

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**RAFAEL DE PAIVA FARIAS**

**ESTUDO FENOLÓGICO DE DUAS ESPÉCIES DE SAMAMBAIAS EM  
FRAGMENTO DE FLORESTA ATLÂNTICA, PERNAMBUCO, BRASIL**

**RECIFE  
2014**

**RAFAEL DE PAIVA FARIAS**

**ESTUDO FENOLÓGICO DE DUAS ESPÉCIES DE SAMAMBAIAS EM  
FRAGMENTO DE FLORESTA ATLÂNTICA, PERNAMBUCO, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Dra. Iva Carneiro Leão Barros.

**RECIFE  
2014**

Catálogo na fonte  
Bibliotecária: Maria Janeide Pereira da Silva, CRB4-1262

F224e Farias, Rafael de Paiva.  
Estudo fenológico de duas espécies de samambaias em fragmento de floresta atlântica, Pernambuco, Brasil / Rafael de Paiva Farias. – 2014.  
65 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora : Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Iva Carneiro Leão Barros.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH.  
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Recife, 2014.  
Inclui Referências.

1. Geografia. 2. Ecologia florestal. 3. Fenologia. 4. Ecossistema. 5. Samambaia. 6. Clima. 7. Floresta atlântica. 8. Monitoramento ambiental. I. Barros, Iva Carneiro Leão (Orientadora). II. Título.

918 CDD (22. ed.)

UFPE (BCFCH2017-211)

**RAFAEL DE PAIVA FARIAS**

**ESTUDO FENOLÓGICO DE DUAS ESPÉCIES DE SAMAMBAIAS EM  
FRAGMENTO DE FLORESTA ATLÂNTICA, PERNAMBUCO, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovado em: 27 / 02 / 2014.

**Banca Examinadora:**

---

Profa. Dra. Iva Carneiro Leão Barros  
1º Examinador/Interno  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Jairo Lizandro Schmitt  
2º Examinador/Externo  
Universidade FEEVALE

---

Prof. Dr. Sergio Romero da Silva Xavier  
3º Examinador/Externo  
Universidade Estadual da Paraíba

A minha família, principalmente aos meus pais

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente as duas pessoas mais importantes para mim, meu Pai: Cícero Pereira de Farias e minha mãe: Maria José de Paiva Farias, aos quais amarei eternamente e serei para sempre grato por toda a dedicação e todo o amor comigo. Muito obrigado aos meus irmãos (Alecsandro, Neto, George e Leandro) pela força, incentivo e união. Também agradeço a minha namorada, Raíssa Aglé, que sempre demonstrou amor, companheirismo, carinho, amizade e dedicação, além de ser paciente e compreensiva, principalmente por minha ausência em alguns momentos. Meu obrigado também, aos meus amigos: Alisson, Thyago e Carlos, pela amizade e incentivo desde a época colegial.

Meu muito obrigado, ao meu amigo: Sergio Romero da Silva Xavier, orientador da graduação e quem também é responsável direto nessa minha conquista. Com muito carinho agradeço a minha Orientadora: Iva Carneiro Leão Barros, que acreditou no meu potencial durante essa etapa, me acolheu e sempre esteve presente, seja com ensinamentos científicos ou de vida; a senhora será para sempre especial e lembrada.

Agradeço também aos meus companheiros (e ex companheiros) de laboratório: Nathally e Samara (amigas desde a iniciação científica na UEPB), Henrique (que me auxiliou na marcação das plantas para este estudo), Keyla (que me ajudou na localização das espécies e logística das coletas), Anna Flora (pessoa especial, que sempre foi prestativa), Ivo (um amigo e companheiro em todos os momentos do mestrado; me auxiliou nas análises dos dados e também nas coletas), Lucas (outro amigo e companheiro dessa etapa, que também me ajudou nas coletas), Valeria (amiga de curso e laboratório, que também auxiliou nas coletas) e Mayara (que também auxiliou nas coletas).

Meus agradecimentos também, a pesquisadores que me auxiliaram de alguma forma nessa etapa; ao Professor Jairo Lizandro Schmitt, que sempre foi solícito, esclarecendo algumas dúvidas minhas durante essa pesquisa; A Professora Marli Aparecida Ranal pela leitura do projeto inicial e dicas valiosas ao longo dessa pesquisa; ao Professor Klaus Mehlreter, que de forma muito atenciosa também esclareceu algumas de minhas dúvidas; e ao Professor Augusto César Pessoa Santiago, por todo incentivo nessa etapa. Agradeço também ao Paulo Henrique Schneider pela elaboração das figuras.

Também agradeço a pessoas importantes na execução desta pesquisa: ao motorista Gilcean Jones e ao mateiro Gilson, que me acompanharam nas coletas.

Por fim, peço desculpas a nomes que por ventura tenham sidos esquecidos nessa seção e reforço meus agradecimentos a todos que participaram de maneira direta e indireta na execução dessa pesquisa.

## RESUMO

As samambaias são plantas vasculares, de origem antiga, amplamente distribuídas mundialmente e com maior diversidade em habitats tropicais úmidos, onde as condições de sombreamento e umidade são ideais para seu crescimento e sua reprodução. Essas plantas possuem relação direta com os fatores abióticos, e, portanto, têm sido utilizadas em estudos de monitoramento ambiental. A fenologia é o estudo da periodicidade dos processos biológicos causados por fatores intrínsecos ou estimulados por fatores extrínsecos ambientais, como a pluviosidade, temperatura do ar, fotoperíodo ou alguma combinação destes. Pesquisas fenológicas são fundamentais para ampliar o conhecimento ecológico das espécies, direcionar ações conservacionistas das espécies e seus habitats, bem como para monitorar variações climáticas. Essa pesquisa teve como objetivo estudar a fenologia de duas espécies de samambaias na Floresta Atlântica, em fragmento no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Em Maio/2012, 25 indivíduos de *Danaea geniculata* Raddi, e 23 indivíduos de *Didymochlaena truncatula* (Sw.) J.Sm, tiveram suas folhas marcadas com etiquetas plásticas enumeradas; e mensalmente, até Outubro/2013, contabilizou-se o número de folhas novas, folhas estéreis, folhas férteis e mortas de todas as plantas selecionadas, além de aferir o tamanho das folhas novas, desde sua emergência até sua expansão total. Esses dados foram relacionados com a temperatura média mensal e a pluviosidade total mensal ocorrente no período de estudo. As médias mensais das fenofases foram comparadas entre as estações climáticas. A população de *D. geniculata* teve um número médio de  $8.62 \pm 0.82$  folhas vivas por planta, produzidas a uma taxa média de  $8.39 \pm 6.86$  por planta. O tempo médio de vida das folhas férteis dessa espécie foi de 5.4 meses, menor que o das folhas estéreis, o qual foi igual a 13.5 meses. A população de *D. geniculata* apresentou padrões sazonais de mortalidade e expansão foliar, e de fertilidade, demonstrando a influência das mudanças sazonais da pluviosidade e temperatura em sua fenologia. A população de *D. truncatula* teve média mensal de  $6.49 \pm 0.75$  folhas por planta, produzidas a uma taxa média de  $6.13 \pm 1.46$  folhas por planta. Em *D. truncatula* alguns ritmos biológicos não estiveram diretamente relacionados a sazonalidade, como a fertilidade. A combinação da pluviosidade e temperatura influenciou diretamente os eventos fenológicos das plantas estudadas.

**Palavras-chave:** Clima. Ecossistemas. Fenologia. Floresta Atlântica. Samambaias. Monitoramento Ambiental.

## ABSTRACT

Ferns are vascular plants, of ancient origin, widely distributed in world and greater diversity in humid tropical habitats, where they find good condition to shade and moisture for their growth and reproduction through spores. These plants have a direct relationship with abiotic factors, and thus have been used in studies of environmental monitoring. The phenology is the study of the periodicity of biological processes caused by intrinsic or extrinsic stimulated by environmental factors such as rainfall, air temperature, photoperiod or some combination of these factors. Phenological research is fundamental to expand the ecological knowledge of the species, direct conservation actions of the species and their habitats, as well as to monitor climatic variations. This research aimed to study the phenology of two species of ferns in the Atlantic Forest, fragment in the state of Pernambuco, Northeastern of Brazil. In May/2012, 25 individuals of *Danaea geniculata* Raddii and 23 individuals of *Didymochlaena truncatula* (Sw.) J.Sm, had listed their leaves marked with plastic labels, and monthly until October/2013, recorded the number of new leaves sterile leaves, dead leaves and fertile of all selected plants, and measure the size of new leaves from emergence until its full expansion. These data were correlated with the mean monthly temperature and rainfall occurring during the study period. The monthly averages of phenophases were compared between seasons. The population of *D. geniculata* had a mean number of  $8.62 \pm 0.82$  live leaves per plant, mainly represented by sterile leaves and produced an average rate of  $8.39 \pm 6.86$  per plant. The average lifespan of fertile leaves of this species was 5.4 months, less than the sterile leaves, which was of 13.5 months. The population of *D. leprierii* showed seasonal patterns of mortality and leaf expansion, and fertility, demonstrating the influence of seasonal changes in rainfall on phenology. The population of *D. truncatula* had a monthly average value of  $6.48 \pm 0.75$  leaves per plant, produced an average of  $6.13 \pm 1.46$  leaves per plant. To *D. truncatula* some biological rhythms were not directly related to seasonality, as fertility. The combination of rainfall and temperature directly influenced the phenology of plants studied.

**Keywords:** Climate. Ecosystems. Phenology. Atlantic Forest. Ferns. Environmental Monitoring.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1	Caracterização geral das samambaias.....	9
1.2	Fenologia: definição e importância.....	11
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	13
2.1	Fenologia: angiospermas x samambaias.....	13
2.2	Pesquisas fenológicas com samambaias no mundo.....	14
2.3	Pesquisas fenológicas com samambaias no Brasil.....	21
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	28
3.1	Caracterização da área de estudo.....	28
3.2	Caracterização das espécies estudadas.....	31
3.3	Coleta e análise de dados.....	33
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	35
4.1	Fenologia de <i>Danaea geniculata</i> (Marattiaceae) em floresta tropical submontana, Nordeste do Brasil.....	35
4.2	Estudos fenológicos da samambaia <i>Didymochlaena truncatula</i> (Dryopteridaceae) em floresta tropical submontana, Brasil.....	44
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	53
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	54

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Caracterização geral das samambaias

As samambaias constituem um grupo de plantas vasculares (presença de xilema e floema) que se dispersam e reproduzem-se por esporos. Outra característica dessas plantas é o ciclo de vida com uma marcante alternância de gerações (heteromorfas), uma gametofítica haplóide efêmera, e outra esporofítica diplóide dominante. Esta última normalmente está representada por plantas com raízes verdadeiras, caule do tipo rizoma e folhas do tipo megáfilas (Raven *et al.*, 2001; Barros *et al.*, 2006).

Nas samambaias, flores, frutos e sementes são ausentes. Essas plantas possuem esporângios (estruturas de reprodução), frequentemente reunidos em estruturas denominadas soros, na lâmina foliar ou em folhas modificadas. Os órgãos sexuais (gameta masculino: anterozóide e o gameta feminino: oosfera) aparecem em pequenas plantas (com alguns milímetros de comprimento) geralmente taliformes, cordiformes e clorofiladas, ditas gametófitos, os quais são procedentes da germinação de esporos, produzidos pelo estágio de vida comumente visualizado na natureza, isto é, o esporófito (Barros *et al.*, 2006; Zuquim *et al.*, 2008).

Em relação a origem, o grupo das samambaias é considerado antigo, associando-se ao período geológico do Devoniano Médio, há cerca de 390 milhões de anos atrás, em habitats tropicais (Rothwell & Stockey, 2008). As samambaias se destacaram como elementos dominantes da vegetação durante o período do Carbonífero (290-355 milhões de anos). Entretanto, a maioria desses representantes basais desapareceram durante eventos de extinção em massa nos términos dos períodos Carbonífero e Permiano. Após esses eventos, outros grupos de vegetais (plantas com sementes); as gimnospermas no Mesozóico (205 - 65 milhões de anos) e as angiospermas no Cenozóico (65 milhões de anos), aumentaram significativamente em número e assumiram uma posição dominante nos diversos ecossistemas (Sharpe *et al.*, 2010). Concomitante a evolução das plantas com sementes ocorreu também a diversificação da maior parte das linhagens de samambaias atuais (Sheneider *et al.*, 2004).

Atualmente, estima-se cerca de 9.600 espécies de samambaias (Smith *et al.*, 2006), distribuídas nas mais variadas regiões do mundo, desde latitudes correspondentes às regiões

tropicais, subtropicais, temperadas e até próximas ao círculo polar (Tryon & Tryon, 1982; Windisch, 1992). Apesar desta ampla distribuição mundial, a maior diversidade de samambaias é encontrada na região tropical úmida, onde houve uma maior gama de habitats, possibilitando uma variedade de formas de vida, tais como samambaias arborescentes, aquáticas, epífitas, hemiepífitas e trepadeiras (Sharpe *et al.*, 2010).

No Brasil, onde encontra-se um dos centros de endemismo e especiação das samambaias, são registradas aproximadamente 1.086 espécies deste grupo (Lista de Espécies da Flora do Brasil, 2014), ocorrentes principalmente no domínio fitogeográfico da Floresta Atlântica, com destaque para a porção da região Sudeste, que é a mais diversa, possuindo aproximadamente 800 espécies (Prado & Sylvestre, 2010). Na região Nordeste, estima-se a ocorrência de cerca de 350 espécies de samambaias (Barros *et al.*, 2002); tal flora, está distribuída majoritariamente em pequenos arquipélagos florestais imersos em uma matriz agrícola ou urbana, fato que ameaça fortemente a sua diversidade regional.

A importância das samambaias para os seres humanos está relacionada à sua utilização na alimentação (e.g. consumo de báculos; *i.e.* folhas jovens, principalmente em países asiáticos; no Brasil, destaque para o estado de Minas Gerais); em ornamentações (e.g. utilização da espécie *Rumohra adiantiformis* (Forst.) Ching em arranjos no sul da África e no sul do Brasil); como medicamentos (e.g. *Huperzia serrata* (Thunb. ex Murray) - fonte de alcalóide utilizada no controle da epilepsia); e na agricultura (destaque para o uso da samambaia *Azolla* Lam., fixadora de nitrogênio e inserida em plantações de arroz, principalmente na Ásia) (Corrêa, 1984; Lehn *et al.*, 2002; Sharpe *et al.*, 2010).

Segundo Barros *et al.* (2006), as samambaias possuem uma importância ecológica incalculável, porém ainda pouco valorizada. Estas plantas participam efetivamente na manutenção da umidade florestal, favorecendo os processos de desenvolvimento e estabelecimento de outros grupos vegetais e animais, necessários ao equilíbrio ecológico do ambiente (Brade, 1940). Algumas espécies possuem a habilidade de remover compostos tóxicos, evidenciando uma importante função das samambaias no processo de conservação e restauração ambiental (Tu & Ma, 2005). Além disso, algumas samambaias possibilitam a indicação de tipos de solo e ambientes perturbados (Sota, 1971), mensurando o nível de conservação destes e, portanto, sendo importantes em estudos de monitoramento ambiental.

## 1.1 Fenologia: definição e importância

O termo fenologia foi definido pela primeira vez em 1853 por Charles Morren (Hopp, 1974), e é derivado de vocábulos gregos: *phaino* que significa mostrar ou aparecer e *logos* compreendendo estudo ou tratado. A fenologia se mostrou importante desde as civilizações antigas ao dimensionar temporal e racionalmente as atividades agrícolas, sendo as observações de Wu Hou (1027-206 a.C.) os primeiros registros fenológicos realizados (Townsend *et al.*, 2010). Ainda conforme estes autores, a fenologia deixou de ser uma atividade de amadores talentosos, transformando-se em ferramentas sofisticadas de coleta e análise de dados, exemplificando o Japão, que tem atualmente aproximadamente 1.500 postos de observações fenológicas. Também destaca-se que o acúmulo de um extensivo volume de dados, tornaram-se provocativos e relevantes, na busca de se estimar as mudanças nas floras e faunas causadas pelo aquecimento global.

Diversos autores definiram fenologia das mais variadas formas, mas na maioria dos casos, relaciona-se esta ao estudo da temporalidade dos eventos biológicos cíclicos. Lieth (1974), definiu a fenologia como sendo o estudo da ocorrência dos eventos biológicos repetitivos e das causas de sua ocorrência em relação às forças seletivas bióticas e abióticas, e da sua inter-relação entre as fases caracterizadas por estes eventos, dentro de uma mesma ou de várias espécies. Para este autor, a fenologia fornece informações que podem auxiliar na compreensão da dinâmica de um ecossistema, pois é possível conhecer as mudanças temporais de condições e recursos para os organismos, bem como entender as múltiplas interações entre planta-animal.

Mehltreter (2008), definiu fenologia como o estudo da periodicidade dos processos biológicos causados por fatores intrínsecos ou estimulados por fatores extrínsecos ambientais, como a pluviosidade, temperatura do ar, fotoperíodo ou alguma combinação destes. Conforme este autor, a ampliação do conhecimento fenológico, em específico para as samambaias, a partir de mensurações de crescimento, idade de plantas e taxas de sobrevivência, possibilita estimar aspectos relacionados à dinâmica de renovação populacional, fundamentais para direcionar ações conservacionistas.

