de Coordenadas Principais (PCoA) com base nas fenofases e densidade de madeira e quantidade de água saturada em caule e raiz para 42 espécies no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE. (■ = Grupo 1, ● = Grupo 2, ▲ = Grupo 3). .... 39
- Figura 8** - Análise de Componentes Principais (PCA) com base nas fenofases e densidade de madeira e quantidade de água saturada em caule e raiz para 42 espécies no Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife – PE. .... 39
- Figura 9** - Análise circular com intensidade média de Fournier dos grupos fenológicos das espécies estudadas no período de junho/2015 a maio/ 2016 no Parque Estadual de Dois Irmãos Recife – PE. .... 40
- Figura 10** - Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre variáveis ambientais (fotoperíodo, precipitação e temperatura) e a fenofase de queda foliar dos grupos Eixo1 =31% e Eixo 2 = 38% (Mantel test =  $r = 0.45$ ,  $p < 0.01$ ), no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE ..... 44
- Figura 11** - Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre variáveis ambientais (fotoperíodo, precipitação e temperatura) e a fenofase de floração dos grupos Eixo 1 = 13 % , Eixo 2 10% (Mantel test =  $r = 0,34$ ,  $p < 0,01$ ), no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife- ... 44

## LISTA DE TABELAS

Página

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1</b> - Lista das espécies amostradas no Parque Estadual de Dois Irmãos, localizado em Recife – Pernambuco.....  | 21 |
| <b>Tabela 2</b> - Correlação de Spearman (rs) entre as variáveis abióticas (precipitação e temperatura) e as fenofases (queda foliar, brotamento, floração e frutificação) de 34 espécies observadas mensalmente de junho/2015 a maio/2016, no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE. Os valores em negrito indicam que houve correlação significativa para a variável testada ( $P < 0,05$ ). P = precipitação, T = temperatura ..... | 27 |
| <b>Tabela 3</b> - Correlação de Spearman (rs) entre a variável abiótica (fotoperíodo) e as fenofases (queda foliar, brotamento, floração e frutificação) de 34 espécies observadas mensalmente de junho/2015 a maio /2016, no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE. Os valores em negrito indicam que houve correlação significativa para a variável testada ( $P < 0,05$ ) .....   | 29 |
| <b>Tabela 4</b> - Densidade de madeira e quantidade de água saturada de caule e raiz das 42 espécies observadas mensalmente de junho/2015 a maio/2016, em uma área de Mata Atlântica, Pernambuco, Brasil. BDM=densidade básica da madeira, QAsat%= quantidade de água saturada .....   | 36 |
| <b>Tabela 5</b> - Simulação com os números de grupos das 42 espécies no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE. ....  | 37 |

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a fenologia das espécies das árvores das Florestas Tropicais tem sido associada com a precipitação, a umidade do solo, ao status hídrico da planta (BORCHERT et al. 2005; VALDEZ-HERNANDEZ et al. 2010; LOPEZARAIZA-MIKEL et al. 2014) e as interações bióticas com herbívoros, polinizadores e frugíferos (ALMEIDA-NETO et al. 2008; SCHUPP; JORDANO et al. 2010). Trabalhos clássicos em florestas tropicais mostraram que a sazonalidade climática influencia os eventos fenológicos que tendem a ser sazonais, quer sejam florestas úmidas ou secas (JANZEN 1967; FOURNIER 1976). Desde os anos 90 há ainda o reconhecimento da importância do fotoperíodo e insolação na fenologia de árvores das florestas secas (BORCHERT 1994; CALLE et al. 2010). Apesar da evidente relação entre fenologia e fatores ambientais, conhecer a relação com diferentes traços das plantas é igualmente relevante para explicar e prever padrões fenológicos (HOLBROOK et al. 1995; BORCHERT et al. 1994; WRIGHT et al. 2004).

Confirmando essas ideias, diversos trabalhos revelaram que espécies com baixa densidade de madeira apresentavam alta capacidade de armazenamento de água no caule tinham o brotamento e a floração dependentes do fotoperíodo e independentes da precipitação, ao contrário das espécies de alta densidade de madeira que tinham brotamento e/ou floração desencadeada pela precipitação (BORCHERT; RIVERA 2001, LIMA; RODAL 2010; SEGHIERI et al. 2012; OLIVEIRA et al. 2015). A explicação para esse comportamento está relacionada ao fato de as espécies de baixa densidade da madeira iniciam a floração durante a estação seca, utilizando os recursos armazenados na madeira do caule e da raiz, ao contrário das espécies de alta densidade de madeira, que tem capacidade limitada de armazenar água (BORCHERT et al. 2005; CHAVE et al. 2009; RUSSO et al. 2010; LIMA et al. 2012; PÉREZ-HARGUINDEGUY et al. 2013).

Borchert et al. (2005, 2015) confirmaram a importância do fotoperíodo para explicar em parte os complexos padrões fenológicos das florestas tropicais em geral, mesmo em ambientes próximos ao equador. Destacaram ainda que há uma porcentagem significativa de espécies em áreas próximas do equador (com baixa sazonalidade climática) crescendo com menos de um indivíduo por hectare, apontando que o sucesso da polinização cruzada dependeria da floração sincrônica e que o controle fotoperiódico seria o único mecanismo confiável para induzir a floração sincrônica.

O fato de Gentry (1995) observar que as florestas secas neotropicais são um subconjunto empobrecido das florestas úmidas e que aquele padrão de raridade se repete nas florestas úmidas e secas (Arellano et al. 2015) nos permite supor que os eventos fenológicos

de algumas espécies de florestas úmidas não sejam determinados pelas chuvas, mas sim por indução fotoperiódica associada à disponibilidade hídrica para a planta. Isto sugere que essas espécies possuem estratégias que permitem obter e/ou reservar água por períodos prolongados como ocorre nas florestas secas, onde há registro de espécies com baixa densidade de madeira que armazenam água nos tecidos e podem apresentar suas fenofases independentes do início das chuvas (LIMA et al. 2012; OLIVEIRA et al. 2015). Além disso, pouco se conhece sobre a influência da disponibilidade de água da raiz na fenologia das espécies, embora este componente seja essencial para o entendimento do funcionamento da planta como um todo e, em muitos casos, represente parte significativa do investimento energético da planta (CANADELL et al. 1996).

Trabalhos em florestas úmidas costeiras da Floresta Atlântica do Brasil confirmam que a sazonalidade climática tem influencia no desencadeamento das fenofases (MORELLATO et al. 2000; SHIMAMOTO et al. 2015; ROLIM et al. 2016). No setor nordeste setentrional daquela floresta, onde a sazonalidade de precipitação é mais acentuada, há poucas informações fenológicas com registro de apenas alguns trabalhos em comunidades arbóreas (MORI et al. 1982; LOCATELLI; MACHADO 2004; MEDEIROS et al. 2007; LIMA et al. 2008; PESSOA 2011). Apesar de relevante as informações destes trabalhos, nenhum deles trata da relação entre a disponibilidade de água armazenada nos caules e raízes das plantas e sua fenologia.

Este trabalho descreve as fenofases de brotamento, queda foliar, floração e frutificação de 46 espécies de uma comunidade arbórea de uma floresta úmida costeira do nordeste setentrional do Brasil relacionando-as com fatores abióticos (precipitação, temperatura, e fotoperíodo) e bióticos (densidade de madeira e quantidade de água armazenada no caule e da raiz). Assumimos que as fenofases das espécies ao longo do ano variam em função de fatores bióticos e abióticos testando as seguintes hipóteses: a) Existem diferentes grupos fenológicos em relação à densidade de caule e raiz; b) Espécies com alta densidade de madeira e baixa quantidade de água armazenada no caule e na raiz têm as fenofases vegetativas e floração dependentes da precipitação e c) Espécies de baixa densidade da madeira e alta quantidade de água armazenada no caule e na raiz apresentam as fenofases de brotamento e floração independentes da precipitação e dependentes do fotoperíodo, com floração sincrônica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Estudos fenológicos que descrevem a ocorrência e a variação temporal das fases reprodutivas e vegetativas das plantas ao longo do ano e entre anos, contribuem para o entendimento de seus padrões biológicos, além de fornecer informações acerca da disponibilidade de recursos para animais (MORELLATO, 1995).

Segundo Fournier e Charpentier (1975), esses estudos são importantes para a compreensão da complexa dinâmica dos ecossistemas. Estudos fenológicos são imprescindíveis para obter conhecimento mais específico da ecologia da evolução das espécies e da estrutura das comunidades, em especial nos trópicos, pois enfatiza a época e as causas de ocorrência das fenofases (NEWSTRON et al., 1994). Para Morellato et al. (2007), a fenologia é uma das mais importantes linhas de pesquisa ecológica, sendo caracterizada como um dos melhores parâmetros para caracterizar as comunidades e ecossistemas, uma vez que reúne características sobre o estabelecimento de espécies o período de crescimento e a reprodução.

### 2.1 PADRÕES FENOLÓGICOS NA FLORESTA ATLÂNTICA

Diversos estudos empíricos realizados buscando identificar os padrões fenológicos na Floresta Atlântica constataram o fato de que a sazonalidade climática influencia nas fenofases, assinalando que o aumento da temperatura, o comprimento do dia e uma menor precipitação são fatores que influenciam as fenofases vegetativas e reprodutivas (MORELLATO et al., 2000; MANTOVANI et al., 2003). Corroborando com Alencar et al. (1979), no qual constataram que o surgimento de flores coincidiu com o aumento do fotoperíodo e com a diminuição da precipitação, em contrapartida, a frutificação geralmente ocorrendo na estação chuvosa.

Morellato et al. (2000) levantaram a hipótese de que os diferentes padrões fenológicos da Floresta Atlântica do Sudeste ocorrem em função da sazonalidade da precipitação, da temperatura e umidade do ar. Esse fato também foi observado por Monasterio e Sarmiento (1976) para o desencadeamento de fenofases em outros ecossistemas tropicais. A esse respeito, os estudos realizados por Morellato e Leitão-Filho (1990), Morellato et al. (1989) e Lima et al. (2008) sugeriram que a vegetação, em climas com maior sazonalidade na distribuição da precipitação, possui maior periodicidade na produção de flores, folhas e frutos.

O estudo de Spina et al. (2001), em comunidade de floresta alagável, mostrou que as espécies do estrato arbóreo apresentaram maior pico de floração durante a estação quente e úmida. Mantovani et al. (2003), ao estudar uma Floresta Ombrófila Densa em formação secundárias, também registrou a maior porcentagem de espécies em fase reprodutiva no

período do ano em que a temperatura foi maior, todavia, quanto à precipitação, os autores não encontraram associação com as fenofases reprodutivas.

Ferraz et al. (1999), em seu estudo em um fragmento de Mata Atlântica, mostraram que a fenofase de floração está relacionada com os elementos do clima (precipitação, temperatura, radiação solar) que antecedem o período de floração (pelo menos dois meses antes dessa fenofase), mostrando que o clima que ocorre antes da floração é um fator que estimula a formação dos botões florais em praticamente todas as espécies.

Em um trabalho realizado no Sul do Brasil, Athayde et al. (2009) verificaram que as fenofases vegetativas foram positivamente correlacionadas com um período de menor temperatura e menor fotoperíodo, sem correlação com a precipitação. Talora e Morellato (2000), ao estudar uma restinga no Sudeste do Brasil, constataram que algumas espécies apresentaram maior queda foliar no período de menor fotoperíodo e temperatura, ressaltando que no período de maior temperatura e fotoperíodo houve maior número de espécies florescendo e frutificando, sem relação significativa com a precipitação.

Pereira et al. (2008), ao investigar os eventos fenológicos no período de dois anos em um fragmento de Floresta Atlântica, observaram espécies florescendo o ano todo com pico de floração nos meses de maior temperatura e pluviometria. O pico de frutificação ocorreu nos períodos de baixa temperatura e precipitação. No trabalho realizado por Marchioretto (2007) houve uma correlação negativa entre brotamento, temperatura e fotoperíodo; a floração foi positivamente correlacionada com a precipitação e observada uma tendência de relação com a temperatura e o fotoperíodo; para a frutificação houve correlação positiva com o maior fotoperíodo e a temperatura.

Marques e Oliveira (2004) notaram que, apesar da pouca sazonalidade de precipitação, houve forte periodicidade na ocorrência das fenofases. Argumentaram que a periodicidade fenológica observada pode ser uma resposta às variações no período de maior fotoperíodo e maior temperatura, pois constataram que os indivíduos apresentaram forte relação nas fenofases com esses dois fatores (fotoperíodo e temperatura), e uma relação fraca com a precipitação. Confirmando esses resultados, Morellato et al. (2000) e Wright e Van Schaik (1994) observaram que, em regiões tropicais, onde não há restrição hídrica durante o ano, o maior fotoperíodo e a maior temperatura são os fatores mais importantes no desencadeamento das fenofases reprodutivas.

Mori et al., (1982), em seu estudo analisando as comunidades arbóreas da Floresta Atlântica no Nordeste do Brasil, onde a temperatura não varia muito, indicaram que a fenofase de queda foliar ocorre no período seco do ano, assim como a época de maior

floração. Essa constatação ocorre tanto em floresta mais úmida, como em floresta com maior sazonalidade de precipitação (LIMA et al., 2008). De acordo com Mori et al. (1982), os padrões acima citados fazem com que a frutificação e o brotamento nas florestas úmidas do sul da Bahia ocorram no final da estação seca.

O estudo de Lima et al. (2008), em um remanescente de Floresta Atlântica em Igarassu (Pernambuco) mostraram que a floração ocorreu no período seco e no início da estação chuvosa, e com frutificação ocorrendo no início da estação chuvosa; a queda foliar foi observada na transição entre a estação seca e a chuvosa. Locatelli et al. (2004), em um estudo de Floresta serrana, encontraram padrão semelhante nas fenofases de queda foliar e floração, que também ocorreram na estação seca, com brotamento ao longo do ano e o pico de frutificação ocorrendo logo após a floração, no início da estação chuvosa.

Pessoa et al. (2011) realizaram um trabalho em um fragmento florestal urbano em Recife, Pernambuco, e verificaram que a queda foliar ocorreu no período de menor temperatura, a floração nos períodos de maior temperatura e precipitação e a frutificação na época de maior temperatura.

## 2.2 DENSIDADE DA MADEIRA E FOTOPERÍODO

A densidade básica da madeira representa uma característica que surge de vários atributos vasculares da madeira como o diâmetro dos vasos, da condutividade do xilema, fibras volume dos vasos e do parênquima (POORTER et al., 2010), sendo definido pela massa seca dividida pelo volume fresco (POORTER 2008; RUSSO et al., 2010).

