



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MARIA ANGÉLICA GONÇALVES TOSCAN

**FENOLOGIA REPRODUTIVA EM ÁREAS DE
RESTAURAÇÃO ATIVA E PASSIVA DE FLORESTA
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

Londrina
2017

MARIA ANGÉLICA GONÇALVES TOSCAN

**FENOLOGIA REPRODUTIVA EM ÁREAS DE
RESTAURAÇÃO ATIVA E PASSIVA DE FLORESTA
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. José Marcelo Domingues Torezan
Co-orientadora: Dra. Lívia Godinho Temponi

Londrina
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Toscan, Maria Angélica Gonçalves .

Fenologia reprodutiva em áreas de restauração ativa e passiva de Floresta Estacional Semidecidual / Maria Angélica Gonçalves Toscan. - Londrina, 2017.
68 f. : il.

Orientador: José Marcelo Domingues Torezan.

Coorientador: Livia Godinho Temponi.

Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2017.
Inclui bibliografia.

1. Ecologia da Restauração - Tese. 2. Fenologia Reprodutiva - Tese. I. Torezan, José Marcelo Domingues. II. Temponi, Livia Godinho . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DEFESA DE TESE DE DOUTORADO

Discente: Maria Angélica Gonçalves Toscan

Título: Fenologia reprodutiva em áreas de restauração ativa e passiva de Floresta Estacional Semidecidual

Data da Defesa: 30 de outubro de 2017 – 13:30 hs, na sala _____ da Universidade Estadual de Londrina.

Banca Examinadora

Parecer

PRESIDENTE:

Dr. José Marcelo Domingues Torezan

UEL

APROVADA

TITULARES

Dra. Jaçanan Eloisa de Freitas Milani

Unicentro

APROVADO

Dra. Leticia Couto Garcia

UFMS

APROVADA

Dr. Edmilson Bianchini

UEL

APROVADO

Dr. José Eduardo Lahoz da Silva Ribeiro

UEL

Aprovado

Parecer Final

APROVADA

Dr. José Marcelo Domingues Torezan

Dra. Jaçanan Eloisa de Freitas Milani

Dra. Leticia Couto Garcia

Dr. Edmilson Bianchini

Dr. José Eduardo Lahoz da Silva Ribeiro

*À minha querida avó Nilza (em memória),
por despertar a minha vontade de querer
aprender sempre mais, me motivando como
uma grande mestra.
Aos meus pais, por estarem apoiando meus
passos desde sempre.*

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho somente foi possível com o apoio e ajuda de muitas pessoas, e a estas agradeço.

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais Marcos Antonio Toscan e Sayonara Gonçalves Toscan por terem me dado o direito à vida, pelo apoio e compreensão durante a minha formação acadêmica, além de toda ajuda, amor e carinho sempre que preciso.

Agradeço ao meu orientador José Marcelo Domingues Torezan, por ter aceitado orientar a minha pesquisa em uma área distante de Londrina, agradeço também pelo apoio e confiança na minha pesquisa.

À minha coorientadora Lívia Godinho Temponi, obrigada por continuar acompanhando meus passos e meu crescimento desde o mestrado, agradeço também por todos os ensinamentos, amizade e confiança.

À querida Ana Tereza Bittencourt Guimarães, por toda a disposição, paciência e dedicação em ensinar estatística, obrigada por sempre me motivar.

Ao meu querido Luiz Gustavo Eckhardt Valle, obrigada por todo o amor e carinho, por estar sempre disposto a me escutar e ajudar com todas as minhas inseguranças e ansiedades com a carreira acadêmica e com a vida. Sua presença ajudou muito para as coisas serem mais leves.

Ao meu irmão Marcos e minha cunhada Adelize, por me apoiarem e me incentivarem, em especial ao meu irmão por toda ajuda com as tecnologias virtuais de como salvar arquivos em nuvens para nada ser perdido.

Aos meus alunos do curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário Dinâmica das Cataratas de Foz do Iguaçu, André Draszewski, André Marques, Cristiane Ritter Rauber, Gustavo Novaes, Jean Grando, Jeanfrancisco Pavão, Jhonatan Peters, Leonardo Mello, Mel Castro, Nágela Prates. Obrigada por toda a ajuda durante as atividades de campo, sem vocês com certeza nada seria possível.

À Jaçanan Eloisa de Freitas Milani, pelas dicas com o programa Oriana.

À Fazenda Santa Maria, principalmente ao gerente Fernando de Freitas, obrigada por sempre me receber de braços abertos na fazenda, obrigada pela confiança inclusive após a entrada do MST na fazenda. Com certeza, o trabalho que vocês fazem pela conservação desses remanescentes florestais é incrível.

À Veridiana Araújo Alves da Costa Pereira, engenheira florestal da Itaipu Binacional, obrigada por contribuir com informações sobre as áreas de estudo e apresentar tanto carinho com a minha pesquisa.

Ao Joaquim Buchaim, meu coordenador no Centro Universitário Dinâmica das Cataratas de Foz do Iguaçu, por ter-me confiado as aulas de botânica e ecologia vegetal, com certeza ajudou muito para meu crescimento.

À Maria de Lourdes (Tata) e Inês, por sempre cuidarem de mim e das minhas bagunças pós campo com carinho.

À Franceline Chiarotti e Jeanne Vendruscolo, obrigada por me receberem em suas casas em Londrina, obrigada pela amizade e por terem cuidado de mim com tanto carinho.

À Thaís Regina Marcon, Juliana Orlando, Priscilla Cenci de Barros, Mayara Lautert, Darlene Gris, Helena Rickli Horst e Daniele Storms dos Santos por toda amizade e incentivo.

TOSCAN, Maria Angélica Gonçalves. **Fenologia reprodutiva em áreas de restauração ativa e passiva de Floresta Estacional Semidecidual**. 2017. 65f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

RESUMO

A fenologia da floração e da frutificação pode informar sobre a reprodução das espécies vegetais e a disponibilidade de recursos para a fauna em ambientes naturais ou em restauração, permitindo inferir aspectos da dinâmica e da sustentabilidade desses ecossistemas. O presente trabalho teve como objetivo (I) comparar a fenologia reprodutiva (floração e frutificação) de espécies arbóreas em áreas de restauração passiva de Floresta Estacional Semidecidual de Mata Atlântica (duas florestas secundárias; estágio avançado (FS1) e intermediário (FS2) de sucessão) e áreas de restauração ativa (reflorestamentos de duas idades, inicial 13 anos (SR1) e avançado 37 anos (SR2)), usando como referência um fragmento de floresta madura (FM), localizado no oeste do estado do Paraná, Brasil; e (II) comparar a disponibilidade de espécies e indivíduos em frutificação de espécies arbóreas zoocóricas para a comunidade frugívora entre as mesmas áreas. A fenologia da floração (botão e antese) e da frutificação (frutos imaturos e maduros) de 124 espécies (80 zoocóricas) foi analisada mensalmente por 24 meses, quanto à similaridade florística das espécies com a floresta de referência, à riqueza de espécies em cada fenofase, à sazonalidade das fenofases, às relações da floração e da frutificação com as variáveis meteorológicas e à disponibilidade de espécies zoocóricas em frutificação para a fauna associada. As espécies amostradas na restauração passiva apresentaram maior similaridade florística com a floresta de referência que a restauração ativa. A riqueza de espécies encontradas nas áreas de restauração em cada fenofase e ao longo do ano foi inferior em relação à área de referência, esta com a maior riqueza, seguida de FS1 e SR2, de FS2 e de SR1. A floração foi sazonal, com maior concentração na primavera (setembro a dezembro). A sazonalidade na frutificação foi ausente, pois esta tende a ser mais distribuída ao longo do ano. O comprimento do dia foi a variável que mais influenciou a floração e a frutificação. As áreas com maior disponibilidade de espécies zoocóricas e distribuídos de forma mais constante ao longo do ano foram FM, FS1 e SR2, onde não houve sazonalidade na frutificação das espécies zoocóricas. Em SR2, foram amostradas espécies não nativas, o que gerou alteração na fenologia reprodutiva, sendo que com todas as espécies amostradas, SR2 não apresentou sazonalidade para todas as zoocóricas, porém passou a ser sazonal com o expurgo das exóticas. FS2 e SR1, apresentaram sazonalidade na frutificação das zoocóricas, destas FS2 apresentou grande porcentagem de suas espécies florescendo e frutificando, e SR1 apresentou os menores valores e a menor disponibilidade de recursos florais e de frutos. Apesar das diferenças entre as áreas estudadas, todos os sítios de restauração são importantes fontes de recursos em uma matriz composta por atividades agropecuárias.

Palavras-chave: Ecologia da restauração. Floração. Frutificação. Recursos para fauna. Sazonalidade. Zoocoria.

TOSCAN, Maria Angélica Gonçalves. **Reproductive phenology in active and passive restoration of seasonal Atlantic Forests** 2017. 65p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

ABSTRACT

The phenology of flowering and fruiting represent the reproductive success of plant species and the availability of resources to fauna in natural environments or restoration sites, and can inform about the restoration of the dynamics and sustainability of these ecosystems. This study aims (I) to compare the reproductive phenology (flowering and fruiting) of tree species in seasonal Atlantic Forest passive restoration sites (two secondary forest sites, “advanced” (FS1) and “intermediate” (FS2) succession stage) and active restoration sites (two reforestation ages, initial 13 years (SR1) e advanced 37 years (SR2)), using an Atlantic Forest fragment as reference site (FM), in western of Parana state, Brazil; and (II) compare the availability of species and individuals in fruiting of zoochoric tree species for frugivorous animals among the same areas. We observed the phenology of flowering (bud and anthesis) and fruiting (unripe and ripe fruits) for 24 months in 124 species (80 zoochorics), regarding the floristic similarity of the species with the reference forest, to species richness in each phenophase, to seasonality of the phenophases, to relationships of flowering and fruiting with the meteorological variables and to availability of zoochoric species in fruiting for the associated fauna. The species sampled in the passive restoration sites presented greater floristic similarity with the reference forest than the active ones. The species richness found in the restoration sites within each phenophase along the year was lower than the reference site, having this one the highest production of both flowers and fruits, followed by FS1, SR2, FS2 and SR1. Flowering was seasonal, with higher concentrations in the spring (September to December). Fruiting seasonality was absent, as fruiting tended to be more distributed over the year. The day length was the variable that most influenced flowering and fruiting. The sites with higher availability of zoochoric species and more consistently distributed throughout the year were FM, FS1 and SR2, where there are no seasonality in the fruiting of the zoochoric species. In SR2, non-native species were sampled, which generated alterations in reproductive phenology. With all the species sampled, SR2 did not present seasonality for zoochorics, but became seasonal after removal of non-native species. Both FS2 and SR1 presented seasonality in fruiting of zoochoric species, FS2 presented a high percentage of its species flowering and fruiting, and SR1 presented the lowest values and the lowest availability of floral and fruit resources. Despite the differences between the studied sites, both passive and active restorations are important sources of resources in a matrix composed of agricultural and livestock activities

Keywords: Restoration ecology. Flowering. Fruiting. Resources to fauna. Seasonality. Zoochory.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1. Mapa representando as áreas de Floresta Estacional Semidecidual estudadas no oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada..... 21
- Figura 2. Gráficos das variáveis meteorológicas utilizadas na Correlação de Spearman (rs). A: representa o gráfico de precipitação com as médias do período estudado e as médias históricas. B: representa o gráfico de temperatura com as médias do período estudado e as médias históricas no eixo principal e os comprimentos dos dias médios no eixo secundário. 25
- Figura 3. Riqueza de espécies amostradas entre agosto de 2014 e julho de 2016 que apresentaram as fenofases de botão, antese, fruto imaturo e fruto maduro nas áreas amostradas localizadas no oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada; SR2nativas: sítio de restauração ativa avançada apenas com as espécies nativas..... 30

CAPÍTULO 2

- Figura 1. Mapa representando as áreas de Floresta Estacional Semidecidual estudadas no oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada..... 51
- Figura 2. Número de indivíduos e espécies zoocóricas amostradas entre agosto de 2014 e julho de 2016 nos sítios estudados no oeste do Paraná, Brasil. A: FM, floresta madura de referência; B: FS1, floresta secundária em estágio avançado de sucessão; C: FS2, floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; D: SR1, sítio de restauração ativa inicial; E: SR2, sítio de restauração ativa avançada; F: SR2 apenas com as espécies nativas. 58

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- Tabela 1 Características gerais dos sítios de Floresta Estacional Semidecidual utilizadas para o estudo da fenologia reprodutiva das espécies arbóreas no oeste do Paraná, Brasil. 20
- Tabela 2. Espécies e número de indivíduos amostrados em cada uma das áreas de Floresta Estacional Semidecidual estudadas no oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada. 21
- Tabela 3. Riqueza de espécies amostradas e os valores absolutos e relativos de espécies com cada fenofase (botão, antese, fruto verde e fruto maduro) em cada uma das áreas de Floresta Estacional Semidecidual estudadas no oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada; SR2_{não nativas}: espécies não nativas do sítio de restauração ativa avançada. 26
- Tabela 4. Valores obtidos na análise circular das fenofases de botão, antese, fruto imaturo e fruto maduro das espécies amostradas entre agosto de 2014 e julho de 2016 nas cinco áreas estudadas no oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada; SR2_{apenas nativas}: sítio de restauração ativa avançada apenas com as espécies nativas. Valores significativos para o teste de sazonalidade de Rayleigh $p \leq 0,05$ 27
- Tabela 5. Estimativa de parâmetros com a aplicação da GAMLSS para a modelagem da riqueza de espécies com botão, antese, fruto imaturo e fruto maduro de cada uma das cinco áreas estudadas como variável resposta, oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência;

FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada; SR2_{apenas nativas}: sítio de restauração ativa avançada apenas com as espécies nativas. $p < 0,05$ significativo; $p < 0,1$ limítrofes da significância. 28

CAPÍTULO 2

- Tabela 1. Características gerais dos sítios de Floresta Estacional Semidecidual utilizadas para o estudo da fenologia reprodutiva das espécies arbóreas no oeste do Paraná, Brasil. 52
- Tabela 2. Lista de espécies zoocóricas amostradas entre agosto de 2014 e julho de 2016 nas cinco áreas estudadas no oeste do Paraná, Brasil. N: número de indivíduos amostrados. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada. A / entre os meses indica que a frutificação ocorreu entre esses meses..... 54
- Tabela 3. Valores obtidos na análise circular das espécies zoocóricas amostradas entre agosto de 2014 e julho de 2016 nas cinco áreas estudadas no oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada; SR2_{apenas nativas}: sítio de restauração ativa avançada apenas com as espécies nativas. Valores significativos para o teste de sazonalidade de Rayleigh $p \leq 0,05$ 57

SUMÁRIO

Introdução Geral	12
CAPÍTULO 1 – Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em restaurações passivas e ativas de Floresta Estacional Semidecidual	16
Resumo	17
Destaques.....	17
Introdução.....	17
Material e Métodos.....	19
Área de Estudo	19
Coleta dos Dados.....	21
Análise dos Dados	24
Resultados	26
Discussão.....	30
Agradecimentos.....	34
REFERÊNCIAS	34
APÊNDICES	38
CAPÍTULO 2 Frutificação de espécies arbóreas zoocóricas em sítios de restauração ativa e passiva da Floresta Estacional Semidecidual	47
Resumo	48
Implicações Práticas	48
Introdução.....	48
Material e Métodos.....	50
Área de estudo	50
Coleta dos dados.....	52
Análise dos dados	53
Resultados	54
Discussão.....	59
Agradecimentos.....	61
Literatura Citada.....	61
Considerações Finais.....	65

Introdução Geral

Diante da intensa exploração florestal devido à expansão da agricultura e da pecuária, construção de usinas hidrelétricas, exploração de espécies madeireiras, mau uso do solo, entre outras, nas últimas décadas do século XX emergiu a necessidade de reparação dos danos ambientais por meio de técnicas de restauração ecológica (TABARELLI; GASCON, 2005; DURIGAN; ENGEL, 2012).

A restauração ecológica visa iniciar ou acelerar o processo de sucessão secundária de um ecossistema degradado, danificado ou totalmente destruído, buscando retorná-lo à sua trajetória histórica de sucessão (SER PRIMER, 2004). Para isso, é necessário reverter os fatores de degradação, conservar a biodiversidade, aumentar a sua resiliência, recuperar os processos ecológicos e valorizar os serviços ecossistêmicos (BENAYAS et al., 2009; WORTLEY et al., 2013). O tipo de medida a ser tomada na definição do método de restauração varia de acordo com os níveis de degradação presentes no ambiente, podendo ir desde a sua regeneração espontânea (restauração passiva), até a necessidade de maiores intervenções, como o manejo de fatores de degradação e o plantio de mudas (restauração ativa) (CHAZDON, 2013).

Para avaliar se os objetivos e metas traçados no projeto de restauração foram atingidos são necessárias atividades de avaliação e monitoramento (SER PRIMER, 2004). Atividades de avaliação e monitoramento em áreas de restauração são primordiais também para a redefinição da trajetória ambiental dessas áreas, pois caso os resultados obtidos indiquem o declínio ou baixo potencial de sustentabilidade, serão necessárias de novas medidas para garantir sucessão secundária, como o controle de espécies exóticas invasoras, o adensamento, o enriquecimento, o controle de formigas, entre outras (BRANCALION et al, 2012).

A fenologia é uma ferramenta importante para se avaliar e monitorar ambientes em restauração, pois é a área de estudo que analisa a ocorrência das fenofases vegetativas (abscisão foliar e o brotamento) e reprodutivas (floração e a frutificação) ao longo do tempo (LIETH, 1974; RODRIGUES et al., 2007, GARCIA et al., 2009). Estudos fenológicos ajudam na compreensão da dinâmica da comunidade florestal e da relação das espécies vegetais com o ambiente físico e com outros organismos, ou seja, com as forças seletivas abióticas e bióticas do ambiente (FOURNIER; 1974).

