



Comportamento fenológico de *Protium spruceanum* (Benth.) Engl. (Burseraceae) em uma vereda no norte de Minas Gerais

Phenological behavior of Protium spruceanum (Benth.) Engl. (Burseraceae) on a vereda in the north of Minas Gerais

João Carlos Araújo dos Santos¹
João Carlos Gomes Figueiredo²
Joicy Ruas Antunes³
Yule Roberta Ferreira Nunes⁴
Marly Antonielle de Ávila⁵

RESUMO

Objetivo: avaliar o comportamento fenológico de *P. spruceanum* e verificar a influência de variáveis ambientais na fenologia, em uma vereda no norte de Minas Gerais. **Métodos:** A avaliação foi realizada mensalmente, de novembro de 2016 a novembro de 2019. Foram observados 21 indivíduos, avaliando a fenologia vegetativa (brotamento e queda foliar) e reprodutiva (floração e frutificação) que foram correlacionadas com as variáveis ambientais locais (temperatura média, precipitação e fotoperíodo). Foram utilizados dois métodos de observação: o índice de atividade fenológica (ausência/presença do evento) e o Índice de Fournier. Os valores destes índices foram submetidos à correlação de Spearman com os dados das variáveis ambientais. **Resultados:** Na fenologia vegetativa, *P. spruceanum* apresentou padrão contínuo para brotamento e queda foliar ao longo de todo o período observado. Na fenologia reprodutiva, observamos um padrão sazonal com floração concentrada nos meses de outubro e novembro, e frutificação nos meses de setembro a março. **Conclusão:** A população mostrou reprodução sincrônica alta no primeiro e último ano de avaliação, e algumas fenofases se sofreram influência das variáveis ambientais locais testadas.

Palavras-Chaves: áreas úmidas, breu-branco, fenologia, sincronismo, ecologia reprodutiva

1 Graduado em Ciências Biológicas. Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Montes Claros, Minas Gerais. joaocarlos_885@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-6270-2719>

2 Doutor em Biotecnologia, Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), Montes Claros, Minas Gerais, Brasil. jcgfigueiredo16@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-6453-8684>

3 Graduada em Ciências Biológicas. Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Montes Claros, Minas Gerais. joicyruantunes@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-2875-7457>

4 Docente do Departamento de Biologia Geral. Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Montes Claros, Minas Gerais. yule.nunes@unimontes.br. <https://orcid.org/0000-0003-3328-7506>

5 Doutora em Ciências Florestais (UFLA). Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Montes Claros, MG. marly_antonielle@yahoo.com.br. <https://orcid.org/0000-0001-9918-8215>

Recebido em

29-06-2024

Aceito em

19-08-2024

Publicado em

28-09-2024

ABSTRACT

Objective: To evaluate the phenological behavior of *P. spruceanum* and verify the influence of environmental variables on phenology in a vereda in northern Minas Gerais. **Methods:** The evaluation was carried out monthly from November 2016 to November 2019. 21 individuals were observed, assessing vegetative (budding and leaf fall) and reproductive (flowering and fruiting) phenology, which were correlated with local environmental variables (average temperature, rainfall and photoperiod). Two observation methods were used: the phenological activity index (absence/presence of the event) and the Fournier Index. The values of these indices were subjected to Spearman's correlation with the data from the environmental variables. **Results:** In vegetative phenology, *P. spruceanum* showed a continuous pattern for budding and leaf fall throughout the period observed. In reproductive phenology, we observed a seasonal pattern with flowering concentrated in the months of October and November, and fruiting in the months of September to March. **Conclusion:** The population showed high synchronous reproduction in the first and last year of evaluation, and some phenophases were not influenced by the local environmental variables tested.

Keywords: humid areas, breu-branco, phenology, synchronism, reproductive ecology

INTRODUÇÃO

Fenologia vegetal é o estudo das fases ou atividades do ciclo de vida de plantas e sua ocorrência temporal ao longo do ano contribui para o entendimento dos padrões reprodutivos e vegetativos das espécies¹. Além disso, a compreensão dos ciclos reprodutivos das plantas é de extrema importância para a conservação e manejo das espécies nativas e daquelas que se encontram ameaçadas de extinção². O detalhamento das características fenológicas das espécies é importante em razão de apresentarem periodicidade e comportamento distintos, além das diferenças entre as espécies de acordo com o ecossistema onde ocorrem³.

Os ciclos fenológicos de plantas tropicais são complexos⁴ e os padrões são submetidos a vários fatores internos ou externos que podem influenciá-los⁵. Os eventos reprodutivos, quando sazonais e sincronizados, podem representar vantagens adaptativas para muitas espécies tropicais⁶, pois podem oferecer maior periodicidade na produção de flores, folhas e frutos, devido à alternância de estações seca e úmida^{7,8}.

As diferentes condições climáticas são fatores determinantes nos padrões fenológicos das espécies⁹. Em florestas tropicais, a temperatura influencia diretamente o crescimento arbóreo, cujo efeito pode interferir no sequestro de carbono^{10,11,12}. Nas savanas tropicais, a

queda foliar geralmente se concentra na estação seca^{13,14}. A queda foliar, que é menos sazonal, pode ocorrer tanto na estação seca quanto na chuvosa¹⁵. As adaptações fenológicas nos ambientes adversos incluem a floração na estação seca, quando as plantas se tornam mais visíveis aos animais mutualistas devido à queda das folhas¹³, ou a floração logo no início da estação chuvosa (pouco antes das chuvas mais fortes) como mecanismos de evitar danos às flores¹⁴.