Para compreender os mais diversos aspectos das plantas, é fundamental conhecer como suas características influenciam suas funções na comunidade, sendo a densidade da madeira uma das mais importantes (KRAFT et al., 2010). Borchert (1994) citou que a densidade da madeira é um bom indicador da capacidade da planta de armazenar água e que seria uma característica importante para esclarecer padrões fenológicos, pois somente informações climáticas não são suficientes para explicar os padrões fenológicos em matas secas, e que seria importante, também, saber se nas matas úmidas a densidade de madeira exerce influências sobre os padrões fenológicos.

Além da sazonalidade na precipitação e temperatura, Borchert et al. (2005) relatam que, o fotoperíodo tem sido determinado como um dos principais fatores para desencadear as fenofases reprodutivas das espécies lenhosas de baixa densidade da madeira durante a estação seca (BORCHERT; RIVERA, 2001; BORCHERT et al., 2005). Mesmo em regiões próximas ao Equador, onde a variação do fotoperíodo é menor, a floração e frutificação das espécies

com menor densidade são induzidas por variações no comprimento do dia, mesmo que esta mudança seja inferior a 30 minutos (RIVERA; BORCHERT, 2001, BORCHERT et al., 2005; LIMA; RODAL, 2010; LIMA et al., 2012). O trabalho de Borchert (1994) apontou que a densidade da madeira do caule pode influenciar nas respostas fenológicas.

Autores como Borchert e Rivera (2001) mostraram que espécies com baixa densidade de madeira apresentavam alta capacidade de armazenamento de água no caule e espécies de alta densidade de madeira apresentavam brotamento e/ou floração quando chovia, ou seja, o fator desencadeador dessas fenofases para essas espécies era a precipitação. Tal padrão foi observado na caatinga (LIMA et al., 2010) e em outras florestas tropicais secas (BORCHERT, 1994).

Esses padrões sugerem que, em florestas tropicais secas, a densidade da madeira reflete na capacidade da planta de armazenar água e, conseqüentemente, nos padrões fenológicos das plantas (REICH; BORCHERT, 1982). Esses autores demonstraram que espécies com alta densidade de madeira dependem da disponibilidade de água para apresentarem suas fenofases vegetativas e reprodutivas, ou seja, essas espécies (alta densidade de madeira) foram observadas em áreas úmidas, o que possibilitou manter um potencial hídrico do caule mais elevado, isso permitiu para a planta se manter por mais tempo com folhas, ou seja, enquanto tinha água disponível no solo às plantas utilizavam e prolongavam suas atividades fenológicas quando comparada com as mesmas espécies em áreas mais secas (REICH; BORCHERT, 1982; 1984).

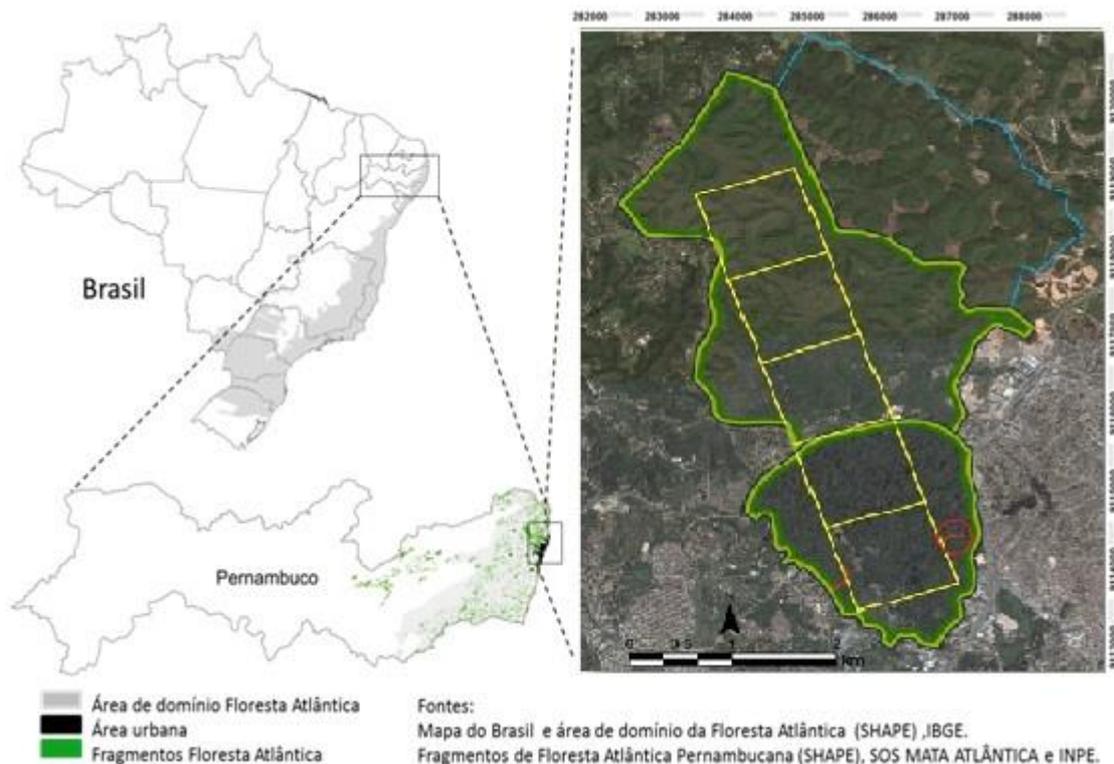
### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 ÁREA DE ESTUDO**

O estudo foi desenvolvido no Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) situado a noroeste do município do Recife - PE, entre os bairros de Dois Irmãos, Apipucos, Sítio dos Pintos, Macaxeira e Córrego do Jenipapo, entre as coordenadas 7°57'21" e 8°00'54"S; 34°55'53" e 34°58'38"W (Fig. 1). O PEDI foi criado em 1987, pela Lei nº 9.989/87, denominado inicialmente Reserva Ecológica de Dois Irmãos e, posteriormente, passando para a categoria de Parque Estadual, por meio da Lei nº 11.622/98. Na época, abrangia uma área de 387,4 hectares, incluindo um fragmento de Floresta Atlântica com os açudes do Prata, do Meio e o de Dois Irmãos, além de 14 hectares de área construída do Zoológico. Em dezembro de 2006, a área do Parque foi reduzida a 384,42 hectares, através da Lei nº 13.159.

O PEDI teve sua área triplicada devido à aquisição, pelo Estado de Pernambuco, da Fazenda Brejo dos Macacos, localizada a noroeste do município de Recife, no bairro da Guabiraba, com 774 hectares, que pertencia ao antigo Banco Econômico e se encontra separado da área original do Parque por uma via não asfaltada. Somadas as áreas, o PEDI passou a ter uma área de 1.161 hectares (PERNAMBUCO, 2014).

**Figura 1-** Localização da área de estudo no Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) Recife, Pernambuco.

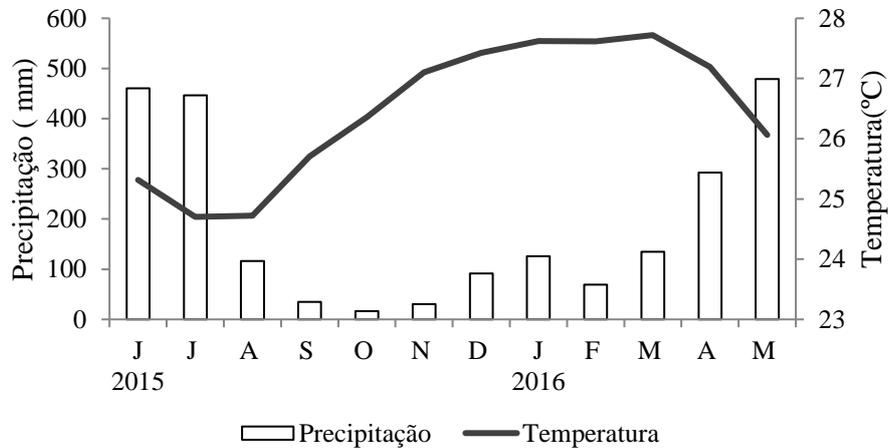


Santos, 2017

O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo As', Tropical úmido ou tropical costeiro, caracterizando o clima como quente e úmido, sem inverno térmico (BEZERRA, 2006). O regime de chuvas se concentra no período de outono-inverno, com precipitação média anual de 2.460 mm, e temperaturas médias mensais superiores a 23°C (COUTINHO et al., 1998), no período das observações a temperatura variou aproximadamente de 24,6°C (menor temperatura) a 27,7°C (maior temperatura) (Fig. 2) e a precipitação variou aproximadamente de 14,1 mm (menor precipitação) a 478,9 mm (maior precipitação) (Fig. 2).

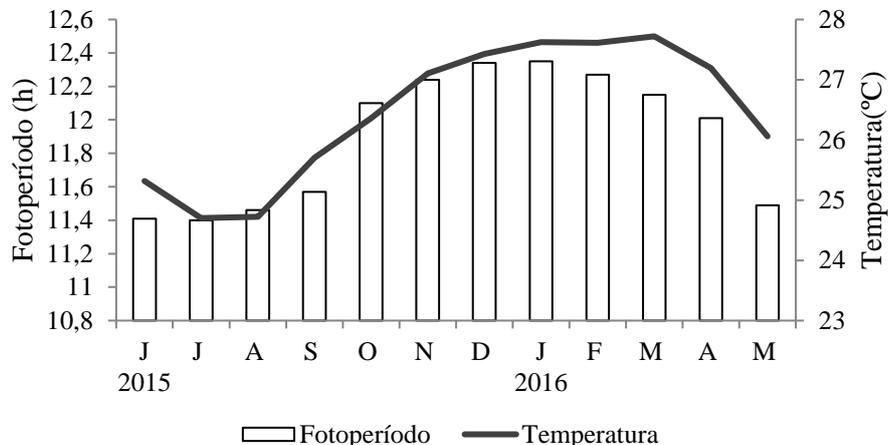
A variação do fotoperíodo foi de 55 min (Fig. 3) com o dia mais curto em junho/2015 (11h40min), e o mais longo em janeiro/2016 (12h35min).

**Figura 2** – Dados mensais de Precipitação e temperatura durante 12 meses (jun/2015 a mai/2016). Os valores de precipitação e temperatura foram obtidos Instituto Nacional de meteorologia (INMET).



Fonte: Galvão, F.G. (2017)

**Figura 3** – Dados mensais de temperatura e fotoperíodo durante 12 meses (jun/2015 a mai/2016). Os valores de temperatura foram obtidos Instituto Nacional de meteorologia (INMET). Os dados do fotoperíodo foram obtidos a partir de Lammi (2009).



Fonte: Galvão, F.G (2017)

A vegetação do PEDI é do tipo Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, estando inserida no bioma Floresta Atlântica (IBGE, 2012). Predominam os seguintes tipos de solo: latossolo amarelo, argissolo amarelo, argissolo vermelho-amarelo, neossolo quartzarênico, gleissolo melânico (CALDAS, 2007). O relevo é ondulado com altitudes entre 30 e 100 m (FIDEM, 1984). A área situa-se em um divisor natural de águas entre a bacia do Capibaribe (UP-02) e a bacia do GL1, Grupos de Rios Litorâneos 1 (UP-14) (SRH, 2006).

## 3.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

### 3.2.1 Fenologia

A área para o desenvolvimento desta pesquisa foi instalada a partir do inventário florestal de um hectare (40 x 250 m), realizada na floresta madura pertencente ao módulo do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), sítio Parque Dois Irmãos (PEDI). Os indivíduos selecionados para as observações fenológicas foram aqueles que apresentavam diâmetro do caule a altura do peito  $> 10$  cm, que somaram 281 indivíduos arbóreos, distribuídos em 46 espécies e 20 famílias (Tabela 1). Estes indivíduos foram marcados e numerados sequencialmente, e as observações das fenofases foram realizadas mensalmente, durante o período junho de 2015 a maio de 2016, com o auxílio de binóculo, e anotações em fichas de acompanhamento.

Foram realizadas observações das fenofases vegetativas de brotamento e queda foliar e reprodutivas de floração e frutificação. A medição qualitativa da intensidade das fenofases seguiu Fournier (1974), com escala variando de 0 a 4, com intervalos de 25%. Definimos como decíduas aquelas espécies cujos indivíduos permaneceram sem folhas por, pelo menos um mês, e como sempre-verdes as que apresentaram folhas o ano todo (WILLIAMS et al., 1997). Os dados médios mensais de precipitação, temperatura foram obtidos no Instituto Nacional de meteorologia (INMET 2015/2016). Os dados mensais de fotoperíodo (iluminação) foram obtidos a partir da base de dados disponíveis em <http://www.sci.fi/~benefon/sol.html> (Lammi 2009).

Para análise de correlação Spearman entre as fenofases e os fatores abióticos no nível comunidade foram considerados todos os indivíduos. Em nível populacional, apenas 34 espécies/morfoespécies foram analisadas, uma vez que as demais tinham apenas um indivíduo.

Para análise dos padrões fenológicos das espécies estudadas foi utilizada a classificação proposta por Newstrom et al. (1994), que se baseia em três critérios: frequência, regularidade e duração das fenofases. O critério de “frequência” representa o número de ciclos por ano (um ciclo consiste de um episódio da fenofase abordada seguido por um intervalo sem a fenofase): que pode ser contínuo – fenofase que se apresenta continuamente, podendo ter rupturas curtas ou esporádicas; sub- anual – fenofase com mais de um ciclo por ano; anual – fenofase com apenas um ciclo no período de um ano; supra-anual – quando os episódios da fenofase abordada ocorrerem separados por intervalos superiores há um ano. O

critério de “duração” refere-se à amplitude de tempo (meses) em cada fenofase, sendo reconhecidas três classes: curta - fenofase com duração menor que um mês; intermediária - fenofase com duração de um a cinco meses; e longa - fenofase com duração acima de cinco meses. O critério de “regularidade” é definido como a variação do comprimento das fenofases e seus intervalos, podendo ser: regular - quando ocorrem durações similares de ciclos; e irregular - quando ocorrem durações variáveis de ciclos.