Poucos estudos vêm utilizando a fenologia como uma ferramenta de monitoramento de áreas de conservação e restauração. Essas pesquisas apontam que a fenologia pode trazer

respostas sobre a conservação do ambiente, sobre interações biológicas (herbivoria, polinização, frugivoria, dispersão, competição, entre outras) e a disponibilidade de recursos para a fauna (folhas, recursos florais e frutos), relações sobre mudanças climáticas e do uso do solo, conhecimento de padrões fenológicos em áreas em restauração e ajudam na escolha de espécies a serem inseridas em áreas de restauração (SANTOS et al., 2013; GARCIA et al., 2014; PEZZINI et al., 2014; BUISSON et al., 2016; MORELLATO et al., 2016)

Entre as fenofases, a floração e a frutificação estão relacionadas a reprodução das espécies e com a disponibilidade de recursos florais e de frutos para a fauna, e com isso afetam o restabelecimento da dinâmica e da sustentabilidade no ambiente em questão (OLIVEIRA, 2008; RUBIM et al., 2010; SANTOS et al., 2013; GARCIA et al., 2014; MORELLATO et al., 2016). Dessa forma, a realização dessas pesquisas em ambientes em restauração é de extrema importância.

A disponibilidade de recursos para a fauna é um fator-chave para a estruturação das comunidades, pelo fato da fauna ajudar a garantir o fluxo gênico de plantas e acelerar os processos sucessionais em áreas de restauração, por meio de processos de polinização e dispersão de propágulos (GARCIA et al.; 2014). Barbosa et al. (2012) salientam que tanto as alterações abióticas, como na intensidade dos ventos ou intensidade luminosa, quanto alterações bióticas, como na presença ou não de polinizadores e dispersores, podem causar prejuízos nos processos de polinização e dispersão.

Portanto, considerando que estudos da fenologia da floração e da frutificação das espécies presentes em áreas de restauração ecológica é uma importante ferramenta para se avaliar e monitorar áreas de restauração, este estudo teve como objetivos (I) comparar a fenologia reprodutiva (floração e frutificação) de espécies arbóreas em áreas de restauração passiva de Floresta Estacional Semidecidual de Mata Atlântica (duas florestas secundárias; estágio avançado (FS1) e intermediário (FS2) de sucessão) e áreas de restauração ativa (reflorestamentos de duas idades, inicial 13 anos (SR1) e avançado 37 anos (SR2)), usando como referência um fragmento de floresta madura (FM), localizado no oeste do estado do Paraná, Brasil; e (II) comparar a disponibilidade de espécies e indivíduos em frutificação de espécies arbóreas zoocóricas para a comunidade frugívora entre as mesmas áreas.

Dessa forma, o estudo buscou testar as seguintes hipóteses: restaurações passivas apresentam maior similaridade florística em relação a florestas maduras de referência do que as restaurações ativas; áreas de restauração passiva e ativa mais avançadas apresentam maior riqueza de espécies florescendo e frutificando ao longo dos meses, e com isso maior disponibilidade de recursos florais e frutos, que as mais recentes, e entre essas a de

restauração passiva com os maiores valores; o comprimento do dia tende a ser a variável meteorológica de maior influência na floração e frutificação de forma geral; espécies não nativas já estabelecidas em áreas de restauração avançadas podem representar fonte de recursos para a fauna durante certos períodos, e com isso o manejo dessas espécies deve ser realizado com atenção; a frutificação de espécies zoocóricas não ocorrem de forma homogênea durante os meses do ano nas áreas de restauração iniciais e intermediárias, implicando na existência de períodos de menor disponibilidade de frutos para animais frugívoros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, J. M.; EISENLOHR, P. V.; RODRIGUES, M. A. BARBOSA, K. C. Ecologia da Dispersão de Sementes em Florestas Tropicais. In: MARTINS, S. V. **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, p. 85-106, 2012.
- BENAYAS, J. M. R.; NEWTON, A. C.; DIAZ, A.; BULLOCK, J. M. Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by Ecological Restoration: A Meta-Analysis. **Science**. v. 325, p. 1121- 1124, 2009.
- BRANCALION, P. H. S.; VIANI, R. A. G.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. In: MARTINS, S. V. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados**. Viçosa: Editora UFV, p. 262-293, 2012.
- BUISSON, E.; ALVARADO, S. T.; STRADIC, S. L.; MORELLATO, L. P. C. Plant phenological research enhances ecological restoration. **Restoration Ecology**, opinion article, p. 1-8, 2016.
- CHAZDON, R. L. Making Tropical Succession and Landscape Reforestation Successful. **Journal of Sustainable Forestry**. v. 32, n. 7, p. 649-658, 2013.
- DURIGAN, G.; ENGEL, V. L. Restauração de ecossistemas no Brasil: onde estamos e para onde podemos ir? In: MARTINS, S. V. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados**. Viçosa: Editora UFV, p. 41-68, 2012.
- FOURNIER, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba**. v. 24, p. 422-423, 1974.
- GARCIA, L. C.; BARROS, F. V.; LEMOS-FILHO, J. P. Fructification phenology as an important tool in the recovery of iron mining areas in Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 3, p. 887-893, 2009.

- GARCIA, L. C.; HOBBS, R. J.; SANTOS, F. A. M.; RODRIGUES, R. R. 2014. Flower and Fruit Availability along a Forest Restoration Gradient. **Biotropica**. v. 46, n. 1, p. 114–123, 2014.
- LIETH, H. **Phenology and seasonality modeling**. Springer-Verlag: Berlin, p. 3-19, 1974.
- MORELLATO, L. P. C.; ALBERTON, B.; ALVARADO, S. T.; BORGES, B.; BUISSON, E.; CAMARGO, M. G. G.; CANCIAN, L. F.; CARSTENSEN, D. W.; ESCOBAR, D. F. E.; LEITE, P. T. P.; MENDOZA, I.; ROCHA, N. M. W. B.; SOARES, N. C.; SILVA, T. S. F.; STAGGEMEIER, V. G.; STREHER, A. S.; VARGAS, B. C.; PERES, C. A. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, v. 195, p. 60-72, 2016.
- OLIVEIRA, P. E. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: EMBRAPA, p. 273-287, 2008.
- PEZZINI, F. F.; RANIERI, B. D.; BRANDÃO, D. O.; FERNANDES, G. W.; QUESADA, M.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; JACOBI, C. M. Changes in tree phenology along natural regeneration in a seasonally dry tropical forest. **Plant Biosystems**, v. 148, n. 5, p. 965-974, 2014.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. G.; NAVE, A. G.; ATTANARIO, C. M. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. **Pesquisa Florestal Brasileira**. v. 30, p. 7-21, 2007.
- RUBIM, P.; NASCIMENTO, H. E. M.; MORELLATO, L. P. C. Variações interanuais na fenologia de uma comunidade arbórea de floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica** n. 24, v. 3, p. 756-764, 2010.
- SANTOS, J. F.; AGOSTINI, K.; NOCELLI, R. C. F. Fenologia da floração de espécies lenhosas em áreas em processo de restauração em Araras, São Paulo. **Bioikos**. v. 27, n.1, p. 3-12, 2013.
- SER – Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. The SER primer in ecological restoration (Version 2). 2004. Disponível em: <<http://www.ser.org>> Acesso em: 31/05/2017.
- TABARELLI, M.; GASCON, G. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e 673 diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**. v. 1, n. 1, p. 181-188, 2005.
- WORTLEY, L.; HERO, J. M.; HOWES, M. Evaluating Ecological Restoration Success: A Review of the Literature. **Restoration Ecology**. n. 5, v. 21, p. 537-543, 2013.

CAPÍTULO 1 – Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em restaurações passivas e ativas de Floresta Estacional Semidecidual

(Artigo a ser submetido à Perspectives in Ecology and Conservation)

Maria Angélica Gonçalves Toscan^{a,b*}, Livia Godinho Temponi^c, José Marcelo Domingues Torezan^a

^a Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina 86057-970, Londrina, Parana, Brasil.

^b Centro Universitário União Dinâmica das Cataratas, UDC, Foz do Iguaçu, Parana, Brazil.

^c Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Cascavel, Parana,

* maria_angelica_gt@hotmail.com

<https://www.elsevier.com/journals/perspectives-in-ecology-and-conservation/25300644/guide-for-authors>

Resumo

A fenologia reprodutiva da floração e a frutificação permite inferir aspectos sobre a funcionalidade, dinâmica e sustentabilidade do ecossistema em questão. Objetivou-se comparar a fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em áreas de restauração passiva (duas florestas secundárias; estágio avançado (FS1) e intermediário (FS2) de sucessão) e áreas de restauração ativa (planitos de duas idades, inicial de 13 anos (SR1) e avançada de 37 anos (SR2)), usando como referência um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual madura (FM), quanto à similaridade florística das espécies estudadas com essa, à riqueza de espécies em cada fenofase, à sazonalidade das fenofases e às relações com as variáveis meteorológicas. A floração (botão e antese) e a frutificação (frutos imaturos e maduros) de 124 espécies foi analisada mensalmente por 24 meses. As restaurações passivas apresentaram maior similaridade florística com a floresta de referência do que as restaurações ativas. A floração foi sazonal, com maior concentração na primavera (setembro e dezembro). A frutificação não foi sazonal, pois esta tende a ser mais distribuída ao longo do ano. O comprimento do dia foi a variável que mais influenciou a floração e a frutificação. A riqueza de espécies encontradas nas áreas de restauração em cada fenofase e ao longo do ano foi inferior em relação à área de referência, esta com a maior riqueza, seguida de FS1 e SR2, de FS2 e de SR1, ou seja, maiores valores para áreas de maior idade sucessional. Em SR2 foram amostradas espécies não nativas, o que gerou aumento na riqueza de espécies em reprodução. SR1 apresentou poucas espécies em reprodução e menor disponibilidade de recursos florais e de frutos. Apesar das diferenças entre as áreas estudadas, tanto as restaurações passivas quanto ativas são importantes fontes de recursos em uma matriz composta por atividades agropecuárias.

Palavras-chave: floração; frutificação; estágio sucessional; sazonalidade; recursos para a fauna.

Destaques

- Estudos fenológicos são importantes para analisar os processos de floração e frutificação das espécies estudadas, e com isso avaliar a disponibilidade de recursos florais e de frutos para a fauna.
- Conhecer a fenologia reprodutiva pode vir a auxiliar a escolha de espécies a serem utilizadas em novos projetos de restauração ativa.
- Espécies não-nativas quando estabelecidas a um longo período de tempo podem assumir um papel importante nos padrões fenológicos de florestas em restauração.
- A restauração passiva, onde espécies do pool regional se estabelecem espontaneamente, são importantes repositórios da biodiversidade local, além do restabelecimento dos padrões fenológicos e das interações entre as espécies.
- O pool de espécies presentes e o estágio sucessional determinam a riqueza de espécies em floração e frutificação ao longo do tempo.

Introdução

A fenologia para espécies vegetais estuda a ocorrência de eventos biológicos vegetativos (abscisão foliar e o brotamento) e reprodutivos (floração e a frutificação) ao longo do tempo, que são conhecidos como fenofases. Tais estudos buscam estabelecer a

sazonalidade dos eventos biológicos (Lieth, 1974). Estudos fenológicos ajudam na compreensão da dinâmica da comunidade florestal e da relação das espécies vegetais com o ambiente físico e com outros organismos, ou seja, com as forças seletivas do ambiente (Fournier, 1974). Entre as forças abióticas que influenciam direta ou indiretamente os eventos fenológicos estão a temperatura, a precipitação pluviométrica, a disponibilidade de luz e de nutrientes, e entre as forças bióticas estão os polinizadores, dispersores de sementes, herbívoros, predadores de sementes e patógenos (Lieberman, 1982).

Os eventos fenológicos de floração e frutificação estão relacionados com o sucesso reprodutivo das espécies presentes em ambientes naturais ou em restauração, o que está diretamente relacionado com o restabelecimento da dinâmica e da sustentabilidade do ecossistema em questão (Castro et al., 2007; Oliveira, 2008). Ambientes degradados e fragmentados podem ter a composição e a abundância de espécies e a sazonalidade dos eventos fenológicos dessas espécies alterados, por isso estudos fenológicos são fundamentais para se compreender o restabelecimento da dinâmica de ecossistemas em processo de restauração ecológica (Santos et al., 2013; Garcia et al., 2014).

A recuperação de ecossistemas degradados por meio da restauração ecológica pode lançar mão de diferentes técnicas, que vão desde a regeneração espontânea (restauração passiva) até o plantio com espécies nativas (restauração ativa). O tipo de medida a ser tomada na restauração do ambiente varia de acordo com os níveis de degradação presentes (Chazdon, 2013). Quando o nível de degradação é baixo, e a paisagem circunvizinha ainda apresenta fragmentos de habitat, maior é a possibilidade da regeneração espontânea ser suficiente para o reestabelecimento do ecossistema em restauração (Rodrigues, 2013). Outra característica da restauração passiva é que podem apresentar maior similaridade florística em relação a florestas maduras de referência do que as ativas, e com isso são importantes repositórios da biodiversidade local (Suganuma e Durigan, 2014; Arroyo-Rodrigues et al., 2015).

Conhecer a fenologia da floração e da frutificação das espécies presentes em áreas em processo de restauração, seja passiva (florestas secundárias) ou ativa (plantio com espécies nativas), pode ser uma ferramenta útil para o monitoramento desses ambientes (Rodrigues et al., 2007; Garcia et al., 2009). Esses estudos fornecem indicadores importantes para avaliar o sucesso de áreas em restauração, além de permitirem uma melhor escolha das espécies utilizadas em restaurações ativas de acordo com as características de cada ecossistema em questão e uma melhor tomada de decisão na necessidade de um manejo adaptativo posterior (controle de espécies invasoras, enriquecimento de espécies, entre outros) (Marchiori, 2004; Buisson et al., 2016).

Portanto, este estudo teve como objetivo comparar a fenologia reprodutiva (floração e frutificação) de espécies arbóreas entre áreas de restauração passiva (florestas secundárias) e de restauração ativa (plantios com espécies nativas), em relação a uma floresta madura de referência, quanto à similaridade florística das espécies estudadas com essa, à riqueza de espécies em cada fenofase, à sazonalidade das fenofases e às relações com as variáveis meteorológicas. De forma a testar as seguintes hipóteses: restaurações passivas apresentam maior similaridade florística em relação a florestas maduras de referência do que as restaurações ativas; áreas de restauração passiva e ativa mais avançadas apresentam maior riqueza de espécies florescendo e frutificando ao longo dos meses, e com isso maior disponibilidade de recursos florais e frutos, que as mais recentes, e entre elas a de restauração passiva com maiores valores; comprimento do dia tende a ser a variável meteorológica de maior influência na floração e frutificação de forma geral; espécies não nativas já estabelecidas em áreas de restauração avançadas podem representar fonte de recursos para a fauna durante certos períodos, e com isso o manejo dessas espécies deve ser realizado com atenção.

Material e Métodos

Área de Estudo

O estudo da fenologia reprodutiva foi realizado em cinco áreas localizadas no oeste do estado do Paraná, distribuídas entre os municípios de Santa Terezinha de Itaipu e São Miguel do Iguaçu. Todas as áreas estão localizadas no terceiro planalto paranaense (Maack, 2012), com altitudes entre 220 e 350 m. O clima da região é Subtropical Úmido Mesotérmico, classificado por Köppen como Cfa, com temperatura média anual de 21°C. Os verões são quentes, com média superior a 22°C e os invernos com média inferior a 18°C. As chuvas são bem distribuídas durante o ano, com uma pequena redução no inverno e a precipitação anual variando em torno dos 1.800 mm (IAPAR, 2012). Floresta Estacional Semidecidual (FES), caracterizada por apresentar de 20 a 50% dos indivíduos arbóreos decíduos, era a vegetação original da região (IBGE, 2012).

Entre as áreas amostradas estão: uma floresta madura de referência (FM); duas áreas de restauração passiva (florestas secundárias), sendo uma em estágio avançado de sucessão (FS1) e uma em estágio intermediário de sucessão (FS2), e dois sítios de restauração ativa com o plantio de espécies nativas, um inicial com 13 anos (SR1) e outro avançado com 37 anos (SR2), o estágio sucessional das áreas foi caracterizado segundo a resolução CONAMA n° 2/94, de 18 de março de 1994 (Tabela 1).

Tabela 1 Características gerais dos sítios de Floresta Estacional Semidecidual utilizadas para o estudo da fenologia reprodutiva das espécies arbóreas no oeste do Paraná, Brasil.

Nome do Sítio	Código	Origem	Área	Idade	Coordenadas	Características
RPPN Fazenda Santa Maria*	FM	Floresta Madura de Referência	242 ha	Isolamento ≈70 anos	25° 29'30''S 54° 21'50''W	Alta similaridade estrutural e florística com o Parque Nacional Iguaçu (Gris et al., 2014). Declarada RPPN em 1998 pela portaria 70/98 do Instituto Ambiental do Paraná (IAP).
APP da Fazenda José*	FS1	Floresta Secundária em estágio avançado	87 ha	Isolamento ≈50 anos	25° 31'31''S 54° 20'06''W	Degradação pela retirada de espécies madeireiras nas últimas décadas, sem ocorrência de corte raso.
Mata Ciliar do Rio Bonito*	FS2	Floresta Secundária em estágio médio	20 ha	Isolamento ≈25 anos	25° 27'33''S 54° 21'16''W	Teve corte raso, e está em restauração após a interrupção de atividades de agricultura e pecuária.
Faixa Seca*	SR1	Sítio de restauração ativa inicial	24 ha	13 anos	25° 28'26''S 54° 21'17''W	Faixa de 4 km x 60 m plantada. Era formada por pastagens, o capim-colômbio (<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs) é muito presente.
Faixa de Proteção do Reservatório de Itaipu	SR2	Sítio de restauração ativa avançada	60.000 ha	37 anos	25° 24'15''S 54° 23'41''W	No plantio foram incluídas espécies não nativas, e, apesar de presença dessas, a área está estabelecida como uma área de floresta e em processo de restauração.

*Áreas pertencentes ao Corredor Ecológico de Santa Maria, PR, Brasil.

