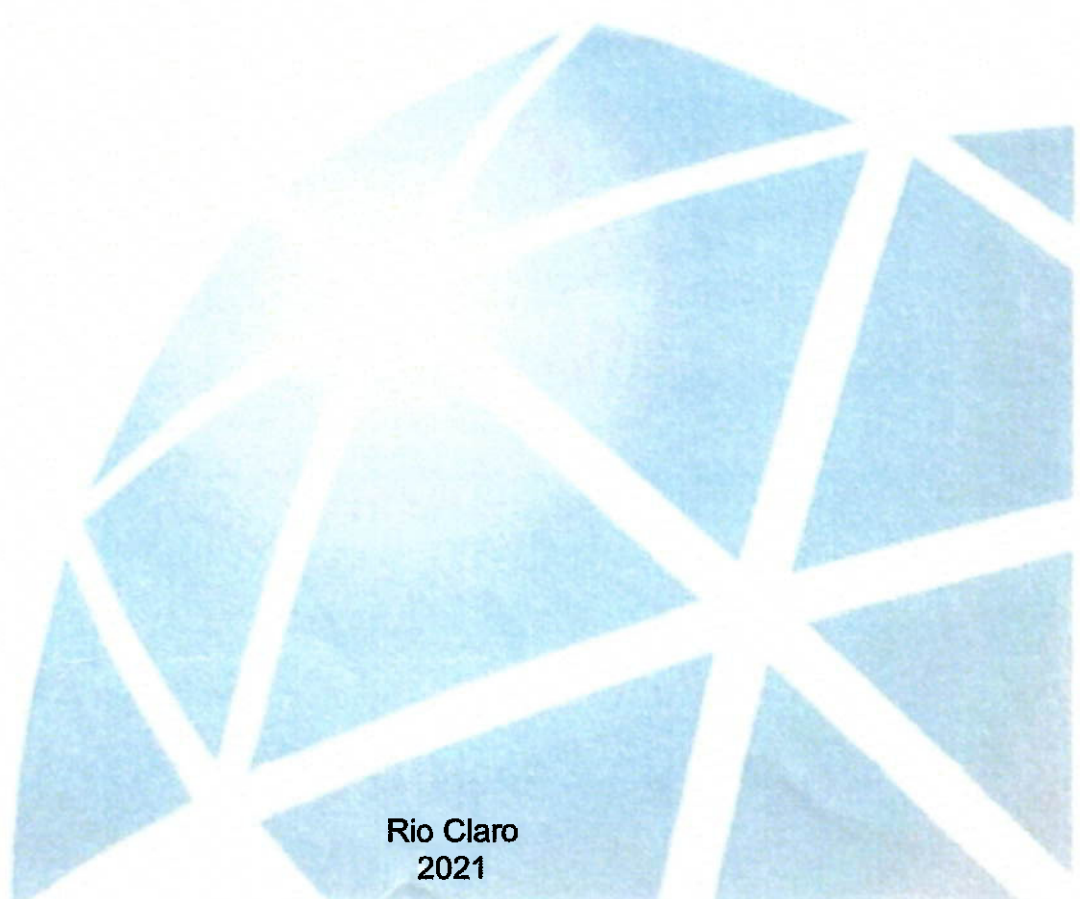

Ciências Biológicas



0113007049

Gabriel Augusto Tavares

**Análise Circular aplicada à
fenologia de longa duração: Avaliando o impacto das
mudanças climáticas**



Rio Claro
2021

GABRIEL AUGUSTO TAVARES

**ANÁLISE CIRCULAR APLICADA À FENOLOGIA DE LONGA
DURAÇÃO: AVALIANDO O IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Orientador: Leonor Patrícia Cerdeira Morellato

Coorientador: Tadeu de Siqueira Barros



**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de
Biociências da Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho" - Câmpus de Rio Claro, para obtenção do
grau de Bacharel em Ciências Biológicas**

**Rio Claro
2021**

SUE

Class	(BIO
	(2021
Tombo_	TF-7049

T231a

Tavares, Gabriel Augusto

ANÁLISE CIRCULAR APLICADA À FENOLOGIA DE LONGA
DURAÇÃO : AVALIANDO O IMPACTO DAS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS / Gabriel Augusto Tavares. -- Rio Claro, 2021

51 p. : tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientadora: Leonor Patrícia Cerdeira Morellato
Coorientador: Tadeu de Siqueira Barros

1. Fenologia. 2. Ambiente urbano. 3. Estatística-circular. 4. Mudanças
climáticas. 5. Sazonalidade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do
Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Dedicatória

Dedico este trabalho a todas as pessoas que me abriram portas.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão da bolsa PIBIC de iniciação científica.

Agradeço à minha orientadora, Patrícia Morellato, que me apresentou ao mundo da fenologia e me fez me apaixonar pela botânica.

Agradeço a meu coorientador, Tadeu Siqueira, que me ajudou muito a desenvolver um pensamento científico e a dar meus primeiros passos no R.

Agradeço também a minha família, por me dar todo o apoio necessário para eu chegar até aqui.

Agradeço também à Dona Vera e ao Valter, que me acolheram na casa deles em Rio Claro, e foram quase como segundos pais para mim.

Agradeço também especialmente a Priscilla, que me ajudou muito com as análises, e respondeu as minhas quinhentas dúvidas diferentes.

Agradeço também à Bia, a Amanda, ao Bruno, ao Márcio e a todo o restante do pessoal do laboratório, que sempre me acolheram e me apoiaram.

Resumo

Com a estimativa do aumento da temperatura global em 1,5 °C nas próximas décadas, as mudanças climáticas são um assunto de muito debate quanto a seus impactos nos organismos, comunidades e ecossistemas, além de como mensurar tais impactos corretamente. A fenologia, neste cenário, surge como uma importante ferramenta para compreender a influência do clima sobre os organismos vegetais e suas relações ecológicas. Este trabalho consiste na análise de uma série fenológica de treze anos (2003 a 2015) de dados semanais coletados para nove espécies arbóreas localizadas na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" campus Rio Claro - São Paulo, correlacionando-os, através da aplicação de estatística circular, com dados climáticos de temperatura e pluviosidade, verificando possíveis influências climáticas sobre o ciclo anual.

Palavras-chave: *fenologia, ambiente urbano, estatística-circular, mudanças climáticas, sazonalidade.*

Abstract

With an estimated increase in global temperature of 1.5 °C in the coming decades, climate change is a subject of much debate regarding its impacts on organisms, communities and ecosystems, as well as how to measure such impacts correctly. Phenology, in this scenario, appears as an important tool to understand the influence of climate on plant organisms and their ecological relationships. This work consists in the analysis of a phenological series of thirteen years (2003 to 2015) of weekly data collected for nine tree species located at the São Paulo State University "Júlio de Mesquita Filho" campus Rio Claro - São Paulo, correlating them, through the application of circular statistics, with climatic data of temperature and rainfall, verifying possible climatic influences on the annual cycle.

Keywords: phenology, urban environment, circular statistics, climate change, seasonality.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
3.1 Área de Estudo	11
3.2 Coleta dos dados fenológicos.....	11
3.3 Espécies observadas	12
3.4 Análise dos dados.....	17
4. RESULTADOS.....	19
4.1 Tendências do clima através dos anos	19
4.2 Resultados do Teste de Rayleigh.....	20
4.3 Correlação com dados climáticos.....	21
5. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
APÊNDICES	28

1. INTRODUÇÃO

Devido ao alto índice de emissão de gases causadores do efeito estufa (GEEs) como gás carbônico, metano e óxido nitroso, datados desde o início da era industrial até os dias atuais, o planeta vem passando por uma série de mudanças climáticas. Dentre as quais está o aumento de 0,7 °C da temperatura que ocorreu nos últimos 100 anos, além de uma estimativa para aumento de 1,5 °C a 4,5 °C entre os anos de 2030 e 2052. (IPCC, 2018). Porém, existem ainda muitos debates e discordâncias acerca dos reais impactos das mudanças climáticas em sistemas naturais, e de como contabilizá-los estatisticamente, em especial entre economistas e profissionais das ciências naturais (PARMESAN & YOHE, 2003). Neste contexto, estudos fenológicos de longa duração podem vir a ser uma importante ferramenta para compreender os efeitos das mudanças climáticas (MORELLATO et al, 2016; ABERNETHY et al, 2018).

A fenologia é o estudo da ocorrência de eventos biológicos recorrentes e sua relação com mudanças ambientais bióticas e abióticas em uma ou mais espécies (LIETH, 1974; MORELLATO et al, 2016). Como realizadoras da produção primária, o estudo da fenologia das plantas, portanto, possui a capacidade de conectar os organismos de diferentes níveis tróficos, bem como por outras relações como polinização e dispersão de sementes, permitindo uma melhor avaliação dos efeitos dentro de uma comunidade (MORELLATO et al, 2016). Por esse motivo, o número de estudos relacionando fenologia às mudanças climáticas cresceram de maneira significativa desde 1990 (KEATLEY & HUDSON, 2010; CHAMBERS et al, 2013). Entre os efeitos do aquecimento climático sobre o ciclo fenológico de plantas de clima temperado, está a antecipação da primavera, levando certas plantas a florescer mais cedo (RAFFERTY, CARADONNA & BRONSTEIN, 2015; KUDO & COOPER, 2019). Esta antecipação pode causar, por exemplo, uma falha na sobreposição temporal e diminuição entre o tempo disponível para encontro da flor com seu polinizador (MORELLATO et al, 2016; ABERNETHY et al, 2018; KUDO & COOPER, 2019), o que é particularmente preocupante, dado o cenário atual da diminuição de populações de insetos polinizadores (POTTS & BIESMEIJER, 2010). Entretanto, existe uma grande dificuldade de se mensurar efeitos climáticos na fenologia nos trópicos, já que, por muito tempo, ao contrário das zonas temperadas, os trópicos foram considerados não-sazonais. Além disso, não existem muitas séries fenológicas de longa duração nos trópicos (CHAMBERS et al, 2013; ABERNETHY et al, 2018). Mendonza, Peres e Morellato (2017) em um levantamento de 218 estudos de fenologia na região Neotropical, identificaram apenas 10 áreas com séries fenológicas com mais de 10 anos de duração. Sem observações de longa duração, torna-se difícil identificar o padrão do ciclo fenológico das plantas e atribuir quais mudanças podem estar sendo causadas pela

alteração do clima (CHAMBERS et al, 2013; ABERNETHY et al, 2018).

Entre as múltiplas técnicas utilizadas para se analisar padrões fenológicos, uma que vem sendo cada vez mais aplicada, especialmente a partir dos anos 2000, é a estatística circular (MORELLATO et al, 2000; MORELLATO et al, 2010). O princípio básico que faz esta técnica de análise ser mais bem sucedida que outras técnicas tradicionais lineares, é o fato de considerar a recorrência ou circularidade dos eventos fenológicos, permitindo calcular melhor a proximidade de eventos fenológicos e o seu grau de sazonalidade ou sincronia (MORELLATO et al, 2000, 2010; STAGGEMEIER et al, 2020). Este trabalho buscou, portanto, obter um melhor entendimento do efeito das alterações do clima sobre a vegetação nos trópicos usando como objeto de estudo uma série de observações fenológicas de longa duração realizadas no campus da UNESP, Rio Claro, SP, contribuindo com um aumento do conhecimento sobre o tema que não está devidamente explorado nos Neotrópicos.

2. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo investigar a ocorrência de mudanças no ciclo fenológico em nove espécies arbóreas do campus da Unesp - Rio Claro e a sua relação com mudanças climáticas. Analisaremos as mudanças ao longo do tempo por meio de dados meteorológicos (temperatura e pluviosidade), das datas da ocorrência de início e pico das fenofases de cada espécie, bem como a correlação entre estas variáveis climáticas, com as variáveis biológicas. Acreditamos que estas informações podem vir a contribuir a um melhor entendimento sobre o ciclo fenológico de espécies arbóreas em ambientes urbanos, e como estes estão sendo influenciados pelo clima. Nossas hipóteses são que os anos atípicos causados por anomalias climáticas causarão respostas no ciclo fenológico das plantas, refletidas nas datas de início e pico das fenofases (MORELLATO et al, 2016).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

Esse projeto foi realizado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) campus de Rio Claro, interior do estado de São Paulo, (22° 23' 51.0"S e 47° 32' 51.4"W). A região, de acordo com a classificação climática de Köppen (1948), é classificada como clima Cwa (clima subtropical úmido), na qual há duas estações bem definidas, sendo uma fria e seca, que ocorre de abril até setembro, e outra quente e úmida, de outubro a abril (UDULUTSCH et al, 2004). Através dos dados climáticos fornecidos pela estação meteorológica do Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA), que compreendem o período dos anos de 1994 a 2012, foi possível constatar que a temperatura média local variou de 18,1 a 20,9 °C, com uma média de precipitação total anual em 1.476,1 milímetros.

3.2 Coleta dos dados fenológicos

Os dados fenológicos utilizados fazem parte de um banco de dados no qual constam as observações fenológicas diretas da presença/ausência das seguintes fenofases: queda de foliar, broto foliar, fruto imaturo, fruto maduro, flores em antese e botão floral (MORELLATO et al, 2010). A intensidade das fenofases foi estimada de acordo com o percentual de intensidade de Fournier (FOURNIER 1974) como descrito em Morellato et al. (2010), que avalia de 0 a 4 a presença de uma fenofase em uma planta, levando em consideração a sua presença em comparação a totalidade da copa, sendo portanto: 0 quando a fenofase está ausente, 1 quando a fenofase está em 1 a 25% da copa, 2 quando está em 26 a 50%, 3 quando está em 51 a 75% e 4 quando está em 76 a 100%. Este banco possui observações de nove espécies arbóreas da área de estudo (Figura 1): *Ceiba glaziovii* (Malvaceae), *Lagerstroemia speciosa* (Lythraceae), *Handroanthus impetiginosus*, *Handroanthus heptaphyllus*, *Tabebuia roseoalba*, *Tecoma stans* (todas as quatro pertencendo à família das Bignoniaceae), *Inga vera*, *Erythrina speciosa* (ambas Fabaceae), e *Lecythis pisonis* (Lecythidaceae), em um total 124 indivíduos (Tabela 1). Os dados utilizados compreendem o período dos anos de 2003 a 2015, onde foram coletados em intervalo semanal. Estes indivíduos foram plantados no campus na mesma época e são organizados em blocos da mesma espécie, o que diminui a influência de efeitos externos ao clima, como a diferença de idade entre os indivíduos, competição interespecífica e heterogeneidade do ambiente (MORELLATO et al, 2010).

3.3 Espécies observadas

Ceiba glaziovii - Esta espécie é conhecida popularmente como paineira-branca ou barriguda, e pertence à família Malvaceae (CARVALHO-SOBRINHO & QUEIROZ, 2011). Trata-se de uma espécie arbórea de 6 a 18 metros de altura que possui um tronco bastante característico, com acúleos cônicos e intumescência na altura do peito (por isso recebe o nome popular de “barriguda”) (LORENZI, 1998; NASCIMENTO, 2012). Ocorre naturalmente na caatinga do Nordeste brasileiro, podendo ser encontrada nos estados de Bahia, Ceará, Paraíba e Pernambuco. As fibras retiradas das sementes podem ser utilizadas comercialmente como estofamento de móveis, colchões e travesseiros, também podem ser utilizadas em paisagismo (LORENZI, 1998; NASCIMENTO, 2012). Costuma florescer nos meses de maio a junho que corresponde ao fim da estação chuvosa e a planta encontra-se com a copa sem folha, já a maturação dos frutos ocorre em julho ou agosto (LORENZI, 1998). Essa espécie consta com 6 indivíduos na série fenológica.

Erythrina speciosa - Popularmente conhecida como mulungu-do-litoral, esta planta é pertencente à família Fabaceae (Leguminosae) subfamília Papilionoideae (LORENZI, 1992). É uma árvore de 3 a 4 metros de altura, seu tronco possui presença de acúleos, e as folhas caem durante o período reprodutivo (LORENZI, 1992; GILBERT & FAVORETO, 2012). Suas flores são de coloração vermelha ou laranja e possui néctar abundante como recurso (VITALI-VEIGA & MACHADO, 2000). São distribuídas pelas regiões Sudeste e Sul (até Santa Catarina) do Brasil (LORENZI, 1992; GILBERT & FAVORETO, 2012). Encontra-se utilização no paisagismo e em caixotaria leve (LORENZI, 1992). A floração desta espécie ocorre nos meses de junho a setembro (LORENZI, 1992) e a frutificação de outubro a novembro, porém com o fruto maduro podendo permanecer na árvore por mais alguns meses (LORENZI, 1992). Inicialmente constavam-se com 20 indivíduos na série fenológica, entretanto em 2015 havia apenas 17 (duas mortes em 2003, uma em 2007).

Handroanthus heptaphyllus - É comumente conhecida pelos nomes de Ipê-roxo, ipê-de-sete-folhas ou ipê-preto (LORENZI, 1992; BORGES; COSTA; RIBAS, 2014; CARRERO et al, 2017). São utilizadas economicamente para fins de paisagismo (arborização urbana), carpintaria de móveis, construção civil e recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 1992; BORGES; COSTA; RIBAS, 2014; CARRERO et al, 2017). Há também relatos da utilização do uso da casca e folhas de *H. heptaphyllus* para uso medicinal (BORGES; COSTA; RIBAS, 2014). Esta espécie ocorre de forma natural desde o sul da Bahia até o estado de São Paulo (LORENZI, 1992; CARRERO et al, 2014), mas também há relatos de sua ocorrência natural na região Sul do Brasil (BORGES; COSTA; RIBAS, 2014). Entretanto, em decorrência das utilizações

econômicas desta espécie, vem-se diminuindo as populações de *H. heptaphyllus* em suas áreas de distribuição naturais (BORGES; COSTA; RIBAS, 2014). O início da floração ocorre em julho e vai até setembro, num período onde a árvore encontra-se sem folhagem (LORENZI, 1992). O início da frutificação ocorre em setembro e vai até o início de novembro (LORENZI, 1992; CARRERO et al, 2017). No campus, o tronco destas árvores é recoberto por *Philodendron* sp. *H. heptaphyllus* permaneceu com 14 indivíduos durante todo o período de observação.

Handroanthus impetiginosus - Assim como a espécie anterior, *H. impetiginosus* é comumente conhecida pelos nomes de ipê-roxo ou ipê-una e pertence à família Bignoniaceae (LORENZI, 1992; MARTINS; LAGO; CÍCERO, 2011; FELIX; MEDEIROS; PACHECO, 2018). É uma espécie nativa do Brasil (LORENZI, 1992; FELIX; MEDEIROS; PACHECO, 2018) e são de comum ocorrência nos estados do Ceará, Goiás, Minas Gerais, Piauí e São Paulo, em especial nas zonas de florestas semidecíduas, porém também podem ocorrer no cerrado e na caatinga (LORENZI, 1992). São plantas heliófitas (LORENZI, 1992, MARTINS; LAGO; CÍCERO, 2011) de altura bastante variável entre 8 (LORENZI, 1992) a 35 metros (MARTINS; LAGO; CÍCERO, 2011, FELIX; MEDEIROS; PACHECO, 2018). São utilizadas no paisagismo e sua madeira possui aplicação comercial (LORENZI, 1992). O período de floração se dá entre os meses de maio a agosto, quando a copa da árvore encontra-se sem folhas (LORENZI, 1992). O período de frutificação ocorre entre setembro e outubro (LORENZI, 1992). Inicialmente, esta espécie constava com 15 indivíduos na série fenológica, porém um morreu ainda em 2003 e outro em 2007. Em 2015, no final do período analisado, contava-se com 13 indivíduos.

Inga vera - Recebe os nomes populares de ingazeiro, ingá-do-brejo ou simplesmente ingá (CARRERO et al, 2017) é pertencente, assim como a *Erythrina*, à família Fabaceae porém *I. vera* pertence à subfamília Caesalpinioideae (LPWG, 2017; VILELA, 2018). Esta espécie apresenta árvores de 5 a 10 metros de altura, com 70 centímetros de diâmetro (LORENZI, 2000; CARRERO et al, 2017; VILELA, 2018). No Brasil se encontram distribuídas em uma área que vai do estado de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul (VILELA, 2018), ocorrendo principalmente em florestas pluviais de várzea (CARRERO et al, 2017). Em termos de sucessão ecológica são classificadas como espécies pioneiras, podendo inclusive serem utilizadas na recuperação de áreas degradadas (CARRERO et al, 2017; VILELA, 2018). São utilizadas no paisagismo, produção de móveis, produção de fármacos e até mesmo na alimentação humana devido a sarcotesta carnosa e adocicada do fruto (CARRERO et al, 2017; VILELA, 2018). A floração da *I. vera* geralmente ocorre entre os meses de agosto e novembro, enquanto a frutificação ocorre de dezembro a fevereiro (LORENZI, 2000, CARRERO et al, 2017; VILELA, 2018). As árvores de *Inga vera* foram as que mais apresentaram perdas por morte dos indivíduos na série fenológica. Inicialmente em 2003 contavam com 8 indivíduos, enquanto que ao final, em

2015, restaram apenas 3 indivíduos vivos (uma morte em 2007, três em 2010, uma em 2011 e uma em 2014).

Lagerstroemia speciosa - Pertencem à família Lythraceae (KHANDURI, 2014). Ao contrário da maioria das espécies do campus, *L. speciosa*, juntamente com *Tecoma stans*, são espécies exóticas, não nativas da flora brasileira. (SILVA et al, 2007; KHANDURI, 2014). *L. speciosa*, também conhecida como banaba, é natural do Sudeste Asiático, abrangendo países como: Filipinas, Malásia, Mianmar, Vietnã e Bangladesh (KLEIN et al, 2007; KHANDURI, 2014). No Brasil, esta espécie é facilmente encontrada na arborização urbana (VITALI-VEIGA; DUTRA; MACHADO, 1999). É uma espécie arbórea com árvores que podem chegar a até 20 metros de altura e 60 centímetros de diâmetro (KLEIN et al, 2007; KHANDURI, 2014). Sua madeira pode ser usada para diversos propósitos e suas folhas podem ser usadas para controle de açúcar no sangue (KLEIN et al, 2007; KHANDURI, 2014). Além disso, o pólen do banaba pode ter efeito alérgico para algumas pessoas (KLEIN et al, 2007). No sudeste asiático, o início da floração geralmente ocorre em abril e se prolonga até julho, enquanto a frutificação se dá de dezembro a março (KHANDURI, 2014). No Brasil já houve relatos da ocorrência de ausência de folhas em agosto, da floração se iniciando em outubro e se encerrando em dezembro e frutos de janeiro a julho (VITALI-VEIGA; DUTRA; MACHADO, 1999). Havia 14 indivíduos observados na série fenológica em 2003, enquanto que em 2015 havia apenas 10 (todas as quatro mortes ocorreram em 2007).