**Tabela 1** - Lista das espécies amostradas no Parque Estadual de Dois Irmãos, localizado em Recife – Pernambuco

| Família/espécies   | NI       |
|--|----------|
| <b>Anacardiaceae</b>   |          |
| <i>Tapirira guianensis</i> Aubl.                               | 24       |
| <i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.                            | 7        |
| <b>Araliaceae</b>  |          |
| <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyer. & Frodin | 12       |
| <b>Burseraceae</b>   |          |
| <i>Protium giganteum</i> Engl.                                 | 5        |
| <i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand                   | 2        |
| <b>Chrysobalanaceae</b>  |          |
| <i>Licania cf. kunthiana</i> Hook. f.                          | 4        |
| <b>Elaeocarpaceae</b>  |          |
| <i>Sloanea garckeana</i> K. Schum.                             | 2        |
| <i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.                       | 1        |
| <b>Erythroxylaceae</b>   |          |
| <i>Erythroxylum squamatum</i> Sw.                              | 1        |
| <b>Euphorbiaceae</b>   |          |
| <i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers ex Benth               | 2        |
| <b>Fabaceae</b>  |          |
| <i>Albizia pedicellaris</i> (DC.) L. Rico                      | 8        |
| <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth                            | 11       |
| <i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith                      | 6        |
| <i>Chamaecrista</i> sp.  | 2        |
| <i>Inga thibaudiana</i> DC.                                    | 7        |
| <i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.                 | 21       |
| <i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.                            | 2        |
| <i>Pterocarpus violaceus</i> Vogel.                            | 5        |
| <i>Sclerolobium densiflorum</i> Benth                          | 4        |
| Fabaceae A   | 6        |
| Fabaceae B   | 2        |
| <b>Lauraceae</b>   | Continua |

**Tabela 1- cont.**

| Família/espécies   | NI  |
|--|-----|
| <i>Ocotea glomerata</i> (Nees) Mez                         | 6   |
| <i>Ocotea indecora</i> Schott ex Meissner                  | 1   |
| <b>Lecythidaceae</b>                                       |     |
| <i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Miers                  | 69  |
| <i>Lecythis pisonis</i> Cambess.                           | 3   |
| <b>Malvaceae</b>   |     |
| <i>Eriotheca macrophylla</i> (K. Schum.) A. Robyns         | 1   |
| <i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.                              | 1   |
| <i>Luehea ocrophylla</i> Mart.                             | 2   |
| <b>Melastomataceae</b>                                     |     |
| <i>Henriettea succosa</i> (Aubl.) DC.                      | 2   |
| <i>Miconia affinis</i> DC.                                 | 2   |
| <i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.                           | 4   |
| <i>Miconia</i> sp.   | 2   |
| Melastomataceae A  | 1   |
| <b>Moraceae</b>  |     |
| <i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber                    | 8   |
| <i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) J.F. Macbr. | 10  |
| <b>Myrtaceae</b>   |     |
| <i>Campomanesia dichotoma</i> (O. Berg) Mattos             | 1   |
| <i>Eugenia umbelliflora</i> O. Berg                        | 1   |
| <i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.                       | 1   |
| <b>Nyctaginaceae</b>                                       |     |
| <i>Guapira nitida</i> (J.A. Schmidt) Lundell               | 1   |
| <i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz                      | 2   |
| <b>Phyllanthaceae</b>                                      |     |
| Phyllanthaceae A   | 1   |
| <b>Rubiaceae</b>   |     |
| <i>Alseis pickelii</i> Pilger & Schmale                    | 2   |
| <b>Sapindaceae</b>   |     |
| <i>Talisia macrofila</i> (Mart.) Radlk                     | 20  |
| <b>Sapotaceae</b>  |     |
| <i>Micropholis compta</i> Pierre in Urb.                   | 2   |
| <i>Pouteria bangii</i> (Rusby) T.D. Penn.                  | 3   |
| <i>Pouteria</i> sp   | 1   |
| <b>Comunidade</b>  | 281 |

A sincronia intraespecífica foi estimada no período de máxima atividade da espécie (BENCKE; MORELLATO, 2002), ou seja, período em que ocorreu o maior número de indivíduos de certa espécie apresentando uma determinada fenofase. Dessa forma, uma

espécie foi considerada assincrônica quando menos de 20% dos indivíduos apresentaram a fenofase; de sincronia baixa, entre 20-60% dos indivíduos na fenofase e de sincronia alta, quando mais de 60% dos indivíduos estavam na fenofase. O índice de atividade foi baseado na porcentagem de indivíduos que apresentam determinada fenofase em um dado mês.

### **3.2.2 Densidade da madeira do caule e raiz**

A densidade de madeira do caule e da raiz foi obtida segundo o método proposto por Trugilho et al. (1990), com a seleção de cinco indivíduos de cada espécie (quando possível diferentes dos indivíduos observados para a obtenção dos dados da fenologia, ou seja, também foram coletadas amostras de madeira de indivíduos identificados fora das parcelas). De cada indivíduo foram extraídas, com auxílio do trado de incremento (CHAVE, 2005), amostras do caule (a partir de 1,30 cm do solo com diâmetro igual ou maior que 10 cm), e de raízes expostas (quando não foram encontradas raízes expostas, foi utilizado ferramentas para escavar o solo até alcançar raízes possíveis de serem coletadas) com diâmetro  $\geq 3$  cm. As amostras coletadas foram armazenadas em sacos plásticos fechados e levadas para análise em laboratório. No laboratório, as amostras foram emersas em recipiente com água, por cinco dias, até atingir o ponto de saturação necessário à medição do peso úmido e volume (CHAVE, 2005). Em seguida, as amostras foram levadas a estufa à temperatura de 70°C durante 72 h e pesadas, para determinação da massa seca. A densidade foi obtida por meio da divisão da massa seca da madeira pelo volume saturado, expressa em  $\text{g.cm}^3$  (TRUGILHO et al., 1990).

Consideraram-se espécies de baixa densidade da madeira (BDM) aquelas com densidade menor que  $0,5 \text{ g cm}^{-3}$  e de alta densidade da madeira (ADM) aquelas com densidade maior ou igual a esse valor (BORCHERT, 1994). Foram calculadas a densidade básica da madeira ( $D$ ,  $\text{g/cm}^3$ ) por espécie e a quantidade de água saturada por espécie (QAsat, %), conforme Borchert (1994). Das 46 espécies presentes na amostragem foram coletadas amostras de madeira de 42 espécies, uma vez que não foi possível coletar quatro espécies por motivos logísticos.

### **3.2.3 Análise multivariada**

Para a análise das fenofases foram utilizados os valores de intensidade de Fournier como dados de entrada para a análise circular no software statistical Oriana v.4.02. (KOVACH, 2013) que trata de eventos cíclicos que determinarmos o período de maior intensidade das fenofases vegetativas e reprodutivas de cada grupo. O zero grau corresponde ao dia 1 de junho de 2015. Foram convertidos os valores mensais em ângulos, com intervalos

de 30°, posteriormente, calculamos o ângulo médio ou data média ( $\mu$ ), sendo convertido em dias, dividindo o valor do ( $\mu$ ) por 0,986 que corresponde a um dia em ângulo. O ângulo médio ( $\mu$ ) é o período de maior intensidade da fenofase durante o ano. Foi utilizado o valor de ( $\mu$ ) convertido em dias como atributo das fenofases de cada espécie e grupo.

Em seguida foi organizada uma matriz no Excel, na qual as espécies foram às linhas e os caracteres bióticos (brotamento, queda foliar, floração, frutificação, densidade de caule e raiz e quantidade de água saturada) as colunas. Para padronizar os dados desta matriz, foram utilizados os valores obtidos da divisão da média pelo desvio padrão de cada característica (KRÖBER et al., 2012). A matriz foi exportada para o programa R versão 3.0.2 (R Development Core Team 2016), para classificar as espécies de acordo com os grupos fenológicos.

Em seguida, uma matriz de dissimilaridade de Gower foi gerada para comparar as distâncias entre as espécies, esta análise foi realizada como um método objetivo e quantitativo para identificar os grupos fenológicos. Para conhecer o número ótimo de grupos na análise de agrupamento hierárquico foram realizadas simulações entre dois ( $k=2$ ) e cinco ( $k=5$ ) grupos por meio de análises de variância multivariada não paramétrica (PERMANOVAs).

O melhor número de grupos foi aquele que o aumento na quantidade de variância explicada foi superior a 15% (DARLING et al., 2012). Foi realizada uma análise de coordenadas principais (PCoA) e uma análise de componentes principais (PCA) (MCCUNE; GRACE, 2002) para determinar quais características funcionais analisadas estavam ordenando as espécies. A matriz de dissimilaridade de Gower, análise de agrupamento hierárquico, PERMANOVA e PCoA, foram realizadas com os pacotes “ggplot2”, “ggdendro”, “vegan” e “cluster” em R (2015) (R Core Team 2015) e a PCA software Past ver. 2.17b. Foi realizada uma análise de correspondência canônica (CCA) utilizando duas matrizes, uma com variáveis respostas (fenofases vegetativas e reprodutivas do grupo) e outra com variáveis ambientais (precipitação, temperatura e fotoperíodo). Foram extraídos valores do eixo mais informativo com as variáveis ambientais geradas pela CCA e foi usado o teste de Mantel para verificar se as variáveis ambientais influenciaram as variáveis resposta no programa PC-ORD 6 (MCCUNE; MEFFORD, 2011) e software Past ver. 2.17b.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 INFLUÊNCIA DOS FATORES ABIÓTICOS NA FENOLOGIA DA COMUNIDADE ARBÓREA**

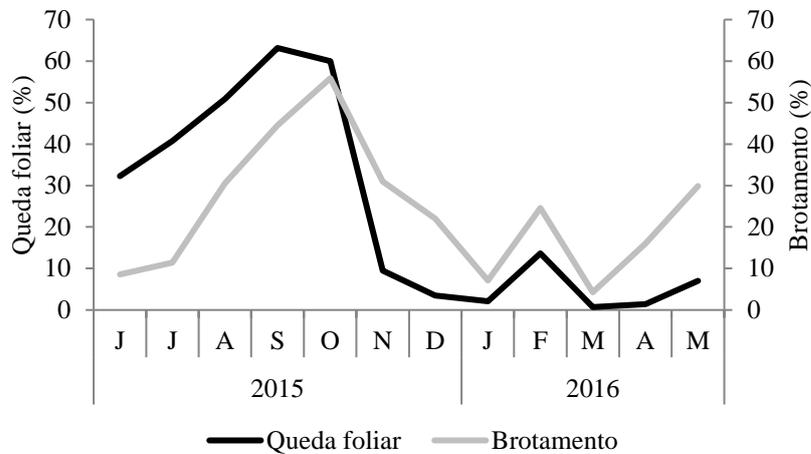
Ao longo dos 12 meses, 94% e 93% dos indivíduos brotaram e perderam folhas, respectivamente. Os maiores picos de brotamento e queda foliar ocorreram no período de menor precipitação (ago/2015 a nov/2015 Figs. 2 e 4). A intensidade do brotamento foi negativamente correlacionada com a precipitação (Tabela 2). A intensidade de queda foliar foi negativamente correlacionada com a temperatura (Tabela 2). A floresta é sempre-verde, uma vez que a queda foliar e o brotamento foram concomitantes (Fig.4), além disso, não foi observado nenhum indivíduo sem folhas por mais de um mês.

Nas fenofases de floração e frutificação foram observados 40% e 35% dos indivíduos, respectivamente. Para a floração o maior pico ocorreu nos meses de nov/2015 a jan/2016 no final da estação seca. Para a frutificação o pico foi entre os meses de dez/2015 a abr/2016 final da estação seca e início da estação chuvosa (Figs. 2 e 5). A intensidade da floração foi positivamente correlacionada com o fotoperíodo (Tabela 3), e enquanto a intensidade da frutificação foi positivamente correlacionada com a temperatura e o fotoperíodo (Tabelas 2 e 3).

Os indivíduos perderam folhas no final da estação chuvosa e início do período seco, semelhante ao relatado por Mori et al. (1982), Locatelli et al. (2004), Lima et al. (2008), Pessoa et al. (2011). O brotamento ocorreu em seguida com maiores intensidades durante o período de menor precipitação, sugerindo que as plantas trocam de folhas nessa época, provavelmente, para maximizar a fotossíntese, visto que esta época coincide com temperaturas mais elevadas e maior disponibilidade de luz.

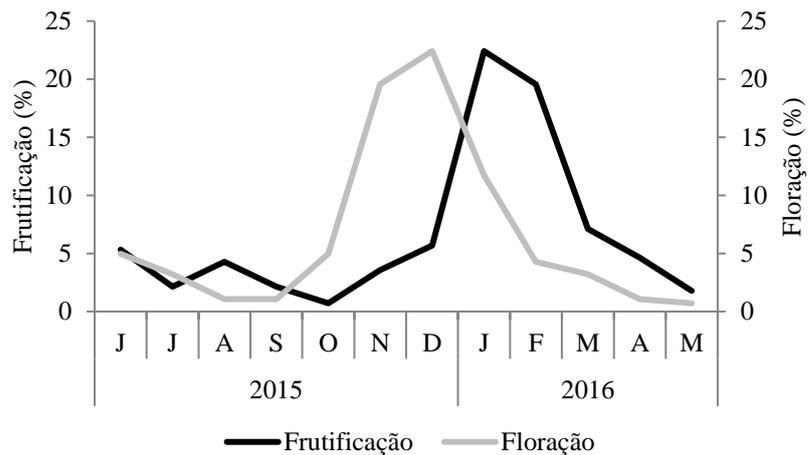
A maior disponibilidade de luz é resultante da menor cobertura de nuvens nesta época do ano. Esta situação favorece o acúmulo de carboidratos para iniciar a fase de floração, no final da estação seca, para posteriormente frutificar no início das chuvas, época de maior disponibilidade de água para o estabelecimento das plântulas (VAN SCHAİK et al. 1994).

**Figura 4** - Intensidade das fenofases de brotamento e queda foliar, conforme Fournier (1974), para 46 espécies (281 indivíduos) no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE.



Fonte: Galvão, F.G. (2017)

**Figura 5** - Intensidade das fenofases de floração e frutificação, conforme Fournier (1974), para 46 espécies (281 indivíduos) no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE.



Fonte: Galvão, F.G. (2017)

Assim como observado na área de estudo (Figs. 2, 3, 4 e 5), trabalhos em Floresta Atlântica observaram que a sazonalidade climática influencia as fenofases, assinalando que o aumento da temperatura e fotoperíodo influenciam as fenofases vegetativas e reprodutivas (MORELLATO et al., 2000; MANTOVANI et al., 2003). A precipitação, por sua vez, parece não ser determinante para induzir o brotamento, uma vez que no inverno, época de maior precipitação, as plantas apresentaram baixa atividade desta fenofase (Fig 4).