A fenologia também tem sido descrita por alguns autores como uma característica importante das espécies que reflete a influência do ambiente sob o desenvolvimento das plantas, devendo ser portanto, utilizada em programas de restauração ambiental (Reich *et al.*,

2004; Vieira & Silveira, 2010). Ainda tem sido atribuída a fenologia, a importância para identificar bioindicadores e monitorar variações climáticas (Morellato, 2003).

Essa pesquisa teve como objetivo estudar a fenologia de duas espécies de samambaias na Floresta Atlântica, em fragmento no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. De modo específico, os objetivos foram: determinar a periodicidade da produção e mortalidade foliar, e da fertilidade de duas espécies de samambaias; II - determinar suas taxas de produção, mortalidade e expansão foliar; III - comparar a expansão e o tempo de vida de folhas estéreis e férteis; IV - analisar a frequência relativa da população (i.e. % de plantas) em cada fenofase; V - correlacionar as fenofases com a temperatura e a pluviosidade ocorrente no período estudado; VI - avaliar variações sazonais dos aspectos fenológicos entre as estações climáticas. A principal hipótese da investigação é que as mudanças sazonais de pluviosidade e temperatura influenciam a fenologia das espécies em análise. Esse estudo representa uma contribuição para o conhecimento da autoecologia das espécies, que poderá ser útil nas estratégias de conservação destas e de seus habitats.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Fenologia: angiospermas x samambaias

A maioria das pesquisas fenológicas no mundo tem sido realizada com angiospermas, especialmente árvores e arbustos (e.g. Frankie *et al.*, 1974; Croat, 1978; Opler *et al.*, 1980; Borchert, 1994; Williams-Linera, 1999; Morellato *et al.*, 2000; Bencke & Morellato, 2002; Nadia *et al.*, 2012). Esses estudos frequentemente têm por finalidade analisar a periodicidade e o ritmo das fases biológicas da floração, frutificação, queda e brotamento foliar, assim como interações com animais polinizadores e dispersores.

Para os estudos fenológicos com samambaias, as principais variáveis analisadas são: periodicidade da produção foliar e de esporos (bem como a liberação destes), senescência foliar, mortalidade dos esporófitos, mensuração do crescimento e a estimativa da idade destas plantas. A independência de vetores animais polinizadores e dispersores para o ciclo de vida dessas plantas (Barrington, 1993), faz com que seus padrões fenológicos sejam determinados majoritariamente por fatores abióticos (Wagner & Gómez, 1983).

De modo geral, a maior quantidade de pesquisas fenológicas para as angiospermas possibilitou um maior conhecimento das interações desse grupo de plantas com os fatores abióticos e bióticos em relação ao grupo das samambaias. Essa representatividade de pesquisas, também possibilitou avanços nos métodos tanto de amostragem quanto para análises dos dados.

Alguns pesquisadores, evidenciam possíveis causas para a diferença quantitativa nas pesquisas fenológicas entre angiospermas e samambaias. Mehlreter & Palacios-Rios (2003) comentaram que a maior valoração econômica das angiospermas em relação às samambaias é a causa principal para tal diferença. Lehn (2008) destacou que mesmo as samambaias de alto interesse econômico são pouco estudadas. Assim, o autor sugere que tal fato possa ser resultado do pequeno número de pesquisadores com estudos voltados para o grupo das samambaias. Certamente, as duas coerentes opiniões citadas acima estão diretamente relacionadas. Fato é que tão importante quanto a valoração econômica, é reconhecer a importância ecológica das samambaias, ainda pouco difundida na comunidade científica em geral.

## 2.2 Pesquisas fenológicas com samambaias no mundo

Mundialmente, as pesquisas fenológicas com samambaias estão restritas a poucas localidades (Mehltreter, 2008), destacando-se: Costa Rica, México, Porto Rico, Brasil e Taiwan. Também evidencia-se a predominância de estudos com espécies arborescentes; sendo poucas as contribuições para outras formas de vida.

De modo geral, os estudos têm demonstrado que a fenologia das samambaias é influenciada direta ou indiretamente por parâmetros climáticos: temperatura e fotoperíodo nas espécies de regiões temperadas e subtropicais; e a pluviosidade nas áreas tropicais, principalmente aquelas com uma estação seca definida.

A seguir são mencionados estudos fenológicos (ou que de alguma forma aproximam-se deste segmento) realizados em diversas localidades do mundo:

Inicialmente, merecem destaque as observações realizadas por Holttum (1938) *apud* Sharpe *et al.* (2010), consideradas uma das maiores contribuições para a ecologia das samambaias tropicais. Nesta obra, evidenciou-se a importância dos fatores ambientais no estabelecimento destas plantas. Além disso, este pode ser considerado o primeiro pesquisador a fornecer informações acerca da fenologia de samambaias tropicais, reportando a coexistência de epífitas sazonais (e.g. *Platyserium grande* (Fée) Kunze) e não sazonais (e.g. *P. coronarium* (J. Koing ex. O. F. Müller) Desv.) desse grupo de plantas sob as mesmas condições na Península da Malásia (Holttum, 1938 *apud* Mehltreter, 2008). Contudo, Mehltreter (2008) em uma revisão sobre o tema, indicou que estes resultados não têm sido confirmados por estudos mais detalhados.

Kornás (1977) em um estudo que versava sobre formas de vida e padrões sazonais das samambaias no Zâmbia, destacou que em habitats sazonalmente secos, a deficiência hídrica parece ser o principal fator determinante ao estabelecimento, a periodicidade de crescimento e a dormência destas plantas, bem como a seleção de espécies com mecanismos adaptativos a este estresse. Neste estudo, ainda evidenciou-se o predomínio de espécies do Zâmbia pertencentes ao padrão sazonal sempre verde (plantas que crescem ativamente e possuem órgãos de assimilação durante todo período do ano), sendo este ritmo sazonal considerado dominante entre as samambaias da região tropical úmida.

Seiler (1981) investigou a fenologia de *Alsophila salvinii* Hooker, em El Salvador, e constatou que esta espécie produzia folhas assincronicamente durante todo ano, mas com um

forte padrão sazonal no início da estação chuvosa. Um resultado inesperado foi a sazonalidade desta variável, mesmo em condições de elevada pluviosidade (ca. 2250 mm/ano). Este é considerado o primeiro estudo fenológico propriamente dito para as samambaias.

Em seguida, Tanner (1983) identificou uma correlação entre o número foliar e altura dos cáudices de *Alsophila auneae* D.S Conant na Jamaica, além de registrar que a maior produção foliar ocorreu após períodos de elevada pluviosidade.

Ortega (1984) apresentou informações da autoecologia de *Sphaeropteris senilis* (Kl.) Tryon (Cyatheaceae), espécie endêmica das florestas úmidas da Venezuela. O autor relatou que não havia constância do número de pinas férteis por planta e que aparentemente a presença dessas não tem relação direta com os fatores climáticos. A queda de ramos secos das angiospermas do dossel florestal frequentemente causou danos as folhas de *S. senilis*.

No estudo que evidenciou aspectos ecológicos e estruturais de *Leptopteris wilkesiana* (Brack.) Christ realizado por Ash (1987) no Fiji, a mortalidade de esporófitos esteve relacionada com danos mecânicos, embora a senescência e outros fatores também possam estar envolvidos neste processo. A produção foliar da espécie foi de 3-9 folhas por estação chuvosa.

Willmont (1989) avaliou a demografia e a fenologia de *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott. e *D. dilatata* (Hoffm.) A. Gray na Inglaterra. As espécies tiveram padrões fenológicos similares. Entretanto, os autores registraram um padrão particular, em que plantas maiores apresentaram estacionalidade foliar durante o verão, enquanto que as plantas pequenas tinham folhas o ano todo. Assim, concluiu-se que a fenologia de uma mesma espécie pode variar durante a ontogenia dos indivíduos.

Os estudos citados anteriormente são os pioneiros no que diz respeito a fenologia das samambaias, a qual passou a ser um pouco mais estudada a partir da década de 1990.

Sharpe & Jernstedt (1990) investigaram o crescimento e a fenologia da samambaia dimórfica *Danaea wendlandii* Rchb. f, na floresta úmida da Costa Rica. As pesquisadoras relataram um padrão sazonal de crescimento foliar para a espécie, um pico de liberação de esporos no término da estação chuvosa e um maior tempo de vida das folhas estéreis (ca. três anos) em relação as folhas férteis (ca. quatro meses), que em espécies dimórficas geralmente morrem logo após a liberação de esporos.

Em seguida, Bauer *et al.* (1991) relacionaram a fenologia com o desenvolvimento da samambaia *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, na Áustria. Um dos resultados encontrados no

estudo foi a diferença da taxa de expansão foliar entre folhas estéreis (1,7 cm por dia) e folhas férteis (6,0 cm por dia).

Odland (1995) desenvolveu um estudo sobre o desenvolvimento e a fenologia foliar de três samambaias na Noruega, as quais exibiram padrões bem distintos. *Thelypteris limbosperma* (All.) H. P. Fuchs necessitou de um período de tempo mais longo (média: 39 dias) para produzir folhas maduras, em comparação com *Athyrium distentifolium* Tausch ex Opiz (29 dias) e *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod. (28 dias). Resultado considerado um indicativo de que *T. limbosperma* deve ser adaptada a uma estação de crescimento de maior duração.

Bittner & Breckle (1995) ao estudarem aspectos da idade e do crescimento de samambaias arborescentes na Costa Rica, reportaram que a velocidade do crescimento das espécies (*Alsophila erinacea* (Karsten) Conant, *A. polystichoides* H. Christ, *Cyathea delgadii* Sternb, *C. nigripes* (C. Chr.) Domin, *C. pinnula* (Christ) Domin e *C. trichiata* (Maxon) Domin) em habitats secundários é três vezes mais rápida de que as espécies de áreas conservadas.

Sharpe (1997) apresentou informações acerca do crescimento e da demografia das folhas de *Thelypteris angustifolia* (Willdenow) Proctor em floresta úmida situada em Porto Rico. A autora reportou uma ocorrência de baixa produção de folhas férteis (7,6% da amostra) em um período de quatro anos. O tempo de vida das folhas desta espécie foi menor que um ano. Destaca-se ainda, que houve um padrão sazonal quanto à emergência e perda de folhas estéreis.

Arens & Baracaldo (2000) observaram o crescimento da samambaia arborescente *Cyathea caracasana* (Klotzsch) Domin, na Colômbia, em área aberta e no interior de floresta secundária. Os autores verificaram que há um crescimento maior das plantas em áreas abertas em oposição àquelas que cresciam no interior da floresta.

Chiou *et al.* (2001) avaliaram a fenologia de *Cibotium taiwanense* Kuo em uma floresta "sempre verde" de Taiwan. Esta espécie demonstrou dois picos de emergência foliar a cada ano, diferenciando-se quanto à proporção de tipos foliares; no primeiro pico, a maioria das folhas foram férteis (durante o término do inverno e início da primavera), enquanto que no segundo pico, a maioria das folhas emergentes foram estéreis (durante o verão). Destacou-se também que o processo de maturação dos esporos produzidos na primeira metade do ano é intra-anual, porém, a liberação destes ocorre apenas no ano seguinte. Já os esporos produzidos

na segunda metade do ano, possuem processos de maturação e liberação ocorrentes no ano seguinte. Estratégias que ajustam a liberação dos esporos de *C. taiwanense*, a períodos com os maiores valores de temperatura e de fotoperíodo.

Ao realizar um estudo comparativo da ecologia e do desenvolvimento de samambaias nativas e invasoras no Havaí, Durand & Goldstein (2001) relataram que *Sphaeropteris cooperi* (Hook. ex F. Muell) R.M Tryon (espécie invasora) produz mais folhas férteis do que espécies nativas pertencentes ao gênero *Cibotium* Kaulf., sendo uma das causas da rápida expansão e sucesso desta espécie invasora no Havaí.

Johnson-Groh & Lee (2002) estudaram a fenologia e a demografia de duas samambaias raras pertencentes ao gênero *Botrychium* Swartz, em ecossistemas dos Estados Unidos. As autoras relataram que um baixo percentual de plantas da amostra monitorada completaram seu desenvolvimento e produziram esporos; 39% para *Botrychium mormo* W. H. Wagner e 55% para *B. gallicomontanum* Farrar & Johnson-Ghoh.

Posteriormente, Mehlreter & Palacios-Rios (2003) com o intuito de conhecer a fenologia de samambaias em um ecossistema ainda não estudado, monitorou a espécie *Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch. em área de Manguezal do México, onde apesar da disponibilidade hídrica no solo durante o ano todo, constatou-se padrões sazonais de fertilidade, produção e crescimento foliar; correlacionados com o clima sazonal.

Hernández (2006) ao investigar a fenologia foliar de seis samambaias terrestres (*Botrychium virginianum* (L.) Sw., *Ctenitis melanosticta* (Kunze) Copel., *Macrothelypteris torresiana* (Gaudich.) Ching, *Pteris orizabae* M.Martens & Galeotti, *P. quadriaurita* Retz. e *Woodwardia semicordata* Mickel & Beitel) em Floresta Montana do México, relatou que todas as referidas espécies se mantiveram sempre verdes e que tiveram padrões fenológicos interespecíficos diferentes. Para algumas espécies, inesperadamente, as maiores médias de folhas vivas, as taxas máximas de produção e crescimento foliar foram registradas durante a estação seca, indicando que as condições climáticas neste período, principalmente no seu final, são suficientemente favoráveis ao desenvolvimento e crescimento das espécies. Outro resultado interessante deste estudo, relaciona-se a existência de padrões fenológicos diferenciados em relação ao nível de alteração do ambiente das espécies, aquelas (como *C. melanosticta* e *M. torresiana*) em áreas perturbadas apresentaram maior sazonalidade na produção, mortalidade e fertilidade foliar.

Em um estudo que abordou pela primeira vez a fenologia de uma espécie de samambaia pertencente a forma de vida escandente, Mehltreter (2006) reportou que nenhuma planta da amostra analisada de *Lygodium venustum* Sw. na Floresta Semidecídua do México, tornou-se fértil durante o período de estudo (31 meses), entretanto, duas plantas próximas a área de estudo (500 m) apresentaram folhas férteis; uma tinha cerca de 30 folhas dispostas no dossel florestal e a outra com apenas 1,5 m de altura estava exposta ao sol, observações fundamentais para o autor supor que a incidência direta da luz solar é primariamente importante para a indução da fertilidade nesta espécie.

Takahashi & Mikami (2006) relacionaram características e fenologia das folhas de *Oleandra pistillaris* (Sw.) C. Chr. com a cobertura do dossel florestal e a redução sazonal da pluviosidade em uma Floresta Tropical Montana chuvosa da Indonésia. Apesar dos elevados índices pluviométricos na área de estudo (West Java;  $\geq 100$  mm/ mês), a fenologia de *O. pistillaris* é adaptada a redução sazonal deste recurso, apresentando decréscimo no número de folhas em períodos com uma menor quantidade de chuvas, reduzindo a área foliar de transpiração e conseqüentemente a perda de água das plantas.

Gonzáles (2007) ao estudar a fenologia de três samambaias epífitas (*Terpsichore asplenifolia* (Fée) T. Moore, *Elaphoglossum lonchophyllum* (Fée) T. Moore e *Pecluma sursumcurrens* (Copel.) M. G. Price) em Floresta Montana no México, constatou que as duas primeiras espécies citadas apresentaram maiores médias de crescimento e produção foliar, devido ao fato de crescerem em samambaias arborescentes, substrato este que parece oferecer maior umidade, porosidade e retenção de água quando comparado aos forófitos de angiospermas. Ainda destaca-se, que a espécie *E. lonchophyllum*, com folhas dimórficas, foi mais estacional; suas folhas férteis ocorreram apenas na estação chuvosa, emergindo de maneira sincrônica. A longevidade foliar das três espécies foi maior que a reportada para samambaias terrestres, possivelmente em resposta ao difícil acesso das samambaias epífitas aos nutrientes necessários para renovar seu conjunto de folhas mais frequentemente.

Mehltreter & García-Franco (2008) estudaram a fenologia de *Alsophila firma* (Baker.) D. S. Conant na Floresta Baixo Montana do México. Os autores observaram um padrão sazonal único de fenologia foliar entre as samambaias. A espécie *A. firma* perde suas pínulas durante a estação chuvosa, permanecendo por pelo menos um mês "desfolhadas", ocorrendo posteriormente uma renovação foliar total sincrônica. Este padrão pode ser vantajoso para

evitar uma maior pressão dos herbívoros durante a estação chuvosa e maximizar a captação luminosa na estação seca, quando o dossel encontra-se em parte sem folhas.

Lee *et al.* (2008) determinaram a fenologia de *Osmunda claytoniana* L. no Norte de Taiwan, em latitude subtropical. Foi relatado que plantas maduras tiveram mais folhas que plantas imaturas. Além do mais, para plantas maduras constatou-se uma correlação entre o número total de folhas e o número de folhas férteis. A espécie apresentou distintos períodos para a emergência de folhas estéreis e folhas férteis. Distintamente, *O. claytoniana* teve um curto período (aprox. um mês) entre a maturação e liberação de seus esporos.