Lecythis pisonis - É conhecida vulgarmente como sapucaia ou cumbuca-de-macaco. Esta espécie pertence à família Lecythidaceae, subfamília Lecythidoideae (MORI, 1988; LORENZI, 1992; CARRERO et al, 2017). Encontram-se naturalmente distribuídas nos estados do Amazonas, Bahia (especialmente no sul do estado), Ceará, Espírito Santo (maior incidência no norte do estado), Pará e Rio Janeiro (LORENZI, 1992; CARRERO et al, 2017). Os indivíduos desta espécie são arbóreos de grande porte com 20 a 30 metros de altura (LORENZI, 1992; CARRERO et al, 2017). Seu fruto é lenhoso, grande e em formato de “cuia” bastante característico (CARRERO et al, 2017), além disso o brotamento foliar desta espécie é facilmente observado, pois os brotos possuem coloração rosada e geralmente ocorrem entre os meses de setembro e outubro (LORENZI, 1992). Sua flor é polinizada por abelhas (MORI, 1988), com a floração ocorrendo próximo ao período do surgimento dos brotos foliares, de setembro a outubro (LORENZI, 1992), porém o período de antese da sapucaia parece reagir ao aumento da temperatura e do comprimento do dia, como por exemplo no sul da Bahia (em que não ocorre a meses do ano com menor pluviosidade demarcada), já foi relatado a floração ocorrendo até o final da primavera (MORI, 1988). A frutificação ocorre entre os meses de agosto e setembro (LORENZI, 1992). Na série fenológica do campus eram inicialmente observados inicialmente 8

indivíduos, porém uma das árvores morreu em 2005, portanto atualmente consta-se com 7 indivíduos.

Tabebuia roseoalba - *T. roseoalba*, conhecida popularmente como Ipê-branco também pertence à família Bignoniaceae (LORENZI, 1992; GANDOLPHI & BITTENCOURT JR, 2010). Trata-se de uma espécie decídua, arbórea de 7 a 16 metros de altura e é nativa nos estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, e porção norte do estado de São Paulo (LORENZI, 1992). São plantas autoincompatíveis (um indivíduo não pode ser fecundado pelo seu próprio pólen), portanto a sua produção de frutos e sementes depende exclusivamente de insetos polinizadores (GANDOLPHI & BITTENCOURT JR, 2010). A floração da *T. roseoalba* ocorre de agosto a outubro, no momento do pico da queda foliar, onde a planta encontra-se totalmente sem folhas. Por sua vez, os frutos começam a ocorrer a partir de outubro (LORENZI, 1992). Na série fenológica inicialmente contava-se com 21 indivíduos, porém dois deles morreram dos treze anos (um em 2012, e outro em 2014), portanto ao final da série haviam 19 indivíduos.

Tecoma stans - Enquanto a maioria das espécies anteriores são nativas da flora brasileira, *T. stans* (juntamente com *Lagerstroemia speciosa*) é uma planta exótica, originária do México e região Sul dos Estados Unidos. Pertence à família das Bignoniáceas e possui os nomes populares de ipê-falso, carobinha, amarelinho e ipê-mirim (SILVA et al, 2007; VARGAS-FIGUEROA & TORRES-GONZÁLEZ, 2018). Esta planta é extensivamente utilizada na ornamentação de áreas urbanas no Brasil, tendo sido introduzida no território nacional com esse propósito (SILVA et al, 2007). Apesar de em alguns locais a *T. stans* apresentar uma certa sazonalidade em seu período reprodutivo, também há relatos da presença de flores e frutos durante todo o ano, dependendo da variedade da planta e das condições do clima local (PELTON, 1964). Outro ponto a se destacar é que *T. stans* é uma espécie autocompatível, e o seu sucesso reprodutivo ainda depende da ação dos polinizadores (DUTRA & MACHADO, 2001). Inicialmente contavam com 17 indivíduos, porém uma das árvores morreu em 2005, consequentemente atualmente constam-se com 16.

Família	Espécie	Nº de indivíduos em 2003	Nº de indivíduos em 2015
Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	14	14
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	15	13
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseoalba</i>	21	19
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	18	16
Fabaceae	<i>Erythrina speciosa</i>	20	17
Fabaceae	<i>Inga vera</i>	8	3
Lecythidaceae	<i>Lecythis pisonis</i>	8	7
Lythraceae	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	14	10
Malvaceae	<i>Ceiba glaziovii</i>	6	6
Total		124	105

Tabela 1: Lista das espécies observadas, suas respectivas famílias e o número de indivíduos no ano inicial das análises e no ano final das análises

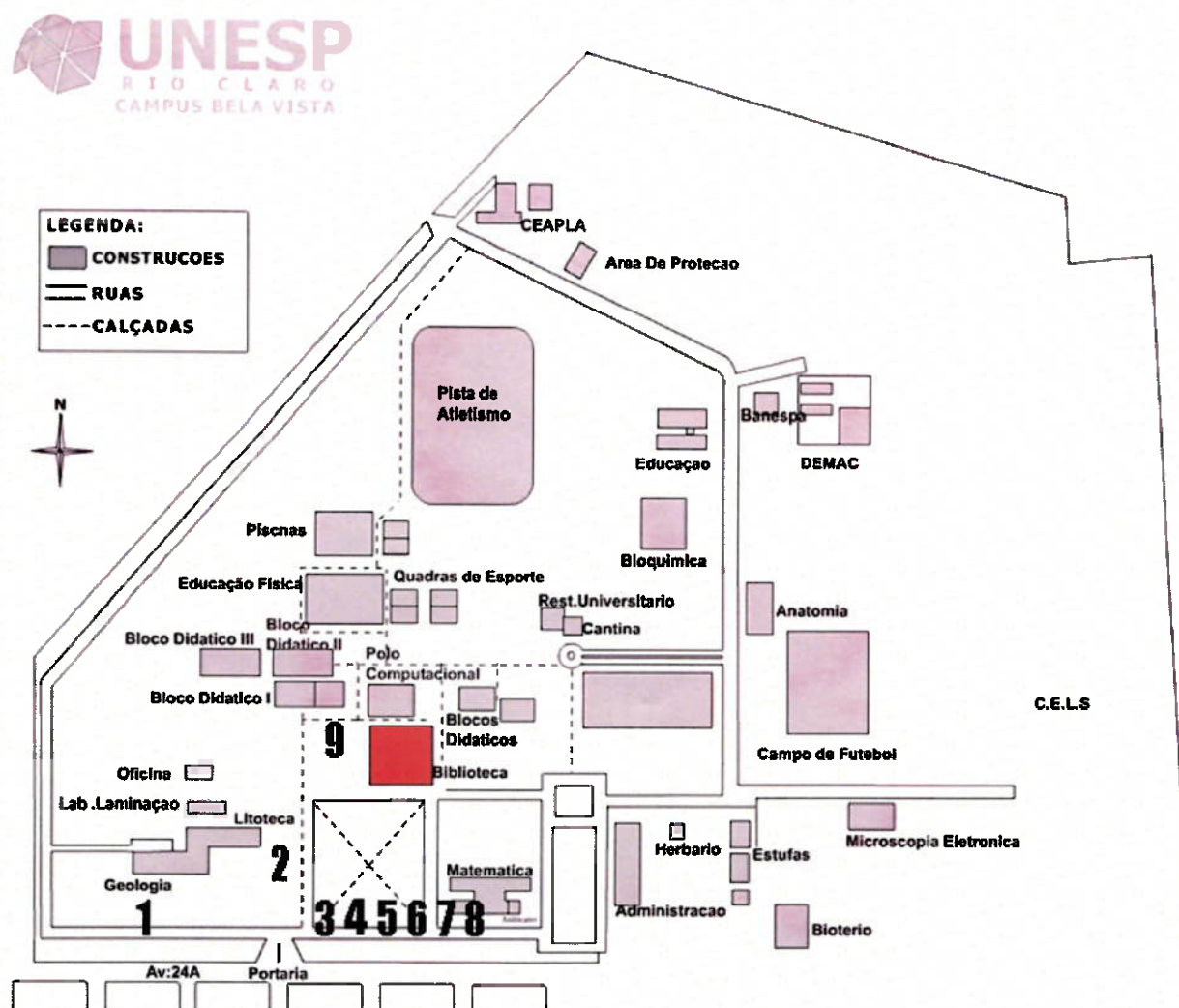


Figura 1: Mapa da distribuição das espécies observadas dentro do campus da Unesp - Rio Claro, sendo: 1 - *Ceibaglaziovii*, 2 - *Inga vera*, 3 - *Lagerstroemia speciosa*, 4 - *Handroanthus impetiginosus*, 5 - *Handroanthus heptaphyllus*, 6 - *Tabebuia roseoalba*, 7 - *Erythrina speciosa*, 8 - *Tecoma stans* e 9 - *Lecythis pisonis*.

3.4 Análise dos dados

A análise dos dados seguiu o processo descrito em Morellato et al. (2000) com algumas modificações. A partir dos dados fenológicos coletados no período de treze anos, entre 2003 e 2015, foi calculado a porcentagem de expressão da fenofase na espécie na semana em que a observação foi realizada. Para tal, somou-se o número do índice de Fournier de cada indivíduo e dividiu-se pelo máximo que a espécie poderia apresentar (todos os indivíduos com índice 4, ou seja, com a fenofase com expressão entre 75% a 100% em relação a copa) e por fim multiplicado por 100 de modo a se obter a porcentagem.

$$\text{Expressão da fenofase} = \left(\frac{\sum \text{índice dos indivíduos na semana}}{(\text{número de indivíduos} * 4)} \right) * 100$$

As datas das observações foram então transformadas em valores angulares, seguindo o procedimento descrito em Zar (2010, p. 606):

$$\text{Data angular da semana} = \left(\frac{(360^\circ) * (\text{número da semana de observação})}{(\text{total de observações no ano})} \right)$$

Foram extraídas as seguintes variáveis fenológicas: (a) data do início da queda foliar, (b) data do início da floração, (c) data de início da frutificação, (d) data do pico da queda foliar, (e) data do pico da floração, (f) data do pico da frutificação, para cada espécie em cada um dos 13 anos analisados. Devido ao fato de no banco de dados original, ântese e botão, fruto verde e fruto maduro serem avaliados separadamente, para o cálculo de floração e frutificação, unificou-se os valores das duas fenofases respectivamente para o cálculo da porcentagem (e modificando a multiplicação na divisão por 8). Para se definir as datas de pico, utilizamos a semana com a maior porcentagem de expressão da fenofase no ano. Caso o pico se apresentasse em mais de um mês, foi calculada a média angular, respeitando as particularidades da estatística circular, conforme descrito em Zar (2010, p. 612). Em contrapartida, para se definir as datas de início da fenofase, utilizou-se a primeira ocorrência da fenofase no ano que estivesse em continuidade com o pico (sem separação por ausência), de modo a evitar que ocorrências pontuais das fenofases fossem contabilizadas como data de início. Em casos em que havia mais de uma data de pico, usou-se a que possuía a maior sequência de ocorrências sem ausências. As datas angulares de cada fenofase e espécie estão representadas graficamente nos apêndices A e B.