**Tabela 2-** Correlação de Spearman (rs) entre as variáveis abióticas (precipitação e temperatura) e as fenofases (queda foliar, brotamento, floração e frutificação) de 34 espécies observadas mensalmente de junho/2015 a maio/2016, no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE. Os valores em negrito indicam que houve correlação significativa para a variável testada (P<0,05). P = precipitação, T = temperatura

| Família/ Espécie                  | Queda foliar |             |              |             | Brotamento   |             |              |             | Floração     |             |             |             | Frutificação |             |             |             |
|-----------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
|                                   | P            |             | T            |             | P            |             | T            |             | P            |             | T           |             | P            |             | T           |             |
|                                   | rs           | pb          | rs          | pb          | rs           | pb          | rs          | pb          |
| <b>Anacardiaceae</b>              |              |             |              |             |              |             |              |             |              |             |             |             |              |             |             |             |
| <i>Tapirira guianensis.</i>       | -0,23        | 0,44        | <b>-0,65</b> | <b>0,01</b> | -0,06        | 0,82        | -0,01        | 0,97        | -            | -           | -           | -           | -            | -           | -           | -           |
| <i>Thyrsodium spruceanum</i>      | -0,08        | 0,77        | <b>-0,82</b> | <b>0,00</b> | -0,78        | 0,00        | -0,11        | 0,69        | -0,46        | 0,11        | 0,00        | 1,00        | -0,39        | 0,17        | 0,22        | 0,45        |
| <b>Araliaceae</b>                 |              |             |              |             |              |             |              |             |              |             |             |             |              |             |             |             |
| <i>Schefflera morototoni</i>      | -0,19        | 0,52        | <b>-0,75</b> | <b>0,00</b> | -0,15        | 0,61        | -0,45        | 0,11        | 0,30         | 0,30        | -0,46       | 0,11        | -0,31        | 0,29        | -0,53       | 0,05        |
| <b>Burseraceae</b>                |              |             |              |             |              |             |              |             |              |             |             |             |              |             |             |             |
| <i>Protium giganteum</i>          | -0,26        | 0,38        | -0,42        | 0,15        | -0,37        | 0,21        | 0,29         | 0,33        | 0,14         | 0,63        | 0,24        | 0,42        | 0,30         | 0,30        | 0,47        | 0,10        |
| <i>Protium heptaphyllum</i>       | -0,28        | 0,34        | -0,39        | 0,17        | -0,53        | 0,06        | -0,25        | 0,39        | -            | -           | -           | -           | -            | -           | -           | -           |
| <b>Chrysobalanaceae</b>           |              |             |              |             |              |             |              |             |              |             |             |             |              |             |             |             |
| <i>Licania cf. kunthiana</i>      | -0,06        | 0,83        | <b>-0,88</b> | <b>0,00</b> | <b>-0,87</b> | <b>0,00</b> | 0,09         | 0,07        | -0,35        | 0,23        | 0,41        | 0,15        | -0,12        | 0,68        | <b>0,70</b> | <b>0,00</b> |
| <b>Elaeocarpaceae</b>             |              |             |              |             |              |             |              |             |              |             |             |             |              |             |             |             |
| <i>Sloanea garckeana</i>          | -0,16        | 0,57        | <b>-0,59</b> | <b>0,03</b> | <b>-0,83</b> | <b>0,00</b> | -0,20        | 0,50        | -            | -           | -           | -           | -            | -           | -           | -           |
| <b>Euphorbiaceae</b>              |              |             |              |             |              |             |              |             |              |             |             |             |              |             |             |             |
| <i>Pogonophora schomburgkiana</i> | -0,19        | 0,51        | -0,20        | 0,51        | <b>-0,56</b> | <b>0,04</b> | 0,08         | 0,78        | 0,38         | 0,19        | -0,23       | 0,44        | 0,38         | 0,19        | -0,23       | 0,44        |
| <b>Fabaceae</b>                   |              |             |              |             |              |             |              |             |              |             |             |             |              |             |             |             |
| <i>Albizia pedicellaris</i>       | <b>-0,61</b> | <b>0,02</b> | -0,17        | 0,57        | <b>-0,70</b> | <b>0,00</b> | 0,22         | 0,45        | <b>-0,56</b> | <b>0,04</b> | -0,11       | 0,71        | -0,39        | 0,17        | 0,35        | 0,24        |
| <i>Bowdichia virgilioides</i>     | -0,17        | 0,55        | <b>-0,58</b> | <b>0,03</b> | <b>-0,86</b> | <b>0,00</b> | 0,05         | 0,84        | <b>-0,62</b> | <b>0,02</b> | 0,20        | 0,51        | -0,20        | 0,50        | 0,51        | 0,07        |
| <i>Dialium guianense</i>          | 0,40         | 0,17        | <b>-0,88</b> | <b>0,00</b> | <b>-0,67</b> | <b>0,01</b> | -0,31        | 0,29        | -0,25        | 0,39        | <b>0,58</b> | <b>0,03</b> | -0,11        | 0,69        | <b>0,71</b> | <b>0,00</b> |
| <i>Chamaecrista sp.</i>           | <b>-0,56</b> | <b>0,04</b> | -0,11        | 0,71        | -0,53        | 0,05        | -0,34        | 0,25        | -            | -           | -           | -           | -            | -           | -           | -           |
| <i>Inga thibaudiana</i>           | -0,39        | 0,18        | <b>-0,57</b> | <b>0,04</b> | <b>-0,69</b> | <b>0,00</b> | 0,16         | 0,60        | -0,46        | 0,11        | 0,00        | 1,00        | -0,11        | 0,71        | <b>0,56</b> | <b>0,04</b> |
| <i>Parkia pendula</i>             | -0,02        | 0,94        | -0,5         | 0,07        | -0,48        | 0,09        | -0,34        | 0,24        | -0,62        | 0,02        | 0,20        | 0,51        | -0,38        | 0,19        | <b>0,60</b> | <b>0,02</b> |
| <i>Plathymenia foliolosa</i>      | -0,04        | 0,89        | -0,7         | 0           | -0,31        | 0,29        | -0,48        | 0,08        | -            | -           | -           | -           | -            | -           | -           | -           |
| <i>Pterocarpus violaceus</i>      | -0,31        | 0,28        | <b>-0,70</b> | <b>0,00</b> | 0,17         | 0,56        | <b>-0,59</b> | <b>0,03</b> | -0,09        | 0,75        | -0,13       | 0,65        | <b>-0,61</b> | <b>0,02</b> | -0,04       | 0,89        |
| <i>Sclerolobium densiflorum</i>   | -0,20        | 0,50        | <b>-0,68</b> | <b>0,01</b> | <b>-0,55</b> | <b>0,04</b> | -0,40        | 0,17        | -0,48        | 0,11        | -0,40       | 0,89        | -            | -           | -           | -           |
| Fabaceae A                        | -0,56        | 0,05        | -0,46        | 0,13        | -0,24        | 0,43        | -0,49        | 0,10        | -            | -           | -           | -           | -            | -           | -           | -           |
| Fabaceae B                        | -0,07        | 0,82        | <b>-0,66</b> | <b>0,01</b> | -0,31        | 0,31        | <b>-0,66</b> | <b>0,01</b> | -            | -           | -           | -           | -            | -           | -           | -           |

Continua



|                        |       |      |              |             |              |             |       |      |       |      |              |          |      |      |              |             |
|------------------------|-------|------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------|------|-------|------|--------------|----------|------|------|--------------|-------------|
| <i>Pouteria bangii</i> | -0,29 | 0,32 | <b>-0,58</b> | <b>0,03</b> | -0,24        | 0,41        | 0,01  | 0,96 | 0,36  | 0,22 | <b>-0,69</b> | <b>0</b> | 0,36 | 0,22 | <b>-0,69</b> | <b>0</b>    |
| <b>Comunidade</b>      | -0,3  | 0,3  | <b>-0,73</b> | <b>0</b>    | <b>-0,63</b> | <b>0,01</b> | -0,27 | 0,36 | -0,47 | 0,09 | 0,47         | 0,1      | 0,01 | 0,95 | <b>0,67</b>  | <b>0,01</b> |

**Tabela 3-** Correlação de Spearman (rs) entre a variável abiótica (fotoperíodo) e as fenofases (queda foliar, brotamento, floração e frutificação) de 34 espécies observadas mensalmente de junho/2015 a maio /2016, no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE. Os valores em negrito indicam que houve correlação significativa para a variável testada (P<0,05)

| Família/espécies                  | Queda foliar |             | Brotamento  |      | Floração    |             | Frutificação |             |
|-----------------------------------|--------------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|--------------|-------------|
|                                   | Fotoperíodo  |             | Fotoperíodo |      | Fotoperíodo |             | Fotoperíodo  |             |
|                                   | rs           | pb          | rs          | pb   | rs          | pb          | rs           | pb          |
| <b>Anacardiaceae</b>              |              |             |             |      |             |             |              |             |
| <i>Tapirira guianensis</i>        | -0,53        | 0,05        | -0,03       | 0,91 | -           | -           | -            | -           |
| <i>Thyrsodium spruceanum</i>      | <b>-0,67</b> | <b>0,01</b> | 0,22        | 0,46 | 0,07        | 0,8         | 0,45         | 0,11        |
| <b>Araliaceae</b>                 |              |             |             |      |             |             |              |             |
| <i>Schefflera morototoni</i>      | -0,54        | 0,05        | -0,35       | 0,23 | -0,46       | 0,11        | -0,34        | 0,25        |
| <b>Burseraceae</b>                |              |             |             |      |             |             |              |             |
| <i>Protium giganteum</i>          | -0,3         | 0,31        | 0,32        | 0,27 | 0,31        | 0,29        | 0,17         | 0,56        |
| <i>Protium heptaphyllum</i>       | -0,22        | 0,45        | 0,07        | 0,81 | -           | -           | -            | -           |
| <b>Chrysobalanaceae</b>           |              |             |             |      |             |             |              |             |
| <i>Licania cf. kunthiana</i>      | <b>-0,72</b> | <b>0</b>    | 0,38        | 0,19 | <b>0,66</b> | <b>0,01</b> | <b>0,59</b>  | <b>0,03</b> |
| <b>Elaeocarpaceae</b>             |              |             |             |      |             |             |              |             |
| <i>Sloanea garckeana</i>          | -0,46        | 0,1         | 0,11        | 0,69 | -           | -           | -            | -           |
| <b>Euphorbiaceae</b>              |              |             |             |      |             |             |              |             |
| <i>Pogonophora schomburgkiana</i> | -0,24        | 0,41        | 0,09        | 0,74 | -0,34       | 0,24        | -0,34        | 0,24        |

Continua

**Tabela 3- Cont.**

| Família/espécies                | Queda foliar |             | Brotamento   |          | Floração    |             | Frutificação |             |
|---------------------------------|--------------|-------------|--------------|----------|-------------|-------------|--------------|-------------|
|                                 | Fotoperíodo  |             | Fotoperíodo  |          | Fotoperíodo |             | Fotoperíodo  |             |
|                                 | rs           | pb          | rs           | pb       | rs          | pb          | rs           | pb          |
| <b>Fabaceae</b>                 |              |             |              |          |             |             |              |             |
| <i>Albizia pedicellaris</i>     | 0,06         | 0,82        | 0,36         | 0,21     | 0           | 1           | 0,45         | 0,11        |
| <i>Bowdichia virgilioides</i>   | -0,39        | 0,18        | 0,32         | 0,27     | 0,45        | 0,12        | <b>0,67</b>  | <b>0,01</b> |
| <i>Chamaecrista sp.</i>         | 0            | 1           | -0,14        | 0,63     | -           | -           | -            | -           |
| <i>Dialium guianense</i>        | <b>-0,86</b> | <b>0</b>    | 0,03         | 0,91     | <b>0,71</b> | <b>0</b>    | <b>0,56</b>  | <b>0,04</b> |
| <i>Inga thibaudiana</i>         | -0,37        | 0,2         | 0,36         | 0,22     | 0,07        | 0,8         | 0,34         | 0,25        |
| <i>Parkia pendula</i>           | -0,51        | 0,07        | -0,04        | 0,87     | 0,45        | 0,12        | <b>0,81</b>  | <b>0</b>    |
| <i>Plathymenia foliolosa</i>    | -0,57        | 0,03        | -0,17        | 0,55     | -           | -           | -            | -           |
| <i>Pterocarpus violaceus</i>    | -0,54        | 0,05        | <b>-0,68</b> | <b>0</b> | -0,19       | 0,52        | 0,2          | 0,49        |
| <i>Sclerolobium densiflorum</i> | -0,53        | 0,05        | -0,13        | 0,67     | 0,07        | 0,8         | -            | -           |
| <i>Fabaceae A</i>               | -0,03        | 0,9         | -0,52        | 0,24     | -           | -           | -            | -           |
| <i>Fabaceae B</i>               | -0,37        | 0,12        | -0,25        | 0,3      | -           | -           | -            | -           |
| <b>Lauraceae</b>                |              |             |              |          |             |             |              |             |
| <i>Ocotea glomerata</i>         | <b>-0,55</b> | <b>0,04</b> | -0,14        | 0,63     | -           | -           | -            | -           |
| <b>Lecytidaceae</b>             |              |             |              |          |             |             |              |             |
| <i>Eschweilera ovata</i>        | -0,37        | 0,2         | -0,06        | 0,82     | 0,68        | <b>0,01</b> | <b>0,56</b>  | <b>0,04</b> |
| <i>Lecythis pisonis</i>         | <b>-0,69</b> | <b>0</b>    | -0,15        | 0,6      | -           | -           | -            | -           |
| <b>Malvaceae</b>                |              |             |              |          |             |             |              |             |
| <i>Luehea ochrophylla</i>       | -0,07        | 0,8         | -0,46        | 0,1      | 0,31        | 0,29        | 0            | 1           |
| <b>Melastomataceae</b>          |              |             |              |          |             |             |              |             |
| <i>Henriettea succosa</i>       | -0,53        | 0,06        | 0,27         | 0,36     | 0,22        | 0,45        | -0,49        | 0,08        |
| <i>Miconia affinis</i>          | 0,19         | 0,52        | -0,37        | 0,2      | <b>0,62</b> | <b>0,02</b> | 0,35         | 0,22        |
| <i>Miconia prasina</i>          | -0,48        | 0,09        | -0,21        | 0,48     | -0,34       | 0,24        | -0,34        | 0,34        |
| <i>Miconia sp.</i>              | -0,13        | 0,66        | <b>0,68</b>  | <b>0</b> | 0,34        | 0,25        | 0            | 1           |