Lee *et al.* (2009) estudaram a fenologia de três espécies de Cyatheaceae (*C. hancockii* Copel., *C. metteniana* (Hance) C. Chr. e *C. pedophylla* (Hook.) Copel.), também na Floresta Subtropical de Taiwan. Todas as plantas observadas produziram folhas estéreis e férteis em cada ano do período de estudo. O tempo de vida das folhas estéreis e férteis não foi significativamente diferente para as três espécies estudadas.

Ramírez-Valencia *et al.* (2009) estudaram o crescimento de *Dicksonia sellowiana* Hook., em Floresta Úmida da Colômbia. Os autores reportaram uma estabilidade no número foliar da população, bem como constataram que apenas plantas maiores de 4m se encontravam férteis.

Em uma pesquisa comparativa, Lee *et al.* (2009) monitoraram a fenologia de 16 espécies de samambaias em Floresta Subtropical de Taiwan. Neste estudo, foram constatadas diferenças em relação à periodicidade dos eventos fenológicos das samambaias estudadas, assim como quanto à existência e intensidade da correlação destes com as variáveis climáticas. Além disso, foi documentado que para espécies monomórficas, folhas férteis podem sobreviver por aproximadamente dois anos após a liberação de esporos, que são produzidos em apenas um único período da vida foliar. A partir deste resultado os autores indicaram que as folhas férteis das espécies monomórficas apresentam duas funções, reprodução e fotossíntese.

Landi *et al.* (2012) estudaram a fenologia de duas samambaias (*Dryopteris affinis* (Lowe) Fras. - Jenk. ssp. *affinis* e *Polystichum aculeatum* (L.) Roth) em área mediterrânea da Itália. Ambas as espécies tiveram produção foliar sazonal, maior durante o verão. Para *D. affinis* ssp. *affinis* constatou-se um repentino decréscimo de folhas maduras, enquanto que em *P. aculeatum*, este decréscimo foi gradual. Destacam-se que a perda de folhas é acelerada pela

emergência de folhas novas. A temperatura foi considerada a melhor variável preditora em relação ao desenvolvimento dos soros e a liberação de esporos das espécies.

Denota-se que as pesquisas fenológicas com samambaias são cada vez mais intensificadas e expandidas em diferentes localidades do mundo, possibilitando a ampliação do conhecimento biológico e ecológico dessas plantas, assim como ações em prol de sua conservação. Também destaca-se que independente do fator externo principal controlador dos ritmos periódicos biológicos das samambaias, essas plantas apresentam maior dependência abiótica, que pode constituir ferramentas potenciais no monitoramento das variações climáticas, as quais têm sido cada vez mais confirmadas para ocorrerem em um curto período de tempo.

### 2.3 Pesquisas fenológicas com samambaias no Brasil

No Brasil, os estudos fenológicos com as samambaias são crescentes nas últimas décadas. Esses têm sido realizados exclusivamente para espécies de samambaias na Floresta Atlântica. Além disso, a maior parte das pesquisas estão concentradas no Sul do País, região que apresenta clima subtropical, caracterizando-se por não apresentar uma estação seca definida, e desse modo, a influência da pluviosidade não ser evidente sobre os padrões fenológicos das samambaias dessa região. Fatores como temperatura e fotoperíodo, que apresentam elevada amplitude de variação no Sul do Brasil, são os principais determinantes da fenologia dessas plantas na região. Diferentemente, em outras regiões do País (e.g. Nordeste) com clima tropical, estação seca definida e com baixa amplitude de variação da temperatura e do fotoperíodo, os padrões fenológicos das samambaias são determinados majoritariamente pela sazonalidade hídrica.

A seguir são apresentados os estudos fenológicos com samambaias desenvolvidos no Brasil, e algumas contribuições que tratam de observações gerais acerca do desenvolvimento, reprodução e crescimento dessas plantas e suas relações com o clima, não apresentando uma amostragem específica da fenologia.

De modo pioneiro, Windisch & Pereira-Noronha (1983) analisaram aspectos da ecologia e do desenvolvimento de gametófitos e esporófitos de *Plagiogyria fialhoi* (Fée & Glaz.) Copel. na Floresta Nebulosa "cloud forest", localizada na Serra da Mantiqueira, estado de São Paulo. Dentre os resultados, destacaram uma periodicidade definida em relação a fertilidade da população (janeiro até julho) e uma persistência foliar ao longo do ano estudado.

Poucos anos depois, Dias-Filha (1989) realizou observações em relação aos aspectos fenológicos de *Lygodium volubile* Sw., em um estudo desenvolvido na Floresta Estacional Semidecídua do estado de Pernambuco. A emissão de novas folhas na população estudada esteve diretamente relacionada à períodos anteriores de elevada pluviosidade, e como houve irregularidade das chuvas durante o período de estudo, não ocorreu uma regularidade quanto à atividade dessa fenofase. Ainda, ficou evidenciado que o crescimento foliar em *L. volubile* não esteve relacionado com as variações da pluviosidade registrada na área.

No mesmo período, Silva (1989) observou em seu estudo, a fenologia de *Anemia villosa* Humb. & Bonpl. ex Willd., na Floresta Estacional Semidecídua do estado de

Pernambuco. A autora reportou que uma maior emissão de báculos para esta espécie ocorria durante o período chuvoso local, época em que também se registrou a produção de esporos.

Ranal (1991) relatou o desenvolvimento (gametofítico e esporofítico) de *Adiantopsis radiata* (L.) Fée, *Pteris denticulata* Sw. e *Serpocaulon latipes* (Langsd. & L. Fisch.) A.R. Sm, ocorrentes em Floresta Mesófila Semidecídua do estado de São Paulo. A espécie *A. radiata* apresentou acentuado grau de deciduidade da lâmina foliar durante o período seco. Inicialmente as pínulas desta planta se enrolam e posteriormente sofrem abscisão, permanecendo ao término do período seco, apenas o pecíolo e as raques das pinas. Espécimes de *P. latipes*, quando submetidas a condições severas de dessecação, também perderam suas folhas, porém, com maior resistência e menor regularidade que *A. radiata*. Diferentemente, *P. denticulata* teve padrão sazonal de crescimento sempre verde.

Ranal (1993) também reportou o desenvolvimento de *Polypodium hirsutissimum* Raddi na Floresta Mesófila Semidecídua do estado de São Paulo. Quanto ao padrão sazonal de crescimento a espécie foi classificada como poiquilohídrica, que caracteriza-se pela dependência das condições atmosféricas, retenção de seus órgãos de assimilação durante o ano todo e crescimento ativo ocorrente apenas na estação chuvosa, tornando-se dormentes na estação seca, com as folhas enroladas.

Continuando a série de importantes contribuições ao conhecimento ecológico e biológico das samambaias, Ranal (1995a) analisou de modo comparativo as condições de micro-habitats de oito espécies (*Microgramma lindbergii* (Mett. ex Kuhn) de la Sota, *M. squamulosa* (Kaulf.) Sota, *Pleopeltis hirsutissima* (Raddi) de la Sota, *P. pleopeltifolia*, *P. polypodioides* (L.) Andrews & Windham, *Adiantopsis radiata*, *Serpocaulon latipes* e *Pteris denticulata*) desse grupo de plantas na Floresta Mesófila Semidecídua do estado de São Paulo. Nesse estudo, constatou-se que o pico de atividade das espécies ocorrem quando as condições térmicas e de umidade são favoráveis. No período seco, o metabolismo das espécies estudadas é reduzido, e as plantas mantêm certo grau de hidratação mediante a condensação da água evapotranspirada durante a noite. Ainda nesse estudo, a autora evidenciou que diante da ausência de chuvas, grande número de espécies de fanerógamas apresentam deciduidade, conseqüentemente, ocasionando uma maior exposição do interior florestal, facilitando a alteração das condições microclimáticas em decorrência das modificações macroclimáticas.

Ranal (1995b) também estudou aspectos relacionados à fenologia e sobrevivência de oito espécies de samambaias em Floresta Mesófila Semidecídua, situada no estado de São

Paulo. Esse estudo apresenta alta relevância pela abordagem, tempo de observação (seis anos) e número de espécies estudadas. A autora reportou que a produção de folhas e de esporos das espécies coincidem com o período de alta pluviosidade. As maiores taxas de mortalidade ocorreram em gametófitos e esporófitos jovens, sendo fases de vida bastante susceptíveis aos fatores ambientais. Foram registrados também, períodos distintos para a liberação de esporos das espécies estudadas, além de uma falta de sincronia nessa liberação, que pode ser um aspecto positivo, evitando que toda a produção de esporos seja perdida, no caso de haver seca prolongada pós liberação, bem como, possibilitando uma maximização nas chances dos esporos encontrarem mais micro-habitats recém expostos.

Posteriormente, Schmitt & Windisch (2001) relataram prejuízos causados pela geada no desenvolvimento de *Alsophila setosa* Kaulf.; redução no número de folhas totalmente expandidas e de báculos durante o inverno com ocorrência de geadas nos municípios de Morro Reuter e Sapiranga, estado do Rio Grande do Sul.

Lehn *et al.* (2002) realizaram observações acerca do desenvolvimento vegetativo de populações de *Rumohra adiantiformis* (Forst.) situadas em três florestas no estado do Rio Grande do Sul. Essa espécie possui relevante potencial econômico em algumas regiões do sul do Brasil, devido a sua utilização para ornamentação. No estudo, os autores relataram que a ocorrência de geadas pode ocasionar a perda total da lâmina foliar quando as plantas crescem sem a proteção da vegetação circundante.

Schmitt & Windisch (2003) novamente apresentaram informações sobre o desenvolvimento de *Alsophila setosa* no estado do Rio Grande do Sul. Nesse estudo, os autores observaram uma relação positiva entre a produção foliar e o tamanho dos cáudices de esporófitos da espécie.

Ao estudar aspectos relacionados ao desenvolvimento da fase esporofítica de *Blechnum brasiliense* Desv. em Floresta Estacional Semidecídua no Sul do Brasil, Franz & Schmitt (2005) constataram que períodos com baixa pluviosidade contribuem com o aumento do número de frondes senescentes, sendo este superior à taxa de produção foliar ao longo do período de estudo.

Schmitt & Windisch (2005), em análise dos aspectos ecológicos de *Alsophila setosa* na Floresta Atlântica do Rio Grande do Sul, indicaram que uma população estável tipicamente apresenta proporção característica de jovens, adultos jovens e adultos mais velhos. Também neste estudo, foram registrados danos por herbivoria em 28,88% e 35,61 do total de plantas

estudadas em duas localidades, entretanto, não houve morte pela ação deste processo ecológico.

Schmitt & Windisch (2006a), também apresentaram informações sobre métodos para estimativas da idade de plantas da espécie *Alsophila setosa*, no Rio Grande do Sul. No estudo, os autores também observaram o desenvolvimento de uma nova planta formada a partir da reprodução vegetativa.

Ainda estudando a ecologia de *Alsophila setosa*, Schmitt & Windisch (2006b) apresentaram aspectos fenológicos da espécie em Floresta Subtropical no estado do Rio Grande do Sul. Destacaram que a produção de esporos foi sazonal e ocorreu em poucas plantas, especialmente para aquelas com pelo menos 2,5 m de altura.

Miranda (2006) realizou o monitoramento fenológico de *Cyclodium meniscioides* (Willd.) C. Presl na Floresta Semidecídua do estado de Pernambuco. Nesse estudo, foi observado uma emissão de báculos quase contínua para a população monitorada, que não apresentou correlação positiva de sua produção e senescência foliar com a pluviosidade.

Com o objetivo de identificar estratégias de sobrevivência para uma população de *Anemia tomentosa* (Sav.) Sw. var. *anthriscifolia* (Schrad.) Mickel em Floresta Semidecídua, do estado de Pernambuco, Souza *et al.* (2007) constataram uma senescência foliar total na espécie durante os meses mais secos do ano na região (outubro a março) e uma produção foliar via propagação vegetativa com o início das primeiras chuvas. Rapidamente após esse rebrotamento (um mês), a população analisada já produzia frondes férteis.

Schmitt & Windisch (2007) analisaram aspectos da fenologia de *Cyathea delgadii* em área de Floresta Estacional Semidecídua, situada no estado do Rio Grande do Sul. Os autores verificaram que os aumentos da produção foliar da população estudada não estiveram relacionadas com os meses de elevada pluviosidade, sendo geralmente posterior a este período.

Lima-Junior (2007) estudou a fenologia de *Cyathea phalerata* Mart. na Floresta Semidecídua do estado de Pernambuco, evidenciando que essa espécie apresentava um padrão não sazonal, e que condições de micro-habitat influenciavam de forma decisiva na velocidade e forma de crescimento dos indivíduos.

Pouco depois, Miranda (2008) monitorou a fenologia de duas espécies de samambaias pertencentes à família Blechnaceae, em remanescente de Floresta Montana, localizado no estado de Pernambuco. *Blechnum brasiliense* e *Blechnum occidentale* L. apresentaram

diferentes relações com às variáveis climáticas locais. A população de *B. brasiliense* teve um ritmo sazonal de produção, senescência e expansão foliar, enquanto em *B. occidentale*, apenas a produção de esporos foi sazonal.

Silva (2008) investigou aspectos referentes à fenologia de quatro samambaias da família Cyatheaceae (*Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin, *C. microdonta* (Desv.) Domin, *C. praecincta* (Kunze) Domin e *Alsophila setosa*) em remanescentes de Floresta Submontana no estado de Pernambuco. As samambaias monitoradas apresentaram uma rápida e contínua produção de folhas estéreis, bem como uma elevada produção de folhas férteis.

Lehn & Leuchtberger (2008) analisaram a resistência e a fenologia de uma população de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) após a ação de queimada em uma paisagem de apenas vegetação herbácea, situada no estado do Rio Grande do Sul. A população que teve perda total de folhas após a ocorrência da queimada, mostrou-se capaz de suportar esse *stress*, uma vez que houve restabelecimento gradual em um intervalo de tempo curto (média de 25 dias pós queimada) da produção de frondes estéreis e férteis.

Lehn (2008) abordou em seu estudo a fenologia foliar de *Danaea sellowiana* C. Presl. na Floresta Semidecídua do Brasil Central (Mato Grosso do Sul). A espécie teve um ritmo sazonal de produção foliar, que foi maior nos meses em que houve as maiores temperaturas médias, a maior umidade relativa do ar, a maior precipitação pluviométrica acumulada e o maior fotoperíodo. As frondes férteis de *D. sellowiana* se expandiram mais rapidamente que as frondes estéreis, além de apresentarem menor longevidade foliar.

Schmitt *et al.* (2009) estudaram aspectos da fenologia de *Dicksonia sellowiana*, em uma vegetação que apresentava contato entre os limites da Floresta Estacional Semidecídua e a Floresta Ombrófila Mista, situadas no estado do Rio Grande do Sul. Na pesquisa foi constatada uma heterogeneidade de padrões individuais, que refletiu em menores índices de sincronia para algumas fenofases analisadas. Também foi observado que o maior pico de senescência coincidiu com o maior pico de produção foliar, fato que contribuiu para que apenas 2% das plantas estudadas sofressem abscisão foliar total.

Neumann (2010) monitorou o crescimento e a fenologia de *Cyathea corcovadensis* em um remanescente de Floresta Atlântica, no estado do Rio Grande do Sul, onde a espécie encontra-se ameaçada de extinção. O cáudice das plantas cresceram lentamente (média: 4,67 cm ano<sup>-1</sup>), sendo as maiores taxas de crescimento relativo registradas para plantas mais

baixas. A renovação e senescência foliar, bem como a fertilidade também demonstraram relação com tamanho/idade das plantas.

Posteriormente, Farias & Xavier (2011a) analisaram aspectos fenológicos de *Thelypteris interrupta* (Willd.) K. Iwats em Floresta Semidecídua localizada no estado da Paraíba. A intensidade da renovação e senescência foliar da referida espécie não apresentaram diferenças entre os períodos seco e chuvoso. *T. interrupta* não produziu frondes férteis durante o período estudado, sendo constatado nesse, a propagação vegetativa através da ramificação do caule como estratégia reprodutiva.

No mesmo ano, Farias & Xavier (2011b) apresentaram informações relacionadas à fenologia e sobrevivência de três populações de samambaias (*Acrostichum danaeifolium* Langsd. & Fisch., *Lygodium volubile* e *Thelypteris serrata* (Cav.) Alston), monitoradas no mesmo remanescente de Floresta Semidecídua do estado da Paraíba. A produção de folhas estéreis nas populações estudadas teve ocorrência em ambas as estações climáticas (seca e chuvosa), sendo esta significativamente maior durante o período chuvoso em *L. volubile*. A menor exclusão amostral de indivíduos ocorreu para *A. danaeifolium* (20%), sendo a maior registrada para *T. serrata* (40%). O ressecamento foi uma das principais causas que ocasionaram as mortes dos indivíduos nesse estudo.

Uriartt (2012) investigou e comparou a fenologia de *Cyathea atrovirens* em três habitats com diferentes estágios de sucessão (capoeira, floresta secundária baixa e alta), localizados no estado do Rio Grande do Sul. Na capoeira, onde se mensurou uma alta insolação, a espécie analisada apresentou taxas significativamente mais altas de crescimento em altura, de renovação e senescência foliar, bem como de produção de folhas férteis do que nas áreas de floresta secundária alta e baixa.