Os dados climáticos de temperatura e pluviosidade de 2003 a 2015 foram cedidos pelo Centro de Análises e Planejamento Ambiental (CEAPLA) do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP campus Rio Claro - SP. Para as temperaturas, utilizou-se as médias mensais disponíveis nos boletins, para se obter uma média das médias, de modo que tivéssemos um valor para cada ano que representasse: a média das menores temperaturas observadas, a média da temperatura e a média das máximas observadas. Quanto a pluviosidade, se somou a quantidade de precipitação de cada mês, obtendo um valor para a pluviosidade em cada ano.

As análises seguintes foram realizadas no R (R Core Team 2020), usando o pacote “circular” (Agostinelli & Lund (2017)). Para verificar se a dispersão das variáveis fenológicas de (a) a (f) estavam significativamente agrupadas em uma única época do ano, e assim definir se havia ou não sazonalidade, utilizou-se o Teste de Rayleigh. Por fim, para se testar a correlação entre as variáveis biológicas com as variáveis climáticas, utilizou-se o teste de correlação proposto por Mardia (1976), devido a se tratar de um conjunto de dados de natureza angular e um conjunto de dados de natureza linear. Os valores obtidos no teste, foram multiplicados pelo n amostral (13) e comparados em uma tabela de distribuição qui-quadrado. Conforme descrito em Zar (2010, p. 658) um resultado significativo seria o que um valor P obtido pelo teste de correlação multiplicado pelo número amostral se encontraria de tal modo na tabela entre as colunas $0.025 < P < 0.05$.

4. RESULTADOS

4.1 Tendências do clima através dos anos

A média anual das temperaturas se manteve relativamente constante até 2010, onde no ano seguinte ocorreu uma queda brusca, de 23,26 °C de temperatura média em 2010 para 20,86 °C. Nos anos subsequentes a 2011, a temperatura média continuou fluando na faixa de 20 °C a 21 °C, não voltando a alcançar os patamares de antes deste período (Figura 2).

Em comparação, média anual das temperaturas mínimas e a média anual das temperaturas máximas, não seguem tendências aparentes, com altas e quedas alternadas. Para as temperaturas máximas o valor mais baixo ocorreu em 2004 com 27,74 °C e o valor mais alto ocorreu em 2014 com 29,79 °C. Para as temperaturas mínimas o valor mais baixo ocorreu em 2011 com 15,02 °C, e o valor mais alto aconteceu em 2014 com 16,57 °C.

A pluviosidade também não seguiu uma tendência clara, mas em geral se manteve na faixa de 1300 mm a 1600 mm. Desta série, cabe destacar o valor de dois anos específicos que destoam desta regra: o ano mais chuvoso, 2011, com 1.896,7 mm, e o ano menos chuvoso, 2014, com apenas 882,8 mm de pluviosidade total.

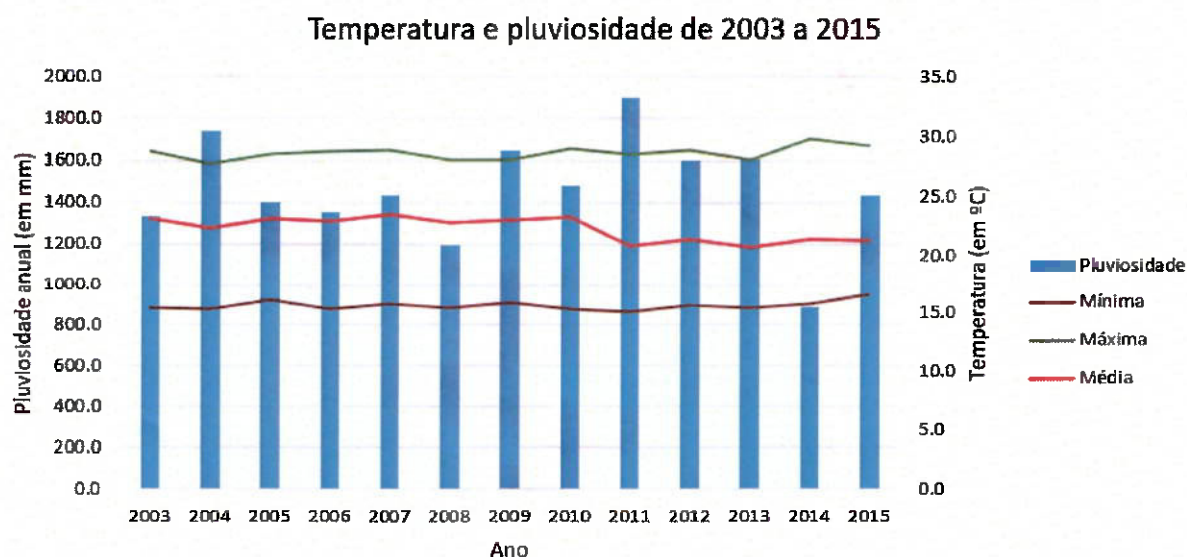


Figura 2: Valores de temperatura média (linha vermelha), temperatura máxima (linha verde) e temperatura mínima (linha marrom) e da pluviosidade (barras azuis) de 2003 a 2015.

4.2 Resultados do Teste de Rayleigh

Os resultados do Teste de Rayleigh indicaram que, em sua maioria, as datas de pico e início das fenofases analisadas, encontravam-se agrupadas, com exceções pontuais. Para as datas de início das fenofases, apenas a queda foliar apresentou casos em que não se seguia a distribuição normal, ocorrendo em 4 das 9 espécies (*Inga vera*, *Lagerstroemia speciosa*, *Lecythis pisonis* e *Handroanthus heptaphyllus*) (Tabela 2).

Em relação às datas de pico das fenofases, ocorreram apenas três cenários as datas não se encontravam agrupadas em relação ao ano: para a queda foliar de *Inga Vera*, para a frutificação em *Lagerstroemia speciosa* e para a frutificação em *Lecythis pisonis* (Tabela 3).

Valor de p no teste de normalidade de Rayleigh - Início das fenofases			
Espécie	Queda	Floração	Frutificação
<i>Ceiba glaziovii</i>	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Erythrina speciosa</i>	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Inga vera</i>	0.0848	0.0325	0.0055
<i>Lagerstroemia speciosa</i>	0.0586	0.0000	0.0000
<i>Lecythis pisonis</i>	0.2113	0.0000	0.0000
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	0.3290	0.0000	0.0000
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	0.0001	0.0000	0.0000
<i>Tabebuia roseoalba</i>	0.0001	0.0000	0.0000
<i>Tecoma stans</i>	0.0001	0.0000	0.0000

Tabela 2: Lista dos resultados apresentados na aplicação do teste de Rayleigh na data de início das fenofases. Em vermelho estão os valores não significativos.

Valor de p no teste de normalidade de Rayleigh - Pico das fenofases			
Espécie	Queda	Floração	Frutificação
<i>Ceiba glaziovii</i>	0.0001	0.0000	0.0073
<i>Erythrina speciosa</i>	0.0008	0.0000	0.0000
<i>Inga vera</i>	0.2594	0.0010	0.0000
<i>Lagerstroemia speciosa</i>	0.0000	0.0000	0.2672
<i>Lecythis pisonis</i>	0.0004	0.0000	0.2105
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Tabebuia roseoalba</i>	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Tecoma stans</i>	0.0000	0.0000	0.0000

Tabela 3: Lista dos resultados apresentados na aplicação do teste de Rayleigh na data de pico das fenofases. Em vermelho estão os valores não significativos.

4.3 Correlação com dados climáticos

Através da correlação de Mardia entre os dados biológicos e os dados climáticos se mostraram significativas em quatro cenários, sendo esses, dois com datas de início e dois com datas de pico. Nas datas de início, com a temperatura máxima e floração de *Ceiba glaziovii* e com a pluviosidade com a queda de *Inga vera*. E nas datas de pico, com a temperatura mínima e a floração de *Ceiba glaziovii* e com a pluviosidade com a floração de *Erythrina speciosa*.

Também ocorreram resultados próximos de significativos, mas que ainda assim não cumpriram os critérios. Para as datas de início, foram os casos das datas de início da floração de *Inga vera* com a temperatura máxima e da floração de *Handroanthus heptaphyllus* com a temperatura média, bem como para a data de pico da queda foliar de *Handroanthus heptaphyllus* com a pluviosidade.

5. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o resultado das análises, fica nítida a sazonalidade das nove espécies do campus, com as fenofases raramente se apresentando em datas atípicas, tanto para o início quanto para o pico. Apesar disto, das três analisadas, as reprodutivas (floração e frutificação) foram mais precisas, ocorrendo com maior frequência em um mesmo período do ano, enquanto a queda foliar, teve seus valores mais bem distribuídos ao longo do ano, porém com uma certa predominância no período de transição entre o verão (estação úmida e quente) para o outono (estação seca e fria). Isto possivelmente ocorreu, devido a relação direta entre a deiscência foliar e a disponibilidade de água no ambiente neste período, onde o solo torna-se mais seco, causando a queda do potencial hídrico e levando a queda foliar (ELLIOTT et al. 2006).

É sabido também que o regime de chuvas de São Paulo tem se alterado nos últimos 50 anos, havendo uma diminuição no número de dias de chuva, porém com um aumento de chuvas intensas (HAYLOCK et al, 2006; MARENGO, 2008). Além disso, as chuvas em São Paulo sofrem influência de fenômenos climáticos externos como o El Niño, a La Niña e certas massas de ar que atingem a América do Sul (HAYLOCK et al, 2006), o que também pode ter impactado a queda foliar nas espécies do campus.

Quanto às correlações, *Ceiba glaziovii* foi a espécie mais significativa com o clima, com tanto o início, quanto o pico da floração, reagiram com alguma variável de temperatura, possivelmente causado pelo fato de *C. glaziovii* ser uma planta típica de caatinga, com várias adaptações à seca e a maiores temperaturas, como a presença de mucilagem e a grande capacidade de retenção de água no caule (JUNIOR, OLIVEIRA, SILVA 2020). Por sua vez, *Erythrina speciosa* apresentou correlação entre a floração e a pluviosidade, o que pode estar relacionado com o fato de *E. speciosa* priorizar produção de flores do que de frutos (PALERMO & AGOSTINI, 2010). *Handroanthus heptaphyllus* e *Inga vera* também apresentaram uma certa relação com o regime de chuvas, porém é necessário lembrar que muitos indivíduos de *I. vera* morreram durante o período analisado, restando poucos indivíduos ao fim da série.