As áreas FM, FS1, FS2 e SR1 pertencem ao Corredor Ecológico Santa Maria (Figura 1), que foi estabelecido em 2001 conforme a portaria 137/2001 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), com o objetivo de ligar áreas entre o Parque Nacional do Iguaçu e a Faixa de Proteção do Reservatório de Itaipu por meio de fragmentos em diferentes estágios de sucessão e áreas de restauração. As áreas encontram-se próximas umas das outras na paisagem e estão inseridas em uma matriz composta por atividades agrícolas e pecuárias.

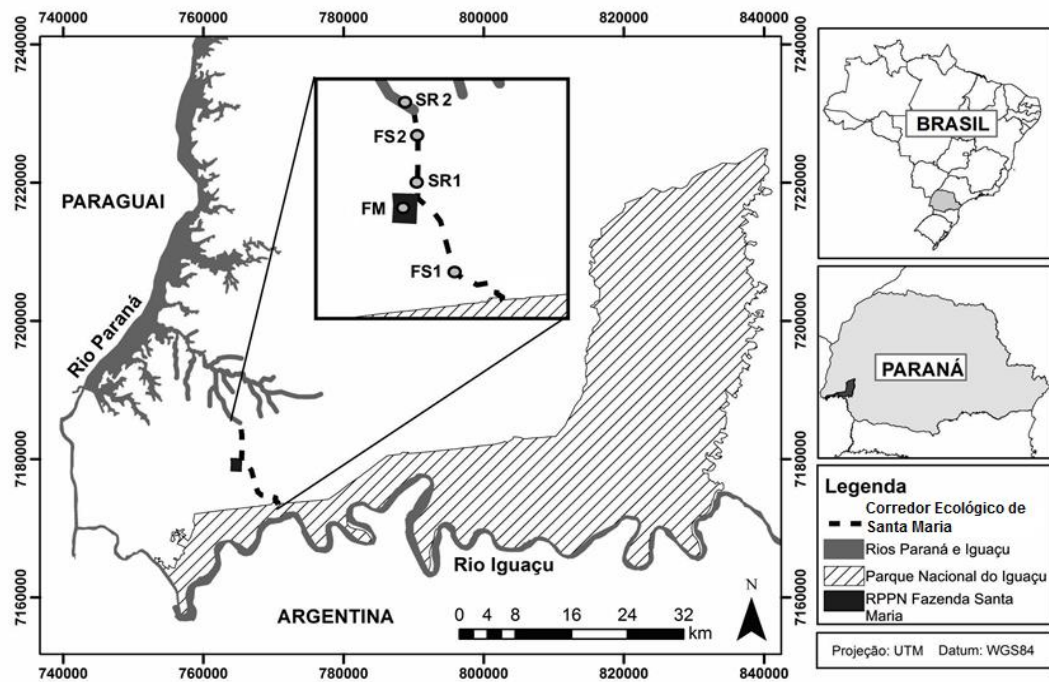


Figura 1. Mapa representando as áreas de Floresta Estacional Semidecidual estudadas no oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada.

Coleta dos Dados

Para a análise da fenologia reprodutiva foram utilizados indivíduos de espécies arbóreas presentes no interior de parcelas permanentes de um estudo de florística e fitossociologia realizado previamente por Gris e Temponi (2017). A maioria das espécies amostradas por Gris e Temponi (2017) foram amostradas, exceto quando não apresentou visibilidade suficiente da copa para a observação. Para o estudo fenológico foram selecionados inicialmente de cinco a dez indivíduos por espécie como recomendado por Fournier e Charpentier (1975), porém devido ao elevado número de espécies raras, foram selecionadas a partir de um indivíduo das espécies mais raras presentes nas áreas estudadas, como realizado por Rubim et al. (2010) (Tabela 2).

Tabela 2. Espécies e número de indivíduos amostrados em cada uma das áreas de Floresta Estacional Semidecidual estudadas no oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada.

Espécie	Família	FM	FS1	FS2	SR1	SR2
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	1				
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	Lamiaceae	3				
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	Euphorbiaceae		1			
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	9		3	2	
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	Sapindaceae	1	4	2		4

Espécie	Família	FM	FS1	FS2	SR1	SR2
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	Fabaceae					6
<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.	Annonaceae	2	1	2		2
<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll. Arg.	Apocynaceae	6				
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anarcadiaceae	2			3	
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	Rutaceae	7	5			
<i>Bauhinia forficata</i> Link	Fabaceae					1
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Meliaceae	6	4			
<i>Calliandra foliolosa</i> Benth,	Fabaceae	1	4	1		
<i>Calyptranthes concinna</i> DC.	Myrtaceae					2
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	Myrtaceae		1			
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	Myrtaceae	3	5	1		
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Salicaceae		1			
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	Salicaceae				6	
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Salicaceae	1		7		6
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarinaceae				3	
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Urticaceae	6	5	6	1	5
<i>Cedrela fissilis</i> Vell	Meliaceae	4	3	1		1
<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravena	Malvaceae	3				
<i>Celtis fluminensis</i> Carauta	Cannabaceae				1	1
<i>Cestrum bracteatum</i> Link & Otto	Solanaceae	1				
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	Sapotaceae	7	6			
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	Sapotaceae	7	4			
<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A.Howard	Cardiopteridaceae	3	2			
<i>Citrus deliciosa</i> Tenore*	Rutaceae					2
<i>Citrus x aurantium</i> L.*	Rutaceae		5			3
<i>Citrus x limon</i> (L.) Osbeck*	Rutaceae					2
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Fabaceae					1
<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S.Mill.	Boraginaceae	1				8
<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	Boraginaceae	8	3			1
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Boraginaceae	1	1	4		1
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Euphorbiaceae				1	
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Sapindaceae		5			1
<i>Dahlstedtia muehlbergiana</i> (Hassl.) M.J.Silva & A.M.G. Azevedo	Fabaceae	5				
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	Fabaceae		1			
<i>Dendropanax cuneatum</i> (DC.) Decne. & Planch.	Araliaceae	5		7		
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk.	Sapindaceae		3			5
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr.	Lauraceae	5		1		7
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Fabaceae	2		1		2
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.*	Rosaceae					1
<i>Eucalyptus polyanthemus</i> Schauer*	Myrtaceae					2
<i>Eugenia burkartiana</i> (D.Legrand) D.Legrand	Myrtaceae	2				
<i>Eugenia florida</i> DC.	Myrtaceae	1				
<i>Eugenia gracillima</i> Kiaersk.	Myrtaceae					2
<i>Eugenia hiemalis</i> Cambess.	Myrtaceae					1
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	Myrtaceae					2
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	Myrtaceae	1	4	5		5
<i>Eugenia ramboi</i> D. Legrand.	Myrtaceae	2	1			
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Arecaceae	12				
<i>Ficus insipida</i> Willd.	Moraceae					5
<i>Gleditsia amorphoides</i> (Griseb.) Taub.	Fabaceae					2
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Nyctaginaceae			1		
<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	Meliaceae	9				
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae				6	
<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	Euphorbiaceae		1	3		3
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Bignoniaceae				1	
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Bignoniaceae				6	
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Bignoniaceae					2
<i>Helietta apiculata</i> Benth.	Rutaceae					6
<i>Heliocarpus popayanensis</i> Kunth	Malvaceae	1				
<i>Hennecartia omphalandra</i> J.Poiss.	Monimiaceae		5			
<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	Fabaceae	5	2			
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.*	Rhamnaceae					6
<i>Hybanthus bigibbosus</i> (A.St.-Hil.) Hassl.	Violaceae		1			
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	Aquifoliaceae			2		
<i>Inga marginata</i> Willd.	Fabaceae	1	1		7	1
<i>Inga striata</i> Benth.	Fabaceae	1		3	6	

Espécie	Família	FM	FS1	FS2	SR1	SR2
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	Bignoniaceae	3	1	1		4
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A.DC.	Caricaceae	4	1			
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit*	Fabaceae					5
<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.*	Oleaceae					1
<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) A.M.G.Azevedo & H.C.Lima	Fabaceae	7	2		6	
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	Malvaceae		5	6		4
<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	Fabaceae			5		
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	Fabaceae	1		1	1	5
<i>Machaerium stipitatum</i> Vogel	Fabaceae	2	5	1		9
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	Moraceae	3		1		6
<i>Mangifera indica</i> L.*	Anacardiaceae					4
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Sapindaceae			7		2
<i>Miconia pusilliflora</i> (DC.) Naudin	Melastomataceae	1				
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	Fabaceae				1	
<i>Myrcia laruotteana</i> Cambess.	Myrtaceae					1
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	Fabaceae		1			
<i>Myrsine umbellata</i> Mart	Primulaceae	2	3	4		
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Lauraceae	6	7			1
<i>Neea schwackeana</i> Heimerl	Nyctaginaceae		1			
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	Lauraceae	4	5	6		2
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Lauraceae	1				
<i>Ocotea silvestris</i> Vattimo-Gil	Lauraceae		1			
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Fabaceae	1	3	2		7
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Fabaceae	2	2	6	8	4
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	Peraceae	1				
<i>Peritassa campestris</i> (Cambess.) A.C.Sm.	Celastraceae	1				
<i>Persea americana</i> Mill.*	Lauraceae					1
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Fabaceae				6	
<i>Plinia rivularis</i> (Cambess.) Rotman	Myrtaceae	2	1			
<i>Poincianella pluviosa</i> (DC.) L.P.Queiroz	Fabaceae				2	
<i>Prockia crucis</i> P. Browne ex L.	Salicaceae	1				
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Rosaceae	3	3			7
<i>Psidium guajava</i> L.*	Myrtaceae					7
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Fabaceae				5	1
<i>Schefflera calva</i> (Cham.) Frodin & Fiaschi	Araliaceae	2				
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae			6		
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	Euphorbiaceae		3	1		
<i>Seguiera guaranitica</i> Speg.	Phytolaccaceae	1	3			
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Fabaceae	5		1	6	
<i>Senegalia recurva</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Fabaceae				2	
<i>Sloanea hirsuta</i> (Schott) Planch. ex Benth.	Elaeocarpaceae		1			
<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.	Solanaceae	1	1			
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.	Moraceae	7	4			
<i>Strychnos trinervis</i> (Vell.) Mart	Loganiaceae	2	1			
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Arecaceae	10	4	2	3	1
<i>Tabernaemontana catharinensis</i> A.DC.	Apocynaceae	1	1	6	6	2
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	1			1	
<i>Trichilia catigua</i> A. Juss.	Meliaceae	3	5			
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	Urticaceae	2				
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	Lamiaceae			2		
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Rutaceae			2		1
<i>Zanthoxylum petiolare</i> A.St.-Hil. & Tul.	Rutaceae	2	1			
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Rutaceae			5		1

*Espécies não nativas do Brasil.

Assim, foram analisados 217 indivíduos de 66 espécies em FM, 144 indivíduos de 51 espécies em FS1, 115 indivíduos de 33 espécies em FS2, 97 indivíduos de 26 espécies em SR1 e 168 indivíduos de 53 espécies em SR2. Nestes foram registradas as presenças ou as ausências das fenofases de floração (botão e antese) e de frutificação (frutos imaturos e

maduros) mensalmente durante dois anos (agosto de 2014/julho de 2016), com auxílio de um binóculo.

Análise dos Dados

Para a comparação da similaridade florística das espécies arbóreas amostradas entre a floresta madura (FM) e as áreas de florestas secundárias (FS1 e FS2) e os sítios de restauração (SR1 e SR2) foi calculado o índice de similaridade de Jaccard.

Para testar a ocorrência da sazonalidade em cada uma das fenofases analisadas em cada uma das áreas foi utilizada a análise circular (Zar, 1999). Assim, para cada ano de observação foi calculada a riqueza de espécies que apresentavam cada fenofase por mês em cada área de estudo. A data de realização de cada amostragem mensal foi convertida em ângulos, de forma a variar de 0 a 360°. O ângulo médio, o desvio padrão angular e comprimento do vetor r foram calculados, e para testar a significância do ângulo médio foi utilizado o teste de Rayleigh (z) para a distribuição circular. No teste de Rayleigh (z) foram testadas as seguintes hipóteses: H_0 : as amostras distribuem-se uniformemente ao longo do ano, não há sazonalidade ($p > 0,05$); H_1 : as amostras não se distribuem uniformemente ao longo do ano, há sazonalidade ($p < 0,05$).

Para a comparação da riqueza de espécies que apresentavam cada fenofase (botão, antese, fruto imaturo e maduro) entre as áreas estudadas, foram realizados Testes de Friedman (não paramétrico) com ajuste pelo método de Holm, uma vez que os pressupostos de esfericidade, analisados pelo teste de Mauchly, foram feridos, o que impede o uso da Análise de Variância (Anova) de medidas repetidas. Em caso de significância estatística foi utilizado o teste post-hoc de Conover.

Foram calculados modelos que foram baseados na classe de modelos estatísticos GAMLSS (Modelos Aditivos Generalizados para Posição, Escala e Forma) (Hair et. al., 2009). Este método preconiza a explicação de um fenômeno (variável resposta – riqueza de espécies em cada fenofase em cada área) em função de uma série de variáveis explicativas (temperatura do período estudado, temperatura histórica, precipitação do período estudado, precipitação histórica e comprimento médio dos dias) obtidas de bases de dados do Simepar (Figura 2). A modelagem foi construída na distribuição do tipo Gaussiana Invertida de Poisson. Desta maneira, torna-se viável a modelagem de todos os parâmetros da distribuição como função de variáveis explicativas em separado.

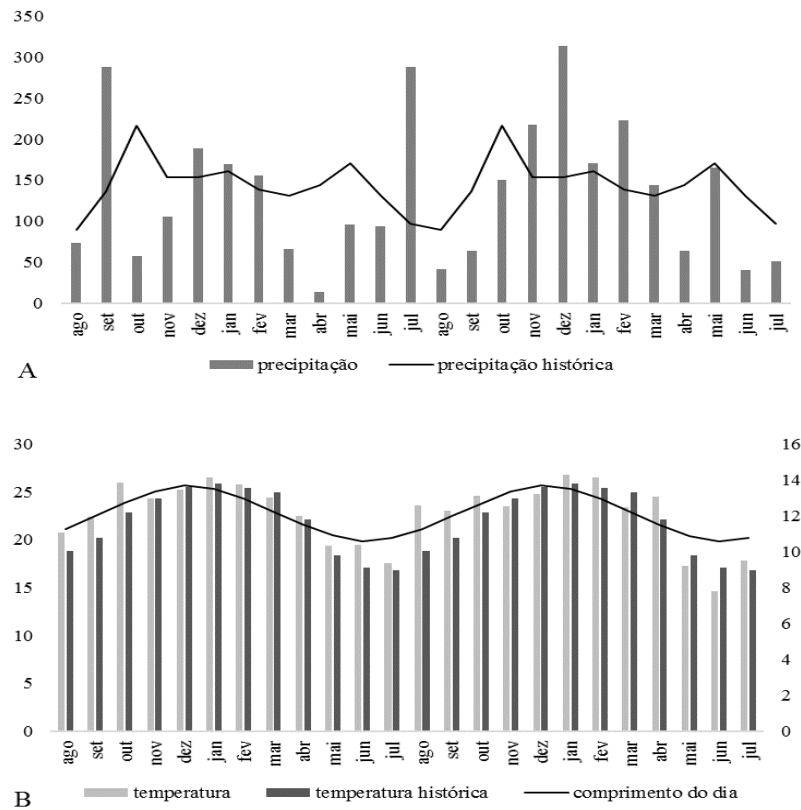


Figura 2. Gráficos das variáveis meteorológicas utilizadas na Correlação de Spearman (rs). A: representa o gráfico de precipitação com as médias do período estudado e as médias históricas. B: representa o gráfico de temperatura com as médias do período estudado e as médias históricas no eixo principal e os comprimentos dos dias médios no eixo secundário.

Durante a realização da análise que ajusta o modelo, verificou-se a significância da riqueza de espécies em cada fenofase em cada área (associados às variáveis explicativas). Para avaliar a qualidade do ajuste e escolha da especificação ótima de um modelo, utilizou-se uma combinação dos critérios para Critério de Informação de Akaike (AIC) e o Critério Bayesiano de Schwartz (SBC). Os critérios realizam a comparação de dois modelos de cada vez. Iniciou-se o ajuste com o modelo contendo todas as variáveis explicativas mensuradas no estudo e calculou-se o AIC e o SBC. Em seguida, retirou-se uma ou mais variáveis que se apresentaram não significativas, e calculou-se novamente o AIC e o SBC. O melhor modelo é aquele que produz os menores valores de AIC e SBC.

Como no sítio de restauração ativa avançada (SR2) foram amostradas 11 espécies não nativas do Brasil (Tabela 2), todas as análises estatísticas foram realizadas com ou sem a riqueza de espécies não nativas observado em cada fenofase, a fim de observar o quanto as espécies não nativas contribuem com a riqueza de espécies em floração e frutificação.

Resultados

Os valores absolutos e relativos da riqueza de espécies que apresentaram cada fenofase em cada uma das áreas estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Riqueza de espécies amostradas e os valores absolutos e relativos de espécies com cada fenofase (botão, antese, fruto verde e fruto maduro) em cada uma das áreas de Floresta Estacional Semidecidual estudadas no oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada; SR2_{não nativas}: espécies não nativas do sítio de restauração ativa avançada.

Área	Riqueza de Espécies Amostradas	Botão	Antese	Fruto Imatuto	Fruto Maduro
FM	66	47 (71%)	45 (68%)	53 (80%)	48 (73%)
FS1	51	41 (80%)	41 (80%)	37 (73%)	36 (71%)
FS2	33	26 (79%)	27 (82%)	28 (85%)	27 (82%)
SR1	26	13 (50%)	13 (50%)	13 (50%)	13 (50%)
SR2	53	37 (70%)	37 (70%)	33 (62%)	32 (60%)
SR2 _{não nativas}	11	8 (15%)	9 (17%)	7 (13%)	7 (13%)

De acordo com o índice de similaridade de Jaccard das espécies amostradas, a floresta madura (FM) apresentou maior similaridade florística com a floresta secundária avançada (FS1) (44%), seguida da floresta secundária intermediária (FS2) (32%), posteriormente do sítio de restauração ativa avançada apenas com as espécies nativas (SR2_{apenas nativas}) (26%), do sítio de restauração ativa avançada com o total de espécies amostradas (SR2) (24%) e por fim do sítio de restauração ativa inicial (SR1) (15%).