Schmitt & Windisch (2012) analisaram o crescimento do cáudice e a fenologia de *Cyathea atrovirens* em floresta secundária no estado do Rio Grande do Sul. Neste estudo, as plantas exibiram um baixo crescimento do cáudice e uma produção e senescência foliar concomitante, não sendo estes eventos correlacionadas com a pluviosidade, assim como esperado para samambaias de florestas sob clima não sazonal. A fertilidade de *C. atrovirens* se relacionou com a temperatura e com o fotoperíodo. Destacando ainda, que plantas mais altas não produziram um maior número de folhas férteis.

Farias & Xavier (2013a) apresentaram dados da fenologia foliar de *Blechnum serrulatum* Rich. em um remanescente de Floresta Atlântica Semidecídua, situado no

município de João Pessoa, Paraíba. A população apresentou correlação positiva entre a produção de folhas estéreis e a pluviosidade. Não foi registrada a produção de frondes férteis, porém se observou nesta, mecanismos de propagação vegetativa através da ramificação do rizoma e posterior emergência foliar. Além da influência da macroescala climática sob a fenologia desta população, os autores destacaram a influência por fatores da escala do micro-habitat observados qualitativamente (sombreamento e umidade do solo), que mesmo quando pouco ou não modificados pela macroescala condicionam o desenvolvimento das plantas da população estudada.

Souza *et al.* (2013) relataram informações sobre a fenologia de três samambaias do gênero *Adiantum* L. (*A. deflectens* Mart., *A. petiolatum* Desv. e *A. pulverulentum* L.) em Floresta Semidecídua do estado de Pernambuco. Os resultados desta pesquisa indicaram a influência distinta do clima sobre espécies de um mesmo gênero, que diferiram principalmente em relação a periodicidade e a existência de correlação com a pluviosidade, umidade relativa do ar e temperatura.

Souza (2013) estudou a fenologia de três samambaias hemiepífitas (*Lomariopsis japurensis* (Mart.) J. Sm., *Polybotrya cylindrica* Kaulf. e *Mickelia guianensis* (Aubl.) R. C. Moran et al.) em Floresta Submontana Semidecídua do estado de Pernambuco. A fertilidade das espécies *P. cylindrica* e *M. guianensis* esteve restrita à apenas dois e três meses, respectivamente, em todo período de estudo (24 meses). Em *L. japurensis*, a fertilidade ocorreu durante um maior intervalo temporal, embora em baixas intensidade e sincronia.

Farias & Xavier (2013b) apresentaram informações acerca da fenologia da samambaia epífita *Phlebodium decumanum* (Willd.) J. Sm. na Floresta Semidecídua do Nordeste do Brasil (João Pessoa-PB). Esta espécie possui padrão sazonal do tipo "ativo na estação chuvosa", em que sua fertilidade e manutenção foliar dependem diretamente da pluviosidade local. Na estação seca, as plantas apresentaram abscisão foliar total com permanência dos rizomas como resistência ao estresse hídrico.

Todos estes aspectos refletem a importância da manutenção quantitativa dos estudos fenológicos de samambaias no Brasil, além da real necessidade de ampliar a realização de pesquisas em outros ecossistemas (e.g. Caatinga, Cerrado, Floresta Amazônica, Pampa), onde as samambaias também são representativas, o que permitirá a futura realização de estudos comparativos de uma mesma espécie crescendo em diferentes condições ecológicas e compreender possíveis variações nos padrões fenológicos dessas plantas.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido na *Mata do Estado* (Figura 1), uma área situada no município de São Vicente Férrer (09° 06' 37" S e 38° 08' 01" W), estado de Pernambuco, que apresenta cerca de 600 ha de Floresta Atlântica, distribuídos de maneira contígua e imersos em uma matriz de áreas não florestadas e de plantações de banana e uva, que são as principais atividades econômicas da localidade. Apesar das atividades agrícolas em suas proximidades, a *Mata do Estado* possui trechos em bom estado de conservação, conforme dados de fisionomia, estrutura e composição florística apresentados por Lucena (2009). No entanto, reforça-se a necessidade para a implementação de uma Unidade de Conservação (UC) na área, a fim de conservar sua biodiversidade e incentivar ações locais de desenvolvimento sustentável.

A geomorfologia da área apresenta-se bastante dissecada, em forma de colinas intercaladas por vales encaixados (CPRH, 1994), com altitude variando entre 600 a 640 m. O solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, apresentando textura argilosa média, alto teor de matéria orgânica e equilíbrio da porosidade total (EMBRAPA, 2006).

O clima local é do tipo tropical quente e úmido (do tipo As', segundo a classificação de Köppen), com temperatura média anual em torno de 24°C e precipitação pluviométrica de aproximadamente 1115 mm/ano, sendo o período seco compreendido entre os meses de outubro a dezembro (pluviosidade  $\leq 50$ mm/mês) e o período chuvoso entre janeiro a setembro (Figura 2).

Com referência a questão hidrológica, a área de estudo possui enorme potencial, já que apresenta aproximadamente 32 nascentes (em sua maioria perenes) que formam a bacia hidrográfica do Rio Goiana e do Rio Capibaribe Mirim, sendo fundamentais para a diversidade biológica, bem como as populações de vários municípios (CPRH, 1994).

A vegetação da área é classificada como Floresta Ombrófila Densa Submontana, sendo rica em espécies lenhosas das famílias Fabaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Lauraceae, Sapindaceae, Sapotaceae, Moraceae, Apocynaceae e Euphorbiaceae (Lucena, 2009). A flora de samambaias é representada por cerca de 90 espécies, sendo Pteridaceae, Polypodiaceae e Dryopteridaceae, as famílias de maior representatividade (Silva, 2000). A *Mata do Estado*,

além de apresentar alta diversidade para diferentes grupos vegetais, também se destaca pela presença de um número considerável de espécies raras e endêmicas (Lucena, 2009). Estruturalmente, a vegetação da área caracteriza-se por uma elevada área basal e ampla variação quanto à altura média, provavelmente em função do tipo e profundidade do solo e condições microclimáticas do local. Nesse, é possível o reconhecimento de cinco estratos de vegetação, sendo três arbóreos, um arbustivo e um herbáceo (Rodal *et al.*, 1998).

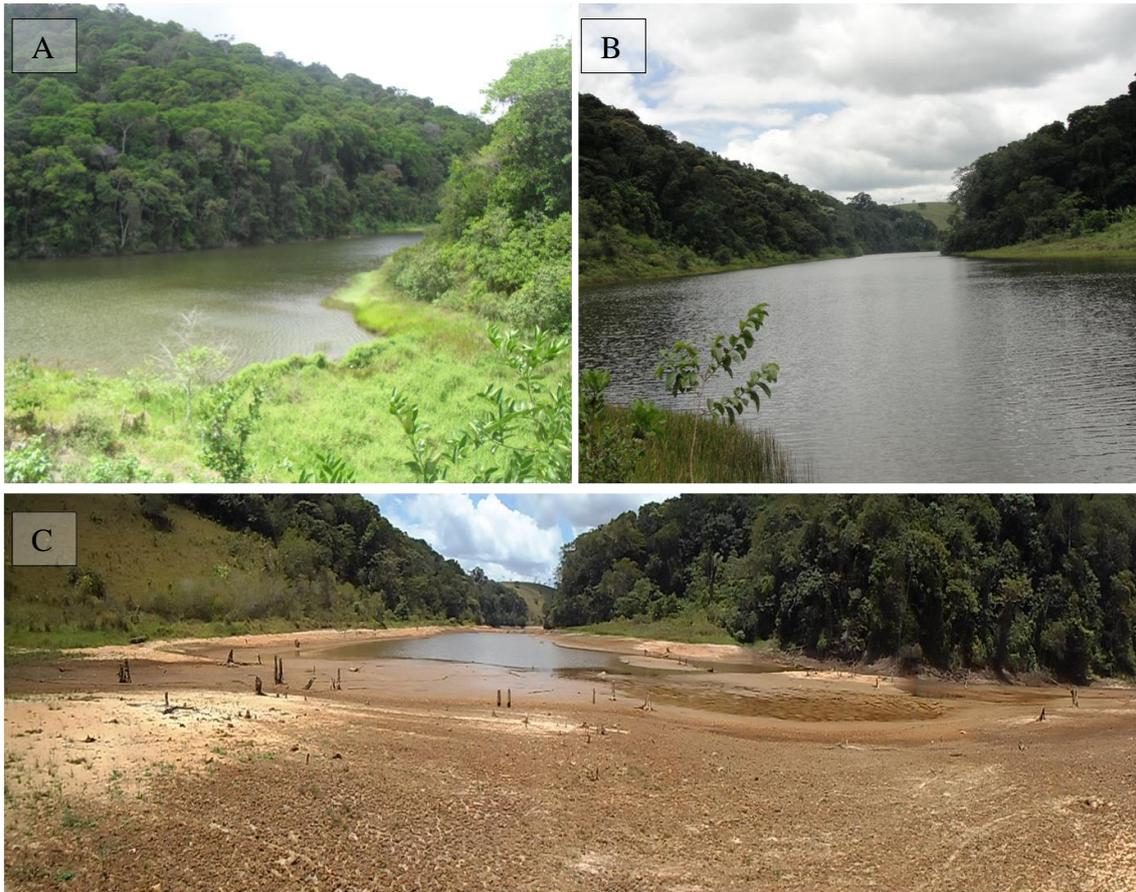


Figura 1 - A e B: Visão geral de trecho da *Mata do Estado* (área de estudo) durante o período chuvoso. C: Visão panorâmica de trecho da *Mata do Estado* durante o período seco. *Localização*: município de São Vicente Férrer, Pernambuco, Brasil.

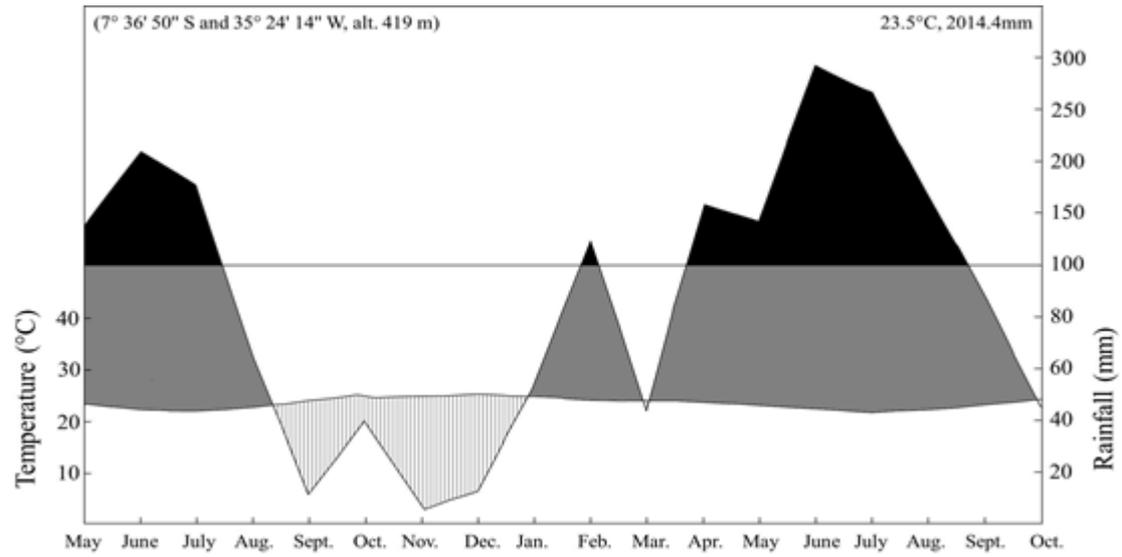


Figura 2 - Pluviosidade mensal acumulada e temperatura mensal média entre o período de Maio/2012 a Outubro/2013, para o município de São Vicente Férrer, estado de Pernambuco, Brasil. Dados obtidos a partir da Estação Meteorológica do referido município (07° 36' 50" S, 35° 24' 14" O, alt. 419 m).

### 3.2 Caracterização das espécies estudadas

*Danaea geniculata* Raddi - Planta herbácea, terrestre, com caule ereto, grosso e suculento, apresentando raízes por todos os lados (Figura 3). Folhas dimórficas dispostas espiralmente. Lâmina foliar pinada, com 3-5 pares de pinas laterais; folhas férteis mais longas e com pinas menores do que as estéreis. Raque com nós, alada. Pecíolo com 2-3 nós. Pinas opostas, brilhantes, quebradiças, elíptica a oblonga. Pina do ápice mais larga que as demais. Soros fundidos em sinângios, que formam linhas paralelas do centro até a margem das pinas. *Distribuição geográfica*: Neotropical (Brasil, Colômbia, Cuba, Equador, Guiana Francesa, Haiti, Jamaica, Panamá, Paraguai, Peru, Suriname, Venezuela) (Christenhusz, 2007). No Brasil, a espécie está distribuída nos e distribuída nos estados da Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, associando-se ao domínio fitogeográfico da Amazônia (Labiak, 2013). Adicionalmente destaca-se a ocorrência desta espécie no estado de Pernambuco, associada à Floresta Atlântica.



Figura 3 – A: Base dos pecíolos e báculo de *Danaea geniculata* Raddi. B: Folhas senescentes de *D. geniculata* durante o período seco. C: Folha fértil de *D. geniculata* durante o período chuvoso. D: Hábito de *D. geniculata*.

*Didymochlaena truncatula* (Sw.) J.Sm. - Planta herbácea, terrestre, com caule ereto, pubescente e coberto por escamas unicolors, hialinas a marrom claras. Folhas monomorfas (Figura 4). Lâmina foliar 2-pinada. Pinas alternas, levemente ascendentes, lineares, curto pecioluladas, ápice agudo. Nervuras livres, indivisas a bifurcadas. Superfície laminar glabra ou levemente pubescente e escamosa na face adaxial, pubescente e levemente escamosa na face abaxial (Garcia & Salino, 2008). Outras características distinguíveis de *D. truncatula* são hidatódios presentes no ápice das nervuras (Garcia & Salino, 2008), soros de formato elíptico (Macedo *et al.*, 2012), coberto por um indúsio fixo pelo centro, ao longo das nervuras, expondo os esporângios de ambos os lados. *Distribuição geográfica*: Malásia, Polinésia, Ásia, África Tropical, México, América Central, Antilhas, Guianas, Suriname, Venezuela, Colômbia, Brasil, Equador, Peru, Bolívia, Argentina, Paraguai e Uruguai (Moran, 1995; Macedo *et al.*, 2012). No Brasil ocorre nos estados do Acre, Alagoas, Amazonas, Amapá, Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Roraima, Santa Catarina e São Paulo. Em relação aos domínios fitogeográficos, *D. truncatula* está distribuída na Amazônia e na Floresta Atlântica (Macedo *et al.*, 2012; Prado, 2013).



Figura 4 – A: Báculo de *Didymochlaena truncatula* (Sw.) J.Sm. B e C: Folha fértil de *D. truncatula*. D: - Hábito de *D. truncatula*.

### 3.3 Coleta e análise de dados

Em Maio de 2012, 25 indivíduos de *D. geniculata* e 23 indivíduos de *D. truncatula* foram selecionados e tiveram suas folhas marcadas com etiquetas plásticas enumeradas. Essa amostra foi selecionada visando a uniformização de micro-habitat da população estudada, que encontrava-se situada em barranco, no interior florestal e próxima a um ambiente hídrico. Entre Maio de 2012 a Outubro de 2013, contabilizou-se ao término de cada mês, o número de folhas novas, folhas estéreis, folhas férteis e mortas de todos os indivíduos selecionados, além de aferir o tamanho das folhas novas, desde sua emergência até sua expansão total. Folhas férteis foram monitoradas até Novembro de 2013.

A taxa de produção foliar foi determinada a partir do número de folhas novas produzidas por cada planta em um mês. A taxa de mortalidade foi determinada como sendo o número de folhas mortas (sem tecido laminar verde) ou perdidas por cada planta durante um mês; a mortalidade de uma folha foi contada apenas uma única vez e foi registrada a partir do segundo mês de monitoramento. O número médio de folhas para a população foi calculado através do número de folhas vivas em cada planta.

A fertilidade foi definida como a presença de uma ou mais folhas férteis por planta, independente das fases de maturação e liberação dos esporos. O tempo de vida foliar foi calculado a partir da diferença entre a data da primeira observação de ocorrência de uma folha nova e a data da morte dessa mesma folha. A sobrevivência de cada folha foi observada mensalmente. A expansão foliar foi mensurada para cada planta de acordo com o número de centímetros adicionado a todas as folhas em desenvolvimento durante um mês. Dados relacionados a produção foliar mensal e as taxas de expansão foram extrapolados a partir da multiplicação dos resultados por 30 e posterior divisão pelo número de dias de cada período de observação (Mehlreter e Palacios-Rios, 2003; Mehlreter, 2006).