Concluimos portanto, que há evidências sobre o impacto do clima no ciclo vegetal de ao menos quatro das nove espécies estudadas, sendo a pluviosidade o fator ambiental que mais se correlacionou com as variáveis fenológicas. Também foi constatado que a queda foliar seguiu uma menor sazonalidade do que as fenofases reprodutivas (floração e fruto).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERNETHY, K. *et al.* Current issues in tropical phenology: a synthesis. **BIOTROPICA**: The journal of the association for tropical biology and conservation, v. 50, n. 3, p. 477-482, mar./2018.
- AGOSTINELLI C.; LUND U.; (2017). R package 'circular': Circular Statistics (version 0.4-93). URL <https://r-forge.r-project.org/projects/circular/>
- BORGES, V. P.; COSTA, M. A. P. D. C.; RIBAS, R. F. EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO INICIAL DE *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo EM AMBIENTES CONTRASTANTES DE LUZ. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 523-531, mai./2014.
- CARRERO, G. C. *et al.* **Árvores do Sul do Amazonas**: Guia de espécies de interesse econômico e ecológico. 2. ed. Manaus: IDESAM, 2017. p. 66-67
- CARVALHO-SOBRINHO, J. G. D.; QUEIROZ, L. P. D. Morphological cladistic analysis of *Pseudobombax* Dugand (Malvaceae, Bombacoideae) and allied genera. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 34, n. 02, p. 197-2009, mai./2011.
- CHAMBERS, L. E. *et al.* Phenological changes in the Southern Hemisphere. **PLoS One**, v. 8, n. 10, p. 1-12, out./2013.
- DUTRA, J. C. S; MACHADO, V. L. L. Entomofauna Visitante de *Stenolobium stans* (Juss.) Seem (Bignoniaceae), durante seu Período de Floração. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, p. 43-53, mar./2001.
- ELLIOTT, S., BAKER, J. P. & BORCHERT, R. Leaf flushing during the dry season: the paradox of Asian monsoon forests, **Global Ecology and Biogeography**, v. 15, n. 3, p. 248-257, set./2006.
- FELIX, F. C.; MEDEIROS, J. A. D. D.; PACHECO, Mauro V. Morfologia de sementes e plântulas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos. **Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal**, Lisboa, v. 41, n. 4, p. 1028-1035, dez./2018.
- FOURNIER, L.A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba**. v.24, p. 422-423. dez./1974.

GANDOLPHI, G.; BITTENCOURT JR, N. S. Sistema reprodutivo do Ipê-Branco – *Tabebuia roseo-alba* (Ridley) Sandwith (Bignoniaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 840-851, set./2020.

GILBERT, B.; FAVORETO, R. *Erythrina* sp. Fabaceae (Leguminosae, Faboideae). **Revista Fitos**, v. 7, n. 3, p. 185-197, set./2012.

HAYLOCK, M. R. et al. Trends in Total and Extreme South American Rainfall in 1960–2000 and Links with Sea Surface Temperature. *Journal of climate*, v. 19, n.1, p. 1490-1512, abr./2006.

IPCC (2018). Global warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty, Geneva.

JÚNIOR, J. L. S.; OLIVEIRA, M. F. C.; SILVA, E. C. Acúmulo de solutos orgânicos em mudas de *Ceiba glaziovii* (Kutze) Kum. em resposta à seca intermitente. **Scientia Plena**, v. 16, n. 1, p. 1-12, jan./2020.

KEATLEY, M. R.; HUDSON, I. L. Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis. 1. ed. Springer Science+Business Media, 2010. p. 1-3.

KLEIN, G. et al. Antidiabetes and Anti-obesity Activity of *Lagerstroemia speciosa*. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 4, n. 4, p. 401-407, jan./2007.

KHANDURI, V. P. Annual variation in floral phenology and pollen production in *Lagerstroemia speciosa*: an entomophilous tropical tree. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v. 36, n. 4, p. 389-396, jul./2014.

KOEPPEN, W. **Climatologia**. Mexico, Fundo de Cultura Economica, p. 466, 1948.

KUDO, G.; COOPER, E. J. When spring ephemerals fail to meet pollinators: mechanism of phenological mismatch and its impact on plant reproduction. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 286, n. 1, p. 1-9, mai./2019.

LIETH, H. **Phenology and Seasonality Modeling**. 1. ed. Nova York: Springer Science+Business Media, 1974. p. 4-5.

LPWG. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. **Taxon**, v. 66, n. 1, p. 44-47, fev./2017

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 1. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1992. p. 206-206.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1998. p. 45-45.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 608 p.

MARDIA, K. V. Linear-Circular Correlation Coefficients and Rhythmometry. **Biometrika**, v. 63, n. 2, p. 403-405, ago./1976.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 83-96, jul.2008.

MARTINS, L.; LAGO, A. A. D.; CICERO, S. M. QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Tabebuia avellanedae* E *Tabebuia impetiginosa* SUBMETIDAS À ULTRA-SECAGEM. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 626-634, jan./2011.

MENDOZA, I.; CARLOS A. PERES.; MORELLATO, L. P. C. Continental-scale patterns and climatic drivers of fruiting phenology: A quantitative Neotropical review. **Global and Planetary Change**, v. 148, n. 1, p. 227-241, dez./2017.

MORELLATO, L. P. C. *et al.* Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: A Comparative Study. **BIOTROPICA**, v. 32, n. 4b, p. 811-823, dez./2000

MORELLATO, L. P. C. *et al.* The influence of sampling method, sample size, and frequency of observations on plant phenological patterns and interpretation in tropical forest trees. *In*: **Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis**, p. 99-121, set/2010.

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

MORI, S. A. Biologia da polinização em Lecythidaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 1, n. 2, p. 121-124, dez./1988.

NASCIMENTO, I. L. D. Superação da dormência em sementes de Paineira-branca. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 285-291, jun./2012.

PALERMO, B. R. Z.; AGOSTINI, Kayna. Componentes de fecundidade em *Erythrina speciosa* (Leguminosae, Faboideae). **Bioikos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 13-19, jun./2010.

PARMESAN, C.; YOHE, G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. **Nature**, v. 421, p. 37-42, jan./2003.

PELTON, J. A Survey of the Ecology of *Tecoma stans*. **Butler University Botanical Studies**, v. 14, n. 1, p. 53-88, jan./1964.

POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 25, n. 6, p. 60-72, jun./2010.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RAFFERTY, N. E.; CARADONNA, P. J.; BRONSTEIN, J. L.. Phenological shifts and the fate of mutualism. **Oikos**, v. 124, n. 1, p. 14-21, set./2014.

SILVA, C. I. *et al.* Diversidade de Abelhas em *Tecoma stans* (L.) Kunth (Bignoniaceae): Importância na Polinização e Produção de Frutos. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 3, p. 331-341, jun./2007.

STAGGEMEIER, V. G. *et al.* The circular nature of recurrent life cycle events: a test comparing tropical and temperate phenology. **Journal of Ecology**, v. 108, n. 2, p. 393-404, mar./2020.

UDULUTSCH, R. G.; ASSIS, M. A.; PICCHI, D. G. Florística de trepadeiras numa floresta estadual semidecídua, Rio Claro – Araras, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, vol. 27, n. 1, 125-134. mar./2004.

VARGAS-FIGUEROA, J. A.; TORRES-GONZÁLEZ, A. M. Germination and seed conservation of a pioneer species, *Tecoma stans* (Bignoniaceae), from tropical dry forest of Colombia. **Revista de Biología Tropical**, San José, v. 66, n. 2, p. 918-936, jun./2018.

VILELA, L. C. Análise fisiológica de embriões de *Inga vera* Willd. Subsp. affinis (DC.) T. D. Pennington armazenados em meio osmótico. 2018. 63 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)—Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

VITALI-VEIGA, M. D. J.; DUTRA, J. C. S.; MACHADO, V. L. L. Visitantes florais de *Lagerstroemia speciosa* Pers. (Lythraceae) . **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 16, n. 2, p. 397-407, jun./1999.

VITALI-VEIGA, M. J.; MACHADO, Vera L. L. Visitantes Florais de *Erythrina speciosa* Andr. (Leguminosae). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 17, n. 2, p. 369-383, jan./2000.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 5. ed. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2010. p. 606-658

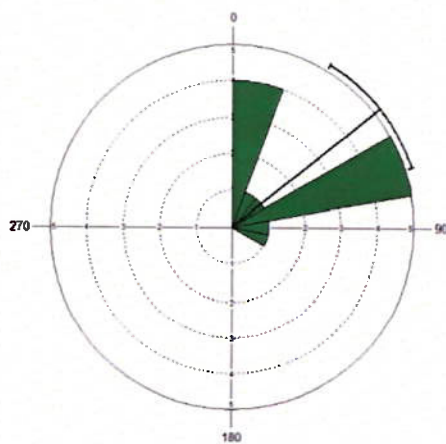
APÊNDICES

APÊNDICE A - Histogramas circulares das datas de início das fenofases

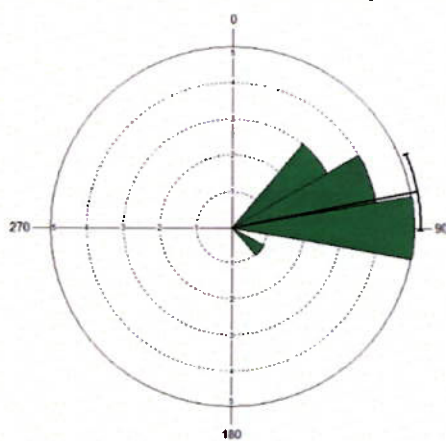
APÊNDICE B - Histogramas circulares das datas de pico das fenofases

APÊNDICE A - Histogramas circulares das datas de início das fenofases

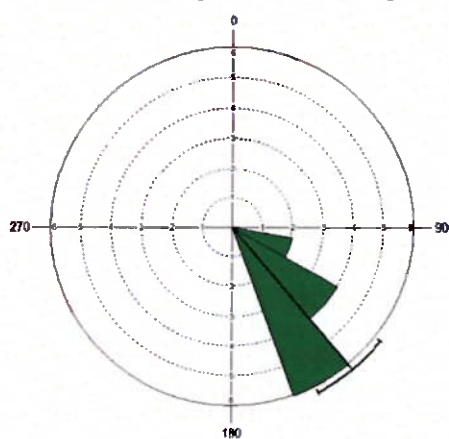
Início da queda foliar em *Ceiba glaziovii*

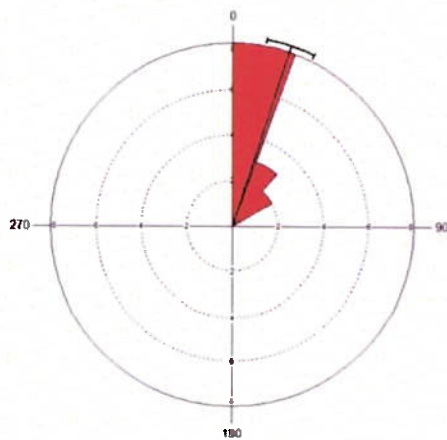
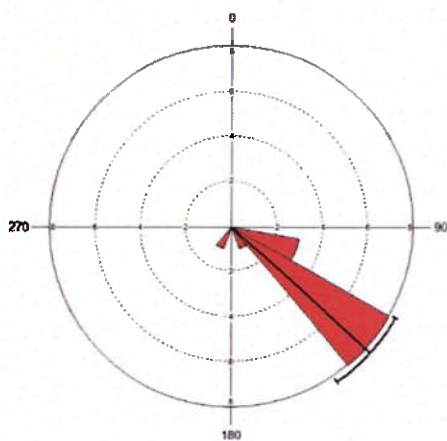
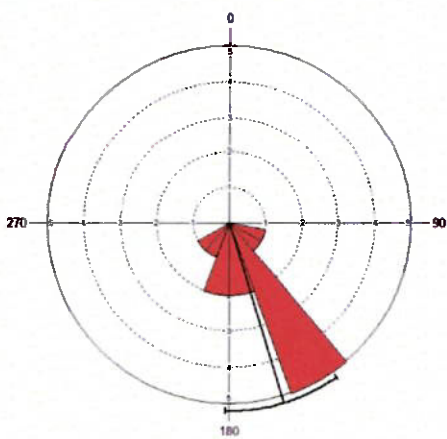