O vetor médio da análise circular apontou para a maior concentração de espécies em floração (botão e antese) no período representado pela primavera (setembro e dezembro). Por meio do teste de Rayleigh (Z) pode-se observar a ocorrência da sazonalidade para os eventos de floração, sendo observada para botão e antese nos dois anos amostrados em FM, FS1, SR2 e SR_{apenas nativas}, para botão e antese somente no primeiro ano amostrado em SR1, e para botão no primeiro ano e antese no segundo ano amostrado em FS2 ($p < 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4. Valores obtidos na análise circular das fenofases de botão, antese, fruto imaturo e fruto maduro das espécies amostradas entre agosto de 2014 e julho de 2016 nas cinco áreas estudadas no oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada; SR2_{apenas nativas}: sítio de restauração ativa avançada apenas com as espécies nativas. Valores significativos para o teste de sazonalidade de Rayleigh $p \leq 0,05$.

Variável	Vetor Médio (μ)	Comprimento do Vetor (r)	Desvio Padrão Circular	Teste de Rayleigh (Z)	Teste de Rayleigh (p)	
Botão	FM Ano 1	338° (dez)	0,154	110,818°	3,75	0,024*
	FM Ano 2	269° (set)	0,175	106,965°	4,903	0,007*
	FS1 Ano 1	310° (nov)	0,32	86,472°	10,764	2,11E ⁻⁰⁵ *
	FS1 Ano 2	308° (nov)	0,225	98,934°	5,477	0,004*
	FS2 Ano 1	326° (nov)	0,276	91,872°	5,428	0,004*
	FS2 Ano 2	258° (set)	0,176	106,76°	2,112	0,121
	SR1 Ano 1	330° (nov)	0,335	84,759°	4,708	0,008*
	SR1 Ano 2	322° (nov)	0,225	98,961°	2,025	0,132*
	SR2 Ano 1	292° (out)	0,324	86,065°	9,321	8,95E ⁻⁰⁵ *
	SR2 Ano 2	307° (nov)	0,258	94,334°	6,981	9,29E ⁻⁰⁴ *
	SR2 _{apenas nativas} Ano 1	297° (out)	0,375	80,286°	9,405	8,23E ⁻⁰⁵ *
	SR2 _{apenas nativas} Ano 2	310° (nov)	0,297	89,23°	6,722	0,001*
Antese	FM Ano 1	323° (nov)	0,152	111,133°	3,485	0,031*
	FM Ano 2	272° (out)	0,164	109,035°	4,092	0,017*
	FS1 Ano 1	305° (nov)	0,342	83,876°	11,495	1,02E ⁻⁰⁵ *
	FS1 Ano 2	311° (nov)	0,236	97,38°	5,676	0,003*
	FS2 Ano 1	302° (nov)	0,204	102,124°	2,795	0,061*
	FS2 Ano 2	262° (set)	0,27	92,659°	4,974	0,007*
	SR1 Ano 1	338° (dez)	0,415	76,011°	6,194	0,002*
	SR1 Ano 2	332° (dez)	0,274	92,15°	2,86	0,056
	SR2 Ano 1	290° (out)	0,379	79,816°	12,638	3,24E ⁻⁰⁶ *
	SR2 Ano 2	312° (nov)	0,237	97,267°	5,098	0,006*
	SR2 _{apenas nativas} Ano 1	296° (out)	0,408	76,713°	10,657	2,35E ⁻⁰⁵ *
	SR2 _{apenas nativas} Ano 2	311° (nov)	0,296	89,434°	5,773	0,003*
Fruto Imaturo	FM Ano 1	26° (jan)	0,05	140,405°	0,508	0,602
	FM Ano 2	355° (dez)	0,065	133,817°	0,988	0,372
	FS1 Ano 1	356° (dez)	0,034	149,315°	0,217	0,805
	FS1 Ano 2	16° (jan)	0,046	142,312°	0,387	0,679
	FS2 Ano 1	45° (fev)	0,123	117,354°	1,808	0,164
	FS2 Ano 2	320° (nov)	0,132	115,227°	1,997	0,136
	FS2 Ano 2	320° (nov)	0,132	115,227°	1,997	0,136
	SR1 Ano 1	112° (abr)	0,132	115,218°	1,174	0,309
	SR1 Ano 2	33° (fev)	0,094	124,573°	0,46	0,631
	SR2 Ano 1	44° (fev)	0,052	139,113°	0,49	0,613
	SR2 Ano 2	55° (fev)	0,109	120,668°	1,943	0,143
	SR2 _{apenas nativas} Ano 1	38° (fev)	0,069	132,428°	0,546	0,58
SR2 _{apenas nativas} Ano 2	50° (fev)	0,105	121,717°	1,162	0,313	
Fruto Maduro	FM Ano 2	62° (mar)	0,055	137,977°	0,591	0,554
	FM Ano 1	355° (dez)	0,048	141,054°	0,401	0,67
	FS1 Ano 1	83° (mar)	0,02	160,339°	0,051	0,95
	FS1 Ano 2	13° (jan)	0,03	152,023°	0,143	0,867
	FS2 Ano 1	230° (ago)	0,053	139,086°	0,32	0,726
	FS2 Ano 2	1° (jan)	0,173	107,248°	2,948	0,052
	SR1 Ano 1	153° (jun)	0,119	118,223°	0,963	0,382
	SR1 Ano 2	337° (dez)	0,078	129,36°	0,287	0,752
	SR2 Ano 1	264° (set)	0,005	187,412°	0,004	0,996
	SR2 Ano 2	85° (mar)	0,105	121,536°	1,778	0,169
	SR2 _{apenas nativas} Ano 1	85° (mar)	0,021	159,345°	0,045	0,956
	SR2 _{apenas nativas} Ano 2	87° (mar)	0,124	117,083°	1,567	0,209

Apesar de todas as áreas estudadas apresentarem um maior número de espécies em floração (botão e antese) entre os meses de setembro e dezembro (Tabela 3), a riqueza de espécies com as fenofases de botão e antese das áreas de restauração tanto passiva (FS1 e FS2) quanto ativa (SR1 e SR2) foi inferior em relação à área de referência (FM) ao longo dos meses ($p < 0,05$). Com semelhanças somente para a riqueza de espécies com botões ao longo dos meses entre SR2 e FS1 ($p = 0,053$), e entre SR2_{apenas nativas} e FS2 ($p = 0,17$).

Para os eventos de frutificação, a sazonalidade não foi verificada para nenhuma das áreas estudadas ($p > 0,05$) (Tabela 3). A riqueza de espécies com as fenofases de fruto imaturo e maduro encontradas nas áreas de restauração passiva (FS1 e FS2) e ativa (SR1 e SR2) foi inferior da encontrada na área de referência (FM) ao longo dos meses ($p < 0,05$). Com semelhanças somente para a riqueza de espécies com frutos imaturos ao longo dos meses entre SR2 e FS1 ($p = 0,08$), e entre SR2_{apenas nativas} e FS2 ($p = 0,08$).

Os melhores parâmetros para as construções dos modelos (GAMLSS) foram definidos após a retirada das variáveis meteorológicas que não apresentaram significância estatística, mantendo as de maior significância ou de maior proximidade da significância. O comprimento do dia apresentou significância estatística com um maior número de variáveis respostas, sendo utilizado para um maior número de modelos, para botão ocorreu em FM, FS1, SR1, SR2 e SR2_{apenas nativas}, para antese em FM, FS1, SR2 e SR2_{apenas nativas}, para fruto imaturo em FS2 (acima no limite de significância; $p > 0,1$) e SR2, e para fruto maduro FS2, SR1, SR2 e SR2_{apenas nativas}, mas nesses últimos com valores acima no limite de significância ($p > 0,1$). Para a frutificação a temperatura histórica foi a segunda variável mais utilizada nos modelos, utilizada para frutos imaturos em FM, FS1 e SR2_{apenas nativas} e para fruto maduro em FS1 (Tabela 5).

Tabela 5. Estimativa de parâmetros com a aplicação da GAMLSS para a modelagem da riqueza de espécies com botão, antese, fruto imaturo e fruto maduro de cada uma das cinco áreas estudadas como variável resposta, oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada; SR2_{apenas nativas}: sítio de restauração ativa avançada apenas com as espécies nativas. $p < 0,05$ significativo; $p < 0,1$ limítrofes da significância.

	Variável resposta	Parâmetros*	Estimativa	Erro padrão	t-valor	Pr (> t)
Botão	FM	Intercepto	1.222	0.816	1.497	0.149
		Comprimento do dia	0.111	0.064	1.743	0.095
	FS1	Intercepto	-1.028	0.853	-1.206	0.241
		Precipitação histórica	0.007	0.002	3.162	0.005
		Comprimento do dia	0.171	0.072	2.369	0.028
	FS2	Intercepto	0.074	0.439	0.169	0.867
		Precipitação histórica	0.011	0.003	3.786	0.001

	Variável resposta	Parâmetros*	Estimativa	Erro padrão	t-valor	Pr (> t)	
Antese	SR1	Intercepto	-2.890	1.511	-1.913	0.069	
		Comprimento do dia	0.335	0.119	2.810	0.010	
	SR2	Intercepto	-2.710	1.267	-2.140	0.045	
		Temperatura histórica	-0.164	0.071	-2.295	0.033	
		Comprimento do dia	0.687	0.211	3.250	0.004	
	SR2 _{apenas nativas}	Intercepto	-1.930	1.146	-1.684	0.107	
		Comprimento do dia	0.302	0.092	3.277	0.004	
	FM	Intercepto	1.208	0.791	1.526	0.141	
		Comprimento do dia	0.109	0.063	1.724	0.099	
	FS1	Intercepto	-1.452	1.074	-1.352	0.191	
		Comprimento do dia	0.291	0.087	3.351	0.003	
		FS2	Intercepto	0.511	0.567	0.901	0.378
	Precipitação do período estudado			-0.002	0.001	-2.169	0.042
		Precipitação histórica		0.010	0.004	2.929	0.008
		SR1	Intercepto	-3.788	0.211	-17.928	8.61E ⁻¹⁴
	Precipitação histórica			0.008	0.001	5.158	4.78E ⁻⁰⁵
		Temperatura do período estudado		0.159	0.003	59.902	< 2E ⁻¹⁶
		SR2	Intercepto	-1.281	1.237	-1.035	0.312
Comprimento do dia			0.268	0.100	2.672	0.014	
	SR2 _{apenas nativas}	Intercepto	-2.293	1.327	-1.728	0.099	
Comprimento do dia			0.324	0.107	3.025	0.006	
	FM	Intercepto	2.533	0.075	33.590	< 2E ⁻¹⁶	
Temperatura do período estudado			-0.041	0.002	-20.100	9.86E ⁻¹⁵	
Temperatura histórica			0.059	0.001	40.910	< 2E ⁻¹⁶	
FS1	Intercepto	2.395	0.05	47.47	< 2E ⁻¹⁶		
	Temperatura histórica		0.016	2.74E ⁻¹⁰	6.00E ⁺⁰⁷	< 2E ⁻¹⁶	
FS2	Intercepto	0.806	0.902	0.894	0.381		
	Comprimento do dia	0.121	0.073	1.641	0.115		
SR1	Intercepto	1.351	0.083	16.21	2.39E ⁻¹³		
	Precipitação histórica		0.001	2.14E ⁻¹⁰	8.10E ⁺⁰⁶	< 2E ⁻¹⁶	
	SR2	Intercepto	1.905	0.096	19.745	1.38E ⁻¹⁴	
Precipitação do período estudado			0.001	0.001	2.108	0.048	
	Comprimento do dia		0.053	0.001	46.226	< 2E ⁻¹⁶	
	SR2 _{apenas nativas}	Intercepto	0.988	0.682	1.45	0.161	
Temperatura histórica			0.059	0.031	1.906	0.07	
	FM	Intercepto	2.809	55444	0.001	1	
Precipitação histórica			-5.69E ⁻⁰⁴	5.88E ⁻⁰⁴	-0.968	0.344	
FS1	Intercepto	2.292	0,058	39.9	< 2E ⁻¹⁶		
	Temperatura histórica		0,009	3.66E ⁻¹⁰	2.54E ⁺⁰⁷	< 2E ⁻¹⁶	
FS2	Intercepto	1.155	0.894	1.292	0.210		
	Comprimento do dia	0.085	0.074	1.139	0.267		
SR1	Intercepto	2.109	1.480	1.425	0.168		
	Comprimento do dia	-0.045	0.126	-0.357	0.725		
SR2	Intercepto	2.668	1.112	2.399	0.025		
	Comprimento do dia	-0.005	0.091	-0.054	0.958		
SR2 _{apenas nativas}	Intercepto	2.269	1.187	1.912	0.069		
	Comprimento do dia	-0.010	0.096	-0.107	0.916		

*Parâmetros estimados por meio da média μ da distribuição Gaussiana Invertida de Poisson, usando $\log_{2,75}$

Os modelos com maiores significâncias estatísticas entre riqueza e variáveis meteorológicas foram utilizados na construção de gráficos de riqueza de espécies para cada fenofase. Para todas as fenofases FM apresentou a maior riqueza ao longo dos meses de estudo, seguida de FS1 e SR2, depois de FS2 e por fim de SR1. Quando analisado apenas com

as espécies nativas de SR2, a riqueza desta área apresentou uma diminuição, com valores mais próximos de FS2 (Figura 3).

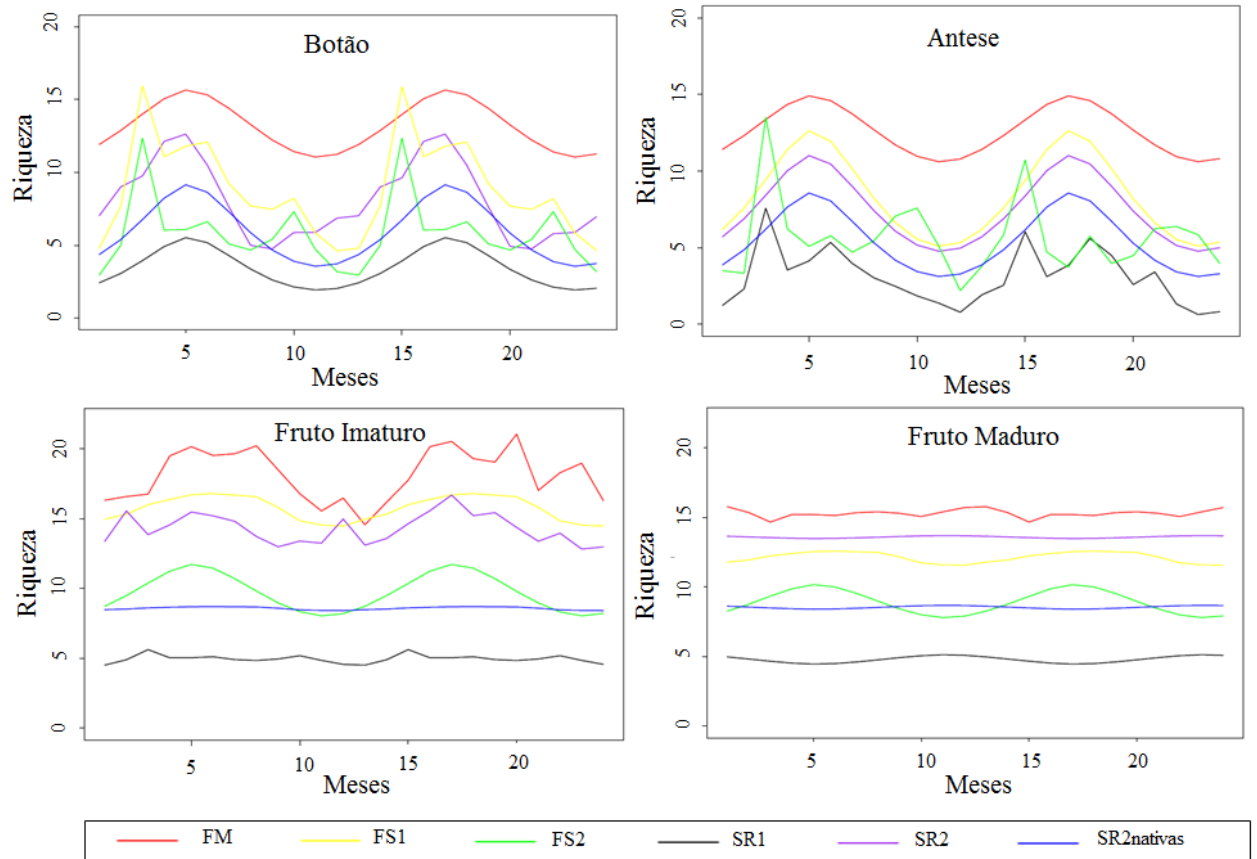


Figura 3. Riqueza de espécies amostradas entre agosto de 2014 e julho de 2016 que apresentaram as fenofases de botão, antese, fruto imaturo e fruto maduro nas áreas amostradas localizadas no oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada; SR2nativas: sítio de restauração ativa avançada apenas com as espécies nativas.

Discussão

As áreas de restauração passiva (florestas secundárias) e ativa (sítios de restauração) apresentaram diferenças em relação à floresta madura de referência, sendo as maiores diferenças quanto a riqueza de espécies arbóreas em cada fenofase reprodutiva (botão, antese, fruto imaturo e maduro) ao longo dos meses do ano.

As espécies amostradas nas áreas de restauração passiva em estágio avançado (FS1= 44%) e médio de sucessão (FS2= 32%) apresentaram maior similaridade florística em relação à floresta de referência (FM) que os sítios de restauração ativa (SR2= 24%; SR2_{apenas nativas}= 26%; SR1= 15%). Segundo Suganuma e Durigan (2014), a composição florística de florestas

sob restauração ativa tende a apresentar menor similaridade florística em relação a ecossistemas de referência do que florestas sob restauração passiva. Assim, os sítios de restauração passiva (florestas secundárias) emergem como importantes repositórios da biodiversidade local e exercem funções e serviços ecossistêmicos essenciais em paisagens modificadas por seres humanos, o que os torna elementos-chave do planejamento da conservação nessas paisagens (Arroyo-Rodrigues et al., 2015).