Continua

**Tabela 3- Cont.**

| Família/espécies              | Queda foliar |             | Brotamento   |      | Floração     |             | Frutificação |             |
|-------------------------------|--------------|-------------|--------------|------|--------------|-------------|--------------|-------------|
|                               | Fotoperíodo  |             | Fotoperíodo  |      | Fotoperíodo  |             | Fotoperíodo  |             |
|                               | rs           | pb          | rs           | pb   | rs           | pb          | rs           | pb          |
| <b>Moraceae</b>               |              |             |              |      |              |             |              |             |
| <i>Brosimum guianense</i>     | <b>-0,6</b>  | <b>0,02</b> | 0,12         | 0,69 | -            | -           | -            | -           |
| <i>Helicostylis tomentosa</i> | -0,3         | 0,31        | 0,1          | 0,73 | 0,24         | 0,41        | -0,05        | 0,86        |
| <i>Nyctaginaceae</i>          |              |             |              |      |              |             |              |             |
| <i>Guapira opposita</i>       | -0,11        | 0,71        | -0,45        | 0,11 | -            | -           | -            | -           |
| <b>Rubiaceae</b>              |              |             |              |      |              |             |              |             |
| <i>Alseis pickelii</i>        | -0,23        | 0,43        | 0,38         | 0,19 | -            | -           | -            | -           |
| <b>Sapindaceae</b>            |              |             |              |      |              |             |              |             |
| <i>Talisia macrofila</i>      | -0,5         | 0,07        | 0,41         | 0,16 | -            | -           | -            | -           |
| <b>Sapotaceae</b>             |              |             |              |      |              |             |              |             |
| <i>Micropholis compta</i>     | -0,18        | 0,46        | -0,16        | 0,5  | -            | -           | -            | -           |
| <i>Pouteria bangii</i>        | -0,38        | <b>0,19</b> | <b>-0,04</b> | 0,88 | <b>-0,65</b> | <b>0,01</b> | <b>-0,65</b> | <b>0,01</b> |
| <b>Comunidade</b>             | -0,51        | 0,06        | 0,01         | 0,96 | <b>0,65</b>  | <b>0,01</b> | <b>0,6</b>   | <b>0,02</b> |

Certamente, o maior brotamento durante a época de menor precipitação está associado aos fatores luz e temperaturas elevadas. Entretanto, como seria possível as plantas brotarem na época seca? Uma possível explicação está associada a maior profundidade do solo e capacidade de armazenamento de água, que estaria disponível para as plantas nesta época.

Estudos realizados na Floresta Atlântica do sudeste do Brasil relatam padrões na fenologia similares ao do nordeste. Dentre estes, podemos citar Freire et al. (2013), que, em um trabalho na Floresta Atlântica do Rio de Janeiro, encontraram padrão semelhante para as fenofases de floração e frutificação, onde registraram que o maior pico de floração ocorreu no final do período seco e início da estação chuvosa, e a frutificação na estação chuvosa. Rolim et al. (2016), em uma floresta de tabuleiro no Espírito Santo também relataram padrão de semelhante ao nosso para queda foliar, no final da estação seca e início da chuvosa. O trabalho de Talora e Morellato (2000), em floresta de restinga no sudeste do Brasil, mostraram que espécies apresentaram maior queda foliar no período de menor temperatura, destacando que no período de maiores temperaturas e fotoperíodo houve maior número de espécies florescendo e frutificando, confirmando os padrões encontrados nesse estudo.

#### 4.2 INFLUÊNCIA DOS FATORES ABIÓTICOS NA FENOLOGIA DAS POPULAÇÕES

Das 46 espécies da amostra foram selecionadas 34 espécies para realizar a correlação de Sperman, pois apresentaram mais de um indivíduo por espécie. Todas as 34 espécies analisadas apresentaram um padrão de brotamento regular, 76% de brotamento contínuo, e 76% com longa duração de brotamento, ou seja, durante a maior parte do ano havia espécies brotando em um período maior que cinco meses. Quanto à presença/ausência do brotamento, observa-se que 68% apresentaram alta sincronia. Das 34 espécies analisadas que brotaram ao longo do ano, 13 tiveram correlação negativa com a precipitação. Cinco espécies mostraram correlações negativas e significativas com a temperatura e uma espécie foi correlacionada positivamente com o fotoperíodo (Tabelas 2 e 3). Cerca 38% (13 espécies) brotaram no período de maiores temperaturas, padrão que já foi observado na comunidade, e que teve grande influência daquelas 13 espécies que mostraram correlação negativa com a precipitação. Vale destacar que essas espécies estão entre as mais abundantes da amostra, sendo assim responsáveis pelo padrão observado na comunidade (Tabela 1).

O conjunto das 34 espécies analisadas apresentou padrão de queda foliar regular, com 62% de frequência contínua, e 53% de longa duração. Quanto à presença/ausência de queda foliar, 68% apresentou alta sincronia. Espécies com comportamento sincrônico podem ser sensíveis ao estresse hídrico devido a sua maior capacidade de responder a escassez de

umidade no solo, e conseqüentemente, perdem suas folhas para evitar a perda de água, como foi relatado por Reich (1995) e Bullock; Solís-Magallanes (1990). Reich (1995) e Borchert (1999) observam que populações assincrônicas tendem a perder folhas ao longo do período seco devido ao *status* hídrico de cada planta e da diferente longevidade foliar entre os indivíduos. Segundo Holbrook et al. (1995), certas espécies podem perder suas folhas em consequência da capacidade de retenção de água no solo, profundidade do sistema radicular, capacidade de armazenar água nos seus tecidos e do controle estomático das folhas.

Para a fenofase de queda foliar, cinco espécies mostraram correlação negativa e significativa com a precipitação, 19 espécies foram correlacionadas negativamente com a temperatura e sete espécies mostraram correlação negativa com o fotoperíodo (Tabelas 2 e 3). A correlação negativa com a temperatura e o fotoperíodo reforçam o padrão observado de queda foliar para a comunidade, no qual foi mais acentuada no final da estação chuvosa. O fato de algumas espécies apresentarem outros padrões (espécies que mostraram correlações com menor precipitação) pode estar relacionado com algum mecanismo fisiológico, não avaliado neste trabalho, de cada espécie, pois a época de brotação e queda de folhas em muitas espécies depende mais do potencial hídrico interno das plantas do que a disponibilidade de água no ambiente (RIECH; BORCHERT, 1984; LIMA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2015; ROLIM et al., 2016).

Das 34 espécies analisadas, 20 floresceram (59%) ao longo do ano. Todas as espécies apresentaram floração regular, 53% tiveram floração anual, e 41% das espécies mostraram floração duração intermediária. Cinco dessas apresentando correlação negativa com a precipitação. Três espécies mostraram correlação positiva com a temperatura e uma mostrou correlação negativa. Para o fotoperíodo cinco espécies mostraram correlação positiva e uma correlação negativa (Tabela 3). Vale destacar que apesar deste trabalho ter durado 12 meses, a proporção de espécies florando anualmente foi semelhante a registrado em outros trabalhos com 24 meses de duração realizados na Floresta Atlântica da região nordeste (MORI et al., 1982; LOCATELLI & MACHADO, 2004; PESSOA et al., 2011).

Apesar de poucas espécies apresentarem correlação entre floração e as variáveis abióticas acima citadas, autores têm sugerido que a floração no período de menor precipitação é mais vantajosa para as espécies, uma vez que as condições do tempo favorecem a atividade de insetos polinizadores já que não há chuvas pesadas que podem causar danos às flores, derrubá-las ou diluir o seu néctar (JANZEN, 1967; VAN SCHAIK et al., 1993).

Opler et al. (1976) destacaram a importância das chuvas no final da estação seca na indução e sincronia de floração em plantas de florestas estacionais semi decíduais da Costa

Rica. Morellato et al. (1989) comentaram que as primeiras chuvas que marcam o final da estação seca estimulam as plantas a florescerem, e que apesar da ocorrência das chuvas no período seco ser imprevisível e irregular em intensidade, as espécies possivelmente estão adaptadas a responder com rapidez a este estímulo. Estas chuvas do final do período seco, juntamente com o aumento de temperatura, podem acelerar o processo de decomposição da serrapilheira acumulada, tornando os nutrientes disponíveis para a vegetação, a qual entra no seu período de maior atividade reprodutiva, como observa Morellato (1992).

Com relação à sincronia de floração, foi verificado que 50% foram assincrônicas, 26% apresentaram baixa sincronia, 24% alta sincronia. Com relação baixa sincronia, talvez seja uma forma de garantir a presença dos possíveis polinizadores destas espécies por um longo período. Van Schaik et al. (1993) e Machado et al. (1997) observam a importância de uma floração contínua das espécies que compõem a cobertura vegetal de uma determinada área para que os polinizadores tenham um contínuo suprimento de flores, mesmo que este recurso seja reduzido em quantidade durante o período desfavorável, onde poucos indivíduos e espécies florescem. Este parece ser o caso da espécie *Pterocarpus violaceus*, que apresentou indivíduos florescendo tanto no período chuvoso quanto no período seco.

Dos trabalhos realizados em Floresta Atlântica, com mais de dois anos, como por exemplo, Mori et al. (1982), Bencke et al. (2002), Locatelli et al. (2004) e Pessoa et al. (2011), mostraram que os padrões de floração foram os mesmo do presente trabalho, com floração ocorrendo no final do período seco e início da estação chuvosa. Certamente, este padrão deve estar associado ao favorecimento da frutificação e dispersão dos diásporos na estação chuvosa subsequente.

Dentre as espécies com alta sincronia de floração (24%) duas, *Bowdichia vigilioides* e *Protium gigateum*, perderam folhas e floresceram imediatamente. Esse comportamento também foi registrado por Barros (2001), em duas espécies do gênero *Tabebuia* no Cerrado brasileiro, e por Funch (1997) em *T. ochracea* em florestas da Chapada Diamantina. Segundo Jansen (1967), estas estratégias facilitam a visualização e acesso às flores pelos polinizadores devido à perda de folhas. A floração logo após a queda foliar também tem sido atribuída ao processo de reidratação da planta (REICH & BORCHERT, 1984; BORCHERT, 1994; HOLBROOK et al., 1995). Reich & Borchert (1984) explicam que durante estação seca a perda de água por transpiração excede a absorção de água pelo sistema radicular, levando a queda de folhas. Após a queda foliar, reduz-se a perda de água por transpiração e há uma lenta absorção de água pelas raízes, acarretando a reidratação da planta e subsequente a floração.

Das 34 espécies analisadas 19 frutificaram (56%) ao longo do ano. Todas apresentaram frutificação regular, 51% apresentaram frutificação anual, e 42% de duração intermediária. Com relação à sincronia de frutificação das espécies, foi observado que 25% espécies apresentaram baixa sincronia, 23% alta sincronia. Uma espécie mostrou correlação negativa com a precipitação e outra correlação positiva com esse mesmo fator (Tabela 2). Para temperatura, quatro espécies mostraram correlações positivas e uma correlação negativa. Para o fotoperíodo, cinco espécies mostraram correlação positiva e uma mostrou correlação negativa.

O padrão encontrado nesse trabalho indica que o período seco é favorável para o brotamento de folhas e floração e o período chuvoso é o mais propício para frutificação, pois é o período mais propício para a dispersão de sementes, aspecto já relatado por Lima et al. (2008).

#### 4.3 DENSIDADE BÁSICA DE MADEIRA

Foram coletadas as amostras de madeira de 42 espécies/morfoespécies, destas 18 espécies são de baixa densidade de madeira de caule e raiz ( $\leq 0,5 \text{ gm}^{-3}$ ), e 24 são de alta densidades de caule e raiz ( $>0,5 \text{ gm}^{-3}$ ) (Tabela 4).

#### 4.4 GRUPOS FENOLÓGICOS

A análise não paramétrica da variância (PERMANOVA) mostrou que o melhor ajuste encontrado através das simulações formou três grupos, que apresentou o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) igual a 0,42 (Tabela 5).

**Tabela 4** - Densidade de madeira e quantidade de água saturada de caule e raiz das 42 espécies observadas mensalmente de junho/2015 a maio/2016, em uma área de Mata Atlântica, Pernambuco, Brasil. BDM=densidade básica da madeira, QAsat%= quantidade de água saturada

| Espécies                            | DBM (g/cm <sup>3</sup> ) | DBM (g/cm <sup>3</sup> ) | QAsat., % | QAsat., % |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|
|                                     | Caule                    | Raiz                     | Caule     | Raiz      |
| <i>Apeiba tibourbou</i>             | 0,26                     | 0,37                     | 286       | 203       |
| <i>Schefflera morototoni</i>        | 0,34                     | 0,35                     | 198       | 191       |
| <i>Guapira nitida</i>               | 0,40                     | 0,39                     | 169       | 157       |
| <i>Plathymenia foliolosa</i>        | 0,40                     | 0,60                     | 81        | 79        |
| <i>Tapirira guianensis</i>          | 0,43                     | 0,40                     | 146       | 154       |
| <i>Eriotheca macrophyla</i>         | 0,45                     | 0,50                     | 122       | 105       |
| <i>Parkia pendula</i>               | 0,45                     | 0,53                     | 134       | 92        |
| Phyllanthaceae A                    | 0,45                     | 0,46                     | 122       | 119       |
| <i>Sclerolobium densiflorum</i>     | 0,45                     | 0,57                     | 127       | 76        |
| <i>Micropholis compta</i>           | 0,46                     | 0,46                     | 117       | 122       |
| <i>Guapira opposita</i>             | 0,47                     | 0,42                     | 111       | 140       |
| Melastomataceae A                   | 0,48                     | 0,48                     | 108       | 103       |
| <i>Campomanesia dichotoma</i>       | 0,49                     | 0,54                     | 84        | 90        |
| <i>Inga thibaudiana</i>             | 0,49                     | 0,50                     | 105       | 102       |
| <i>Miconia prasina</i>              | 0,49                     | 0,47                     | 101       | 109       |
| <i>Miconia</i> sp.                  | 0,49                     | 0,47                     | 101       | 109       |
| <i>Thyrsodiums pruceanum</i>        | 0,49                     | 0,49                     | 103       | 104       |
| <i>Albizia pedicellaris</i>         | 0,50                     | 0,5                      | 102       | 109       |
| <i>Ocotea indecora</i>              | 0,50                     | 0,49                     | 93        | 92        |
| <i>Ocotea glomerata</i>             | 0,53                     | 0,48                     | 111       | 117       |
| <i>Protium giganteum</i>            | 0,54                     | 0,5                      | 89        | 105       |
| <i>Protium heptaphyllum</i>         | 0,54                     | 0,56                     | 81        | 75        |
| <i>Helicostylis tomentosa</i>       | 0,55                     | 0,54                     | 88        | 90        |
| <i>Licania</i> cf. <i>kunthiana</i> | 0,56                     | 0,58                     | 79        | 80        |
| <i>Myrcia guianensis</i>            | 0,56                     | 0,66                     | 77        | 61        |
| <i>Pterocarpus violaceus</i>        | 0,56                     | 0,52                     | 85        | 108       |
| <i>Brosimum guianense</i>           | 0,57                     | 0,45                     | 85        | 106       |
| <i>Eugenia umbeliflora</i>          | 0,57                     | 0,64                     | 76        | 55        |
| <i>Sloanea guianensis</i>           | 0,58                     | 0,49                     | 83        | 133       |
| <i>Bowdichia virgilioides</i>       | 0,59                     | 0,54                     | 65        | 84        |
| <i>Henriettea succosa</i>           | 0,59                     | 0,56                     | 65        | 80        |
| <i>Dialium guianense</i>            | 0,60                     | 0,63                     | 63        | 61        |
| <i>Erythroxylum squamatum</i>       | 0,6                      | 0,63                     | 65        | 59        |
| <i>Lecythis pisonis</i>             | 0,61                     | 0,58                     | 65        | 72        |
| <i>Sloanea guarckeana</i>           | 0,61                     | 0,54                     | 71        | 93        |
| <i>Miconia affinis</i>              | 0,63                     | 0,56                     | 90        | 73        |
| <i>Eschweilera ovata</i>            | 0,64                     | 0,59                     | 58        | 70        |
| <i>Talisia retusa</i>               | 0,64                     | 0,62                     | 125       | 88        |
| <i>Pouteria bangii</i>              | 0,65                     | 0,64                     | 56        | 54        |
| <i>Pouteria</i> sp.                 | 0,65                     | 0,64                     | 56        | 54        |
| <i>Pogonophora schomburgkiana</i>   | 0,66                     | 0,59                     | 49        | 67        |
| <i>Luehea ochrophylla</i>           | 0,86                     | 0,86                     | 15        | 16        |