Início da floração em *Ceiba glaziovii*

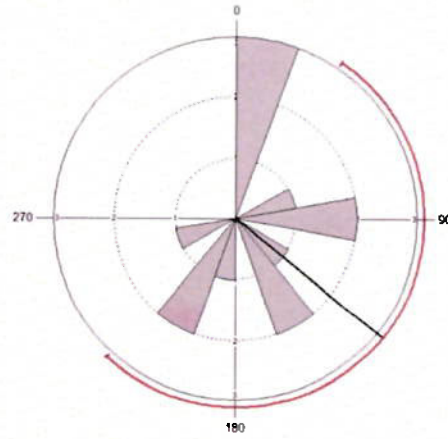


Início da frutificação em *Ceiba glaziovii*

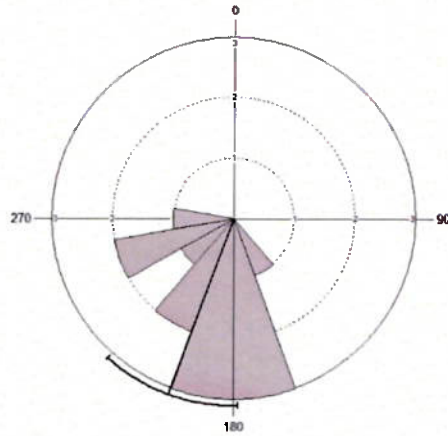


Início da queda foliar em *Erythrina speciosa***Início da floração em *Erythrina speciosa*****Início da frutificação em *Erythrina speciosa***

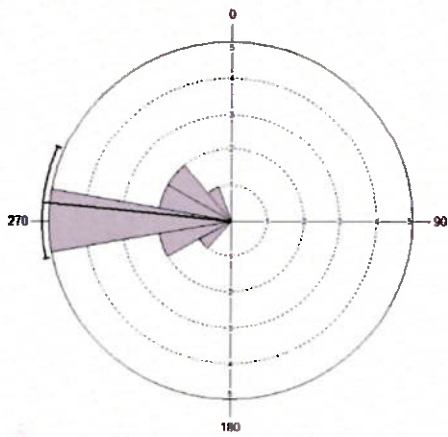
Início da queda foliar em *Handroanthus heptaphyllus*



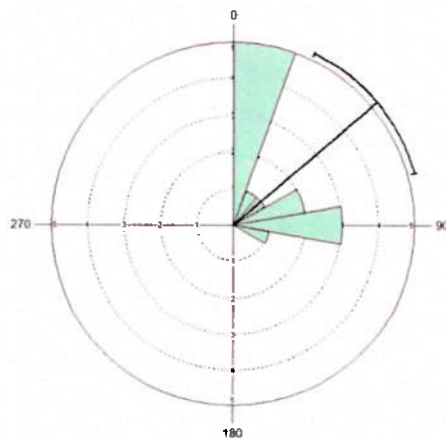
Início da floração em *Handroanthus heptaphyllus*



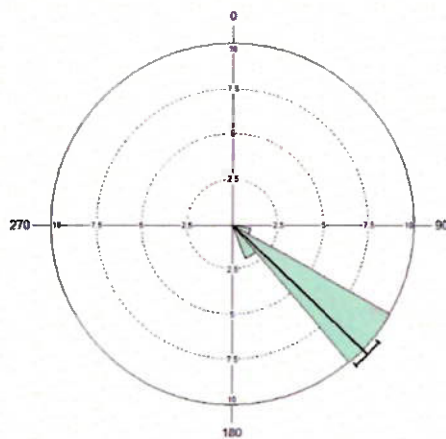
Início da frutificação em *Handroanthus heptaphyllus*



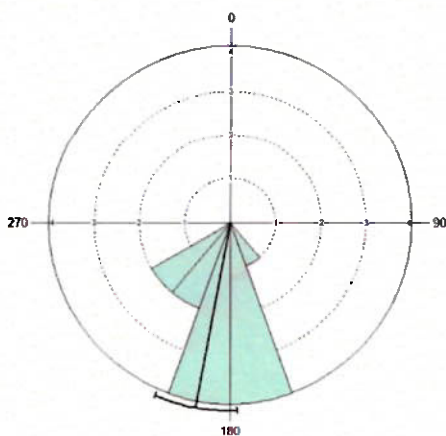
Início da queda foliar em *Handroanthus impetiginosus*

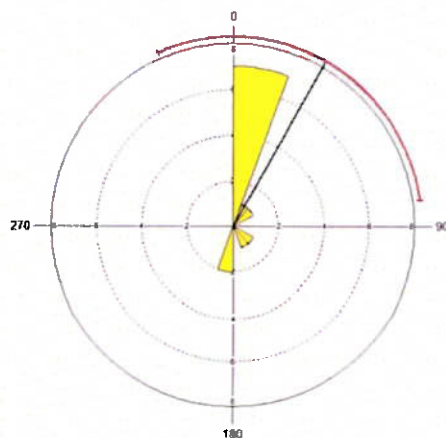
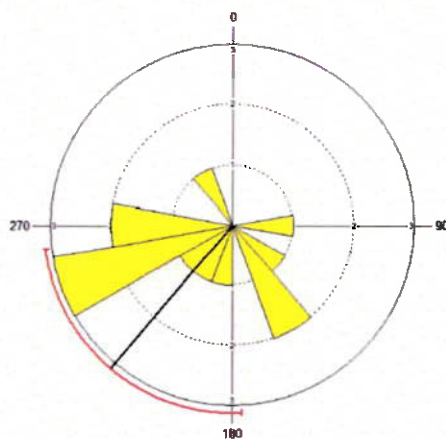
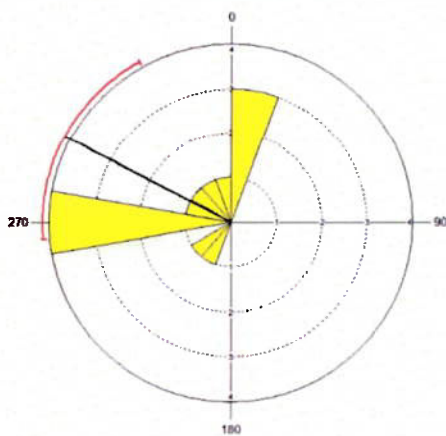


Início da floração em *Handroanthus impetiginosus*

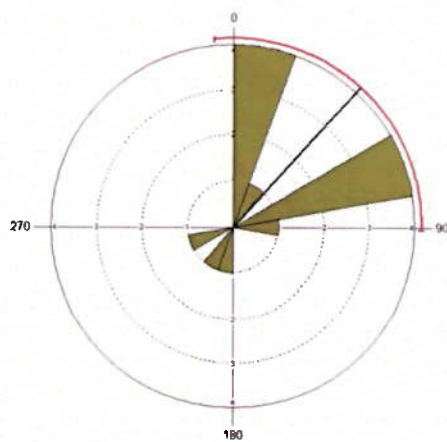


Início da frutificação em *Handroanthus impetiginosus*

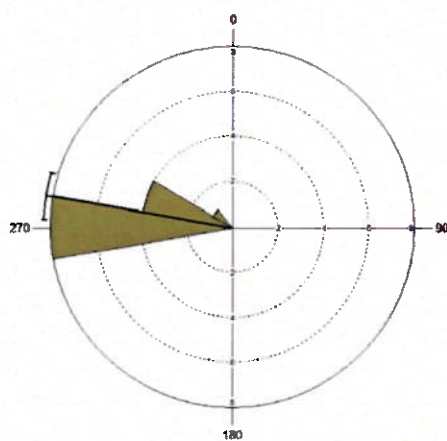


Início da queda foliar em Inga vera**Início da floração em Inga vera****Início da frutificação em Inga vera**

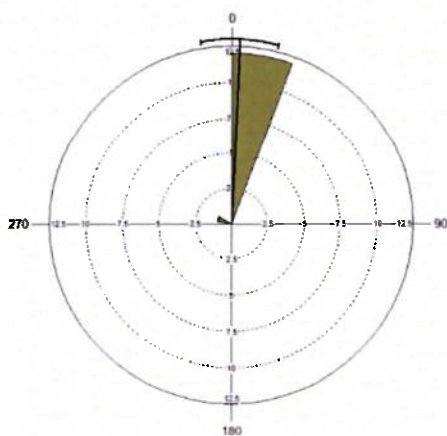
Início da queda foliar em *Lagerstroemia speciosa*

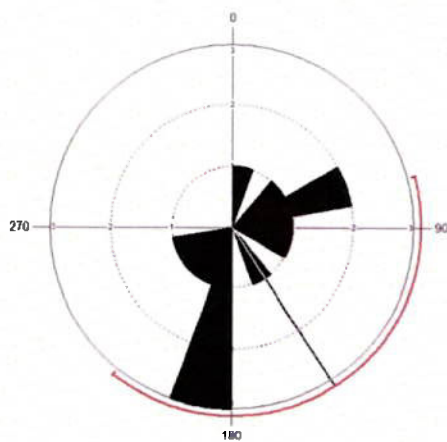
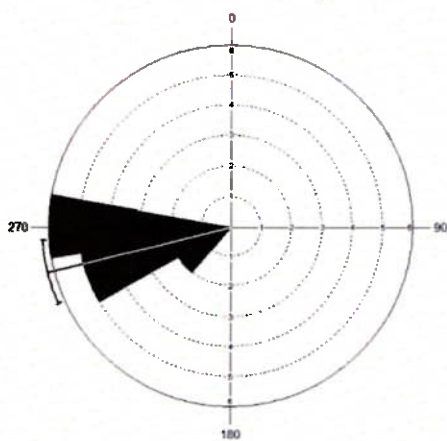
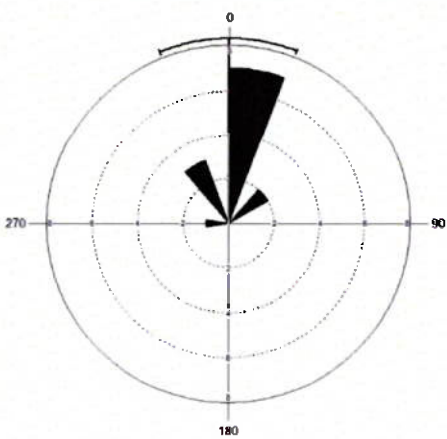