Os eventos de floração (botão e antese) foram sazonais para os meses de primavera (setembro a dezembro) ($p < 0,05$). Carmo e Morellato (2009) obtiveram um padrão bastante sazonal para as fenofases de floração entre os meses de outubro a dezembro em matas ciliares da Bacia do Tio Tibagi (PR), em ecossistemas de Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual e Semidecidual. Os padrões sazonais para a floração em florestas estacionais tendem a apresentar maior concentração dessa fenofase entre o fim do inverno e a primavera (setembro a dezembro), período marcado pelo aumento do comprimento do dia, temperatura e precipitação (Fenner, 1998; Morellato et al., 2000; Pezzini et al., 2014).

Os eventos de frutificação não apresentaram sazonalidade. Estudos sugerem que os eventos de frutificação, mesmo em florestas estacionais, apresentam baixa sazonalidade, uma vez que se observa a presença de frutos distribuídos de forma mais homogênea durante todos os meses do ano (Morellato et al., 2000; Morellato et al., 2013; Garcia et al., 2014).

O comprimento do dia apresentou relação com maior significância estatística sobre as variáveis resposta de floração nos modelos construídos (GAMLSS). Estudos apontam que o comprimento do dia apresenta maior influência nas fenofases de floração de espécies arbóreas em florestas estacionais, ou seja, a duração de horas de luz representa importante fator no desenvolvimento e abertura das flores, porém as temperaturas e as precipitações também podem influenciar em conjunto com o comprimento dos dias (Morellato et al., 2000; IBGE, 2012; Garcia et al., 2014; Cortés-Flores et al., 2016). Como foi o caso da precipitação histórica que apresentou relação com botão em FS1 e FS2 e para antese em FS2 (juntamente com a precipitação do período estudado) e SR1 (juntamente com a temperatura do período estudado), e a temperatura histórica com botão em SR2.

O comprimento do dia e a temperatura histórica foram as variáveis utilizadas para a construção de um maior número de modelos (GAMLSS) para a frutificação. Segundo Zimmerman et al. (2007), a frutificação tem início no período de maior duração de horas de luz e temperaturas, com elevada produção de frutos imaturos e em seguida o amadurecimento e desenvolvimento dos frutos se estendem durante vários meses do ano. Isso reduziu a significância da relação entre a riqueza de espécies com frutos maduros e as variáveis

meteorológicas nos modelos ($p>0,1$) (Tabela 5), ocasionando também ausência de sazonalidade nas fenofases de frutificação durante o período estudado.

A temperatura e a precipitação do período estudado apresentaram pouco ou nenhum efeito sobre as fenofases, ocorrendo para a temperatura do período estudado em SR1 para antese e em FM para fruto imaturo, e para a precipitação do período estudado em FS2 para antese e em SR2 para fruto imaturo, sempre dependendo de outras variáveis meteorológicas além das do período estudado. Essas duas variáveis climáticas são sujeitas a alterações em função da mudança climática global e, portanto, sua baixa influência sobre a fenologia das plantas estudadas pode indicar uma suscetibilidade menor das florestas estudadas à alteração climática. Estes resultados apontam para a necessidade de mais pesquisas, incluindo mais espécies e mais áreas de restauração, visando melhorar a capacidade de prever as respostas dos ecossistemas florestais à mudança climática. Visto que, é de grande dificuldade a avaliação dos efeitos das mudanças climáticas sobre a fenologia em áreas de florestas tropicais, além disso, esses efeitos variam em escala regional e dependem de longos períodos para a avaliação (Richardson et al., 2013).

Tanto para os eventos de floração (botão e antese) quanto de frutificação (frutos imaturos e maduros), a riqueza de espécies encontradas em cada fenofase nas áreas de restauração passiva (FS1 e FS2) e ativa (SR1 e SR2) apresentaram valores inferiores em relação à área de referência (FM) ao longo dos meses ($p<0,05$). Sendo que os sítios mais avançados (FS1 e SR2) apresentaram maiores riquezas em cada fenofase e longo dos meses que o intermediário (FS2) e o inicial (SR1). Ou seja, depois de FM, FS1 e SR2 apresentaram maior riqueza ao longo dos meses para as fenofases analisadas, seguida de FS2 e por fim SR1. O que aponta que além da diferença florísticas entre as áreas, as idades e os estágios sucessionais também proporcionam diferenças fenológicas entre as comunidades (Pezzini et al., 2014).

Em SR2_{apenas nativas} a riqueza ao longo dos meses, para flores em botão e frutos imaturos, foi a mesma de FS2 ($p>0,05$). O que indica que a presença de espécies não nativas aumentou a disponibilidade de espécies com recursos florais e de frutos em SR2, o que pode afetar as interações tanto de planta-polinizador quanto de planta-dispersor em relação às espécies nativas (Bjerknes et al., 2007; Morellato et al., 2016; Norton, 2009). Esse efeito sobre as interações planta-polinizador e planta-dispersor ocorre possivelmente porque as espécies não nativas podem apresentar diferenças nos períodos de ocorrência das suas fenofases em relação às nativas, ou podem se beneficiar de eventos sazonais e serem menos

influenciadas por variações bruscas do ambiente, ou ainda apresentar fenofases mais longas ou elevada plasticidade fenotípica (Wolkovich e Cleland, 2010).

Em SR2, que é o sítio de restauração ativa avançada, a presença de espécies não nativas tornou a riqueza de espécies em floração e frutificação ao longo dos meses mais próxima à da floresta secundária em estágio avançado de sucessão (FS1) do que à da outra área de restauração ativa analisada (SR1). Portanto, deve-se considerar que apesar de espécies não nativas poderem competir com as nativas e o seu uso não ser mais recomendado para áreas de restauração, estas espécies quando já estabelecidas em um ambiente por um longo período podem representar importantes fontes de recursos para a fauna local (Wunderle Jr, 1997; Buisson et al., 2016).

FS2 apresentou baixa riqueza de espécies em floração e frutificação, porém 79 a 85% de suas espécies amostradas floresceram ou frutificaram durante o estudo. Apesar de ser um pequeno fragmento florestal que passa por restauração passiva a cerca de 25 anos pelo isolamento de atividades agropecuárias, foi a área que apresentou maiores porcentagens de espécies em reprodução. Ou seja, áreas de restauração passivas apresentam maiores similaridades florísticas, com isso restabelecimento da flora e quando em floração e frutificação são fontes de recursos para a fauna associada (Arroyo-Rodrigues et al., 2015). O que aponta para a importância de áreas de restauração passiva como repositório da flora local quando apresentam baixos níveis de degradação e presença de fragmentos de habitat nas proximidades (Chazdon, 2013; Rodrigues, 2013).

O sítio de restauração ativa inicial (SR1) apresentou a menor similaridade florística com FM (15%) e o menor riqueza de espécies em floração e frutificação (13; 50%) ao longo dos meses do ano. SR1 é representada por uma faixa de 4 km X 60 m que está em restauração há 13 anos, a área apresenta grande ação do efeito de borda e grande presença de gramíneas invasoras, o que pode ter prejudicado o estabelecimento das mudas plantadas, a germinação de sementes e o recrutamento de indivíduos presentes no estrato de regeneração desta área. A baixa riqueza de espécies em floração e frutificação nesta área aponta para um baixo número de espécies em reprodução e conseqüentemente uma baixa riqueza de espécies que apresentam disponibilidade de recursos florais e frutos ao longo do ano (Garcia et al., 2014; Buisson et al., 2016; Morellato et al., 2016). O que se sugere a realização de futuras pesquisas nesse sítio.

Portanto, apesar das diferenças obtidas na fenologia das espécies arbóreas entre as áreas de restauração passiva (intermediária e avançada) e ativa (inicial e avançada), essas áreas são importantes fontes de recursos em uma matriz composta por atividades

agropecuárias. Ou seja, tanto as restaurações passivas quanto as ativas não reverterão completamente os efeitos da redução de habitats e fragmentação, mas aumentarão a disponibilidade de habitat para muitas espécies que requerem floresta e permitirão maiores movimentos de plantas e animais ao redor da paisagem, permitindo interações de espécies como polinização, herbivoria e dispersão de sementes (Chazdon, 2017).

Agradecimentos

Agradecemos à administração da Fazenda Santa Maria (PR) por permitir a realização da pesquisa na área. Aos acadêmicos do curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário Dinâmica das Cataratas, Unidade Vila A, por participarem dos trabalhos de campo. E à professora Dra. Ana Tereza Bittencourt Guimarães por auxiliar na realização das análises estatísticas.

Referências

- Arroyo-Rodríguez, V.; Melo, F. P. L.; Martínez-Ramos, M.; Bongers, F.; Chazdon, R. L.; Meave, J. A.; Norden, N.; Santos, B. A.; Leal, I. R.; Tabarelli, M., 2015. Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: new insights from forest succession, forest fragmentation and landscape ecology research. *Biological Reviews*. 92 (1), 326-340.
- Bjerknes, A. L.; Totland, Ø.; Hegland, S. J.; Nielsen, A., 2007. Do alien plant invasions really affect pollination success in native plant species? *Biological Conservation*. 138 (1-2), 1-12.
- Buisson, E.; Alvarado, S. T.; Stradic, S. L.; Morellato, L. P. C., 2016. Plant phenological research enhances ecological restoration. *Restoration Ecology*. Opinion article, 1-8.
- Carmo, M. R. B.; Morellato, L. P. C., 2009. Fenologia de árvores e arbustos das matas ciliares da Bacia do Rio Tibagi, estado do Paraná, Brasil, in: Rodrigues, R. R.; Leitão-Filho, H. F. L. *Matas Ciliares: Conservação e Recuperação*. 2ed. São Paulo: Fapesp, pp. 125-141.
- Castro, C. C.; Martins, S. V.; Rodrigues, R. R., 2007. A focus on plant reproductive biology in the context of forest restoration, in: Rodrigues, R. R.; Martins, S. V.; Gandolfi, S. (Eds.). *High diversity forest restoration in degraded areas*. New York: Nova Science Publishers, pp. 197–206,
- Chazdon, R. L., 2013. Making Tropical Succession and Landscape Reforestation Successful. *Journal of Sustainable Forestry*. 32 (7), 649-658.
- Chazdon, R. L., 2017. Landscape Restoration, Natural Regeneration, and the Forests of the Future. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 102(2), 251-257.

- Conselho Nacional de Meio Ambiente, Conama. Resolução CONAMA n° 2/94, de 18 de março de 1994. n° 2/94. Define formações vegetais primárias e estágios sucessionais de vegetação secundária, com finalidade de orientar os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa no Paraná. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=143> (accessed 06 April 2017).
- Cortés-Flores, J.; Hernández-Esquível, K. B.; González-Rodríguez, A.; Ibarra-Manríquez, G. Flowering phenology, growth forms, and pollination syndromes in tropical dry forest species: Influence of phylogeny and abiotic factors., 2016. *American Journal of Botany*. 104 (1), 1-11,
- Durigan, G.; Engel, V. L., 2012. Restauração de ecossistemas no Brasil: onde estamos e para onde podemos ir, in: Martins, S. V. Restauração ecológica de ecossistemas degradados. 1 ed. Viçosa, Editora UFV, pp. 41-68.
- Fenner, M., 1998. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 1 (1), 78-91.
- Fournier, L. A., 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*. 24, 422-423.
- Fournier, L. A.; Charpantier, C., 1975. El tamaño de La muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba*. 25, 45-48.
- Garcia, L. C.; Barros, F. V.; Lemos-Filho, J. P., 2009. Fructification phenology as an important tool in the recovery of iron mining areas in Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 69 (3), 887-893.
- Garcia, L. C.; Hobbs, R. J.; Santos, F. A. M.; Rodrigues, R. R. 2014. Flower and Fruit Availability along a Forest Restoration Gradient. *Biotropica*. 46 (1), 114–123.
- Gris, D.; Temponi, L. G., 2017. Similaridade florística entre trechos de Floresta Estacional Semidecidual do Corredor de Biodiversidade Santa Maria – PR. *Ciência Florestal*. 27 (3), 1069-1081.
- Gris, D.; Temponi, L. G.; Damasceno Junior, G. A., 2014. Structure and floristic diversity of remnant semideciduous forest under varying levels of disturbance. *Acta Botanica Brasilica*. 28 (4), 569-576.
- Hair, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L., 2009. Análise multivariada de dados. Bookman Editora.

- IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. 2012. Cartas Climáticas do Paraná. <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863> (Accessed 23 March 2017).
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. Manuais técnicos em geociências, manual técnico da vegetação brasileira. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Lieberman, D., 1982. Seasonality and phenology in a dry tropical forest in Gama. *Journal of Ecology*. 70, 791-806.
- Lieth, H., 1974. Phenology and seasonality modeling. Springer-Verlag: Berlin, pp. 3-19.
- Maack, R., 2012. Geografia física do Estado do Paraná. 4 ed. Ponta Grossa, Editora UEPG.
- Marchiori, J. N. C., 2004. Elementos de Dendrologia. 2 ed. Santa Maria: Editora UFSM.
- Morellato, L. P. C.; Camargo, M. G. G.; Gressler, E., 2013. A Review of Plant Phenology in South and Central America, in: Schwartz, M. D. (ed.). *Phenology: An Integrative Environmental Science*. Dordrecht, Springer, p. 91-113.
- Morellato, L. P. C.; Alberton, B.; Alvarado, S. T.; Borges, B.; Buisson, E.; Camargo, M. G. G.; Cancian, L. F.; Carstensen, D. W.; Escobar, D. F. E.; Leite, P. T. P.; Mendoza, I.; Rocha, N. M. W. B.; Soares, N. C.; Silva, T. S. F.; Staggemeier, V. G.; Streher, A. S.; Vargas, B. C.; Peres, C. A., 2016. Linking plant phenology to conservation biology. *Biological Conservation*. 195, 60-72.
- Morellato, L. P. C.; Talora, D. C.; Takahasi, A.; Bencke, C. C.; Romera, E. C.; Zipparro, V. B., 2000. Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: A Comparative Study. *Biotropica*. 32 (4), 811-823.
- Norton, D. A., 2009. Species invasions and the limits to restoration: learning from the New Zealand experience. *Science*. 325, 569-571.
- Oliveira, P. E., 2008. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de cerrado, in: Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. F. (eds.). *Cerrado: ecologia e flora*. Planaltina: EMBRAPA, pp. 273-287.
- Pezzini, F. F.; Ranieri, B. D.; Brandão, D. O.; Fernandes, G. W.; Quesada, M.; Espírito-Santo, M. M.; Jacobi, C. M., 2014. Changes in tree phenology along natural regeneration in a seasonally dry tropical forest. *Plant Biosystems*, 148 (5), 965-974.
- Richardson, A. D.; Keenana, T. F.; Migliavaca, M.; Ryua, Y.; Sonnentaga, O.; Toomeya. 2013. Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. *Agricultural and Forest Meteorology*. 169 (2013), 156–173.
- Rodrigues, E., 2013. *Ecologia da Restauração*. Londrina: Editora Planta.

- Rodrigues, R. R.; Gandolfi, S. G.; Nave, A. G.; Attanario, C. M., 2007. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. *Pesquisa Florestal Brasileira*. 30, 7-21.
- 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 (3), 756-764.
- Santos, J. F.; Agostini, K.; Nocelli, R. C. F., 2013. Fenologia da floração de espécies lenhosas em áreas em processo de restauração em Araras, São Paulo. *Bioikos*. 27 (1), 3-12.
- Suganuma, M. S.; Durigan, G., 2014. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. *Restoration Ecology*. 23 (13), 138-251.
- Wolkovich, E. M.; Cleland, E. E., 2010. The phenology of plant invasions: a community ecology perspective. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 9 (5), 287-294.
- Wunderle Jr, J. M., 1997. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*. 99, 223-235.
- Zimmerman, J. K.; Wright, S. J.; Calderón, O.; Pagan, M. A.; Paton, S., 2007. Flowering and fruiting phenologies of seasonal and aseasonal neotropical forests: the role of annual changes in irradiance. *Journal of Tropical Biology*. 23, 231-251.
- Zar, J. H., 1999. *Biostatistical Analysis*. 4 ed. Prentice Hall: Englewood Cliffs, New Jersey, US.