A frequência relativa foi determinada a partir da porcentagem (%) mensal das plantas exibindo as fenofases (mortalidade foliar, produção foliar e fertilidade). O tempo de ocorrência das fenofases para cada planta foi calculado a partir do número de meses em que estas foram exibidas no período de estudo, independente se sequencial ou não. A normalidade da distribuição dos dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk (Zar, 1999). A relação dos parâmetros fenológicos com os fatores climáticos foi mensurada através de análises de correlação (Zar, 1999), com valores de referência de acordo com os estabelecidos

por Davis (1971). Para verificar variações sazonais das fenofases utilizou-se o teste de Wilcoxon (rank-sum test). A partir do teste-t, o tamanho médio máximo em comprimento (cm) foi comparado entre folhas estéreis e férteis. As análises estatísticas foram realizadas no Software Statistica 7.0 (StatSoft, 2004).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Fenologia de *Danaea geniculata* (Marattiaceae) em floresta tropical submontana, Nordeste do Brasil

A população de *Danaea geniculata* teve um número médio de  $8.62 \pm 0.82$  folhas por planta ( $n=25$ ), representadas em sua maioria por folhas estéreis (Figura 5). Folhas foram produzidas a uma taxa média de  $8.39 \pm 6.86$  por planta, com uma variação de 3 a 10 folhas por planta. As plantas produziram no máximo duas folhas por mês. Apenas durante os meses mais secos (Novembro e Dezembro) não houve produção foliar (Figura 5), a qual não apresentou variação sazonal ( $W = 11.5$ ,  $p > 0.05$ ) entre a estação chuvosa, de Janeiro a Setembro, e a curta estação seca, entre Outubro a Dezembro.

A produção foliar da população estudada apresentou correlação com os fatores climáticos, positiva para a pluviosidade e negativa para a temperatura (Tabela 1), resultado similar também observado para a frequência de indivíduos exibindo esta fenofase (Tabela 2), que teve máxima em meses com elevada pluviosidade, como Junho/2012 e 2013, respectivamente, com 76% e 72% das plantas produzindo folhas (Figura 6). O número médio de meses em que ocorreu produção foliar nas plantas foi de  $5.68 \pm 1.62$ , com máximo de nove e mínimo de três meses.

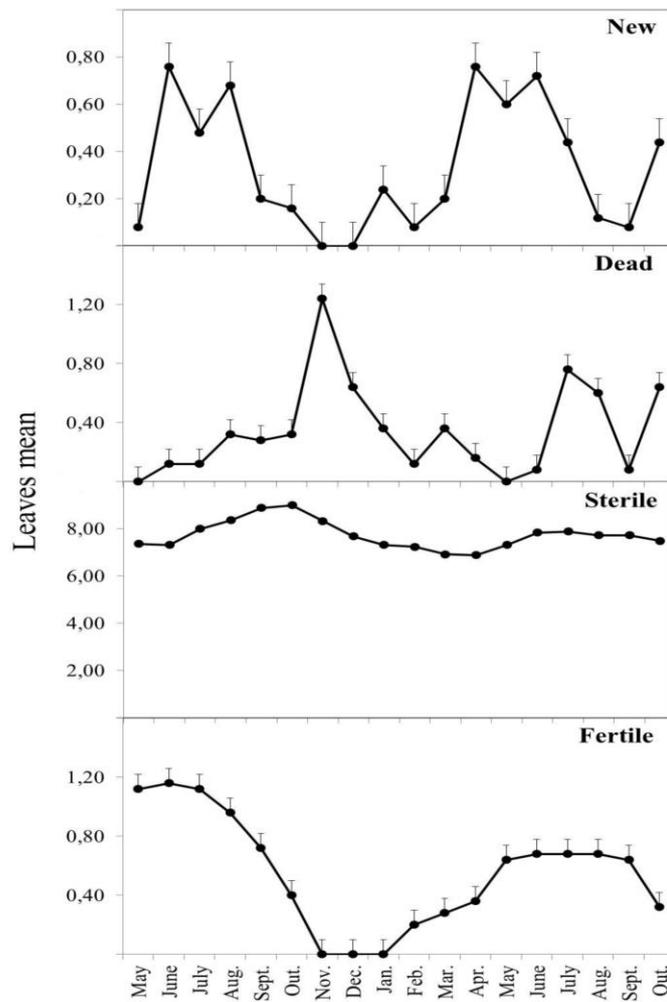


Figura 5 - Média mensal de folhas novas, mortas, estéreis e férteis por planta de *Danaea geniculata*, entre Maio/2012 a Outubro/2013, em uma Floresta Tropical Submontana, Brasil.

Tabela 1 - Coeficientes de correlação ( $r$ ) das médias dos parâmetros fenológicos da população de *Danaea geniculata*, com os fatores climáticos (temperatura média mensal e pluviosidade total mensal) da área de estudo, entre Maio/2012 a Outubro/2013. \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.001$ ; *ns* - não significativo.

Parâmetros fenológicos	Pluviosidade (mm)	Temperatura (°C)
Folhas novas	0.59*	- 0.57*
Folhas mortas	- 0.43 <i>ns</i>	0.36 <i>ns</i>
Folhas férteis	0.53*	- 0.84**
Expansão foliar	0.69*	- 0,82**

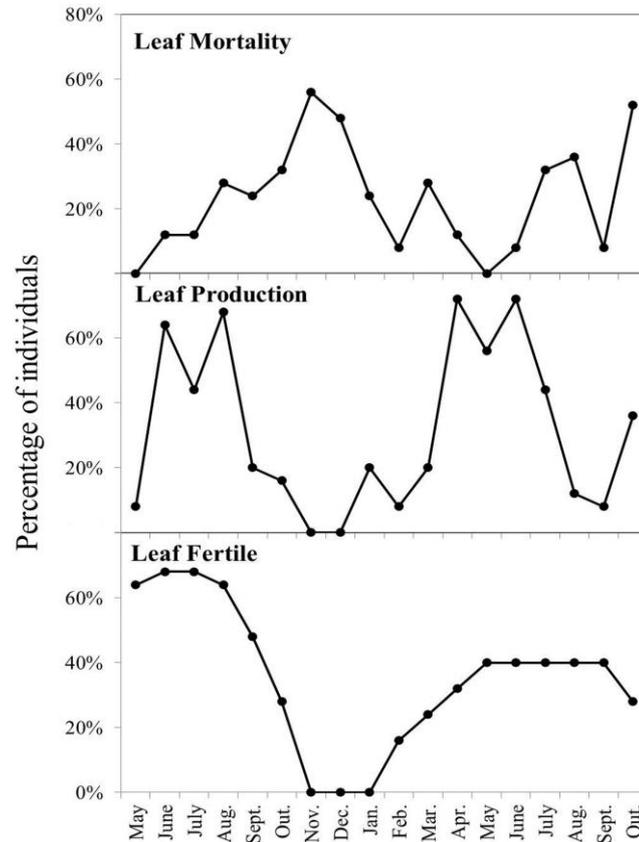


Figura 6 - Porcentagem mensal (%) dos indivíduos de *Danaea geniculata* exibindo mortalidade foliar, produção foliar e fertilidade, entre Maio/2012 a Outubro/2013, em uma Floresta Tropical Submontana, Brasil.

Tabela 2 - Coeficientes de correlação ( $r$ ) das frequências relativas de indivíduos da população de *Danaea geniculata* exibindo mortalidade foliar, produção foliar e fertilidade, com os fatores climáticos (temperatura média mensal e pluviosidade total mensal) da área de estudo, entre Maio/2012 a Outubro/2013. \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.001$ ; *ns* - não significativo.

Frequências relativas (%)	Pluviosidade (mm)	Temperatura (°C)
% de indivíduos com mortalidade foliar	- 0.51*	0.45 <i>ns</i>
% de indivíduos com produção foliar	0.58*	- 0.59*
% de indivíduos com fertilidade	0.48*	- 0.81**

A taxa de mortalidade foliar de *Danaea geniculata* foi de  $7.05 \pm 6.49$  por planta, com máximo de 14 e mínimo de uma folha por planta. A ocorrência de folhas mortas não foi constatada em apenas duas plantas (8% da amostra). Apenas em Maio/2013 não houve mortalidade foliar (Figura 5), a qual apresentou variação sazonal ( $W = 45.5$ ,  $p < 0.05$ ), entre

os períodos seco e chuvoso. A mortalidade foliar não apresentou correlação com nenhum dos fatores climáticos analisados (Tabela 2). Entretanto, a frequência relativa de indivíduos exibindo esta fenofase, correlacionou-se negativamente com a pluviosidade (Tabela 2), atingindo máxima durante o período seco, Novembro e Dezembro/2012, com 56% e 48%, respectivamente (Figura 6); e Outubro/2013, com 52% (Figura 6). A mortalidade foliar das plantas ocorreu em média de  $4.52 \pm 2.22$  meses do período de estudo, com máximo de sete meses e mínimo de um mês. Nenhum indivíduo da população estudada morreu durante o período de monitoramento.

A expansão foliar da população estudada teve média de  $383.72 \pm 16.45$ cm, com valores máximos entre Maio a Agosto ( $43.77 \pm 5.76$ cm), e mínimos entre Novembro a Fevereiro ( $3.43 \pm 1.67$ cm). As médias mensais de expansão foliar diferiram significativamente ( $W = 19$ ,  $p = 0.05$ ) entre os períodos chuvoso ( $26.72 \pm 16.33$ cm) e seco ( $9.09 \pm 7.73$ cm). A expansão foliar mensal de *Danaea geniculata* esteve correlacionada positivamente com a pluviosidade e negativamente com a temperatura (Tabela 1).

Folhas de *Danaea geniculata* expandiram-se rapidamente durante o mês de sua emergência, alcançando até 70cm de comprimento. O tempo médio para expansão foliar total foi de 3.0 meses, com mínimo de dois e máximo de quatro meses. O tamanho máximo atingido por folhas estéreis ( $76.01 \pm 8.42$ cm) e férteis ( $86.54 \pm 8.37$ ) diferiu significativamente ( $t = -3.441$ ;  $GL = 33$ ;  $p = 0.001$ ).

A fertilidade de *Danaea leprierii* durante os 18 meses do estudo, teve ocorrência em dois períodos, com término definido, no início da estação seca. Inicialmente (Maio/2012), *D. geniculata* apresentava folhas férteis (primeiro conjunto), algumas das quais sobreviveram por seis meses, até Outubro/2012 (Figura 5). Folhas férteis acompanhadas desde báculos nos meses subsequentes a Maio/2012, também permaneceram vivas até Outubro/2012. O segundo conjunto de folhas férteis emergiu a partir de Fevereiro/2013, obtendo máximo em meses no período chuvoso e perdurando até Outubro/2013 (Figura 5). O número de folhas férteis produzidas no segundo conjunto (16 folhas) foi menor que o registrado no primeiro conjunto (31 folhas). As médias mensais de folhas férteis apresentaram variações sazonais ( $W = 65.5$ ,  $p < 0.05$ ), sendo maiores durante o período chuvoso ( $0.66 \pm 0.35$  folhas férteis por planta) em comparação com o período seco ( $0.18 \pm 0.21$  folhas férteis por planta). A fertilidade correlacionou-se positivamente com a pluviosidade; e negativamente com a temperatura (Tabela 2).

O tempo médio de vida das folhas férteis do segundo conjunto foi equivalente a 5.4 meses. Folhas férteis tiveram um menor tempo máximo de vida em comparação com o das folhas estéreis, que foi de 13.5 meses. Outro ponto a ser destacado, relaciona-se à disposição vertical das folhas férteis, a partir do eixo central do rizoma, igualmente as folhas estéreis mais jovens. Folhas estéreis de *D. geniculata* se tornam decumbentes com o decorrer do tempo, as férteis mantem-se eretas por todo o desenvolvimento (Figura 7).



Figura 7 – A: Folha fértil de *Danaea geniculata*, ereta e acima das folhas estéreis. B: Folha nova de *D. geniculata* em disposição vertical.

A fertilidade relativa máxima da população de *Danaea geniculata* durante a primeira ocorrência dessa fenofase (17 plantas, 68%) foi maior em comparação com o segundo evento reprodutivo (10 plantas, 40%) (Figura 3). Sete plantas (28% da amostra) produziram folhas férteis nos dois períodos reprodutivos. Apenas cinco plantas (20%) não apresentaram folhas férteis em nenhum dos períodos reprodutivos, assim, a fertilidade relativa para o período de estudo foi de 80%.

A taxa de produção foliar de *Danaea geniculata* foi considerada alta quando comparada especificamente com a taxa de *D. wendlandii* (1.6 folhas), explicada pelo baixo nível de luminosidade do sub-bosque de uma Floresta Úmida na Costa Rica (Sharpe e Jernstedt, 1990). Essa diferença acentuada pode ter sido em detrimento de diferentes níveis de luminosidade e de outros fatores experimentados por essas espécies ou a partir de padrões intrínsecos das espécies do mesmo gênero.

Algumas samambaias têm apresentado periodicidade contínua de ocorrência da produção e mortalidade foliar. Exemplos incluem: *Cyathea pubescens* Mett. ex Kuhn (Tanner, 1983) e *C. atrovirens* (Schmitt e Windisch, 2012). Em *Danaea geniculata*, a constância de

mortalidade e produção foliar reflete um padrão populacional, e não individual, pois as plantas não mantiveram atividade contínua nessas fenofases.

Picos de mortalidade e produção foliar de *Danaea liprieurii* em distintos períodos, diferem das informações obtidas por Schmitt et al. (2009) e Landi et al. (2012), respectivamente, para as samambaias *Dicksonia sellowiana* Hook. na Floresta Subtropical do sul do Brasil; e *Dryopteris affinis* (Lower) Fras.-Jenk. ssp. *affinis* e *Polystichum aculeatum* (L.) Roth, em área mediterrânea da Itália, as quais apresentaram picos simultâneos nessas fenofases. A distinta periodicidade em *D. leprierii*, demonstrou que essas fenofases são independentes, e que apresentam relações diferentes com os fatores climáticos; a mortalidade foliar sendo intensificada em períodos com menor pluviosidade e temperatura mais elevada, e a produção foliar aumentando a partir de maior pluviosidade e temperaturas amenas.

Sharpe e Jernstedt (1990) registraram que a maior parte da mortalidade de folhas férteis de *Danaea wendlandii* ocorreu durante o estágio final de crescimento, resultado que coincidiu com nossas observações para *D. geniculata*, já que esta teve uma única acentuada curva de mortalidade das folhas férteis no início da estação seca. Assim, indica-se uma alta resistência para folhas férteis em estágios iniciais de crescimento, garantindo sua funcionalidade, o que é de extrema importância, pois são plantas que comumente possuem baixa produção desse tipo foliar.

Mehltreter (2006) relatou que *Lygodium venustum* crescendo em uma floresta tropical semidecídua, teve sua expansão foliar relacionada com a pluviosidade, similarmente ao registrado para *D. geniculata*. A expansão foliar mais lenta no período seco, em que o metabolismo das plantas parece ser reduzido, significa um menor tempo de exposição a fatores abióticos intensos que poderiam causar perdas excessivas de água.

A hipótese que samambaias com dimorfismo foliar possuem folhas férteis de menor tempo de vida em comparação com as estéreis, parece apresentar um bom suporte. Sharpe e Jernstedt (1990), Sharpe (1997), Mehltreter e Palacios-Rios (2003) e Lee et al. (2009) relataram o menor tempo de vida das folhas férteis de *Danaea wendlandii* (estéreis: 39.6 meses; férteis: 4.0 meses), *Thelypteris angustifolia* (estéreis: 11.0 meses; férteis: 9.6 meses), *Acrostichum danaeifolium* (estéreis: 7.7 meses; férteis: 4.1 meses) e duas espécies de *Plagiogyria*: *P. dunnii* Copel. (estéreis: 22.1 meses; férteis: 4.4 meses) e *P. adanata* (Blume) Bedd (estéreis: 30.3 meses; férteis: 4.7 meses), respectivamente. Nesse estudo, *Danaea geniculata*, também apresentou folhas férteis com menor tempo de vida que as folhas estéreis,

sendo mais um resultado que corrobora tal hipótese, a qual conforme Mehltreter (2008) ainda necessita de uma maior amostra para ser testada rigorosamente.

O maior tamanho das folhas férteis em várias espécies de samambaias deve favorecer a dispersão de esporos (Wagner e Wagner, 1977). Entretanto, além do tamanho, a orientação das folhas férteis também deve ser fator determinante para o favorecimento da dispersão dessas plantas. Sharpe e Jernstedt (1990) reportaram que as folhas férteis (maiores que as estéreis) de *Danaea wendlandii*, permanecem ao nível do solo durante o desenvolvimento inicial, em estágios posteriores do desenvolvimento, o crescimento foliar inverte dramaticamente para a direção vertical, permitindo a dispersão de esporos acima das folhas estéreis que a tinham sombreado. As folhas férteis de *D. geniculata*, maiores que as estéreis, não apresentaram desenvolvimento inicial sob o solo e, de outro modo, permaneceram continuamente em orientação vertical e eretas por todo o desenvolvimento, característica que deve favorecer a dispersão de esporos dessa espécie.

O conhecimento da influência da sazonalidade na fertilidade das samambaias tropicais ainda é escasso. Croat (1978) reportou a coexistência de espécies sazonais (*Lomariopsis vestita*, *Maxonia apiifolia*, *Polybotrya caudata*) e não sazonais (*Schizaea elegans*, *Cnemidaria petiolata*, *Metaxya rostrata*) em um mesmo ecossistema (Ilhas do Barro Colorado). Sharpe e Jernstedt (1990) encontraram um padrão sazonal de fertilidade para *Danaea wendlandii*, resultado também reportado para *D. geniculata*, sendo, portanto, plantas que possuem periodicidade bem definida quanto a fertilidade, associada a épocas chuvosas.