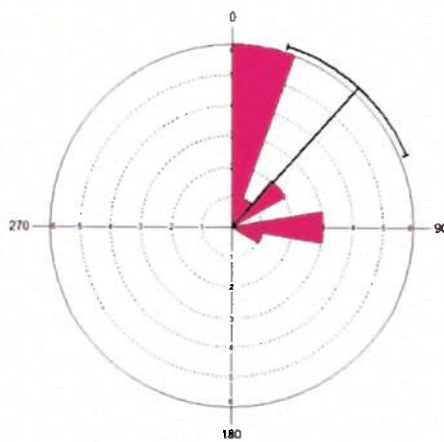
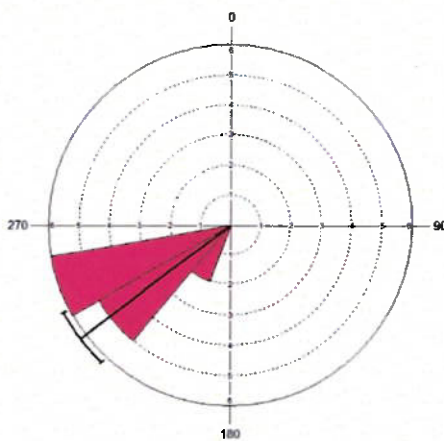
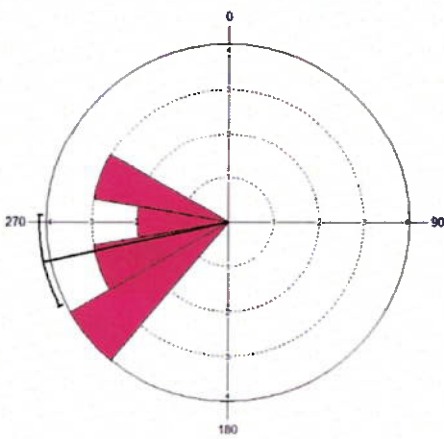
Início da floração em *Lagerstroemia speciosa*

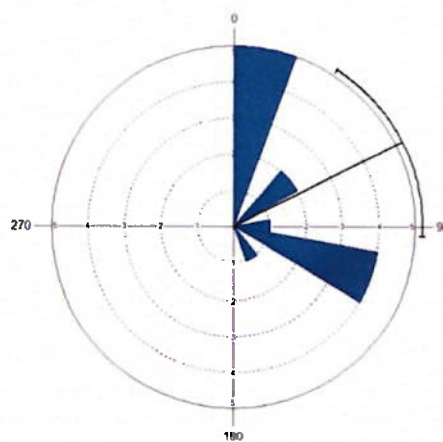
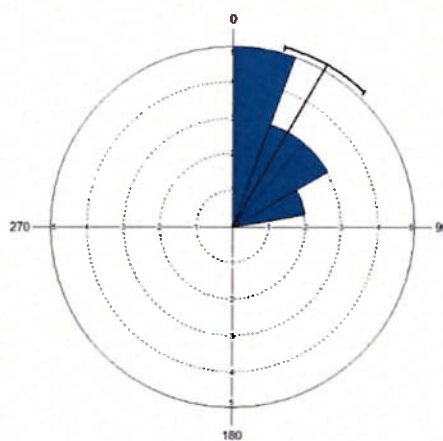
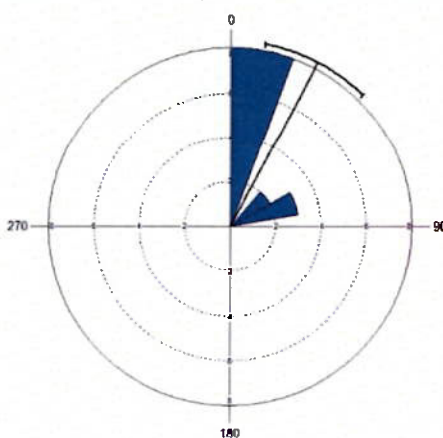


Início da frutificação em *Lagerstroemia speciosa*



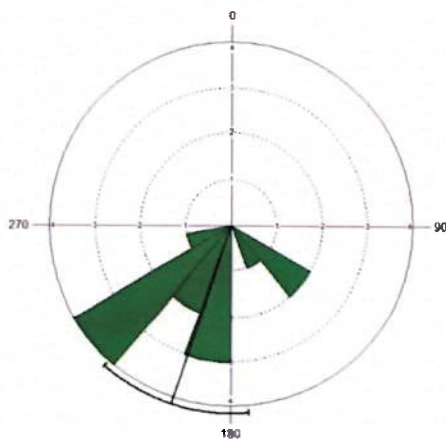
Início da queda foliar em *Lecythis pisonis***Início da floração em *Lecythis pisonis*****Início da frutificação em *Lecythis pisonis***

Início da queda foliar em *Tabebuia roseoalba***Início da floração em *Tabebuia roseoalba*****Início da frutificação em *Tabebuia roseoalba***

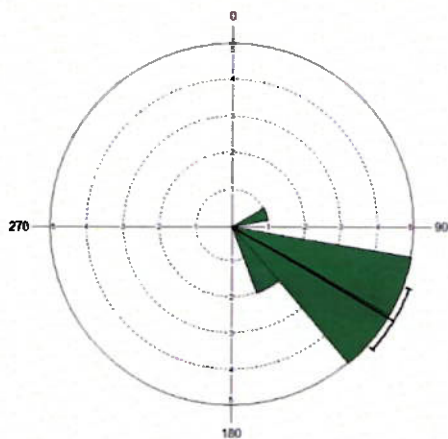
Início da queda foliar em *Tecoma stans***Início da floração em *Tecoma stans*****Início da frutificação em *Tecoma stans***

APÊNDICE B - Histogramas circulares das datas de pico das fenofases

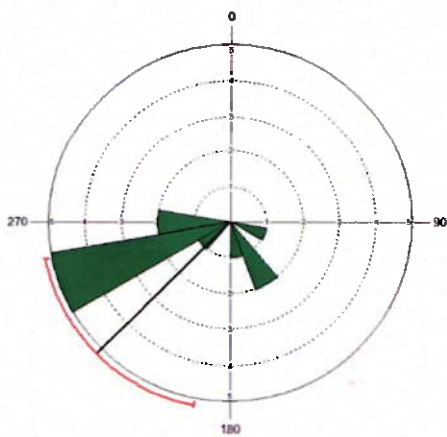
Pico da queda foliar em *Ceiba glaziovii*

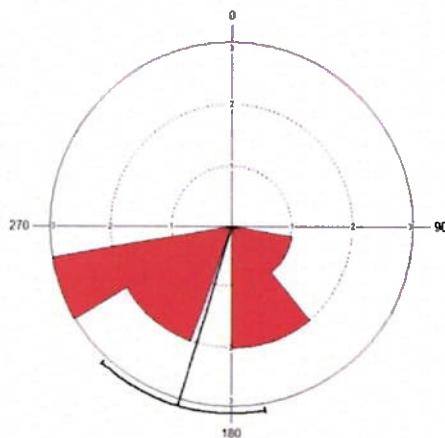
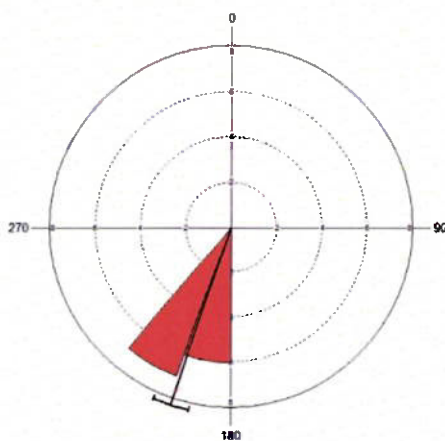
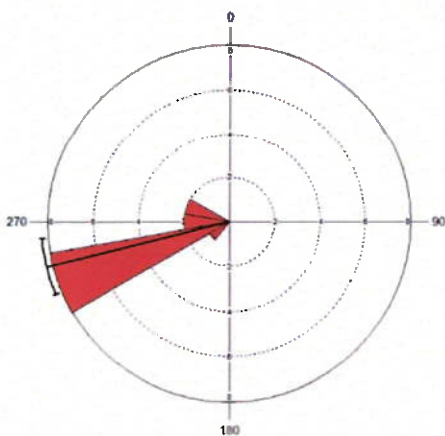


Pico da floração em *Ceiba glaziovii*

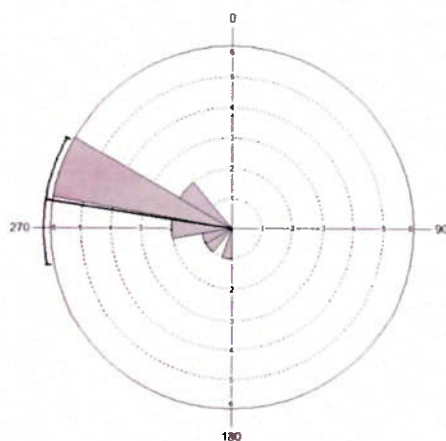


Pico da frutificação em *Ceiba glaziovii*

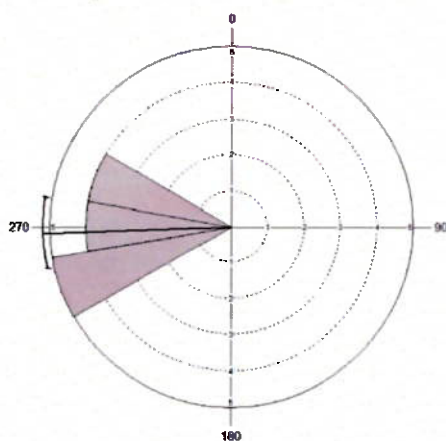


Pico da queda foliar em *Erythrina speciosa***Pico da floração em *Erythrina speciosa*****Pico da frutificação em *Erythrina speciosa***

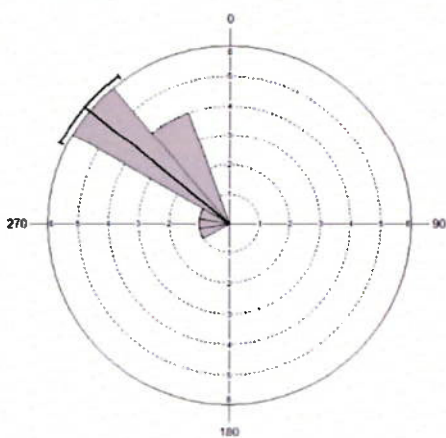
Pico da queda foliar em *Handroanthus heptaphyllus*

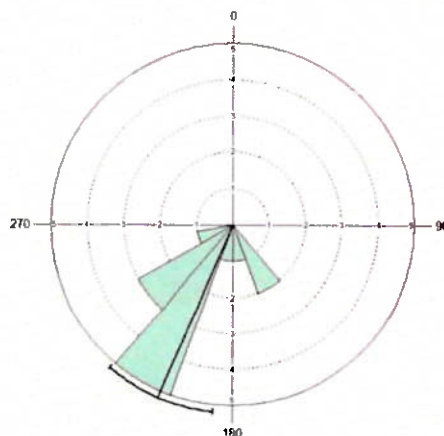
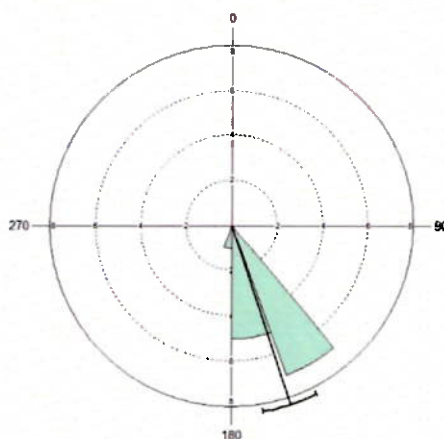
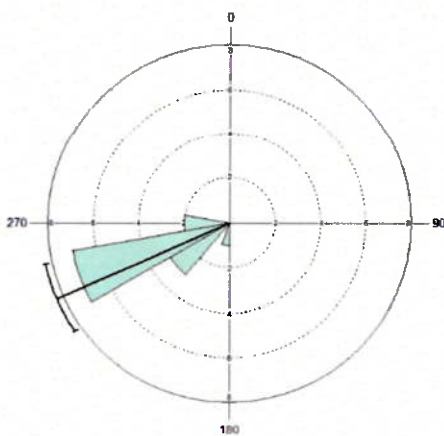