APÊNDICES

Espécie	FM				FS1				FS2				SR1				SR2			
	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro
							nov	nov												
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	set	set	out	0	-	-	-	-	jul/ set	ago, set	out/dez	out/dez	-	-	-	-	jun, ago, set	jul/set	out/dez	nov, dez
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	todos	todos	todos	todos	exceto ago	set/mar, mai, jul	set/ mai, jul	set/mai	todos	ago/ mai	exceto ago	exceto ago	nov	nov	fev, nov	fev, nov	exceto mar	exceto abr, ago	todos	todos
<i>Cedrela fissilis</i> Vell	set, out, nov	set, out, nov	exceto set, out	todos	set, out	set, out	exceto abr	out/jan, jun/ago	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0
<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravena	0				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Celtis fluminensis</i> Carauta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	jul	0	jan, mar	jan, mar
<i>Cestrum bracteatum</i> Link & Otto	mar, abr, mai	mar, abr, mai	abr/ ago	abr/ jul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	out/ fev	out/mar	todos	fev/mai, ago,set, nov	jan, fev, mai, jul, ago, out,nov	fev,mai, jul, ago, nov	todos	mar/ mai, set/ nov	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	jul, ago, out/ fev	jul, ago, out/ fev	todos	jan/jul, set, dez	dez,jan, mar,abr	jan, mar, abr, dez	fev/abr, jun, set/ dez	mar, abr, jun, set	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A.Howard	jul, ago	jul	nov	nov	fev, ago, set, dez	fev, ago, set, dez	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Citrus deliciosa</i> Tenore*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	mai/ jul	mai/ago
<i>Citrus x aurantium</i> L.*	-	-	-	-	ago/nov	ago/nov	todos	todos	-	-	-	-	-	-	-	-	ago, set	ago, set	todos	todos
<i>Citrus x limon</i> (L.) Osbeck*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ago, set	ago, nov	exceto ago, set	todos
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	mai/ ago,out	mai/ago
<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S.Mill.	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	set, out	set, out	nov/ mar	nov
<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	mar, abr, nov, dez	mar,abr, ago, nov,dez	nov/ jul, set	exceto out, dez	nov/ fev	set, nov/ fev	out/ jun	jan/ ago, out	-	-	-	-	-	-	-	-	nov/ jan, set	dez/ fev, set	dez/jun	jan/ jun
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex	out/ jun	mar/	abr/ jul,	abr/ nov	nov/mai	fev/mai	mar/set	mar/out	nov/jun	mar/jun	mar/set	mar/out	-	-	-	-	jan/	nov,	mar/set	mar/ out

Espécie	FM				FS1				FS2				SR1				SR2			
	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro
	abr/ dez	fev, abr/ jun		out, nov																
<i>Ficus insipida</i> Willd.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	set	set	set/ jan	jan, set, out, dez	-	-	-	-
<i>Gleditsia amorphoides</i> (Griseb.) Taub.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0		-	-	-	-
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	-	-	-	-	-	-	-	-	fev, out, nov	fev, out, nov	nov	nov	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	fev, jul/ dez	fev, ago, out/ dez	todos	todos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	out/ abr	out/ abr	todos	todos	-	-	-	-
<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	-	-	-	-	mar, set, out, dez	mar, set/ dez	jul, set, out	mar, jul, set, out	0	0	set/ nov	ago/ nov	-	-	-	-	out, nov	nov	0	0
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	out	out	0	jan, out	-	-	-	-
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	out	out
<i>Helietta apiculata</i> Benth.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	exceto fev	exceto ago	todos	todos
<i>Heliocarpus popayanensis</i> Kunth	jan, mai/ set, dez	jun/ set	ago/ jan	ago/ mar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hennecartia omphalandra</i> J.Poiss.	-	-	-	-	jul/ out	jan, jul/ out	todos	excet outubro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	set	set	jan, mar, abr, set, out	jan, mar, abr, set, out	set, nov	set, nov	jan, set, out	jan, set	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	set/ dez	set/ dez	jan/ mar, mai, ago/ nov	jan/ mar, mai, ago/nov
<i>Hybanthus bigibbosus</i> (A.St.-Hil.) Hassl.	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilex paraguayensis</i> A.St.-Hil.	-	-	-	-	-	-	-	-	out, nov	set/ nov	nov/ jun	jan/ago, nov,dez	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Inga marginata</i> Willd.	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	ago/ ago/	ago/ ago/	fev/ fev/	mar/ mar/	set/ fev, dez/	dez/ dez/	jan, jan,	jan, jan,

Espécie	FM				FS1				FS2				SR1				SR2			
	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro
	out, nov	nov	jan, abr	jan, abr																
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	mar, jun, jul, set	mar, jun/ ago	mar, jun/ago, out, dez	mar, jun/ago, out, dez	jan/ jun	jan/ jun	mar, mai/ ago, out	mar, jun/ ago, out	-	-	-	-	-	-	-	-	set/ nov	set/ nov	fev, abr, out/ dez	abr, set/ dez
<i>Psidium guajava</i> L.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	out, nov	out, nov	todos	nov/set
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schefflera calva</i> (Cham.) Frodin & Fiaschi	jan, nov	jan	fev/ abr, jun/ set	fev/ abr, jun/ set	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	-	-	-	-	-	-	-	-	out/abr	jan/ abr, out, nov	fev/ abr, out/ dez	abr/ jun, out	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	-	-	-	-	out	ago, out	out/ jan, jun	nov/ jan, jun	out	nov	jan, nov	jan, nov	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sequiaria guaranitica</i> Speg.	0	0	0	0	fev	fev	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	jan/ abr, jul, nov, dez	jan/ abr, jul	abr/ set	mai/ out	-	-	-	-	0	0	0	0	jan/ mai, out	jan/ mai, out	mar/ dez	mar/ dez	-	-	-	-
<i>Senegalia recurva</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	out	out	fev/ set, nov	mar/ set, nov	-	-	-	-
<i>Sloanea hirsuta</i> (Schott) Planch. ex Benth.	-	-	-	-	0	0	jan, mar	jan, mar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.	fev, mar, out	fev, mar, out	mar, abr, jun, jul, out/ dez	mar, abr, jun, jul, nov, dez	jan, mar, out	jan, mar, out	out/ mar, mai, jul	nov/ mar, mai, jul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.	fev, jul, ago, out	fev, jul/ out	mai, ago/ out	ago/ nov	fev, jul/ dez	fev, ago/ dez	mar, jun, ago/out	jul/ set	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Strychnos trinervis</i> (Vell.) Mart	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	mai, jun, ago/ jan	exceto abr	todos	todos	jan, nov	mar, out/ jan	todos	dez/ mar, mai/ out	jan, out, dez	jul/ jan	jan/ jun, ago/ nov	jan/ jun, nov	0	0	0	0	jan, ago, set	jan, ago/ nov	exceto mai	dez/ abr, jun, jul, set
<i>Tabernaemontana catharinensis</i> A.DC.	0	0	jan	0	out, nov	out, nov	jan/ abr, jun	jan/ abr, jun	out, nov	out, nov	jan/ ago	jan, fev, mai/ago	out, nov	out, nov	out	0	0	0	0	0

Espécie	FM				FS1				FS2				SR1				SR2			
	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro	Botão	Antese	Fruto Imaturo	Fruto Maduro
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	mar/ mai, out, nov	mar/ mai, out, nov	abr, mai, jul	abr, mai	-	-	-	-	-	-	-	-	exceto mai, ago	set/ abr, jun	nov/ jun	nov/ jun	-	-	-	-
<i>Trichilia catigua</i> A. Juss.	out/ mai, jul, ago	exceto jun, set	jan/ jul	jul	jan/ mai, set, nov	set, nov/ mai	fev, abr, mai, out/dez	abr, nov, dez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	nov/ mar, ago	nov/ mar, ago	dez/ mar	dez/ mar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	-	-	-	-	-	-	-	-	out	nov	nov/ fev, abr	jan, abr	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	-	-	-	-	-	-	-	-	out	nov	0	0	-	-	-	-	out	out	0	
<i>Zanthoxylum petiolare</i> A.St.-Hil. & Tul.	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	-	-	-	-	-	-	-	-	out, nov	out, nov	dez/ mar	nov/ jul	-	-	-	-	out	out	0	

CAPÍTULO 2: Frutificação de espécies arbóreas zoocóricas em sítios de restauração ativa e passiva da Floresta Estacional Semidecidual

(Artigo a ser submetido à Restoration Ecology)

Maria Angélica Gonçalves Toscan^{1,2*}, Cristiane Ritter Rauber², Lívia Godinho Temponi³,
José Marcelo Domingues Torezan¹

¹ Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina 86057-970, Londrina, Parana, Brasil.

² Centro Universitário União Dinâmica das Cataratas, UDC, Foz do Iguaçu, Parana, Brazil.

³ Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Cascavel, Parana,

* maria_angelica_gt@hotmail.com

[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1526-100X/homepage/ForAuthors.html](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1526-100X/homepage/ForAuthors.html)

Resumo

Os estudos de fenologia são importantes ferramentas para o monitoramento de ambientes em restauração, pois informam sobre a disponibilidade de frutos para a fauna, além de gerarem informações úteis para a escolha de espécies em projetos de restauração ativa, e para auxiliar no manejo adaptativo. Objetivou-se comparar fenologia da frutificação de espécies arbóreas zoocóricas em áreas de restauração passiva de Floresta Estacional Semidecidual (duas florestas secundárias, estágio avançado (FS1) e intermediário (FS2) de sucessão) e de restauração ativa (reflorestamentos de duas idades, inicial de 13 anos (SR1) e avançada de 37 anos (SR2)), usando como referência um fragmento de floresta madura (FM), localizado no oeste do estado do Paraná, Brasil. De forma a testar as hipóteses de que os sítios de restauração mais avançados apresentam maior disponibilidade de espécies arbóreas zoocóricas em frutificação, e entre eles a restauração passiva avançada com maiores valores. Foi analisado o comportamento da frutificação das espécies de cada sítio mensalmente, durante 24 meses, visando verificar diferenças da similaridade florística das espécies, número de espécies e indivíduos em frutificação e os padrões de sazonalidade entre as áreas de restauração (passiva ou ativa) e a floresta de referência. As áreas com maior disponibilidade de espécies em frutificação e distribuídos de forma mais constante foram FM, FS1 e SR2, sem sazonalidade na frutificação. Em SR2, quando retiradas as espécies não nativas, a frutificação passou a ser sazonal. FS2 e SR1 apresentaram sazonalidade, porém FS2 apresentou grande porcentagem de suas espécies locais em frutificação, enquanto que SR1 apresentou o menor número de espécies em frutificação, com necessidade de mais estudos e medidas de manejo. No geral, as áreas de restauração mais antigas apresentam maior disponibilidade de espécies e indivíduos em frutificação. As espécies não nativas de SR2 aumentaram a disponibilidade de espécies e indivíduos frutificando no sítio. Quando possíveis de serem realizadas as restaurações passivas são importantes repositórios da flora local.

Palavras-chave: fenologia; frugivoria; regeneração natural; sazonalidade; zoocoria.

Implicações Práticas

- A fenologia da frutificação pode ser usada para a seleção de espécies para a restauração ativa visando melhorar a disponibilidade de frutos para a fauna.
- A ocorrência de sazonalidade na frutificação de espécies zoocóricas pode estar associada a períodos de baixa disponibilidade de frutos em certos períodos do ano.
- Em sítios de restauração que apresentam espécies não nativas, a frutificação destas espécies pode contribuir com a disponibilidade de frutos para a fauna, de modo que atividades de manejo devem ser cuidadosamente consideradas.

Introdução

A restauração ecológica visa iniciar ou acelerar o processo de sucessão secundária de um ecossistema que foi degradado, danificado ou totalmente destruído, buscando coloca-lo de volta na sua trajetória histórica de sucessão. Durante esse processo é necessário aumentar a resiliência, recuperar os processos ecológicos e valorizar os serviços ecossistêmicos (SER

PRIMER 2004). Quando os danos no ecossistema foram baixos este pode passar por restauração passiva (regeneração natural), por ainda não terem esgotado o seu potencial de regeneração, somente o término de ações de degradação pode ser suficiente para a sua restauração. Porém, quando os danos foram muito intensos surge a necessidade de além do término de ações de degradação também a reintrodução da biota, por meio de técnicas de restauração ativa (plantio com espécies nativas) (Chazdon 2013; MacDonald et al. 2016). Áreas de restauração passiva podem se mais similares floristicamente a ecossistemas naturais do que as de restauração ativa, e com isso são importantes repositórios da biodiversidade local (Suganuma & Durigan 2014; Arroyo-Rodrigues et al. 2015).

Estudos sobre a fenologia reprodutiva permitem a avaliação dos tipos de frutos, períodos de oferta e disponibilidade de frutos para os animais frugívoros (Galleti et al. 2012). Com a redução de habitats e a fragmentação, os ecossistemas podem ter a composição e a abundância de espécies e a sazonalidade dos eventos fenológicos alterados, o que modificaria a disponibilidade de recursos para a fauna, interferindo na dispersão de sementes (Morellato & Leitão-Filho 1996; Rubim et al. 2010). Assim, a análise da disponibilidade de frutos permite compreender parte significativa das interações entre plantas e animais, tanto no que diz respeito à manutenção de populações animais quanto da dispersão de sementes (Van Schaik et al. 1993; Morellato & Leitão Filho 1996). Por outro lado, dada a importância da disponibilidade de frutos para a fauna, estas informações podem ser úteis tanto para a conservação dos ambientes com alto grau de integridade quanto para contribuir com a restauração daqueles já afetados pelas perturbações antrópicas (Fenner 1998; Jordano et al. 2006).

Segundo Howe & Smallwood (1982), a síndrome de dispersão mais eficaz em ambientes florestais, ou seja, que permite que as sementes atinjam maiores distâncias da planta-mãe, é a zoocoria, o que explica o fato de que a partir de 50% e frequentemente acima de 75% das espécies arbóreas das florestas tropicais são zoocóricas. É esperado que, durante o desenvolvimento da vegetação, mais espécies zoocóricas se estabeleçam.

As relações entre plantas e dispersores são muito importantes na estruturação de comunidades, pois influenciam a distribuição espacial, a riqueza e a abundância de espécies, bem como a estrutura trófica e a fenodinâmica (Janzen 1970; Smith 1973; Bawa et al. 1985). Em ecossistemas em restauração ativa (como os plantios com espécies nativas) ou passiva (por meio de sucessão secundária espontânea), a dispersão de sementes pode ser um dos fatores mais importantes a determinar o curso da sucessão, influenciando a composição de espécies na vegetação (Wunderle JR 1997). No entanto a disponibilidade de propágulos destas

espécies deve depender da sua presença local na fase inicial (espontaneamente ou por re-introdução ativa), da dispersão a partir de áreas vizinhas, da presença de dispersores, e da interação das plantas presentes com o meio físico, principalmente disponibilidade de luz, água e temperatura (Silva 2008; Barbosa 2012).

Dessa forma, estudos fenológicos reprodutivos com o foco na frutificação passam a ser uma importante ferramenta para o monitoramento de áreas de restauração, pois permitem avaliar a disponibilidade de recursos para frugívoros e dispersores de sementes nessas áreas, e podem auxiliar a definir estratégias para a coleta de sementes e a gerar conhecimento para programas de conservação e manejo de áreas silvestres (Barbosa et al. 2012; Garcia et al. 2009). Assim, áreas em restauração ativa ou passiva podem ser comparadas com remanescentes florestais, tomados como ecossistemas de referência, visando determinar o grau de restabelecimento da oferta de frutos para a fauna frugívora.

Este trabalho teve como objetivo comparar a fenologia da frutificação de espécies arbóreas zoocóricas ao longo de dois anos em uma floresta madura (referência), florestas secundárias (restauração passiva) e sítios de restauração ecológica (reflorestamento com espécies nativas), de forma a testar as seguintes hipóteses: (1) sítios de restauração mais avançados apresentam maior disponibilidade de espécies arbóreas zoocóricas em frutificação do que os mais iniciais; (2) sítio de restauração passiva avançada apresenta maior disponibilidade de espécies arbóreas zoocóricas em frutificação do que o sítio de restauração ativa avançada; (3) a frutificação de espécies zoocóricas não ocorrem de forma homogênea durante os meses do ano nas áreas de restauração iniciais e intermediárias, implicando na existência de períodos de menor disponibilidade de frutos para animais frugívoros.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo da fenologia reprodutiva foi realizado em cinco áreas localizadas no oeste do estado do Paraná, distribuídas entre os municípios de Santa Terezinha de Itaipu e São Miguel do Iguaçu. Todas as áreas estão localizadas no terceiro planalto paranaense (Maack, 2012), altitude variando entre 220 e 350 m. O clima da região é Subtropical Úmido Mesotérmico, classificado por Köppen como Cfa, com temperatura média anual de 21°C. Os verões são quentes, com média superior a 22°C e os invernos com média inferior a 18°C. As chuvas são bem distribuídas durante o ano, com uma pequena redução no inverno e a precipitação anual variando em torno dos 1.800 mm (IAPAR, 2012). Floresta Estacional Semidecidual (FES),

caracterizada por apresentar de 20 a 50% dos indivíduos arbóreos decíduos, era a vegetação original da região (IBGE, 2012).

Entre as áreas amostradas estão: uma floresta madura de referência (FM); duas áreas de restauração passiva (florestas secundárias), sendo uma em estágio avançado de sucessão (FS1) e uma em estágio intermediário de sucessão (FS2), e dois sítios de restauração ativa com o plantio de espécies nativas, um inicial com 13 anos (SR1) e outro avançado com 37 anos (SR2), o estágio sucessional das áreas foi caracterizado segundo a resolução CONAMA n° 2/94, de 18 de março de 1994 (Figura 1, Tabela 1).

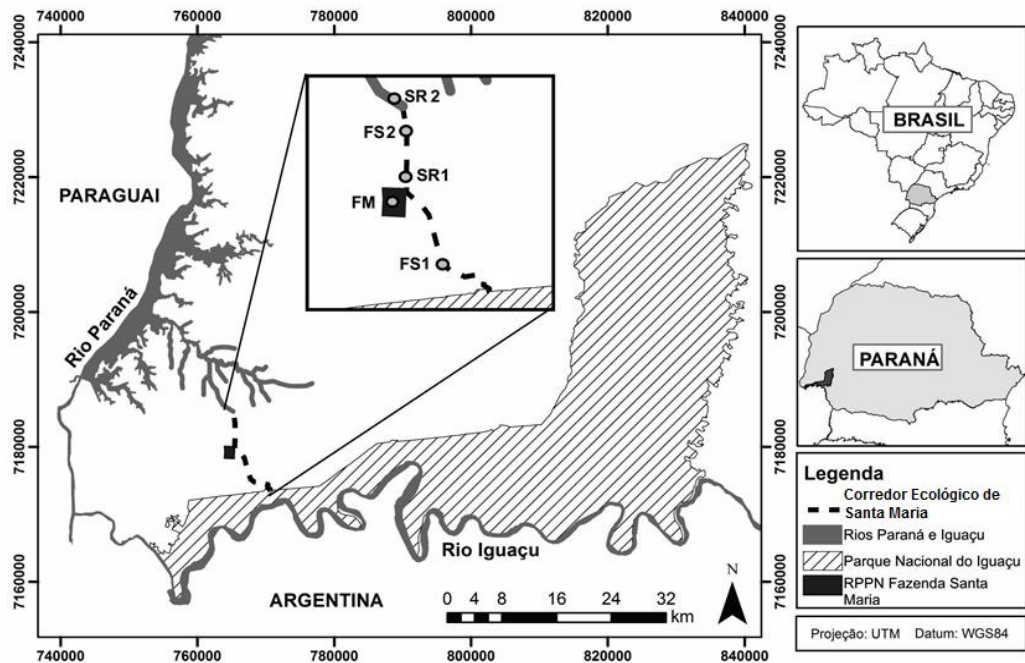


Figura 1. Mapa representando as áreas de Floresta Estacional Semidecidual estudadas no oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada.