A fertilidade relativa tem variado amplamente entre as samambaias; *Danaea wendlandii*, 10% (Sharpe e Jernstedt, 1990); *Acrostichum daneifolium*, 33% (Mehlreter e Palacios-Rios, 2003); *Lygodium venustum* Sw., 0% (Mehlreter, 2006); *Alsophila firma*, 25% (Mehlreter e García-Franco, 2008); *A. setosa*, 8.88% (Schmitt e Windisch, 2006), *Cyathea delgadii*, 9.75% (Schmitt e Windisch, 2007), *Dicksonia sellowiana*, 38% (Schmitt et al., 2009), *C. atrovirens*, 100% (Schmitt e Windisch, 2012). Nossos resultados para *Danaea geniculata* (80% das plantas férteis no período de estudo) indicam a potencialidade para a manutenção e/ou aumento populacional da espécie na área de estudo, o que é importante, principalmente quando se trata de uma espécie com abundância moderada e distribuição um tanto que restrita no ecossistema.

As possíveis variações fenológicas na fertilidade das samambaias entre períodos reprodutivos subsequentes tem sido pouquíssimamente investigadas. Mehlreter e Palacios-

Rios (2003) reportaram que 30% das plantas férteis ( $n = 10$ ) de *Acrostichum danaeifolium* durante o primeiro evento reprodutivo, não apresentaram fertilidade no evento subsequente, e que 15% das plantas estéreis ( $n = 20$ ) inicialmente, tornaram-se férteis em seguida. Para angiospermas, Rubim et al. (2010) indicaram que eventos de floração e frutificação podem variar ano a ano consideravelmente na comunidade de arbóreas de uma Floresta Semidecídua do Brasil, como consequência das anomalias climáticas, sendo os eventos reprodutivos mais imprevisíveis que aqueles relacionados aos eventos vegetativos, como a queda foliar, que foi altamente previsível temporalmente. Em nossos resultados, mesmo avaliando dois períodos reprodutivos de *Danaea geniculata*, foi possível observar uma variação expressiva da quantidade de indivíduos exibindo essa fenofase, bem como do número de folhas férteis produzidas entre eventos reprodutivos subsequentes. Isto demonstra uma irregularidade individual quanto a produção de folhas férteis na população estudada, neste caso, interanual, pois a espécie apresenta um único período reprodutivo por ano, com término definido. Sugere-se que estudos futuros enfatizem variações interanuais da fertilidade das samambaias, associando as anomalias climáticas, gerando informações úteis para o entendimento dos efeitos das mudanças climáticas.

A pluviosidade é a principal variável que afeta a atividade das plantas em florestas sazonais, de acordo com van Shaick et al. (1983). Entretanto, além da pluviosidade, variáveis como temperatura, fotoperíodo e a umidade relativa do ar, controlam a fenologia das espécies tropicais (Janzen, 1977). O aumento da frequência de indivíduos da população de *Danaea geniculata*, exibindo as fenofases produção foliar e fertilidade, e das respectivas médias mensais dessas fenofases, em função do acréscimo da pluviosidade e da diminuição da temperatura, demonstra a influência dessas variáveis abióticas na fenologia dessas plantas, que apresentam produção foliar e fertilidade mais frequente e intensa durante o período chuvoso, com as temperaturas mais baixas, o inverso ocorrendo para a mortalidade foliar.

Informações sobre a taxa de sobrevivência das samambaias em distintos intervalos são escassas. Ranal (1995) e Schmitt e Windisch (2012) reportaram uma baixa mortalidade de esporófitos adultos por causas naturais para oito espécies de samambaias (<4.8%) na Floresta Semidecídua no Brasil, e para *Cyathea atrovirens* (4%) no Sul do Brasil, respectivamente. No presente estudo, não foi constatado nenhum caso de mortalidade para os indivíduos de *Danaea geniculata*, resultado que pode ter sido reflexo das condições ambientais estáveis no intervalo temporal estudado, uma vez que distúrbios como o surgimento de clareiras naturais

devido a queda de árvores, instabilidade dos ambientes de encosta (onde estava situada a população) e fluxo hídrico intenso, poderiam ter removido ao acaso indivíduos desta amostra. Adicionalmente, esses resultados confirmam a elevada resistência de esporófitos das samambaias, os quais uma vez estabelecidos podem persistir por vários anos (Ranal, 1995).

## 4.2 Estudos fenológicos da samambaia *Didymochlaena truncatula* (Dryopteridaceae) em floresta tropical submontana, Brasil

Plantas de *Didymochlaena truncatula* (n=23) permaneceram sempre verdes, com uma média mensal de  $6.48 \pm 0.75$  folhas, mínima em dezembro/2012 de  $5.21 \pm 1.44$  e máxima em julho/2013 de  $7.65 \pm 2.22$  (Figura 8). A taxa de produção média da população foi de  $6.13 \pm 1.46$  folhas por planta (variando entre 4-9 folhas por planta). As folhas foram produzidas praticamente de modo contínuo (exceto: Dezembro/2012) (Figura 8), não apresentado correlação com os fatores climáticos: pluviosidade e temperatura (Tabela 3), mas com variação sazonal entre as estações, sendo as médias da estação chuvosa, de Janeiro até Setembro ( $0.41 \pm 0.32$  folhas por planta) significativamente maiores (t-Student,  $p < 0.05$ ) que as médias da estação seca, entre Outubro a Dezembro ( $0.10 \pm 0.07$  folhas por planta).

Tabela 3 - Coeficientes de correlação ( $r$ ) dos parâmetros fenológicos de *D. truncatula*, com os fatores climáticos (temperatura média mensal e pluviosidade total mensal) da área de estudo, entre Maio/2012 a Outubro/2013.

Parâmetros fenológicos	Pluviosidade (mm)	Temperatura (°C)
Folhas novas	0.19 <i>ns</i>	0.68 <i>ns</i>
Folhas mortas	-0.55*	0.43 <i>ns</i>
Folhas estéreis	0.45 <i>ns</i>	-0.72**
Folhas férteis	0.59*	-0.77**
Expansão foliar	0.52*	-0.46 <i>ns</i>

\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.001$ ; *ns* - não significativo.

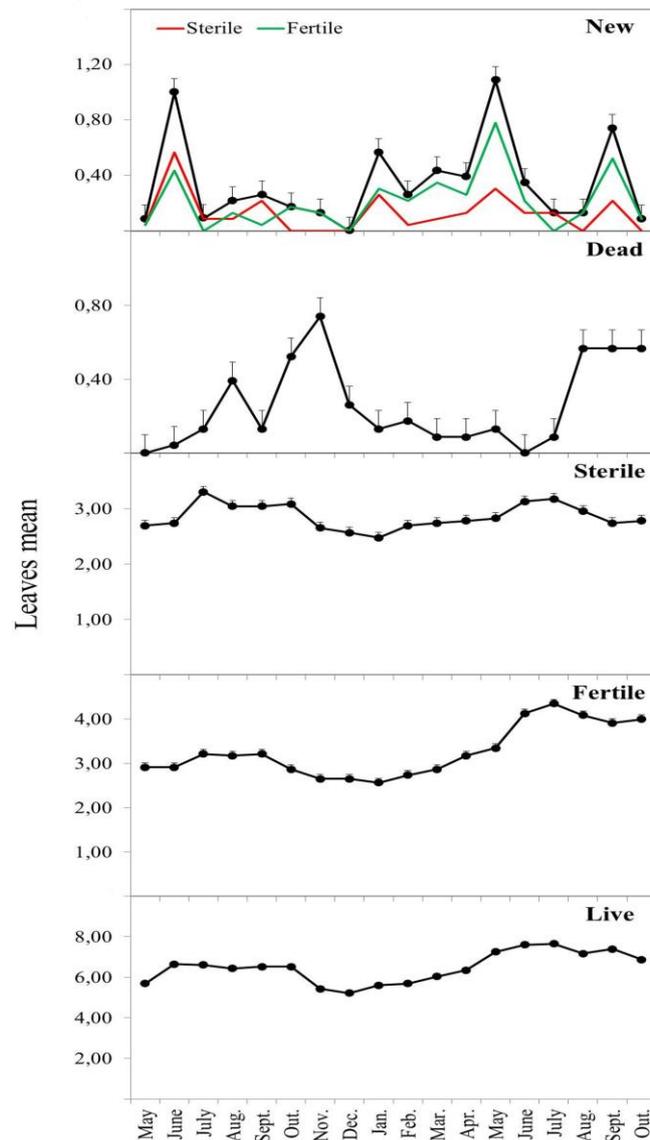


Figura 8 - Média mensal de folhas novas, mortas, estéreis, férteis e vivas por planta de *D. truncatula*, entre Maio/2012 a Outubro/2013, em uma Floresta Tropical Submontana, Brasil.

Picos de produção foliar (55% do total de folhas produzidas) e de frequência de indivíduos nesta fenofase foram observados em alguns poucos meses, de modo intervalado (Figuras 8 e 9). A frequência relativa máxima de plantas produzindo folhas foi de 96% durante Junho/2012 (Fig. 9). Não houve correlação entre a frequência relativa de indivíduos produzindo folhas com os fatores climáticos analisados (Tabela 4).

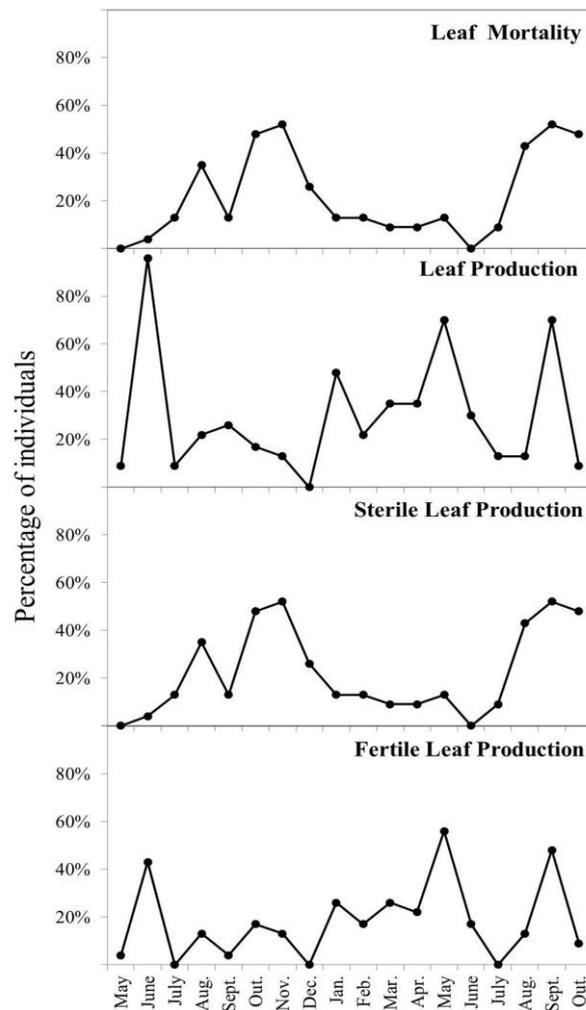


Figura 9 - Porcentagem mensal (%) dos indivíduos de *D. truncatula* exibindo mortalidade foliar, produção foliar (estéreis e férteis), entre Maio/2012 a Outubro/2013, em uma Floresta Tropical Submontana, Brasil.

Tabela 4 - Coeficientes de correlação ( $r$ ) das frequências relativas de indivíduos da população de *D. truncatula* exibindo mortalidade foliar, produção foliar e fertilidade, com os fatores climáticos (temperatura média mensal e pluviosidade total mensal) da área de estudo, entre Maio/2012 a Outubro/2013.

Frequências relativas (%)	Pluviosidade (mm)	Temperatura (°C)
% de indivíduos com mortalidade foliar	- 0.58*	0.43 <i>ns</i>
% de indivíduos com produção foliar	0.18 <i>ns</i>	- 0.10 <i>ns</i>
% de indivíduos com fertilidade	0.91 <i>ns</i>	0.09 <i>ns</i>

\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.001$ ; *ns* - não significativo.

Plantas produziram folhas férteis e estéreis concomitantemente em pouco mais da metade do período de estudo (Figura 9). Em sete meses, apenas um tipo foliar foi produzido (Figura 9). A taxa de produção de folhas férteis ( $3.82 \pm 2.60$  por planta) não diferiu (t-Student;  $p > 0.05$ ) da taxa de produção de folhas estéreis ( $2.30 \pm 2.42$  por planta).

A fertilidade de *Didymochlaena truncatula* foi contínua durante todo o período de estudo (Figura 8), não havendo associação entre a frequência de indivíduos férteis e os fatores climáticos (Tabela 4). As médias de folhas férteis apresentaram relação positiva com a pluviosidade e negativa com a temperatura (Tabela 3), porém sem variações sazonais significativas (t-Student,  $p > 0.05$ ) entre as estações chuvosa ( $3.33 \pm 0.56$  folhas férteis por planta) e seca ( $3.04 \pm 0.64$  folhas férteis por planta). A fertilidade relativa da população foi de 83% durante o período de estudo. Em algumas plantas (26% da amostra) foi observada a presença de apenas folhas férteis.

No máximo, as folhas de *Didymochlaena truncatula* mediram 177cm de comprimento. A expansão foliar correlacionou-se com a pluviosidade (Tabela 3), com valor máximo no mês de Maio ( $103.57 \pm 64.04$ cm) e mínimo em Novembro ( $11.34 \pm 18.33$ cm). As médias mensais de expansão foliar diferiram significativamente (t-Student,  $p < 0.05$ ) entre as estações chuvosa ( $43.09 \pm 24.50$ cm) e seca ( $17.32 \pm 10.10$ cm).

A taxa de mortalidade das folhas de *Didymochlaena truncatula* foi de  $4.61 \pm 1.27$  por planta. A ocorrência de folhas mortas foi constatada em todas as plantas da amostra. Apenas nos meses de Maio/2012 e Junho/2012 não houve mortalidade foliar (Figura 2), evento fenológico este, que apresentou variações sazonais significativas (t-Student,  $p < 0.05$ ). Em *D. truncatula*, mais folhas morreram durante a estação seca ( $0.52 \pm 0.19$  folhas mortas por planta) em relação a estação chuvosa ( $0.18 \pm 0.18$  folhas mortas por planta). A mortalidade foliar dessa população correlacionou-se apenas com a pluviosidade, de maneira negativa (Tabela 3).

A frequência relativa de indivíduos da população com mortalidade foliar também apresentou correlação negativa com a pluviosidade (Tabela 4). Um maior número de indivíduos com folhas mortas foi registrado durante o término da estação chuvosa (Agosto/2012 e 2013, com 35 e 43% das plantas) e em meses da estação seca; Outubro e Novembro/2012, com 48% e 56% das plantas, respectivamente; e Outubro/2013 com 48% das plantas com folhas mortas, respectivamente (Figura 9).

Destaca-se ainda, que as folhas de *Didymochlaena truncatula* morreram em sua maioria mediante a progressiva perda de pínulas, com permanência da raque desfolhada.

Embora não sendo de forma imediata, a causa secundária para a morte das folhas de *D. truncatula* foram os danos em sua lâmina, a partir da quebra de pecíolos. Poucas folhas demonstraram um padrão típico de senescência, sem tecido laminar de coloração verde. Nenhum indivíduo da amostra morreu durante o período de estudo.

O padrão sazonal sempre verde, observado em *Didymochlaena truncatula*, é dominante entre as samambaias das regiões tropicais úmidas, compreendendo plantas com crescimento ativo e manutenção foliar durante todo o ano, geralmente com esporângios (Kornás, 1977). Apesar desta perenidade, variáveis climáticas influenciam mudanças dos ritmos biológicos das samambaias sempre verdes ao longo do ano, a exemplo de *Acrostichum danaeifolium*, que em área de Manguezal do México, teve aspectos sazonais de produção, crescimento foliar e fertilidade (Mehltreter & Palacios-Rios, 2003). A população de *D. truncatula*, também demonstrou variação em alguns de seus ritmos biológicos, como a produção foliar, que apesar de praticamente contínua, em detrimento da disponibilidade hídrica durante a maior parte do ano, apresentou um período de menor intensidade, durante a curta estação seca.

Em *Didymochlaena truncatula*, os picos intervalares de produção foliar, foram reflexo de condições ótimas para uma maior frequência de plantas exibindo esta fenofase. Tais condições variaram desde meses mais chuvosos (Junho/2012 Maio/2013), até o mês em que ocorreu as primeiras chuvas após o período mais severo da estação seca (Janeiro/2013), similarmente ao reportado por Ranal (1995) para oito espécies de samambaias na Floresta Mesófila Semidecídua do Sudeste Brasileiro, que também tiveram produção foliar efetiva com a chegada das primeiras chuvas, marcando o término da estiagem. Assim, evidenciou-se que *D. truncatula* não necessariamente requer elevados índices de pluviosidade para ter sua produção foliar estimulada, e que essas plantas possuem uma rápida resposta as mudanças da disponibilidade hídrica. Além disso, os picos intervalares demonstraram que as plantas não permaneceram por período prolongado em metabolismo intenso quanto a produção foliar, mesmo que tenha havido condições ideais para a ocorrência desta.