Pico da floração em *Handroanthus heptaphyllus*

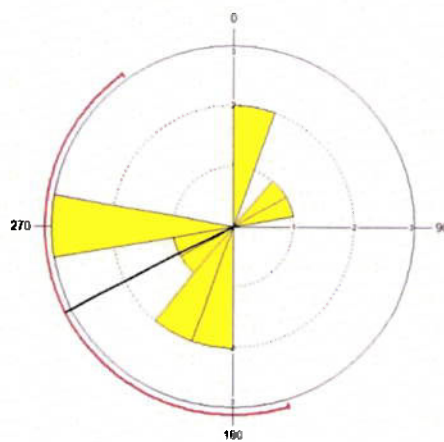


Pico de frutificação em *Handroanthus heptaphyllus*

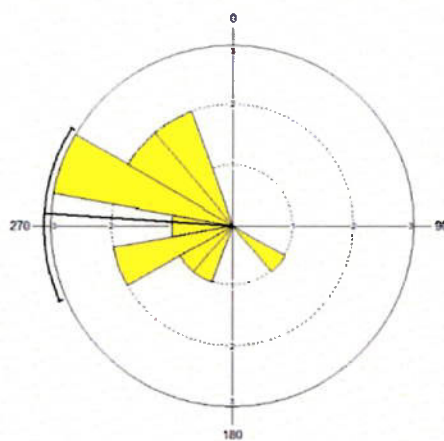


Pico da queda foliar em *Handroanthus impetiginosus***Pico de floração em *Handroanthus impetiginosus*****Pico de frutificação em *Handroanthus impetiginosus***

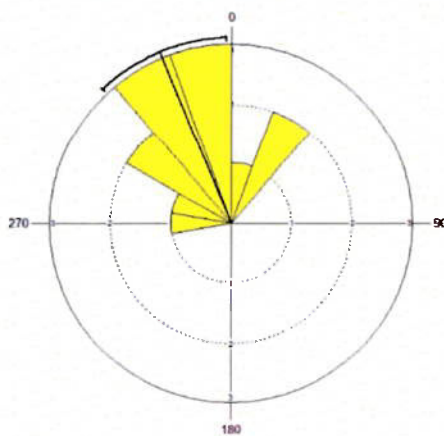
Pico de queda foliar em Inga vera



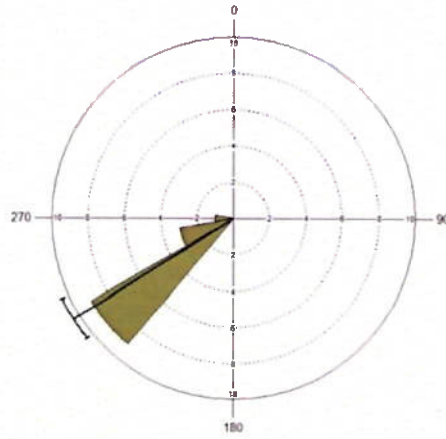
Pico de floração em Inga vera



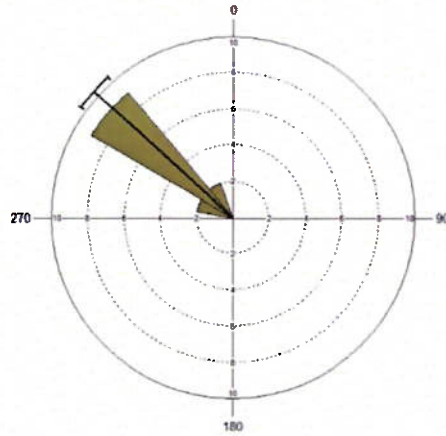
Pico de frutificação em Inga vera



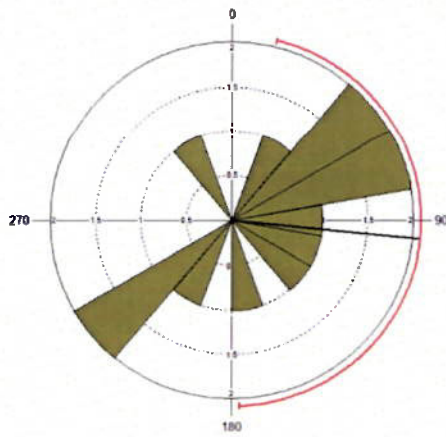
Pico da queda foliar em *Lagerstroemia speciosa*

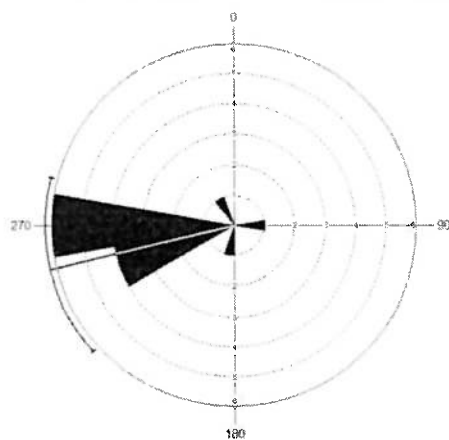
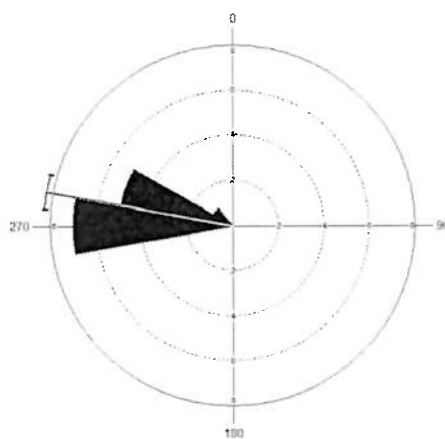
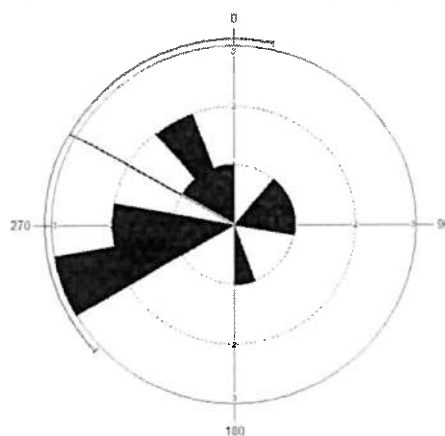


Pico da floração em *lagerstroemia speciosa*

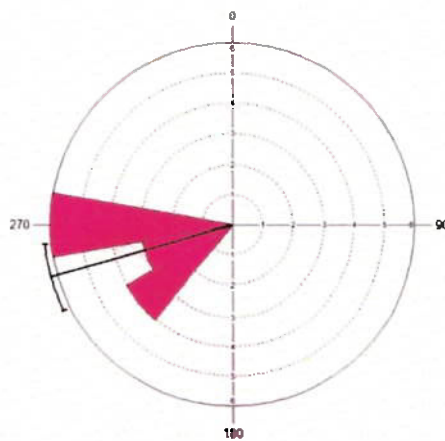


Pico da frutificação em *lagerstroemia speciosa*

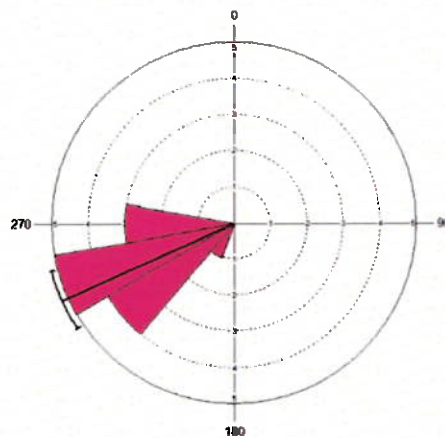


Pico da queda foliar em *Lecythis pisonis*Pico da floração em *Lecythis pisonis*Pico da frutificação em *Lecythis pisonis*

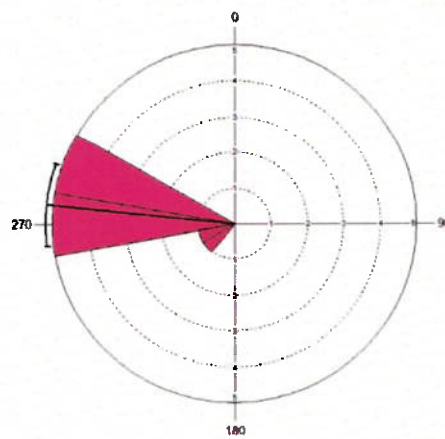
Pico da queda foliar em *Tabebuia roseoalba*

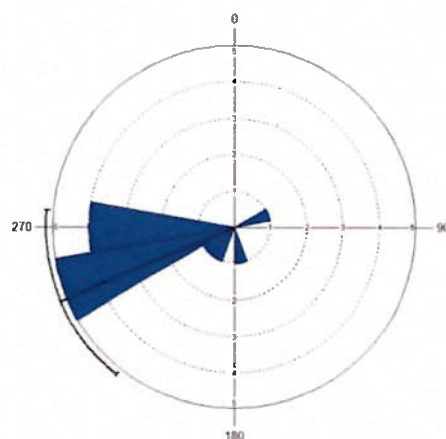
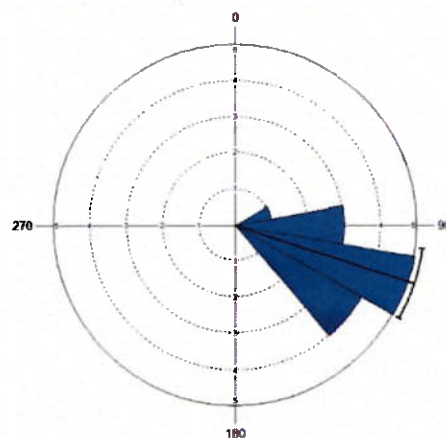
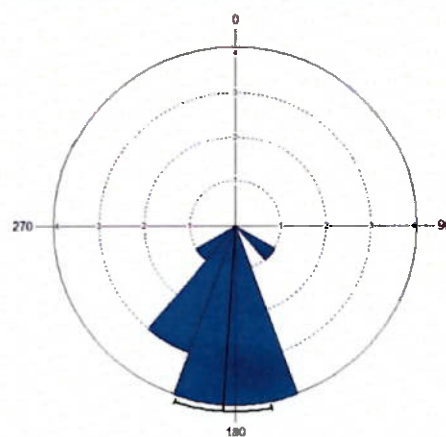


Pico da floração em *Tabebuia roseoalba*



Pico da frutificação em *Tabebuia roseoalba*



Pico da queda foliar em Tecoma stans**Pico de floração em Tecoma stans****Pico de frutificação em Tecoma stans**



Gabriel C. Towner

Adam Levine

Harmonie B.