Tabela 1. Características gerais dos sítios de Floresta Estacional Semidecidual utilizadas para o estudo da fenologia reprodutiva das espécies arbóreas no oeste do Paraná, Brasil.

Nome do Sítio	Código	Origem	Área	Idade	Coordenadas	Características
RPPN Fazenda Santa Maria*	FM	Floresta Madura de Referência	242 ha	Isolamento ≈70 anos	25° 29'30''S 54° 21'50''W	Alta similaridade estrutural e florística com o Parque Nacional Iguazu (Gris et al., 2014). Declarada RPPN em 1998 pela portaria 70/98 do Instituto Ambiental do Paraná (IAP).
APP da Fazenda São José*	FS1	Floresta Secundária em estágio avançado	87 ha	Isolamento ≈50 anos	25° 31'31''S 54° 20'06''W	Degradação pela retirada de espécies madeireiras nas últimas décadas, sem ocorrência de corte raso.
Mata Ciliar do Rio Bonito*	FS2	Floresta Secundária em estágio médio	20 ha	Isolamento ≈25 anos	25° 27'33''S 54° 21'16''W	Teve corte raso, e está em restauração após a interrupção de atividades de agricultura e pecuária.
Faixa Seca*	SR1	Sítio de restauração ativa inicial	24 ha	13 anos	25° 28'26''S 54° 21'17''W	Faixa de 4 km x 60 m plantada. Era formada por pastagens, o capim-colonião (<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs) é muito presente.
Faixa de Proteção do Reservatório de Itaipu	SR2	Sítio de restauração ativa avançada	60.000 ha	37 anos	25° 24'15''S 54° 23'41''W	No plantio foram incluídas espécies não nativas, e, apesar de presença dessas, a área está estabelecida como uma área de floresta e em processo de restauração.

*Áreas pertencentes ao Corredor Ecológico de Santa Maria, PR, Brasil.

As áreas FM, FS1, FS2 e SR1 pertencem ao Corredor Ecológico Santa Maria (Figura 1), que foi estabelecido em 2001 conforme a portaria 137/2001 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), com o objetivo de ligar áreas entre o Parque Nacional do Iguazu e a Faixa de Proteção do Reservatório de Itaipu por meio de fragmentos em diferentes estágios de sucessão e áreas de restauração. As áreas encontram-se próximas umas das outras na paisagem e estão inseridas em uma matriz composta por atividades agrícolas e pecuárias.

Coleta dos dados

Para a fenologia da frutificação foram utilizados indivíduos de espécies arbóreas zoocóricas presentes em parcelas permanentes de um estudo de florística e fitossociologia realizado anteriormente por Gris e Temponi (2017). A maioria das espécies obtidas no estudo de florística e fitossociologia foram selecionadas para a fenologia da frutificação, exceto quando não apresentou visibilidade suficiente da copa para a observação. Para o estudo da

frutificação foram selecionados inicialmente de cinco a dez indivíduos por espécie como recomendado por Fournier e Charpentier (1975), porém devido ao elevado número de espécies raras, foram selecionadas a partir de um indivíduo dessas espécies raras presentes nas áreas estudadas, como realizado por Rubim et al. (2010).

Foram analisados 475 indivíduos de 80 espécies zoocóricas, sendo 162 indivíduos de 47 espécies em FM, 100 indivíduos de 35 espécies em FS1, 81 indivíduos de 22 espécies em FS2, 43 indivíduos de 11 espécies em SR1 e 98 indivíduos de 35 espécies em SR2.

A frutificação dos indivíduos selecionados foi observada mensalmente durante dois anos (agosto 2014/julho 2016), com auxílio de um binóculo, de forma a verificar a presença e a ausência de frutos maduros no indivíduo.

Análise dos dados

Para a comparação da similaridade florística das espécies zoocóricas amostradas em FM em relação às espécies de FS1, FS2, SR1 e SR2 foi calculado o índice de similaridade de Jaccard.

Para que fosse testada a ocorrência da sazonalidade na frutificação de espécies zoocóricas em cada uma das áreas (FM, FS1, FS2, SR1 e SR2) foi utilizada a análise circular (Zar 1999). Assim, para cada ano de observação foi calculada a riqueza de espécies que apresentaram a ocorrência de frutificação por mês. Na análise, os meses foram convertidos em ângulos, com intervalos de 30° para cada mês. O ângulo médio, o desvio padrão angular e comprimento do vetor r foram calculados. Para testar a significância do ângulo médio foi utilizado o teste de Rayleigh (z) para a distribuição circular, testando as seguintes hipóteses estatísticas: H_0 : distribuição homogênea ao longo dos meses do ano ($p > 0,05$); H_A : distribuição não homogênea ao longo dos meses do ano, ocorre sazonalidade ($p < 0,05$). As frutificações com ângulos médios significativos foram convertidas na data média, que é a data média de maior intensidade ao longo do ano.

Uma vez que o pressuposto de esfericidade das variâncias não foi atendido (Teste de Mauchly), as comparações relativas a riqueza de espécies e o número de indivíduos em frutificação entre as áreas foram realizadas por meio do Teste de Friedman. Em caso de significância estatística foi utilizado o teste post-hoc de Conover.

Como no sítio de restauração ativa tardio (SR2) foram amostradas cinco espécies não nativas do Brasil frutificando, para todas as análises estatísticas realizadas foram também utilizados os resultados para essa área sem as espécies não nativas, a fim de observar diferenças entre os resultados com e sem essas espécies para essa área.

Resultados

Das espécies amostradas entre as cinco áreas 66 (83%) apresentaram frutos maduros por algum período durante os dois anos estudados. Na floresta madura de referência (FM), 35 espécies (74%) frutificaram, na floresta secundária em estágio avançado de sucessão (FS1) foram 24 (69%), na floresta secundária de estágio médio (FS2) 18 (82%), no sítio de restauração recente (SR1) 06 (27%) e no sítio de restauração tardio (SR2) 21 espécies (60%) (destas cinco eram não nativas) (Tabela 2). De acordo com o índice de similaridade de Jaccard das espécies zoocóricas, FS1 apresentou maior similaridade florística com FM (46%), seguida de FS2 (23%), posteriormente por SR2_{apenas nativas} (22%), por SR2 (21%) e por fim por SR1 (14%).

Tabela 2. Lista de espécies zoocóricas amostradas entre agosto de 2014 e julho de 2016 nas cinco áreas estudadas no oeste do Paraná, Brasil. N: número de indivíduos amostrados. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada. A / entre os meses indica que a frutificação ocorreu entre esses meses.

FAMILIA/ESPÉCIE	FM		FS1		FS2		SR1		SR2	
	N	MÊS	N	MES	N	MES	N	MES	N	MES
ANACARDIACEAE										
<i>Mangifera indica</i> L.*	-	-	-	-	-	-	-	-	4	0
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	-	-	-	-	6	abr/jun, out	-	-	-	-
ANNONACEAE										
<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.	2	dez/mar	1	jan-mar	2	jan	-	-	2	dez/mar
APOCYNACEAE										
<i>Tabernaemontana fuchsiaefolia</i> A.DC.	1	0	1	jan/abr, jun	6	jan, fev, mai/ago	6	0	2	0
AQUIFOLIACEAE										
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	-	-	-	-	2	jan/ago, nov,dez	-	-	-	-
ARALIACEAE										
<i>Dendropanax cuneatum</i> (DC.) Decne. & Planch.	5	jan, set	-	-	7	ago /fev	-	-	-	-
<i>Schefflera calva</i> (Cham.) Frodin & Fiaschi	2	fev/abr, jun/set	-	-	-	-	-	-	-	-
ARECACEAE										
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	1	dez/set	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	1	todos	4	dez/mar, mai/out	2	jan/jun, nov	3	0	1	dez/abr, jun, jul, set
BORAGINACEAE										
<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	8	jan/set, nov	3	jan/ago, out	-	-	-	-	1	jan/jun
CANNABACEAE										
<i>Celtis fluminensis</i> Carauta	-	-	-	-	-	-	1	0	1	jan, mar
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blum	1	abr, mai	-	-	-	-	1	nov/jun	-	-
CARDIOPTERIDACEAE										
<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A.Howard	3	nov	2	0	-	-	-	-	-	-
CARICACEAE										
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A.DC.	4	dez/mar	1	0	-	-	-	-	-	-
CELASTRACEAE										
<i>Peritassa campestris</i> (Cambess.) A.C.Sm.	1	dez	-	-	-	-	-	-	-	-
ELAEOCARPACEAE										
<i>Sloanea hirsuta</i> (Schott) Planch. ex Benth.	-	-	1	jan, mar	-	-	-	-	-	-

FAMILIA/ESPÉCIE	FM		FS1		FS2		SR1		SR2	
	N	MÊS	N	MES	N	MES	N	MES	N	MES
PERACEAE										
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
PRIMULACEAE										
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	2	nov	3	jul,out/dez	4	ago/jun	-	-	-	-
RHAMNACEAE										
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.*	-	-	-	-	-	-	-	-	6	jan/mar.mai , ago/nov
ROSACEAE										
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.*	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	3	mar, jun/ago, out,dez	3	mar, jun/ago, out	-	-	-	-	7	abr,set/dez
RUTACEAE										
<i>Citrus deliciosa</i> Tenore*	-	-	-	-	-	-	-	-	2	mai/ago
<i>Citrus x aurantium</i> L.*	-	-	5	todos	-	-	-	-	3	todos
<i>Citrus x limon</i> (L.) Osbeck*	-	-	-	-	-	-	-	-	2	todos
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	-	-	-	-	2	0	-	-	1	0
<i>Zanthoxylum petiolare</i> A.St.-Hil. & Tul.	2	0	1	0	-	-	-	-	-	-
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	-	-	-	-	5	nov/jul	-	-	1	0
SALICACEAE										
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	-	-	1	out,nov	-	-	-	-	-	-
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	-	-	-	-	-	-	6	0	-	-
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1	0	-	-	7	out/dez	-	-	6	nov, dez
<i>Prockia crucis</i> P. Browne ex L.	1	nov/jan, abr	-	-	-	-	-	-	-	-
SAPINDACEAE										
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	1	0	4	set,out	2	0	-	-	4	0
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	-	-	5	ago/jan	-	-	-	-	1	jan,jun,out,d ez
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	-	-	-	-	7	nov/fev, ago,set	-	-	2	0
SAPOTACEAE										
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	7	fev/mai, ago,set,nov	6	mar/mai, set/nov	-	-	-	-	-	-
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	7	dez/jul, set	4	mar,abr, jun,set	-	-	-	-	-	-
SOLANACEAE										
<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.	1	mar,abr,jun, jul,nov,dez	1	nov/mar, mai, jul	-	-	-	-	-	-
<i>Cestrum bracteatum</i> Link & Otto	1	abr/jul	-	-	-	-	-	-	-	-
URTICACEAE										
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	6	todos	5	set/mai	6	set/jul	1	fev,nov	5	todos
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	2	dez/mar	-	-	-	-	-	-	-	-

*Espécies não nativas do Brasil.

Em FM, FS1 e SR2 não ocorreu a sazonalidade ($p > 0,05$), ou seja, a riqueza de espécies zoocóricas em frutificação foi homogênea ao longo do período observado. Em FS2 e SR1 no ano 2 ocorreu a sazonalidade, ou seja, uma variação na frutificação ao longo dos meses para esse ano ($p \leq 0,05$). Em SR2 não houve ausência de sazonalidade ($p > 0,05$), porém quando retiradas as espécies não nativas (SR2_{apenas nativas}), o ano 2 apresentou sazonalidade ($p = 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores obtidos na análise circular das espécies zoocóricas amostradas entre agosto de 2014 e julho de 2016 nas cinco áreas estudadas no oeste do Paraná, Brasil. FM: floresta madura de referência; FS1: floresta secundária em estágio avançado de sucessão; FS2: floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; SR1: sítio de restauração ativa inicial; SR2: sítio de restauração ativa avançada; SR2_{apenas nativas}: sítio de restauração ativa avançada apenas com as espécies nativas. Valores significativos para o teste de sazonalidade de Rayleigh $p \leq 0,05$.

	Vetor Médio (μ)	Comprimento do Vetor (r)	Desvio Padrão Circular	Teste de Rayleigh (Z)	Teste de Rayleigh (p)
FM Ano 1	16° (jan)	0.11	121.49°	1.26	0.28
FM Ano 2	48° (fev)	0.12	117.45°	2.23	0.11
FS1 Ano 1	348° (dez)	0.12	117.98°	1.17	0.31
FS1 Ano 2	25° (jan)	0.14	113.96°	1.95	0.14
FS2 Ano 1	336° (dez)	0.13	115.70°	1.31	0.27
FS2 Ano 2	10° (jan)	0.38	79.78°	8.06	3.17E ^{-04*}
SR1 Ano 1	66° (mar)	0.08	130.18°	0.18	0.84
SR1 Ano 2	36° (fev)	0.32	86.16°	2.92	0.05*
SR2 Ano 1	352° (dez)	0.10	122.35°	0.92	0.40
SR2 Ano 2	40° (fev)	0.17	108.41°	2.43	0.09
SR2 _{apenas nativas} Ano 1	5° (jan)	0.20	103.43°	2.00	0.14
SR2 _{apenas nativas} Ano 2	25° (jan)	0.24	96.99°	2.96	0.05*

Tanto para o número de espécies quanto o número de indivíduos, nenhuma das áreas de restauração estudadas se assemelharam à floresta madura de referência (FM) ($p < 0,05$). FM apresentou a maior riqueza de espécies em frutificação mensalmente, que variou de 6 a 16, e o maior número de indivíduos em frutificação mensalmente, variando de 10 a 40 ao longo dos meses (Figura 2A).

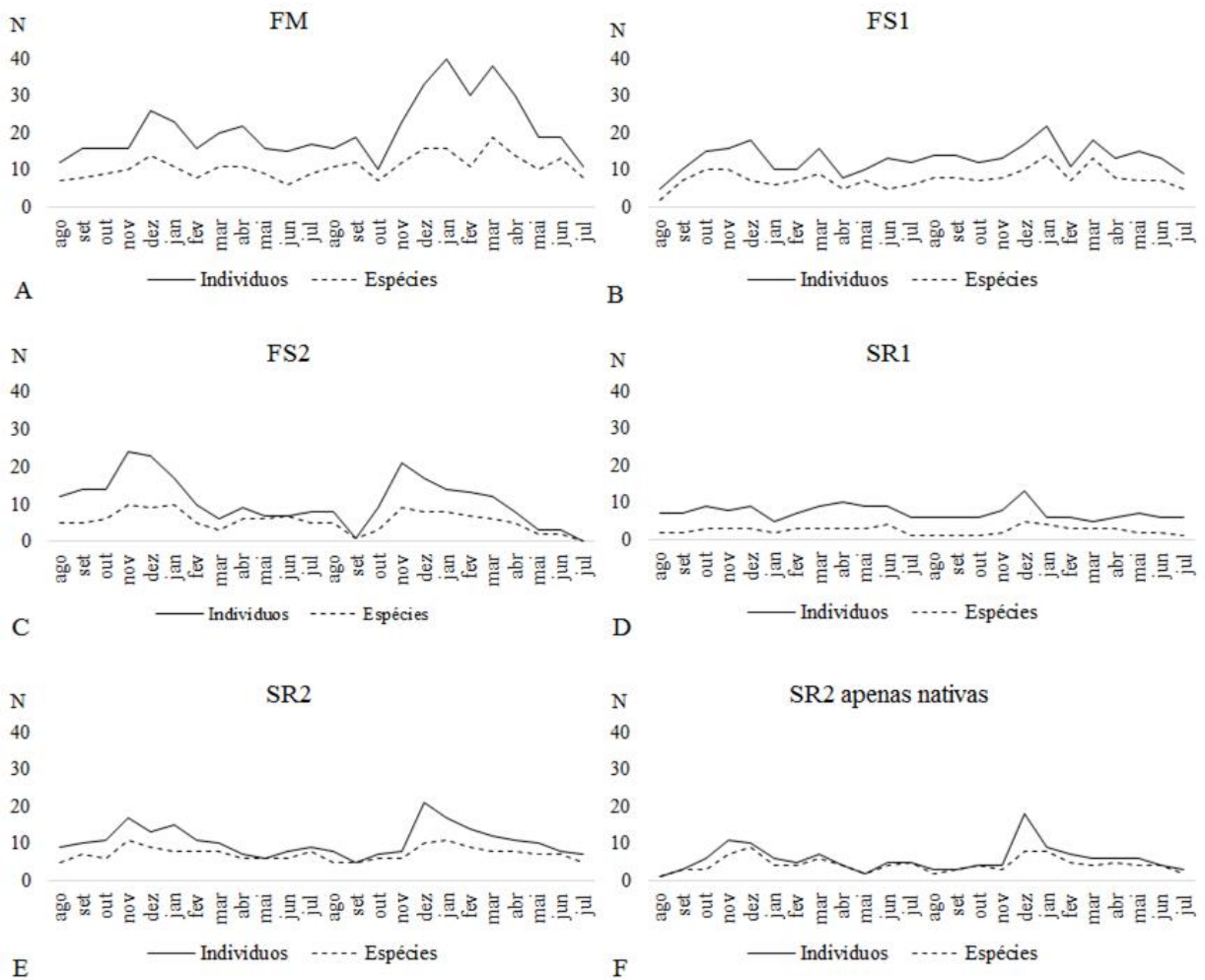


Figura 2. Número de indivíduos e espécies zoocóricas amostradas entre agosto de 2014 e julho de 2016 nos sítios estudados no oeste do Paraná, Brasil. A: FM, floresta madura de referência; B: FS1, floresta secundária em estágio avançado de sucessão; C: FS2, floresta secundária em estágio intermediário de sucessão; D: SR1, sítio de restauração ativa inicial; E: SR2, sítio de restauração ativa avançada; F: SR2 apenas com as espécies nativas.