**Tabela 5** - Simulação com os números de grupos das 42 espécies no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE.

| Número de grupos | R <sup>2</sup> | P (%)           |
|------------------|----------------|-----------------|
| 2                | 0,27           | 0,001***        |
| <b>3</b>         | <b>0,42</b>    | <b>0,001***</b> |
| 4                | 0,54           | 0,001***        |
| 5                | 0,62           | 0,001***        |

\*\*\* Altamente significativo a 1%.

As figuras 6 e 7, que mostram a semelhança entre as espécies segundo suas fenofases e fatores bióticos (densidade de madeira e quantidade de água saturada de caule e raiz), apontam os três grupos fenológicos. O primeiro grupo, composto por 25 espécies, tem todas espécies com alta densidade de madeira e baixa quantidade de água saturada do caule e da raiz. O segundo grupo, formado por 15 espécies, das quais 10 têm baixa densidade e alta quantidade de água saturada no caule e raiz. As duas espécies do terceiro grupo apresentaram baixa densidade de madeira e alta quantidade de água no caule e na raiz.

Os dois primeiros eixos da análise de componentes principais (PCA) explicam 74% da variância dos dados analisados (Fig. 8). O primeiro eixo, com cerca de 53% da variância, aponta para a variação entre as espécies, com plantas com alta densidade de madeira do caule e raiz e baixa quantidade de água saturada no caule e raiz em oposição aquelas com baixa densidade de madeira e alta quantidade de água saturada no caule e raiz. O segundo eixo explicou 21% da variância e indicou que a maior intensidade de brotamento e queda foliar em oposição a maior floração, foi importante na separação das espécies.

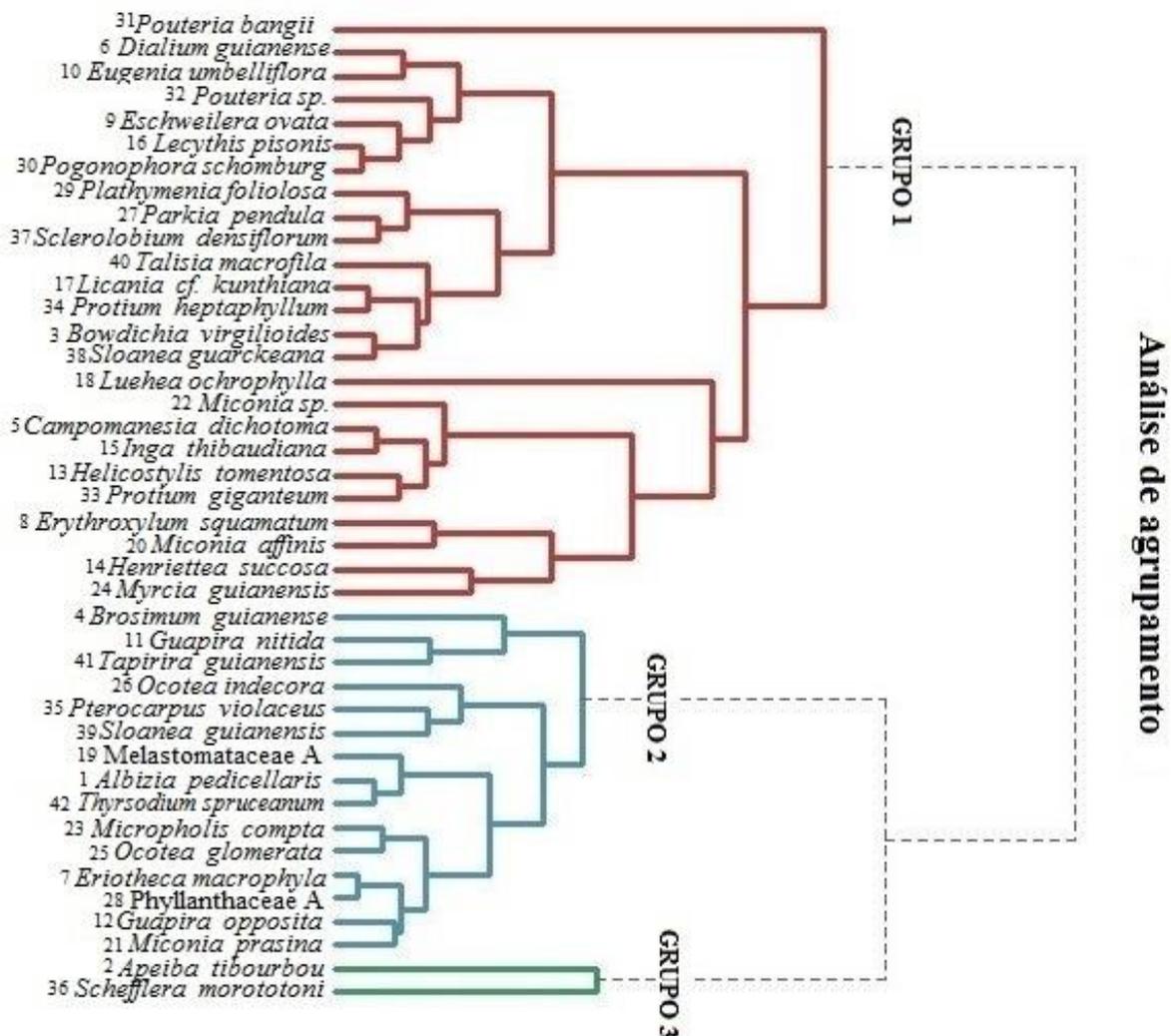
Em resumo os resultados das figuras 6, 7 e 8 apontaram que a densidade da madeira e a quantidade de água saturada do caule e raiz sugerem a formação de dois grupos no primeiro eixo já que plantas com alta densidade tendem a ter menor quantidade de água saturada. O segundo eixo mostrou que a intensidade de brotamento e queda foliar em oposição a espécies com maior intensidade de floração e frutificação foi importante na separação das espécies.

#### 4.5 ESTATÍSTICA CIRCULAR PARA OS GRUPOS FENOLÓGICOS

O grupo 1 apresentou fenofase de brotamento com maior probabilidade de ocorrência entre no mês de outubro (mês de maiores temperaturas e fotoperíodo). A fenofase de queda foliar deste grupo apresenta maior probabilidade de ocorrência no início do mês de setembro (final da estação chuvosa) como indicado no vetor médio (Fig. 9).

A fenofase de floração do grupo 1 ocorreu ao longo de todos os meses, com maior probabilidade de ocorrência nos meses de dezembro e janeiro (maior temperatura/fotoperíodo) como indicado no vetor médio (Figura 9). A fenofase de frutificação ocorreu durante todos os meses, com maior probabilidade de ocorrência no mês de abril (início do período chuvoso) (Figura 9).

**Figura 6** - Análise de agrupamento hierárquico com base nas fenofases e densidade de madeira e quantidade de água saturada em caule e raiz para 42 espécies no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE. Distância euclidiana e método de Ward.



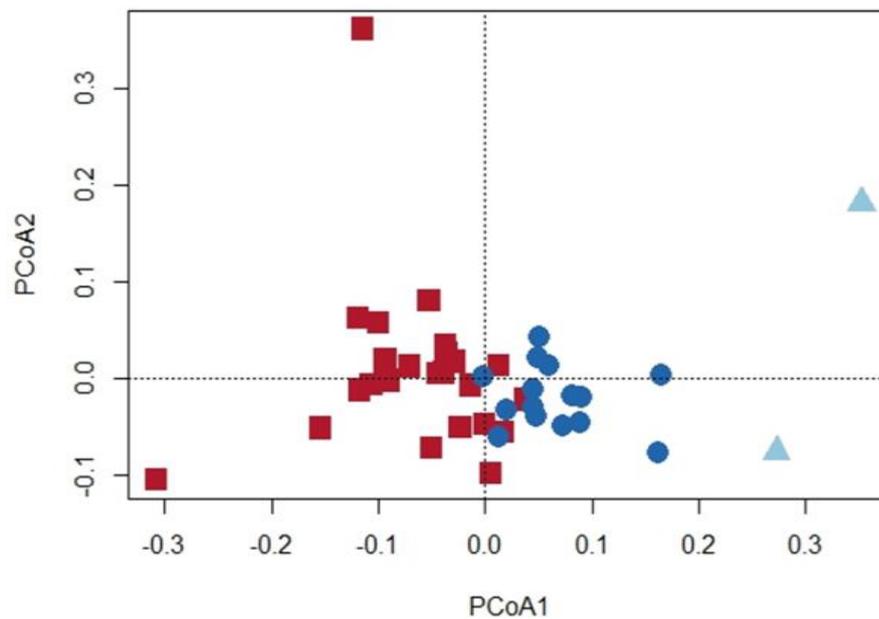
Fonte: Galvão, F.G. (2017)

O vetor médio da fenofase de brotamento do grupo 2 indicou que essas espécies brotaram pouco antes das espécies do grupo 1 mostrando maiores intensidades entre setembro e outubro (meses de maiores temperaturas e fotoperíodo). Para a fenofase de queda foliar o vetor médio indicou que a maior probabilidade de encontrar as espécies em fenofase ocorreu entre os meses de agosto e setembro (final da estação chuvosa). Na fenofase de floração o

vetor médio indicou que a maior probabilidade desta fenofase em setembro. O vetor médio mostrou maior probabilidade de encontrar a espécie em frutificação em fevereiro.

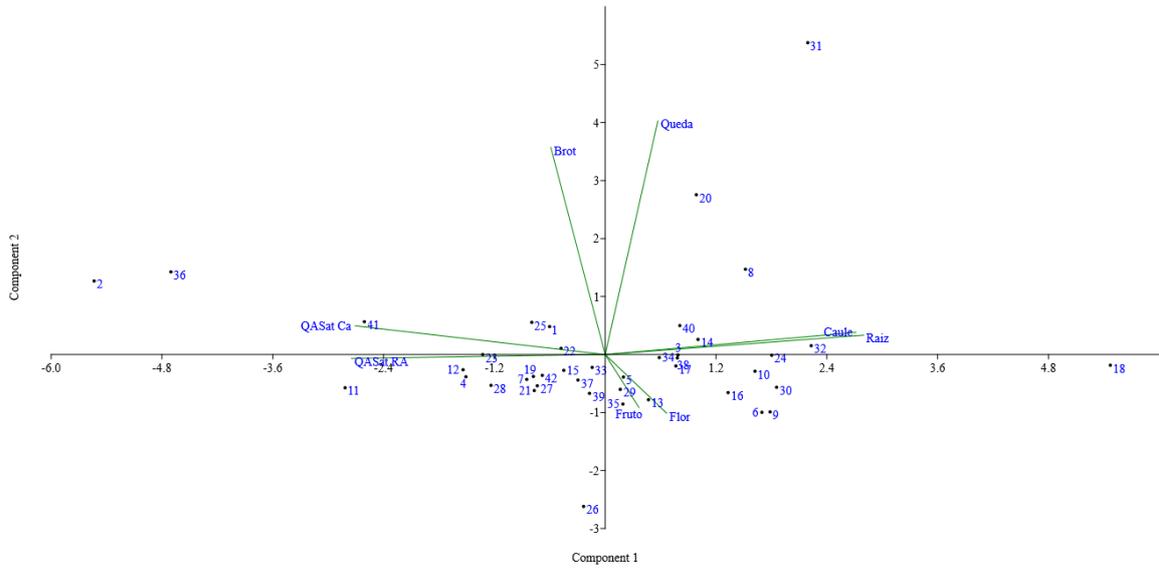
O grupo 3 composto pelas espécies *Apeiba tibourbou* e *Schefflera morototoni*, diferiu dos demais. Para fenofase de brotamento, o vetor médio indicou que o mês de outubro é o período de maior probabilidade de encontrar essas espécies em brotamento. Foram observados dois picos, um nos meses de julho e agosto, período que as duas espécies estavam em brotamento (estação de maior precipitação) e outro pico nos meses de dezembro e janeiro, nesse período a espécie em brotamento era *Schefflera morototoni* (meses de maiores temperaturas/fotoperíodo). Na fenofase de queda foliar o vetor médio indicou que as maiores probabilidades de encontrar essa fenofase ocorreram entre os meses de agosto e setembro (final da estação chuvosa).

**Figura 7-** Análise de Coordenadas Principais (PCoA) com base nas fenofases e densidade de madeira e quantidade de água saturada em caule e raiz para 42 espécies no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE. (■ = Grupo 1, ● = Grupo 2, ▲ = Grupo 3).