A renovação foliar contínua, possibilitou a população de *Didymochlaena truncatula* não apenas manter estável seu número de folhas vivas, mas aumentar tal conjunto foliar. Diversas samambaias demonstraram capacidade de manter o número foliar em equilíbrio durante determinado intervalo temporal, exemplos incluem: *Cibotium glaucum* (Sm.) Hook & Arn (Walker & Aplet, 1994), *Alsophila setosa* Kaulf. (Schmitt & Windisch, 2006), *Cyathea*

*delgadii* Sternb. (Schmitt & Windisch, 2007) e *Dicksonia sellowiana* Hook. (Schmitt *et al.*, 2009). O acréscimo do número de folhas vivas na população de *D. truncatula*, parece ter sido consequência do intervalo temporal com condições favoráveis, associado ao potencial para aumento do número de folhas de algumas plantas, que ainda não possuíam seu conjunto foliar máximo.

A produção concomitante de folhas estéreis e férteis em *Didymochlaena truncatula*, sem predominância de um tipo foliar produzido em determinado período, diferiu das observações de Lee *et al.* (2009) para 16 espécies de samambaias em Floresta Subtropical de Taiwan, as quais possuíam diferentes periodicidades para produzir um tipo de folha específico. A produção foliar contínua, associada a uma população constituída por indivíduos apenas com folhas estéreis ou férteis e outros com os dois tipos de folhas, certamente promoveu essa produção concomitante de folhas estéreis e férteis em *D. truncatula*.

Independente da variação na frequência de indivíduos férteis, ocorreu um aumento do número de folhas férteis de *Didymochlaena truncatula*, com o acréscimo da pluviosidade e a diminuição da temperatura, porém, este número permanece relativamente constante entre as estações climáticas. Padrões não sazonais de fertilidade também foram relatados por Sharpe (1997) para *Thelypteris angustifolia* (Willdenow) Proctor, espécie reofítica, monitorada em Floresta Úmida de Terras Baixas na Costa Rica; e por Hernández (2006) para as samambaias: *Ctenitis melanosticta* (Kunze) Copel, *Pteris quadriaurita* Retz., *P. orizabae* Mart & Galeotti e *Woodwardia semicordata* Mickel & Beitel, na Floresta Baixo Montana Mexicana. Esses resultados, em diferentes condições climáticas, evidenciam que a influência climática sobre a fertilidade destas espécies, não necessariamente está diretamente relacionada a sazonalidade, mas pode ser a partir da variação da pluviosidade e a da temperatura ao longo do ano, e que também influenciou o número de folhas férteis em *D. truncatula*.

Mehlreter & Palácios-Rios (2003) associaram a sazonalidade da fertilidade ao dimorfismo foliar das espécies tropicais e hipotetizaram que samambaias monomórficas possivelmente seriam não sazonais. Nossos resultados para *Didymochlaena truncatula* demonstraram padrões de fertilidade não sazonais, corroborando esta hipótese, baseada como uma consequência das folhas de vida longa não especializadas nas samambaias monomórficas.

Lee *et al.* (2009) reportaram diferenças na equitatividade de folhas estéreis e férteis entre samambaias dimórficas e monomórficas em Floresta Subtropical. As duas espécies

dimórficas (*Plagiogyria dunnii* Copel. e *P. adanata* (Blume) Bedd) estudadas por esses autores tiveram mais folhas estéreis que férteis. Das 14 samambaias monomórficas, apenas três (*Cyathea spinulosa* Wall. ex Hook., *Pteris wallichiana* J. Agardh e *Pleocnemia rufinervis* C. Presl) não tiveram mais folhas estéreis em relação as férteis. Em *Didymochlaena truncatula*, também observou-se um menor número de folhas estéreis, suportando a generalização destes autores, que espécies monomórficas possuem mais folhas férteis que estéreis. Fato que indica uma alocação reprodutiva elevada, e conseqüente alto custo energético, que deve ser compensado por uma maximização fotossintética, pois em samambaias monomórficas as folhas férteis realizam fotossíntese igualmente as estéreis (Lee *et al.*, 2009); bem como por uma possibilidade temporal maior para ocorrer a liberação dos esporos, aumentando o potencial de recrutamento de novos indivíduos.

Alguns autores reportaram que a fertilidade das samambaias parece estar relacionada diretamente com a maturidade do esporófito (Wardlaw, 1962; White, 1971; Prange & von Aderkas, 1985). Assim, nossos resultados para *Didymochlaena truncatula* (83% das plantas férteis no período de estudo), indicam uma população madura, com alto potencial para manutenção e/ou aumento de seu tamanho no remanescente florestal em um intervalo temporal próximo, o que é fundamental para a conservação dessa espécie na área.

A presença de apenas folhas férteis em alguns indivíduos de *Didymochlaena truncatula*, apresentou certa relação com as observações pessoais de Mehltreter *apud* Mehltreter (2008) para a samambaia *Macrothelypteris torresiana* (Gaud.) Ching, que quando jovens possuem apenas folhas estéreis e quando adultas apenas folhas férteis. No caso de *D. truncatula*, não podemos confirmar esse fato, porém, os esporófitos desta espécie apresentam uma fase de transição, em que a presença de folhas estéreis e férteis é simultânea, sendo provável que com o decorrer do tempo, apenas folhas férteis persistam e sejam produzidas.

Mehltreter (2006) reportou que *Lygodium venustum* crescendo em uma Floresta Tropical Semidecídua, teve sua expansão foliar relacionada com a pluviosidade, similarmente ao registrado para *Didymochlaena truncatula*. A expansão foliar mais lenta no período seco, quando também ocorre menor produção foliar, faz com que uma menor superfície de evaporação, principalmente das folhas mais jovens, esteja submetida a fatores abióticos intensos que poderiam causar perdas excessivas de água.

O aumento do número de folhas mortas de *Didymochlaena truncatula* (e da frequência de indivíduos exibindo este evento), com a diminuição da pluviosidade, foi similar as

informações de Franz & Schmitt (2005) para *Blechnum brasiliense* Desv. em Floresta Subtropical no Sul do Brasil, evidenciando que períodos com baixa disponibilidade hídrica, contribuem para o aumento da mortalidade foliar. Diferentemente, a mortalidade foliar de *Cibotium taiwanense* em Floresta Subtropical de Taiwan, foi influenciada principalmente pela temperatura (Chiou *et al.*, 2001). Assim, diferentes fatores climáticos influenciam a mortalidade foliar, sendo a diminuição da pluviosidade no caso de *D. truncatula*.

A senescência foi a principal causa da mortalidade foliar nos registros de Hernández (2006) para as samambaias: *Botrychium virginianum* (L.) Swartz, *Macrothelypteris torresiana*, *Pteris orizabae*, *P. quadriaurita* e *Woodwardia semicordata*. Em *Thelypteris angustifolia*, a principal causa da mortalidade foliar foram os danos mecânicos por inundações (Sharpe, 1997). A principal causa da mortalidade foliar de *D. truncatula*, foi a perda progressiva de pínulas até o pecíolo e a raque permanecerem "desfolhados", de forma similar as observações de Ranal (1991) para *Adiantopsis radiata* (L.) Fée., que teve presença apenas do pecíolo e da raque no término da estação seca. Interessantemente, para *D. truncatula*, este processo não foi exclusivo do período seco, e, portanto, não atribuído a deciduidade. É provável que este evento tenha sido decorrente de um processo natural das plantas desta espécie, que com a senilidade, as pínulas se desprendem da raque; ou também possa ter sido motivado por questões fisiológicas relacionadas a deficiências de nutrientes minerais.

A mortalidade foliar por danos mecânicos observada em *Didymochlaena truncatula*, também foi registrada por Hernández (2006) para cinco das seis espécies de samambaias herbáceas (*Ctenitis melanosticta*, *Macrothelypteris torresiana*, *Pteris orizabae*, *P. quadriaurita* e *Woodwardia semicordata*; exceto: *Botrychium virginianum*); e por Ortega (1984) e Ash (1987) para samambaias arborescentes, *Sphaeropteris senilis* (Kl.) Tryon e *Leptopteris wilkesiana* (Brack.) Christ, respectivamente, em função da queda de ramos secos das angiospermas do dossel florestal. Em *D. truncatula*, o tamanho foliar (até 177cm de comprimento) constitui uma maior vulnerabilidade aos riscos de danos mecânicos em suas folhas a partir do dossel florestal, correspondente aos reportados para samambaias arborescentes. Entretanto, de forma contrária aos dados reportados para *L. wilkesiana* (Ash, 1987), não houve morte de indivíduos na população de *D. truncatula*, relacionada a danos mecânicos.

A não ocorrência de mortes de indivíduos de *Didymochlaena truncatula* também foi registrada por Hernández (2006) para seis samambaias (*Botrychium virginianum*, *Ctenitis*

*melanosticta*, *Macrothelypteris torresiana*, *Pteris orizabae*, *P. quadriaurita* e *Woodwardia semicordata*) na Floresta Baixo Montana do México. Entretanto, diferiu das informações apresentadas por Farias & Xavier (2011), que relataram altos índices de mortalidade por causas naturais para três samambaias na Floresta Semidecídua do Nordeste do Brasil; *Acrostichum danaeifolium* (20%), *Lygodium volubile* Sw. (30%) e *Thelypteris serrata* (Cav.) Alston (40%), indicando uma vulnerabilidade dessas populações em relação as condições ambientais de seus micro-habitats na trilha florestal e borda do remanescente que não possibilitam uma estabilidade ambiental. Para *D. truncatula*, a taxa zero de mortalidade indica que o ambiente apresentou certa estabilidade para a sobrevivência das plantas neste intervalo temporal.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nós concluímos que *Danaea geniculata* teve sua fenologia determinada pelos fatores abióticos. Como esperado, a sazonalidade climática influenciou os padrões fenológicos da espécie. Os ritmos de produção e expansão foliar, e de fertilidade, correlacionaram-se positivamente com a pluviosidade e negativamente com a temperatura, demonstrando assim a existência de uma combinação entre a pluviosidade e a temperatura na determinação do padrão fenológico da espécie estudada.

Os resultados também demonstraram que nem todos os ritmos biológicos (e.g. fertilidade) de *Didymochlaena truncatula* foram associadas as variações climáticas sazonais. Os ritmos biológicos de produção, expansão e mortalidade foliar apresentaram sazonalidade, mesmo diante de uma curta estação seca local. Também evidenciou-se um modo de mortalidade foliar atípico entre as samambaias, no qual as folhas perdem progressivamente as pínulas até o pecíolo e a raque permanecerem "desfolhados". A fenologia de *D. truncatula* corresponde a de outras samambaias tropicais, sendo influenciadas diretamente por fatores abióticos, principalmente a pluviosidade.

## REFERÊNCIAS

- Arens, N.C. & Baracaldo, P.S. 1998. Distribution of tree ferns (Cyatheaceae) across a successional mosaic in an Andean cloud forest, Nariño, Colombia. **American Fern Journal**, 88: 60-71.
- Ash, J. 1987. Demography and production of *Leptopteris wilkesiana* (Osmundaceae), a Tropical tree-fern from Fiji. **Australian Journal of Botany**, 34: 207-215.
- Barrington, D.S. 1983. Ecological and historical factors in fern biogeography. **Journal of Biogeography**, 20: 275-279.
- Barros, I.C.L., Santiago, A.C.P., Pietrobon, M.R. & Pereira, A.F.N. 2006. Pteridófitas. In: Pôrto, K.C., Tabarelli, M. & Cortez, J.S.A. (Orgs.). **Diversidade Biológica e Conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco**. Brasília: Editora do Ministério do Meio Ambiente (MMA) - CID Ambiental. 363 p.
- Barros, I.C.L., Santiago, A.C.P., Xavier, S.R.S., Pietrobon, M.R. & Luna, C.P.L. 2002. Diversidade e aspectos ecológicos das pteridófitas (avencas, samambaias e plantas afins) ocorrentes em Pernambuco. In: Tabarelli, M. & Silva, J.M.C. (Orgs.). **Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco**. Recife: Editora Massangana e SECTMA. p. 153-171.
- Bauer, H., Gallmetzer, C. & Sato, T. 1991. Phenology and photosynthetic activity in sterile and fertile sporophytes of *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott. **Oecologia**, 86: 159-162.
- Bencke, C.S.C. & Morellato, L.P.C. 2002. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, 25: 237-248.
- Bittner, J. & Breckle, S.W. 1995. The growth rate and age of tree fern trunks in relation to habitats. **American Fern Journal**, 85: 37-42.
- Borchert, R. 1994. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. **Ecology**, 75: 1437-1449.
- Brade, A.C. 1940. Contribuição para o estudo da Flora Pteridofítica da Serra do Baturité, estado de Ceará. **Rodriguésia**, 4: 289-314.

- Chiou, W.L., Lin, J.L. & Wang, J.Y. 2001. Phenology of *Cibotium taiwanense* (Dicksoniaceae). **Taiwan Journal for Science**, 16: 209-215.
- Christenhusz, M.J.M. 2007. Evolutionary History and Taxonomy of Neotropical Marattioid Ferns: Studies of an Ancient Lineage of Plants. **Annales Universitatis Turkuensis** (Turku, Filândia). 134 p.
- Corrêa, M.P. 1984. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 172 p.
- CPRH - Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração dos Recursos Hídricos. 1994. **Projeto Piloto da Bacia Hidrográfica do Rio Goiana, Pernambuco**. Macrozoneamento, Recife, Pernambuco, 44 p.
- Croat, T.B. 1978. *Flora of Barro Colorado Island*. Stanford University Press. Stanford. 943 p.
- Croat, T.B. 1978. **Flora of Barro Colorado Island**. Stanford: Stanford University Press. 943 p.
- Davis, J.A. 1971. *Elementary survey analysis*. Englewood. Prentice-Hall. 206 p.
- Dias-Filha, M.C.C. 1989. **Aspectos fenológicos e germinação dos esporos de *Lygodium volubile* Sw. (Schizaeaceae)**. 124 f. Dissertação (Mestrado em Criptógamos), Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Durand, L.Z. & Goldstein, G. 2001. Growth, leaf characteristics, and spore production in native and invasive tree ferns in Hawaii. **American Fern Journal**, 91: 25-35.
- EMPRABA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2006. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos. 306 p.
- Farias, R.P. & Xavier, S.R.S. 2011a. Aspectos fenológicos de *Thelypteris interrupta* (Willd.) K. Iwats. (Thelypteridaceae) na Floresta Atlântica Nordestina. **Biotemas**, 24: 91-96.
- Farias, R.P. & Xavier, S.R.S. 2011b. Fenologia e sobrevivência de três populações de samambaias em remanescente de Floresta Atlântica Nordestina, Paraíba, Brasil. **Biotemas**, 24: 13-20.

- Farias, R.P. & Xavier, S.R.S. 2013a. Fenologia foliar de *Blechnum serrulatum* Rich. (Blechnaceae) em remanescente de Floresta Atlântica no estado da Paraíba, Brasil. **Pesquisas Botânica**, 64: 297-306.
- Farias, R.P. & Xavier, S.R.S. 2013b. Aspectos fenológicos de *Phlebodium decumanum* (Willd.) J.Sm. (Polypodiaceae) em um fragmento urbano de Floresta Atlântica no estado da Paraíba. **Revista Nordestina de Biologia**, 21: 71-78.
- Frankie, G.W., Baker, H.G. & Opler, P.A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical lowland wet and dry forest sites of Costa Rica. **Journal of Ecology**, 62: 881-919.
- Franz, I. & Schmitt, J.L. 2005. *Blechnum brasiliense* Desv. (Pteridophyta, Blechnaceae): estrutura populacional e desenvolvimento da fase esporofítica. **Pesquisas Botânica**, 56: 173-184.
- Garcia, P.A. & Salino, A. 2008. Dryopteridaceae (Polypodiopsida) no estado de Minas Gerais, Brasil. **Lundiana**, 9: 3-27.
- González, M.L.M. 2007. **Fenología de tres espécies de helechos epífitos sobre dos grupos de hospederos en las Cañadas, Huatusco, Veracruz**. 54 f. Monografia (Curso de Ciências Biológicas) - Universidade Veracruzana, Facultad de Biología, Xalapa, México.
- Hernández, A.C. 2006. **Fenología foliar de helechos terrestres em un fragmento de Bosque Mesófilo de Montaña en Xalapa, Veracruz**. 70 f. Monografia (Curso de Ciências Biológicas) - Universidade Veracruzana, Facultad de Biología, Xalapa, México.
- Holtum, R. E. 1938. The ecology of tropical pteridophytes. In: Verdoorn, F. (Ed.). **Manual of Pteridology**. The Hague: M. Nijhoff, p. 420-450.
- Hopp, R.J. 1974. Plant phenology observation networks. In: Lieth, H.P (Ed.). **Phenology and seasonality modeling**. Berlin: Springer-Verlag. p . 25-43.
- Janzen, D.H., 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. **Evolution**, 21: 620-637.
- Johnson-Groh, C.L. & Lee, J.M. 2002. Phenology and demography of two species of *Botrychium* (Ophioglossaceae). **American Journal of Botany**, 89: 1624-1633.