Em FS1, a riqueza de espécies em frutificação variou de 2 a 14, em FS2 de 0 a 10 e em SR2 de 05 a 11 (Figura 2B, C, E). Quanto ao número de indivíduos, FS1 apresentou de 5 a 22 indivíduos frutificando, FS2 de 0 a 21 indivíduos e SR2 de 5 a 21 indivíduos (Figura 2B, C, E). A distribuição da riqueza de espécies ao longo dos meses para a área SR2 foi semelhante à FS1 ($p=0,59$), e a distribuição do número de indivíduos foi semelhante à FS2 ($p=0,053$).

Em SR2 foram amostradas quatro espécies não nativas que apresentaram ampla produção de frutos ao longo do período estudado (*Psidium guajava*, *Hovenia dulcis*, *Citrus aurantium* e *Citrus limon*) e uma com frutificação durante poucos meses (*Citrus deliciosa*) (Tabela 2). Com o expurgo destas espécies, SR2 apresentou de 1 a 9 espécies e de 1 a 18 indivíduos frutificando ao longo dos meses (Figura 2F). Quando comparados, tanto para o número de espécies quanto para o número de indivíduos ao longo dos meses, os valores

obtidos para SR2_{apenas nativas} diferiram de todas as áreas comparadas ($p < 0,05$), inclusive em relação aos valores totais de SR2.

SR1 apresentou os menores valores, com 1 a 4 espécies e 5 a 13 indivíduos frutificando mensalmente (Figura 2D). Ou seja, é a área com a menor disponibilidade de espécies e de indivíduos arbóreos zoocóricos em frutificação em relação às demais áreas amostradas ($p < 0,05$).

Discussão

As áreas de floresta secundária (FS1 e FS2) e os sítios de restauração (SR1 e SR2) apresentaram diferenças, em relação à área de floresta madura de referência (FM), quanto à composição florística das espécies arbóreas zoocóricas, quanto à riqueza de espécies e a abundância de indivíduos em frutificação ao longo dos meses e quanto à ocorrência da sazonalidade. FS1 foi a área com composição florística mais semelhante à FM (46%) e maior disponibilidade de espécies e de indivíduos que produzem frutos zoocóricos depois de FM, enquanto que SR1 apresentou as menores (14%). As similaridades florísticas de FM com FS2 (23%), SR2_{apenas nativas} (22%), por SR2 (21%) foram consideradas baixas. Maiores similares floristicamente podem ocorrer entre áreas de restauração passiva e ecossistemas naturais, tornando essas áreas importantes repositórios da biodiversidade local (Suganuma & Durigan 2014; Arroyo-Rodrigues et al. 2015). FS1 por ser uma floresta secundária avançada tornaram os valores de similaridade mais elevados.

Em FM, FS1 e SR2 não ocorreu sazonalidade na frutificação das espécies zoocóricas durante os dois anos de estudo ($p > 0,05$), o que indica que nessas áreas a riqueza de espécies em frutificação foi homogênea durante o período estudado. Florestas em estágios sucessionais mais avançados possuem maior diversidade biológica e processos ecológicos mais estabelecidos, por isso tenderiam a apresentar a frutificação de espécies arbóreas zoocóricas durante o ano todo (baixa sazonalidade), ou seja, o grande número de espécies que frutificam em diferentes momentos promove a continuidade na produção e disponibilidade de frutos para a fauna (Fenner 1998; Garcia et al. 2014; Butt et al. 2015).

SR2 não apresentou sazonalidade ($p > 0,05$), porém SR2_{apenas nativas} apresentou sazonalidade para segundo ano amostrado ($p = 0,05$). Segundo Fenner (1998) e Garcia et al. (2014), a ocorrência de sazonalidade indica que o ambiente não está apresentando uma contínua disponibilidade de frutos para a fauna. A presença de espécies não nativas pode ser prejudicial para a biodiversidade local, mas elas podem desempenhar um importante papel ecológico em paisagens modificadas, como ajudar a sustentar a fauna frugívora nativa

associada (Gosper & Vivian-Smith 2009). Ou seja, a presença de espécies não nativas em SR2 aumentou a riqueza de espécies, a abundância de indivíduos e evitou a sazonalidade da frutificação, e mesmo não sendo parte da biodiversidade local, permitiram uma distribuição de frutos zoocóricos de forma homogênea durante o período estudado, passando a ser importantes para a fauna.

A riqueza de espécies em frutificação em SR2 foi semelhante à de FS1 ($p=0,59$), e o número de indivíduos semelhante à FS2 ($p=0,053$). Os valores para SR2_{apenas nativas} diferiram de todas as demais áreas ($p<0,05$). As espécies não nativas podem apresentar potencial de causar alterações nos ambientes naturais e de influenciar negativamente as interações entre as espécies nativas de plantas e os dispersores, porém foram muito utilizadas em plantios de projetos de restauração ecológica mais antigos, por possuírem alta capacidade de se estabelecerem em áreas muito degradadas, com sementes e mudas de fácil obtenção (D'Antonio & Meyerson 2002; Wolkovich & Cleland 2010). A presença dessas espécies é comum em SR2, já que o plantio nessa área foi iniciado em 1979.

FS2 apresentou sazonalidade ($p<0,05$) para o segundo ano amostrado. Ou seja, a disponibilidade de frutos zoocóricos não é contínua (Fenner 1998; Garcia et al. 2014). Porém, 18 das 22 espécies amostradas frutificaram durante o período estudado. Ainda que a sazonalidade aponte que em FS2 os seus processos ecológicos não estão totalmente restabelecidos, a maioria das espécies amostradas apresentaram frutificação. Em áreas de restauração passiva, a composição florística da regeneração natural é proveniente da dispersão de propágulos de fragmentos florestais próximos, e a fauna que se desloca entre esses fragmentos poderá estar utilizando dos recursos disponíveis durante alguns períodos do ano e contribuindo também para dispersão de propágulos, regeneração e sucessão do ambiente (Wunderle Jr 1997; Viana et al. 2015). Portanto, quando possíveis de serem realizadas, as restaurações passivas apresentam vantagens sobre as restaurações ativas, principalmente nas questões de conservação da biodiversidade local, diversidade genética, interações das espécies, aumento da resiliência e baixo custo (Chazdon 2017).

SR1 apresentou sazonalidade ($p=0,05$) para o segundo ano de amostragem, e durante todo o período de amostragem somente seis espécies frutificaram. Como a restauração está ainda em estágio inicial, o monitoramento da regeneração natural poderá indicar se entre as formas jovens há espécies ainda não presentes entre as formas adultas e, portanto, se há possibilidade de aumento na diversidade e melhora na oferta de frutos. Caso contrário, recomenda-se que sejam consideradas formas de reintroduzir ativamente espécies arbóreas zoocóricas que apresentam frutificação durante vários meses do ano (Tabela 2). Na

restauração, especialmente em reflorestamentos, é particularmente importante o conhecimento da fenologia das espécies utilizadas, visando subsidiar a escolha das espécies com base na sua frutificação e na disponibilidade de frutos para a fauna ao longo do ano. A fauna dispersora, por sua vez, contribuirá para um aumento na diversidade funcional do ecossistema (Silva 2008; Garcia et al. 2014; Buisson et al. 2016), podendo coincidir entre os períodos de maior frutificação (e portanto maior atratividade para a fauna) e as épocas de frutificação das espécies ingressantes, de modo que a contribuição da fauna pode ser limitada se houver períodos com escassez de recursos na área em restauração.

O estudo aponta para a fenologia como uma importante ferramenta para o monitoramento de ambientes em restauração, pois permitem avaliar a disponibilidade de espécies e de indivíduos em frutificação que podem servir de recursos para a fauna, planejar ações de manejo, inclusive de manejo de espécies não nativas, bem como fornecer subsídios para a seleção de espécies a serem utilizadas em programas de restauração ativa ou em programas de enriquecimento em espécies em ambientes já em processo de restauração.

Entre as espécies estudadas, sugere-se que espécies como *Cabralea canjerana*, *Cecropia pachystachya*, *Cordia ecalyculata*, *Endlicheria paniculata*, *Maclura tinctoria*, *Ocotea diospyrifolia*, *Prunus myrtifolia*, *Syagrus romanzoffiana*, entre outras (Tabela 2), são importantes espécies para serem incluídas em projetos de restauração ativa, bem como em projetos de enriquecimento como na área SR1. Essas espécies apresentaram frutificação durante vários meses estudados, podendo servir de fonte de frutos para a fauna frugívora associada.

Agradecimentos

Agradecemos à administração da Fazenda Santa Maria (PR) por permitir a realização da pesquisa na área. Aos acadêmicos do curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário Dinâmica das Cataratas, Unidade Vila A, por participarem dos trabalhos de campo. E à professora Dra. Ana Tereza Bittencourt Guimarães por auxiliar na realização dos testes de Friedman.

Literatura Citada

Arroyo-Rodríguez, V.; Melo, F. P. L.; Martínez-Ramos, M.; Bongers, F.; Chazdon, R. L.; Meave, J. A.; Norden, N.; Santos, B. A.; Leal, I. R.; Tabarelli, M. (2015) Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: new insights from forest

- succession, forest fragmentation and landscape ecology research. *Biological Reviews*. 92 (1), 326-340.
- Barbosa, J. M.; Eisenlohr, P. V.; Rodrigues, M. A.; Barbosa, K. C. (2012) Ecologia da Dispersão de Sementes em Florestas Tropicais. Pages 85-106 In: Martins, S. V. *Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil*. 2. ed. Viçosa: Editora UFV.
- Bawa, K.S. et al. (1985) Reproduction biology of tropical lowland rain forest tree. II. Pollination system. *American Journal of Botany* 72: 346-356.
- Buisson, E.; Alvarado, S. T.; Stradic, S. L.; Morellato, L. P. C. (2016) Plant phenological research enhances ecological restoration. *Restoration Ecology* (opinion article): 1-8.
- Butt, N.; Seabrook, L.; Maron, M.; Law, B. S.; Dawson, T. P.; Syktus, J.; Mcalpine, C. A. (2015) Cascading effects of climate extremes on vertebrate fauna through changes to lowlatitude tree flowering and fruiting phenology. *Global Change Biology* 21 (9): 3267-3277.
- Chazdon, R. L. (2013). Making Tropical Succession and Landscape Reforestation Successful. *Journal of Sustainable Forestry*. 32 (7), 649-658.
- Chazdon, R. L. (2017) Landscape Restoration, Natural Regeneration, and the Forests of the Future. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 102 (2): 251-257.
- Conselho Nacional de Meio Ambiente, Conama. **Resolução CONAMA n° 2/94**, de 18 de março de 1994. n° 2/94. Define formações vegetais primárias e estágios sucessionais de vegetação secundária, com finalidade de orientar os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa no Paraná. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=143> (accessed 04 April 2017).
- D'antonio, C. M.; Meyerson, L. A. (2002) Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. *Restoration Ecology* 10 (4): 703-713.
- Durigan, G.; Engel, V. L. (2012) Restauração de ecossistemas no Brasil: onde estamos e para onde podemos ir? In: Martins, S. V. Pages 41-68 *Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados*. Viçosa: Editora UFV.
- Fenner, M. (1998) The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1 (1): 78-91.
- Fournier, L. A.; Charpentier, C. (1975) El tamaño de La muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba* 25: 45-48.
- Galetti, M.; Pizo, M. A.; Morellato, L. P. C. (2012) Fenologia, Frugivoria e Dispersão de sementes. Pages 395-422 In: Cullen Jr., L.; Rudran, R.; Valladares-Padua, C. (orgs).

- Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre. 2 ed. Curitiba: Editora UFPR.
- Garcia, L. C.; Barros, F. V.; Lemos-Filho, J. P. (2009) Fructification phenology as an important tool in the recovery of iron mining areas in Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Biology** 69 (3): 887-893.
- Garcia, L. C.; Hobbs, R. J.; Santos, F. A. M.; Rodrigues, R. R. (2014) Flower and Fruit Availability along a Forest Restoration Gradient. *Biotropica* 46 (1): 114-123.
- Gosper, C. R.; Vivian-Smith, G. (2009) Approaches to Selecting Native Plant Replacements for Fleshy-Fruited Invasive Species. *Restoration Ecology* 17 (2): 196-204.
- Gris, D.; Temponi, L. G. (2017) Similaridade florística entre trechos de Floresta Estacional Semidecidual do Corredor de Biodiversidade Santa Maria – PR. *Ciência Florestal* 27 (3): 1069-1081.
- Gris, D.; Temponi, L. G.; Damasceno Junior, G. A. (2014) Structure and floristic diversity of remnant semideciduous forest under varying levels of disturbance. *Acta Botanica Brasilica*, Belo Horizonte 28 (4): 569-576.
- Howe, H. F.; Smallwood, J. (1982) Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 201-228.
- IAPAR – Instituto Agronômico do Paraná. (2012) Cartas Climáticas do Paraná. <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863> (accessed 23 October 2016).
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2012) Manuais técnicos em geociências, manual técnico da vegetação brasileira. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Janzen, D.H. (1970) Herbivores and the tree species in tropical forest. *American Naturalist* 104: 501-528.
- Jordano, P.; Galetti, M.; Pizo, M. A.; Silva, W. R. (2006) Ligando frugivoria e dispersão de sementes a Biologia de conservação. Editorial Rima, São Paulo.
- Maack, R. (2012) Geografia física do Estado do Paraná. 4 ed. Ponta Grossa, Editora UEPG.
- MacDonald, T., Gann, G. D., Jonson, J., Dixon, K. W. (2016) Interenational standards for the practice of ecological restoration – including principles and keys concepts. Society for Ecological Restoration, Washington, D. C.
- Morellato, L.P.C.; Alberti, L.F.; Hudson, I.L. (2010) Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. Pages 357-371 In: Keatley, M.; Hudson, I.L. (eds.) *Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis*. New York: Springer.

- Morellato, L. P. C.; Alberton, B.; Alvarado, S. T.; Borges, B.; Buisson, E.; Camargo, M. G. G.; Cancian, L. F.; Carstensen, D. W.; Escobar, D. F. E.; Leite, P. T. P.; Mendoza, I.; Rocha, N. M. W. B.; Soares, N. C.; Silva, T, S. F.; Staggemeier, V. G.; Streher, A. S.; Vargas, B. C.; Peres, C. A. (2016) Linking plant phenology to conservation biology. *Biological Conservation* 195: 60-72.
- Morellato, L. P. C.; Leitão Filho, H. L. F. (1996) Reproductive phenology of climbers in a Southern Brazilian forest. *Biotropica* 28: 180-191.
- 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 (3): 756-764.
- SER – Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. The SER primer in ecological restoration (Version 2). 2004. <http://www.ser.org> (accessed 14 November 2017).
- Silva, W. R. (2008) A importância das interações planta-animal nos processos de restauração. Pages 77-90 In: Kageyama, P. Y.; Oliveira, R. E.; Moraes, L. F. D.; Engel, V. L.; Gandara, F. B. *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais*. 1 ed. Botucatu: Fepaf.
- Smith, A.P. (1973) Stratification of temperate and tropical forest. *American Naturalist* 107: 671-683.
- Suganuma, M. S.; Durigan, G. (2014). Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. *Restoration Ecology*. 23 (13), 138-251.
- Van Schaik, C. P.; Terborgh, J. W.; Wright, S. J. (1993) The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 353-377.
- Viania, R. A. G.; Vidas, N. B.; Pardi, M. M.; Castro, D. C. V.; Gusson, E.; Brancalion, P. H. S. (2015) Animal-dispersed pioneer trees enhance the early regeneration in Atlantic Forest restoration plantations. *Natureza e Conservação* 13: 41-46.
- Wolkovich, E. M.; Cleland, E. E. (2010) The phenology of plant invasions: a community ecology perspective. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9 (5): 287-294.
- Wunderle JR, J. M. (1997) The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99: 223-235.
- Zar, J. H. (1999) *Biostatistical Analysis*. 4 ed. Prentice Hall: Englewood Cliffs, New Jersey, US.

Considerações Finais

Os resultados obtidos nos dois capítulos apresentados apontam para a importância da análise da fenologia reprodutiva como ferramenta para o monitoramento de áreas de restauração, uma vez que a fenologia da floração e da frutificação estão relacionadas à reprodução das espécies presentes nesses ambientes e à disponibilidade de recursos florais e de frutos para a fauna associada. Além disso, os dados gerados nesses estudos auxiliam na escolha de espécies a serem escolhidas para a realização de novas restaurações ativas na região (Apêndice).

De acordo com o estudo realizado, as áreas de restauração mais avançadas (FS1 e SR2) apresentam uma maior riqueza de espécies em floração e frutificação. Porém em alguns casos, como a floresta secundária em estágio intermediário de sucessão (FS2), apesar de baixa riqueza de espécies em reprodução, apresenta grande porcentagem das espécies amostradas florescendo e frutificando, sugerindo que os filtros ecológicos naturais, que operam a seleção de espécies na sucessão secundária espontânea, estão sendo mais eficientes em distribuir as espécies em termos de síndrome e época de frutificação do que os processos de seleção de espécies para os reflorestamentos, como é o caso do sítio de restauração ativa inicial (SR1). Estes resultados sugerem tanto que a restauração passiva é uma opção importante de ser utilizada nas situações em que é possível o seu emprego (baixa degradação).

No geral, a variável meteorológica que mais influenciou a floração e a frutificação foi o comprimento do dia. Os eventos de floração são sazonais enquanto que os de frutificação são mais distribuídos ao longo do ano, e a presença de sazonalidade na frutificação, principalmente entre as espécies zoocóricas, pode indicar uma menor disponibilidade de frutos para a fauna durante parte do ano.

Espécies não nativas, presentes no sítio SR2 podem representar importantes fontes de recursos para a fauna local. Embora o seu emprego em projetos de restauração não seja recomendado, atividades de manejo visando o seu controle ou eliminação devem levar em consideração o seu papel para a fauna.