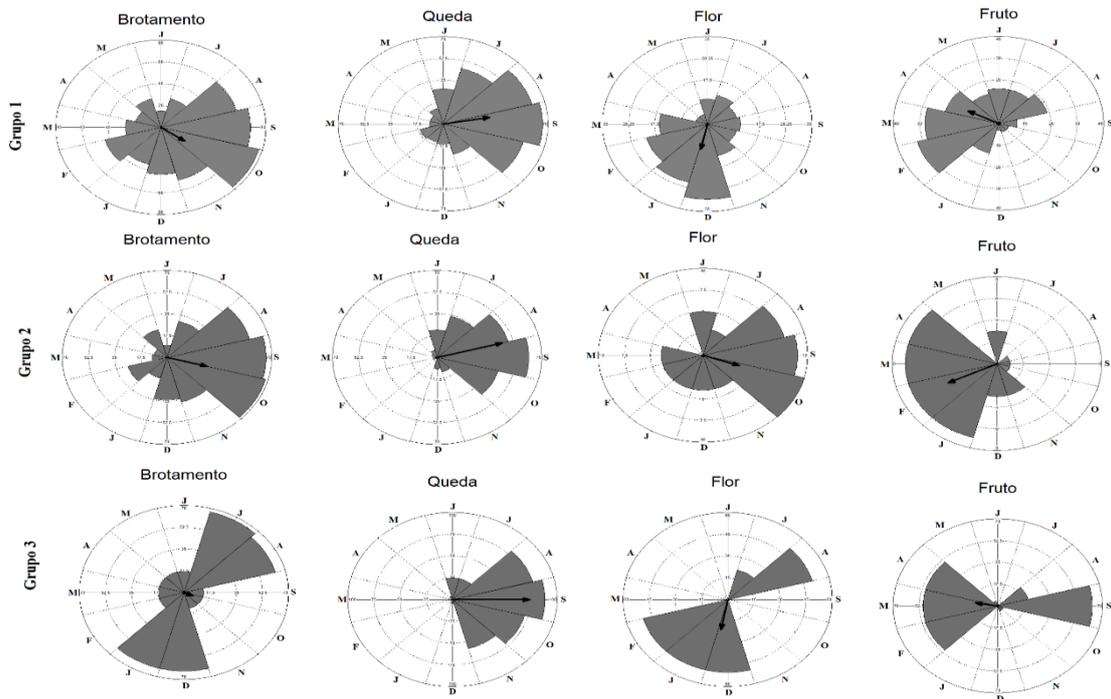
Fonte: Galvão, F.G. (2017)

**Figura 8 -** Análise de Componentes Principais (PCA) com base nas fenofases e densidade de madeira e quantidade de água saturada em caule e raiz para 42 espécies no Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife – PE.



Fonte: Galvão, F.G. (2017)

**Figura 9** - Análise circular com intensidade média de Fournier dos grupos fenológicos das espécies estudadas no período de junho/2015 a maio/ 2016 no Parque Estadual de Dois Irmãos Recife – PE.



Fonte: Galvão, F.G. (2017)

As fenofases reprodutivas diferiam entre os três grupos. No grupo 1 a floração ocorreu ao longo de todos os meses, com maior intensidade nos meses de dezembro e janeiro (maior temperatura/fotoperíodo) (Figura 11). No grupo 2 a maior intensidade ocorreu no início de outubro, como indicado pelo vetor médio (maior temperatura/fotoperíodo) (Figura 11). O grupo 1 é formado por espécies de alta densidade de madeira. O grupo 2 foi composto, em sua maioria, por espécies de baixa densidade de madeira. A floração das espécies de baixa densidade iniciou durante a estação seca, indicado pelo vetor médio, enquanto que as de alta densidade, o vetor médio indicou que a maior probabilidade de encontrar essa espécie nessa fenofase na estação chuvosa. Esses resultados são semelhantes ao encontrado na literatura, em que as espécies com alta densidade de madeira (grupo 1) são mais dependentes da água proveniente da precipitação, uma vez que elas são em sua maioria de alta densidade de madeira, portanto, são limitadas em armazenar água nos seus tecidos e usarem para desencadear a floração (BORCHERT 1994; LIMA et al. 2012; OLIVEIRA et al. 2015). Observa-se que em dezembro, quando ocorreu o maior pico floração das espécies do grupo 1, indicado pelo vetor médio, foi justamente quando iniciou chuvas mais fortes, possibilitado assim o desencadeamento da floração. Por outro lado, o grupo 2, que são em sua maioria de baixa densidade de madeira, apresentaram pico de floração justamente durante a estação seca, sugerindo que elas poderiam usar a água armazenada nos tecidos para florescerem como destacado por Lima et al. (2012) e Oliveira et al. (2015), em trabalhos realizados na mata seca.

A fenofase de floração do grupo 3 apresentou dois picos, o primeiro entre os meses de julho e agosto (maior precipitação). A espécie em floração no primeiro pico era *Schefflera morototoni* e no segundo pico, que ocorreu entre dezembro e janeiro (maior temperatura/fotoperíodo), foi *Apeiba tibourbou*, ou seja, os dois picos de floração mostrada na estatística circular foram das espécies individuais. É provável que em termos dos eventos reprodutivos esse grupo não seja consistente, uma vez que os padrões reprodutivos ocorreram em épocas muito diferentes. Certamente, diferentes fatores determinem a fenologia reprodutiva destas espécies. A formação deste grupo foi determinada especialmente pela baixa densidade de madeira e alta capacidade de armazenamento de água nos tecidos (Tabela 5), indicando que esses traços fortes para a formação dos grupos fenológicos.

Na fenofase de frutificação o grupo 1 apresentou frutificação durante todos os meses, com maior intensidade no mês de abril (início do período chuvoso). (As espécies do grupo 2 apresentaram maior intensidade na frutificação em fevereiro (maior temperatura). Assim,

observa-se que existe uma sequência de frutificação entre esses grupos, sendo o primeiro referente ao grupo 2 e em seguida o grupo 1 (Figura 9).

As espécies do grupo 3 mostraram dois picos de frutificação, que correspondem aos picos de cada uma das duas espécies desse grupo. *Schefflera morototoni* frutificou em setembro (maior temperatura e fotoperíodo) e a *Apeiba tibourbou* em março (início da estação chuvosa e maior temperatura). Essas duas espécies foram agrupadas por apresentarem a mesma densidade de madeira, porém são contrastantes fenologicamente.

Em resumo, os grupos 1 e 2 se diferenciaram nas intensidades das fenofases reprodutivas, pois, foi possível observar que as espécies com baixa densidade de madeira e valores intermediários de densidade de madeira e quantidade de água saturada do caule e raiz (grupo 2) floraram e frutificaram antes das espécies de alta densidade (grupo 1). O grupo 3 apresentou padrões distintos dos demais grupos, pois é um grupo formado por apenas duas espécies de baixa densidade de madeira e que tem comportamentos fenológicos contrastantes.

Esses resultados confirmaram a hipótese de que espécies de baixa densidade de madeira e alta quantidade de água saturada apresentariam fenofases de brotamento e floração independentes da precipitação e dependentes do fotoperíodo, como foi constatado no grupo 2, que apresenta 73% das espécies de baixa densidade de madeira, brotando e florando na estação de maior fotoperíodo, independente da precipitação. Segundo Borchert et al. (2005) uma pequena variação no fotoperíodo é suficiente para induzir a floração, assim como também foi encontrado para indução de brotamento (Oliveira et al. 2015).

A hipótese de que as espécies de alta densidade de madeira e baixa quantidade de água saturada teriam suas fenofases vegetativas e floração relacionadas com a precipitação, foi parcialmente corroborada, uma vez que apenas a floração foi desencadeada pela precipitação. A hipótese de que espécies de baixa densidade da madeira e alta quantidade de água saturada teriam as fenofases de brotamento e floração independentes da precipitação e dependentes do fotoperíodo foi corroborada. É notável que as espécies do grupo 2, de baixa densidade de madeira, apresentaram seus maiores picos de floração antes das espécies do grupo 1, de alta densidade de madeira, semelhante ao registrado em mata seca (Lima et al. 2010; Oliveira et al. 2015).

Mesmo que os solos de diversas florestas úmidas apresentem a capacidade de armazenar muita água, nos períodos secos essa quantidade de água diminui, nesse período as espécies de baixa densidade de madeira apresentam uma vantagem em relação às de alta densidade de madeira, que é de armazenar maior quantidade de água nos seus tecidos. Isso sugere que essas plantas usem essa água armazenada como suporte para adiantar suas

fenofases vegetativas e reprodutivas em relação às outras espécies que não apresentam essa característica.

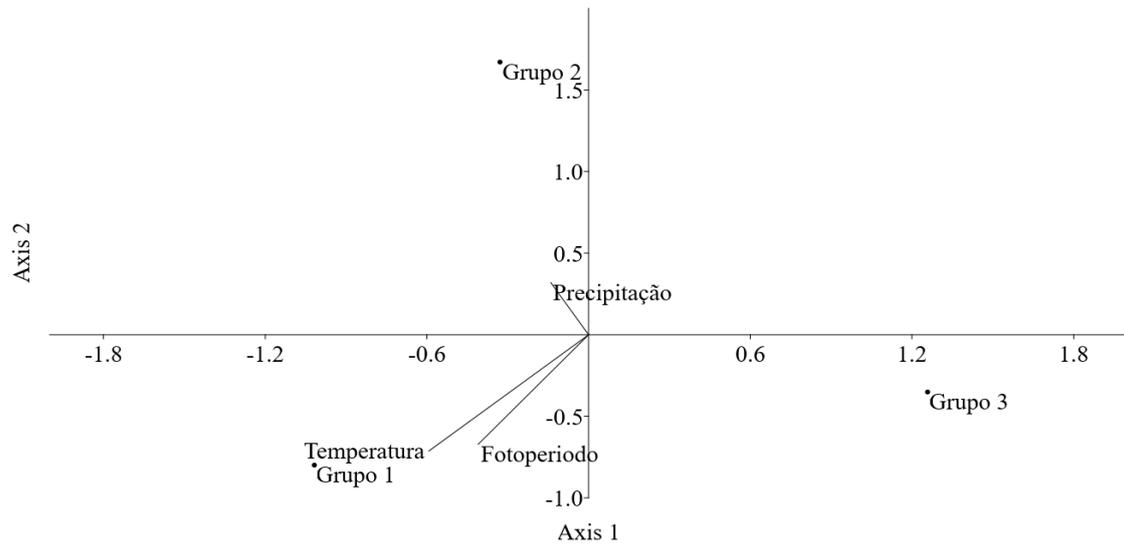
#### 4.6 INFLUÊNCIA DOS FATORES ABIÓTICOS NAS FENOFASES DOS GRUPOS

De acordo com a análise de correspondência canônica (CCA) apenas as fenofases queda foliar e floração foram influenciadas pelas variáveis ambientais ( $r = 0,45$ ,  $p < 0.0001$ , Fig. 10 e Fig. 11  $r = 0,34$ ,  $p < 0,01$ ).

Na fenofase de queda foliar, verificou-se que no grupo 1 (espécies com alta densidade e baixa quantidade de água saturada), o aumento do fotoperíodo e temperatura desencadeou essa fenofase. No grupo 2 constatou-se que a queda foliar coincide com o aumento da precipitação. A estatística circular indicou que as espécies perderam folhas em todos os meses do ano e a maior intensidade ocorreu no final da estação chuvosa, ou seja, no período de transição do período seco para o chuvoso (Fig. 9). Para o grupo 3, as espécies apresentaram brotamento contrastantes, por isso não é possível afirmar que determinado fator influenciou no grupo, mas sim que alguns dos fatores abióticos podem ter influenciado em uma espécie e na outra não. A estatística circular mostrou que a maior intensidade ocorreu no período de maior temperatura e fotoperíodo, mesmo assim, essas variáveis não foram suficientes para explicar essa fenofase para esse grupo.

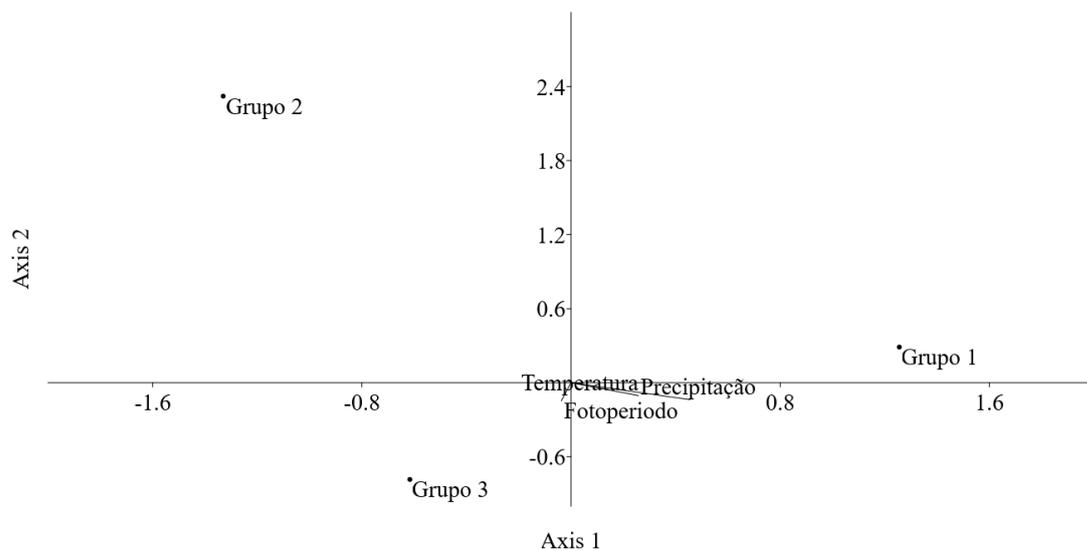
Na fenofase de floração o fator que influenciou o grupo 1 foi o aumento no fotoperíodo, temperatura, e nesse período (entre dezembro a março) também foi observado maior precipitação, pois é uma estação de transição entre o período seco e chuvoso. A estatística circular mostrou que a floração ocorreu ao longo de todos os meses, porém as maiores intensidades foram nesses períodos de transição. As espécies do grupo 2 apresentaram diferentes intensidades de floração ao longo do ano (Fig. 11), ou seja, algumas espécies podem ter sido influenciadas pelo aumento de algum fator abiótico e outras pela diminuição, por isso não foi possível mostrar qual fator influenciou essa fenofase nesse grupo. O mesmo pode ser dito para as espécies do grupo 3 também apresentaram picos de intensidades em períodos distintos e como o mesmo é composto por duas espécies, o que se observa na estatística circular é o pico de intensidades de cada espécie, por esse motivo não foi possível mostrar na CCA qual fator influenciou essa fenofase nesse grupo (Fig. 11).