- Kornás, J. 1977. Life-forms and seasonal patterns in the pteridophytes in Zambia. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, 46: 669-690.
- Kornás, J. 1977. Life-forms and seasonal patterns in the pteridophytes in Zambia. **Acta Soc. Bot. Pol.**, 46: 669-690.
- Labiak, P.H. 2013. Marattiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB91490>). Acesso em: 11 Dez. 2013.
- Landi, M., Zoccola, A., Bacaro, G. & Angiolini, C. 2012. Phenology of *Dryopteris affinis* ssp. *affinis* and *Polystichum aculeatum*: modeling relationships to the climatic variables in a Mediterranean area. **Plant Species Biology**, versão online.
- Lee, P.H., Chiou, W.L. & Huang, Y.M. 2009. Phenology of Three *Cyathea* (Cyatheaceae) Ferns in Northern Taiwan. **Taiwan Journal of Forest Science**, 24: 233-242.
- Lee, P.H., Huang, Y.M. & Chiou, W.L. 2008. The phenology of *Osmunda claytoniana* L. in the Takaka area, Central Taiwan. **Taiwan Journal of Forest Science**, 23: 71-79.
- Lee, P.H., Lin, T.T. & Chiou, W.L. 2009. Phenology of 16 species of ferns in a subtropical forest of northeastern Taiwan. **Journal of Plant Research**, 122: 61-67.
- Lehn, C.R. & Leuchtenberger, C. 2008. Resistência ao fogo em uma população de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Biotemas**, 21: 15-21.
- Lehn, C.R. 2008. **Aspectos Estruturais e Fenológicos de uma população de *Danaea sellowiana* C.Presl (Marattiaceae) em Floresta Estacional Semidecidual no Brasil Central**. 90 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Lehn, C.R., Schmitt, J.L. & Windisch, P.G. 2002. Aspectos do desenvolvimento vegetativo de *Rumohra adiantiformis* (Forst.) Ching (Pteridophyta/Dryopteridaceae), em condições naturais. **Revista Estadual**, 25: 21-28.
- Lieth, H. 1974. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. In: Lieth, H. (Ed.). **Phenology and seasonality modeling**. Springer-Verlag: Berlin, p. 3-19.

Lima-Junior, M.J. 2007. **Aspectos fenológicos e ecológicos de uma população de *Cyathea phalerata* Mart. (Cyatheaceae/Monilophyta) em um fragmento de Floresta Atlântica de Pernambuco, Brasil.** 33 f. Monografia (Curso de Ciências Biológicas), Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Lista de Espécies da Flora do Brasil. 2014. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 10 Jan. 2014.

Lucena, M.F.A. 2009. **Flora da Mata do Estado, São Vicente Férrer, Pernambuco, Brasil.** Relatório Técnico, Recife: CEPAN - Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste.

Macedo, T.S., Góes-Neto, A. & Nonato, F.R. 2012. Samambaias e licófitas de um fragmento de Mata Atlântica na Serra da Jibóia, Brasil. **Sitientibus, Série Ciências Biológicas**, 12: 1-53.

Mehltreter, K. & García-Franco, G. 2008. Leaf phenology and trunk growth of the deciduous tree fern *Alsophila firma* (Baker) D. S. Conant in Lower Montane Mexican Forest. **American Fern Journal**, 98: 1-13.

Mehltreter, K. & Palacios-Rios, M. 2003. Phenological studies of *Acrostichum danaeifolium* (Pteridaceae, Pteridophyta) at a mangrove site on the Gulf of Mexico. **Journal of Tropical Ecology**, 19: 155-162.

Mehltreter, K. 2008. Phenology and habitat specificity of tropical ferns. In: Ranker, T.A. & Haufler, C.H (Eds.). **Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes.** Ney York: Cambridge University Press. p. 201-221.

Mehltreter, K., 2006. Leaf phenology of the climbing fern *Lygodium venustum* in a semideciduous lowland forest on the Gulf of Mexico. **American Fern Journal**, 96: 21-30.

Miranda, A.M. 2006. **Estudo fenológico de *Cyclodium meniscioides* (Willd.) C. Presl (Dryopteridaceae - Monilophyta) na Mata da Piedade, Usina São José (Igarassu, Pernambuco - Brasil).** 31 f. Monografia (Curso de Ciências Biológicas), Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Miranda, A.M. 2008. **Fenologia de duas espécies de pteridófitas (Blechnaceae - Monilophyta) na Floresta Atlântica Nordestina.** 58 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

- Moran, R.C. 1995. Dryopteridaceae. In: Psilotaceae a Salviniaceae (Moran, R.C. & Riba, R., eds.). In: Davidse, G., Sousa, M. & Knapp, S.(Eds.). **Flora Mesoamericana**. Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México. p. 210-224.
- Morellato, L.P.C. 2003. Phenological data, networks, and research: South America. In: Schwartz, M.D. (Ed.). **Phenology: an integrative environmental science**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 75-92.
- Morellato, L.P.C., Talora, D.C., Takahasi, A., Benkle, C.C., Romera, E.C. & Zipparro, W.B. 2000. Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. **Biotropica**, 32: 811-823.
- Nadia, T.L., Morellato, L.P.C. & Machado, I.C.S. 2012. Reproductive phenology of a northeast Brazilian mangrove community: Environmental and biotic constraints. **Flora (Jena)**, 207: 682-692.
- Neumann, M.K. 2010. **Monitoramento do crescimento e da fenologia de *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin (Cyatheaceae), ameaçada de extinção em remanescente de Floresta Atlântica, RS, Brasil**. 77 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental), Universidade Feevale, Novo Hamburgo-RS.
- Odland, A. 1995. Frond development and phenology of *Thelypteris limbosperma*, *Athyrium distentifolium*, and *Matteuccia struthiopteris* in Western Norway. **Nordic Journal of Botany**, 15: 225-236.
- Opler, P.A., Frankie, G.W. & Baker, H.G. 1980. Comparative phenological studies of treelet and shrub in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, 68: 167-188.
- Ortega, F. 1984. Notas sobre la autoecología de *Sphaeropteris senilis* (KL) Tryon (Cyatheaceae) en el Parque Nacional el Avila - Venezuela. **Pittieria**, 12: 31-53.
- Prado, J. & Sylvestre, L.S. 2010. As samambaias e licófitas do Brasil. In: Forzza, R.C., Baumgratz, J.F.A., Bicudo, C.E.M., Canhos, D., Carvalho Junior, A.A., Costa, A., Costa, D.P., Hopkins, M., Leitman, P.M., Lohmann, L.G., Lughadha, E.N., Maia, L.C., Martinelli, G., Menezes, M., Morim, M.P., Nadruz, M., Peixoto, A.L., Pirani, J.R., Prado, J., Queiroz, L.P., De Souza, S., Souza, V.C., Stehmann, J.R., Sylvestre, L.S., Walter, B.M.T. & Zappi,

- D.C. (Orgs.). **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. p. 69-74.
- Prado, J. 2013. *Didymochlaena* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB90994>). Acesso em: 25 Nov. 2013.
- Prange, P.K. & P. von ADERKAS. 1985. The Biological Flora of Canada. 6. *Matteuccia struthiopteris* (L.) Todaro, Ostich fern. **Can. field-nat.** **99**: 517-532.
- Ramírez-Valencia, V., Sanín, D., Álvarez-Mejía, L.M. 2009. Estimación Del Crecimiento de *Dicksonia sellowiana* Hook., (Dicksoniaceae Hook.), en la Reserva Forestal Protectora de Río Blanco, Manizales, Caldas, y Registros Colombianos de su Fertilidad. **Boletín Científico Museo de Historia Natural**, 13: 17- 29.
- Ranal, M.A. 1991. Desenvolvimento de *Adiantopsis radiata*, *Pteris denticulata* (Pteridaceae) e *Polypodium latipes* (Polypodiaceae) em condições naturais. **Acta Botanica Brasilica**, 5: 17-35.
- Ranal, M.A. 1993. Desenvolvimento de *Polypodium hirsutissimum* Raddi (Pteridophyta, Polypodiaceae) em condições naturais. **Acta Botanica Brasilica**, 7: 3-15.
- Ranal, M.A. 1995a. Estabelecimento de pteridófitas em mata mesófila semidecídua do Estado de São Paulo. 2. Natureza dos substratos. **Revista Brasileira de Biologia**, 55: 583-594.
- Ranal, M.A. 1995b. Estabelecimento de pteridófitas em mata mesófila semidecídua do Estado de São Paulo. 3. Fenologia e sobrevivência dos indivíduos. **Revista Brasileira de Biologia**, 55: 777-787.
- Raven, P.H., Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. 2007. **Biologia vegetal**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 858 p.
- Reich, P.B., Uhl, C., Walters, M.B., Prugh, L. & Ellsworth, D.S. 2004. Leaf demography and phenology in Amazonian rain forest: a census of 40.000 leaves of 23 tree species. **Ecological Monographs**, 74: 2-23.

- Rodal, M.J.N., Sales, M.F. & Mayo, S.J. 1998. **Florestas Serranas de Pernambuco. Localização e Conservação dos Remanescentes dos Brejos de Altitude.** Imprensa Universitária - UFRPE, Recife. 25 p.
- Rothwell, G.W. & Stockey, R.A. 2008. Phylogeny and evolution of ferns: a paleontological perspective. In: Ranker, T.A. & Haufler, C.H. (Eds.). **Biology and evolution of ferns and lycophytes.** New York, Cambridge University Press. p. 332-366.
- Rubim, P., Nascimento, H.E.M. & Morellato, L.P.C. 2010. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 24: 756-762.
- Schmitt, J.L. & Windisch, P.G. 2001. Prejuízos causados pela geada no desenvolvimento de *Alsophila setosa* Kaulf. (Pteridophyta, Cyatheaceae). **Revistas de Estudos**, 24: 79-81.
- Schmitt, J.L. & Windisch, P.G. 2003. Relação entre comprimento do estípite, produção de frondes e tamanho do cáudice, em *Alsophila setosa* Kaulf. (Pteridophyta, Cyatheaceae). **Pesquisas Botânica**, 53: 55-63.
- Schmitt, J.L. & Windisch, P.G. 2005. Aspectos ecológicos de *Alsophila setosa* Kaulf. (Cyatheaceae, Pteridophyta) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 19: 859-865.
- Schmitt, J.L. & Windisch, P.G. 2006a. Growth rates and age estimates of *Alsophila setosa* Kaulf. in Southern Brazil. **American Fern Journal**, 96: 103-111.
- Schmitt, J.L. & Windisch, P.G. 2006b. Phenological aspects of frond production in *Alsophila setosa* (Cyatheaceae: Pteridophyta) in Southern Brazil. **Fern Gazette**, 17: 263-270.
- Schmitt, J.L. & Windisch, P.G. 2007. Estrutura populacional e desenvolvimento da fase esporofítica de *Cyathea delgadii* Sternb. (Cyatheaceae, Monilophyta) no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 21: 282-291.
- Schmitt, J.L. & Windisch, P.G. 2012. Caudex growth and phenology of *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) in secondary forest, southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 72:397-405.

- Schmitt, J.L., Schneider, P.H. & Windisch, P.G. 2009. Crescimento do cáudice e fenologia de *Dicksonia sellowiana* Hool. (Dicksoniaceae) no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 23: 282-291.
- Schneider, H., Schuettpelz, E., Pryer, K.M., Cranfill, R., Magallón, S. & Lupia, R. 2004. Ferns diversified in the shadow of angiosperms. **Nature**, 428: 553-557.
- Seiler, R.L. 1981. Leaf turnover rates and natural history of the Central American tree fern *Alsophila salvinii*. **American Fern Journal**, 71: 75-85.
- Sharpe, J.M. & Jernstedt, J.A. 1990. Leaf growth and phenology of the dimorphic herbaceous layer fern *Danaea wendlandii* (Marattiaceae) in a Costa Rican Rain Forest. **American Journal of Botany**, 77: 1040-1049.
- Sharpe, J.M. 1997. Leaf growth and demography of the rheophytic fern *Thelypteris angustifolia* (Willdenow) Proctor in a Puerto Rican rainforest. **Plant Ecology**, 130: 203-212.
- Sharpe, J.M., Mehltreter, K. & Walker, L.R. 2010. Ecological importance of ferns. In: Mehltreter, K., Walker, L.R. & Sharpe, J.M. (Eds.). **Fern Ecology**. Cambridge University Press, Ney York. p. 1-21.
- Silva, A.J.R. 1989. **Ecologia de *Anemia villosa* H.B. ex. Willd. na pedra de São José (Vicência - PE)**. 233 f. Dissertação (Mestrado em Criptógamos), Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Silva, F.C.L. 2008. **Ecofisiologia de Cyatheaceae (Monilophyta): Fenologia, banco de esporos, anatomia e germinação**. 91 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Silva, M.R. 2000. **Pteridófitas da Mata do Estado - Serra do Mascarenhas - Município de São Vicente Férrer, Estado de Pernambuco - Brasil**. 283 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Smith, A.R., Pryer, K.M., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H. & Wolf, P.G. 2006. A classification for extant ferns. **Taxon**, 55: 705-731.

- Sota, E.R. 1971. El epifitismo y las pteridofitas en Costa Rica (America Central). **Nova Hedwigia**, 21: 401-465.
- Souza, K.R.M. 2013. **Estrutura populacional e fenologia de três espécies de samambaias da Floresta Atlântica Nordestina**. 70 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Souza, K.R.M., Alves, G.D. & Barros, I.C.L. 2007. Fenologia de *Anemia tomentosa* (Sav.) Sw. var. *anthriscifolia* (Schrad.) Mickel em fragmento de Floresta Semidecídua, Nazaré da Mata, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, 5: 486-488.
- Souza, K.R.M., Silva, I.A.A., Farias, R.P. & Barros, I.C.L. 2013. Fenologia de três espécies de *Adiantum* L. (Pteridaceae) em fragmento de Floresta Atlântica no estado de Pernambuco, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, 8: 96-102.
- STATSOFT, INC. 2004. Statistica (data analysis software system), versão 7.0. Disponível em: <http://www.statsoft.com>.
- Takahashi, M. & Mikami, Y. 2006. Effects of canopy cover and seasonal reduction in rainfall on leaf phenology and leaf traits of the fern *Oleandra pistillaris* in a tropical montane forest, Indonesia. **Journal of Tropical Ecology**, 22: 599-604.
- Tanner, E.V.J. 1983. Leaf demography and growth of the tree-fern *Cyathea pubescens* Mett. ex Kuhn in Jamaica. **Botanical Journal of the Linnaean Society**, 87: 213-227.
- Townsend, C.R., M. Begon. & J.L. Harper. 2010. **Fundamentos em ecologia**. Editora Artmed: São Paulo. 576 p.
- Tryon, R.M. & Tryon, A.F. 1982. **Ferns and Allies plants with Special References to Tropical America**. New York: Springer-Verlag. 857 p.
- Tu, C. & Ma, L.Q. 2005. Effects of arsenic on concentration and distribution of nutrients in the fronds of the arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. **Environmental Pollution**, 135: 330-340.
- Uriartt, G.L. 2012. **Fenologia de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) em três habitats com diferentes estágios de sucessão, Rio Grande do Sul**,

- Brasil.** 59 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental), Universidade Feevale, Novo Hamburgo-RS.
- VAN Schaik, C.P., Terborgh, J.W & Wright, S.J. 1993. The phenology of tropical forest: adaptive significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of ecology and Systematics**, 24: 353-377.
- Vieira, B.C. & Silveira, F.A.O. 2010. Reproductive phenology, seed germination and ex situ conservation of *Pseudananas sagenarius* in a semi-deciduous tropical forest fragment. **Plant Species Biology**, 25: 214-220.
- Wagner, W.H. & Wagner, F.S., 1977. Fertile-sterile leaf dimorphy in ferns. *Gardens ' Bull.* Singapore. p. 251-267.
- Wagner. W.H. & Gomez, L.D. 1983. Pteridophytes. In: Janzen, D.H (Ed.). **Costa Rican Natural History**. Chicago: University of Chicago Press. p. 311-318.
- Walker, L.R. & Aplet, G.H. 1994. Growth and fertilization responses of Hawaiian tree ferns. **Biotropica**, 26: 378-383
- Wardlaw, C.W. 1962. The sporogenous meristems of ferns: a morphogenetic commentary. **Phytomorphology**, 12: 394-408.
- White, R.A. 1971. Experimental and developmental studies of the fern sporophyte. **Bot. Rev.**, 37: 509-540
- Williams-Linera. G. 1999. Leaf dynamics in a Tropical Cloud Forest: phenology, herbivory, and life span. **Selbyana**, 20: 98-105.
- Willmot, A.F.L.S. 1989. The phenology of leaf life spans in woodland populations of the ferns *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott and *D. dilatata* (Hoffm.) A. Gray in Derbyshire. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 99: 387-395.
- Windisch, P.G. & Pereira-Noronha, M. 1983. Notes on the ecology and development of *Plagiogyria fialhoi*. **American Fern Journal**, 73: 79-84.
- Windisch, P.G. 1992. **Pteridófitas da região Norte-ocidental do Estado de São Paulo (Guia para estudo e excursões)**. UNESP. São José do Rio Preto. 108 p.

Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. New Jersey: Prentice-Hall. 620 p.

Zuquim, G., Costa, F.R.C., Prado, J. & Tuomisto, H. 2008. **Guia de Samambaias e Licófitas da REBIO Uatumã - Amazônia Central**. Áttema: Manaus. 316 p.