**Figura 10** - Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre variáveis ambientais (fotoperíodo, precipitação e temperatura) e a fenofase de queda foliar dos grupos Eixo1 =31% e Eixo 2 = 38% (Mantel test =  $r = 0.45$ ,  $p < 0.01$ ), no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-PE



Fonte: Galvão, F.G. (2017)

**Figura 11** - Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre variáveis ambientais (fotoperíodo, precipitação e temperatura) e a fenofase de floração dos grupos Eixo 1 = 13 % , Eixo 2 10% (Mantel test =  $r = 0,34$ ,  $p < 0,01$ ), no Parque Estadual de Dois irmãos, Recife-



Fonte: Galvão, F.G. (2017)

## 5 CONCLUSÕES

Constatamos que espécies apresentaram diferentes fenofases ao longo do ano, em função de fatores bióticos e abióticos. A queda foliar e o brotamento foram praticamente concomitantes, havendo maioria de espécies com floração anual, especialmente no período de menor precipitação, e com baixa sincronia de floração e frutificação, apontando para uma disponibilidade de recursos para polinizadores e dispersores ao longo do ano.

Confirmando nossa hipótese verificou-se que as espécies de baixa densidade da madeira e alta quantidade de água saturada (grupo 2) apresentaram as fenofases de brotamento e floração independentes da precipitação e dependentes do fotoperíodo, utilizando água armazenada para florar e frutificar antes das espécies de alta densidade, possivelmente como estratégia para minimizar possíveis competições por polinizadores. Com relação a primeira hipótese, esta foi parcialmente corroborada, uma vez que apenas a floração foi desencadeada pela precipitação.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, J. C.; ALMEIDA R. A.; FERNANDES, N. P. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v.1, p.63-97, 1979.
- ALMEIDA-NETO, M.; CAMPASSI, F.; GALETTI, M.; JORDANO, P.; OLIVEIRA-FILHO, A. Vertebrate dispersal syndromes along the Atlantic Forest: broad-scale patterns and macroecological correlates. **Global Ecology and Biogeography**, v. 17, p. 503-513, 2008.
- ARELLANO G.; LOZA, M. I.; TELLO, J. S.; MACÍA, M. J. Commonness and rarity determinants of woody plants in different types of tropical forests. **Biodivers Conserv**, v.24, p. 1073–1087, 2015.
- ATHAYDE, E. A.; GIEHL, E. L. H.; BUDKE, J. C.; GESING, J. P. A.; EISINGER, S. M. Fenologia de espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, p. 43-51, 2009.
- BEZERRA, M.G.C. **Transformações espaço-temporais da mata de Dois Irmãos a partir da avaliação dos processos de apropriação do espaço**. 2006. 92f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, 2006.
- BENCKE, C.S.C.; MORELLATO, L.P.C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, v, 25, p. 269-275, 2002.
- BULLOCK, S.H.; SOLÍS-MAGALLANES, J.A. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in México. **Biotropica**, v.22, p.22-35, 1990.
- BORCHERT, R. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. **Ecology**, v.75, p. 1437-1449, 1994.
- BORCHERT, R.; RENNER, S. S.; CALLE, Z.; VAVARRETE, D.; TYE, A.; GAUTIER, L.; SPICHTIGER, R.; HILDEBRAND, P. Photoperiodic induction of synchronous flowering near the Equator. **Nature**, v.433, p.627-629, 2005.
- BORCHERT, R.; RIVERA, G. Photoperiodic control of seasonal development and dormancy in tropical stem succulent trees. **Tree Physiology**, v. 21, p. 213-221, 2001.
- BORCHERT, R., CALLE, Z., STRAHLER, A.L., BAERTSCHI, A., MAGIL, R.E., BROADHEAD, J. S., KAMAU, J., NJOROGE, J., MUTHUR, C. Insolation and photoperiodic control of tree development near the equator. **New Phytologist**, v.205, p. 7-13, 2015.
- CALLE, Z.; SCHLUMPBERGER, B. O.; PIEDRAHITA, L. A.; LEFTIN, S. A.; HAMMER, A. TYE.; BORCHERT, R. Seasonal variation in daily insolation induces synchronous bud break and flowering in the tropics. **Trees** v. 24 p.865–877, 2010.

CALDAS, A.M. **Solos, antropização e morfometria da microbacia do Prata, Recife – PE.** 2007. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

CANADELL J.; JACKSON, R. B.; EHLERINGER, J. R.; MOONEY, H. A.; SALA, O. E.; SCHULZE, E. D. Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale. **Oecologia**, v. 108, p.583–595, 1996.

CHAVE, J. **Measuring wood density for tropical forest trees: a field manual for the CTFS sites.** Toulouse: Université Paul Sabatier, 2005. p. 1-7.

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

COUTINHO, R. Q.; LIMA-FILHO, M. F.; SOUZA-NETO, J. B.; SILVA, E. P. Características climáticas, geológicas, geomorfológicas e geotécnicas da Reserva Ecológica de Dois Irmãos. In: MACHADO, C. I.; LOPES, V.A.; PÔRTO, C.K. (orgs.). **Reserva Ecológica de Dois Irmãos: Estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana (Recife-Pernambuco-Brasil).** Recife: Ed. Universitária, UFPE, 1998.

DARLING, E.S.; ALVAREZ-FILIP, L. OLIVER, T. A.; MCCLANAHAN, T. R.; COTÉ, I. M Evaluating life-history strategies of reef corals from species traits. **Ecology Letters**, v. 15, p. 1378-1386, 2012.

FERRAZ, D. K.; ARTES, R.; MANTOVANI, W.; MAGALHÃES, L. M. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, p. 305-317, 1999.

FIDEM, Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife. **Ortofotocarta 8105**, Recife, 1984.

FOURNIER, L. A.; CHARPANTIER. C. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones em el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. **Turrialba**, v. 25, p.45-48, 1975.

GENTRY A. H. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. In S. H. Bullock, H. A., Mooney, and E. Medina (Eds.). **Seasonally dry tropical forests**, Cambridge University Press, Cambridge pp. 146-194. 1995.

HOLBROOK, N.M., WHITBECK, J.L. & MOONEY, H.A. Drought responses of neotropical dry forest trees. *In* Seasonally dry tropical forests. (S.H. Bullock, H.A. Mooney, E. Medina, eds.) Cambridge University Press, New York, p.243-276, 1995.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manuais Técnicos em Geociências: **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**, n.1, Rio de Janeiro, 2012.

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

KOVACH, W.L. **Oriana for Windows 3.** Kovach Computing Services, Wales, 2013.

KOVACH, W.L. **Oriana for Windows 3**. Wales, Kovach Computing Services, 2013.

KRAFT, N. J. B.; ACKERLY, D. D. Functional trait and phylogenetic tests of community assembly across spatial scales in an Amazonian forest. **Ecology Monography**, v.80, p.401-422, 2010.

KRÖBER W. et al. LeafTrait-Environment Relationships in a Subtropical Broadleaved Forest in South-East China. **PLoS ONE**, v.7, p. 1-11, 2012.

LAMMI, J. Online photoperiod calculator. 2009. Disponível em: <<http://www.nic.fi/~benefon/sun.php3>>. Acessado em: 25 de Julho de 2016.

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

LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N.; LINS-e-SIVA, A. C. B. Phenology of Tree Species in a Fragment of Atlantic Forest in Pernambuco, Brazil. **Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability**, v. 2, p. 68-75, 2008.

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, p. 1605-1616, 2012.

LOCATELLI, E.; MACHADO, I. C. Fenologia das espécies arbóreas de uma mata serrana (Brejo de Altitude) em Pernambuco, Nordeste do Brasil. KÁTIA, C. P.; JAIME, J. P. C.; M. T. **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: História natural, ecologia e conservação**, v. 9, p. 255-276, 2004.

LOPEZARAIZA-MIKEL M., M.; QUESADA, M.; ÁLVAREZ-AÑORVE, L.; ÁVILA-CABADILLA, S. et al. Phenological patterns of tropical dry forest along latitudinal and successional gradients in the Neotropics. In A. Sánchez-Azofeifa, J. S. Powers, G. W. Fernandes, M. Quesada (Eds.). **Tropical dry forests in the Americas: ecology, conservation, and management**, pp. 101–128. CRC Press, Boca Raton.

MANTOVANI, M. et al. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da Floresta Atlântica. **Revista Árvore**, v.27, p.451-458, 2003.

MARCHIORETTO, M. A.; MAUHS, J.; BUDKE, J. C. Fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em uma floresta psamófila no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.21, p.193-201. 2007.

MARQUES, M. C. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.27, p.713-723. 2004.

McCUNE, B.; GRACE, J. B. **Analysis of ecological communities**. Glenden Beach, Oregon: MjM software design, v. 28, 2002.

McCUNE, B.; MEFFORD, M. J.; PC-ORD. **Multivariate Analysis of Ecological Data**. Version 6. MjM software, Glenden Beach, Oregon, U.S.A. 300p 2011.

MONASTERIO, M.; SARMIENTO, G. Phenological strategies of plant species in the tropical savanna and semi-deciduous forest of the Venezuelan Llanos. **Journal of Biogeography**, v. 3, p. 325-356, 1976.

MORELLATO L. P. C. A pesquisa em fenologia na América do Sul, com ênfase no Brasil, e suas perspectivas atuais. In: REGO G.M.; NEGRELLE R. R. B.; MORELLATO L. P. C (eds.), **Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos** (recurso eletrônico). Colombo: Embrapa Florestas, p. 37-47, 2007.

MORELLATO, L. P. C. As estações do ano na floresta. In: **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra**. MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO FILHO, H. F. (orgs.). Unicamp: Campinas, p 1995.

MORELLATO, L. P. C. **Fenologia de árvores, arbustos e lianas em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil**. 1991. 203 f. Tese (Doutorado em Biologia) Universidade de Campinas, Campinas.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO-FILHO, H. F. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil**. MORELLATO, L. P. C. (org.). Campinas: Editora da Unicamp/Fapesp, p. 112-140. 1992.

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

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

MORELLATO, L. P. C.; RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. F.; JOLY, C. A. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 12, p. 85-98, 1989.

MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASHI, A.; BENCKE, C.; ZIPPARO, V. B. Phenology of Atlantic rain Forest trees: A comparative study. **Biotropica**, v. 32, p.811-823, 2000.

MORI, S.A.; LISBOA, G.; KALLUNKI, J. A. Fenologia de uma mata higrófila sul-baiana. **Revista Theobroma**, v. 12, p. 217-230, 1982.

NEWSTROM, L.E.; FRANKIE, G.W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, v. 26, p.141-159, 1994.

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

PEREIRA, S. G.; AMARAL, A. F. Fenologia das espécies arbóreas do bosque do Parque Municipal do Mocambo, Patos de Minas – MG. **Revista Eletrônica da Pesquisa**, v. 5, n. 5, p. 12-25, 2008.

PERNAMBUCO. Decreto nº 40.547, de 28 de março de 2014. Amplia os limites da unidade de conservação Parque Estadual de Dois Irmãos. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**, 2014.

PERNAMBUCO. Lei n. 11.622, de 29 de Dezembro de 1998. Dispõe sobre a mudança de categoria de Manejo das Reservas Ecológicas de Caetés e Dois Irmãos. Recife.

PESSOA, L. M. **Fenologia e chuva de sementes em um fragmento urbano da floresta Atlântica em Pernambuco**. 2011. 81 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2011.

POORTER, L., et al. Are functional traits good predictors of demographic rates? Evidence from five Neotropical forests. **Ecology**, v. 89, p.1908–1920, 2008.

POORTER, L., et al. The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. **New Phytologist**, v.185, p.481–492, 2010.

R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>> Acesso em: 7 jan. 2017.

R Development Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. Version 3.0.2. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 7 jan. 2017.

REICH, P. B.; BORCHERT, R. Phenology and ecophysiology of the tropical tree, *Tabebuia neochrysantha* (Bignoniaceae). **Ecology**, v.63, p. 294-299, 1982.

REICH, P. B.; BORCHERT, R. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v.72, p. 61-74,1984.

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

ROLIM, S. G.; MENEZES, L. F. T.; SRBEK-ARAÚJO, A. C. Floresta Atlântica de Tabuleiro e Endemismos na Reserve Natural Vale. 1ed. Belo Horizonte: Rona, 2016, v. 1, 496p.

RUSSO, S.E., et al. Interspecific relationships among growth, mortality and xylem traits of woody species from New Zealand. **Functional Ecology**, v.24, p.253–262, 2010.

Secretaria de Recursos Hídricos, SRH, **Atlas Bacias hidrográficas de Pernambuco**, Recife, 2006.

SCHUPP E. W.; JORDANO, P.; GOMES J. M. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. **New Phytol** v.188, p. 333–353, 2010.

SHIMAMOTO C. S.; BOTOSSO, P. C.; AMANO, E.; MARQUES, M. C. M. Stem growth rhythms in trees of a tropical rainforest in Southern Brazil. **Trees**, v. 30, p. 99–111, 2015.

SEGHIERI J.; CARREAU, J.; BOULAIN, N.; ROSNAY, P.; ARJOUNIN, M.; F.TIMOUC.; Is water availability really the main environmental factor controlling the phenology of woody vegetation in the central Sahel? **Plant Ecol**, v. 213, p. 861–870, 2012.

SPINA, A. P.; FERREIRA, W. M.; LEITÃO FILHO, H. F. Floração, frutificação e síndromes de dispersão de uma comunidade de floresta de brejo na região de Campinas (SP). **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, p. 349-368, 2001.

TALORA, D. C.; MORELLATO, L. P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, p. 13-26, 2000.

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

VALDEZ-HERNÁNDEZ M. J. L.; ANDRADE. P. C.; JACKSON, M.; REBOLLEDO-VIEYRA. Phenology of five tree species of a tropical dry forest in Yucatan, Mexico: effects of environmental and physiological factors. **Plant and Soil** v. 329, p. 155–171, 2010.

VAN SCHAIK, C. P.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, p. 353-377, 1994.

WILLIAMS, R. J.; MYERS, B. A.; MULLER, W. J.; DUFF, G.A.; EAMUS, D. Leaf phenology of woody species in a North Australian tropical savanna. **Ecology**, v.78, p. 2542-2558, 1997.