A precipitação é outro fator abiótico comum do crescimento das plantas do cerrado¹⁶, geralmente favorecendo o crescimento vegetativo. Por outro lado, as secas podem reduzir o crescimento vegetativo das plantas e levar à queda das folhas, bem como alterações na produção de flores e frutos, cessando o ciclo da planta quando prolongado^{17,18}. A temperatura também tem sido associada ao desencadeamento de fenofases reprodutivas, que podem promover ou bloquear a produção de metabólitos de alguns genes, cuja ação está diretamente ligada ao crescimento vegetativo ou ao controle da floração¹⁹.

O desenvolvimento e a reprodução das plantas estão intimamente ligados a fatores bióticos e abióticos¹⁴ e o estudo da fenologia das plantas tropicais torna-se cada vez mais essencial para a conservação da diversidade vegetal, da manutenção da fauna associada, de serviços ecossistêmicos, e compreensão dos impactos nas alterações climáticas. O objetivo deste estudo foi descrever a fenologia vegetativa e reprodutiva de *P. spruceanum* em resposta às variáveis ambientais locais, descrevendo as fenofases vegetativas (brotamento e queda foliar) e reprodutivas (floração e frutificação) de *P. spruceanum* durante três anos de observação; o sincronismo dos eventos reprodutivos de *P. spruceanum* e correlacionar as fenofases com as variáveis locais de temperatura média, precipitação e fotoperíodo.

MÉTODOS

Área de estudo

Este estudo foi realizado na Área de Proteção do Rio Pandeiros (APA do Rio Pandeiros) (Fig. 1), que abrange os municípios de Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho, localizado na macrorregião norte de Minas Gerais, Brasil²⁰. Esta região caracteriza-se pela transição entre os domínios de Caatinga e Cerrado: sendo que o estudo concentra-se numa área de vegetação

hidrófila associada à vereda, conhecida como Água Doce, com 2.344 ha ($15^{\circ}13'29''$ S; $44^{\circ}55'00''$ W)²¹ (Fig.1).

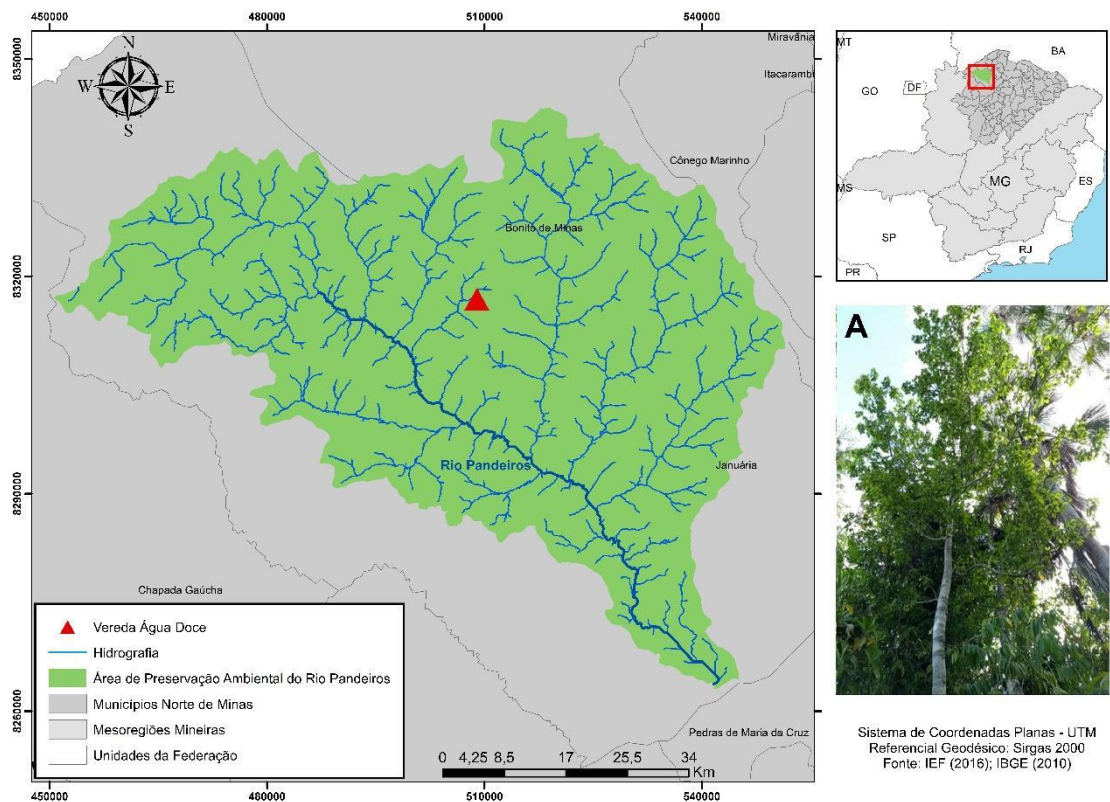


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo (vereda Água Doce) na Área de Proteção Ambiental do rio Pandeiros, norte do estado de Minas Gerais. A = imagem da espécie estudada, *P. spruceanum*.

O clima da região é tropical seco (Aw no Köppen)²², caracterizado por períodos chuvosos bem definidos²³ e a temperatura média é de $24,2^{\circ}\text{C}$ com precipitação anual de 1.000mm (Fig.2 A e B).

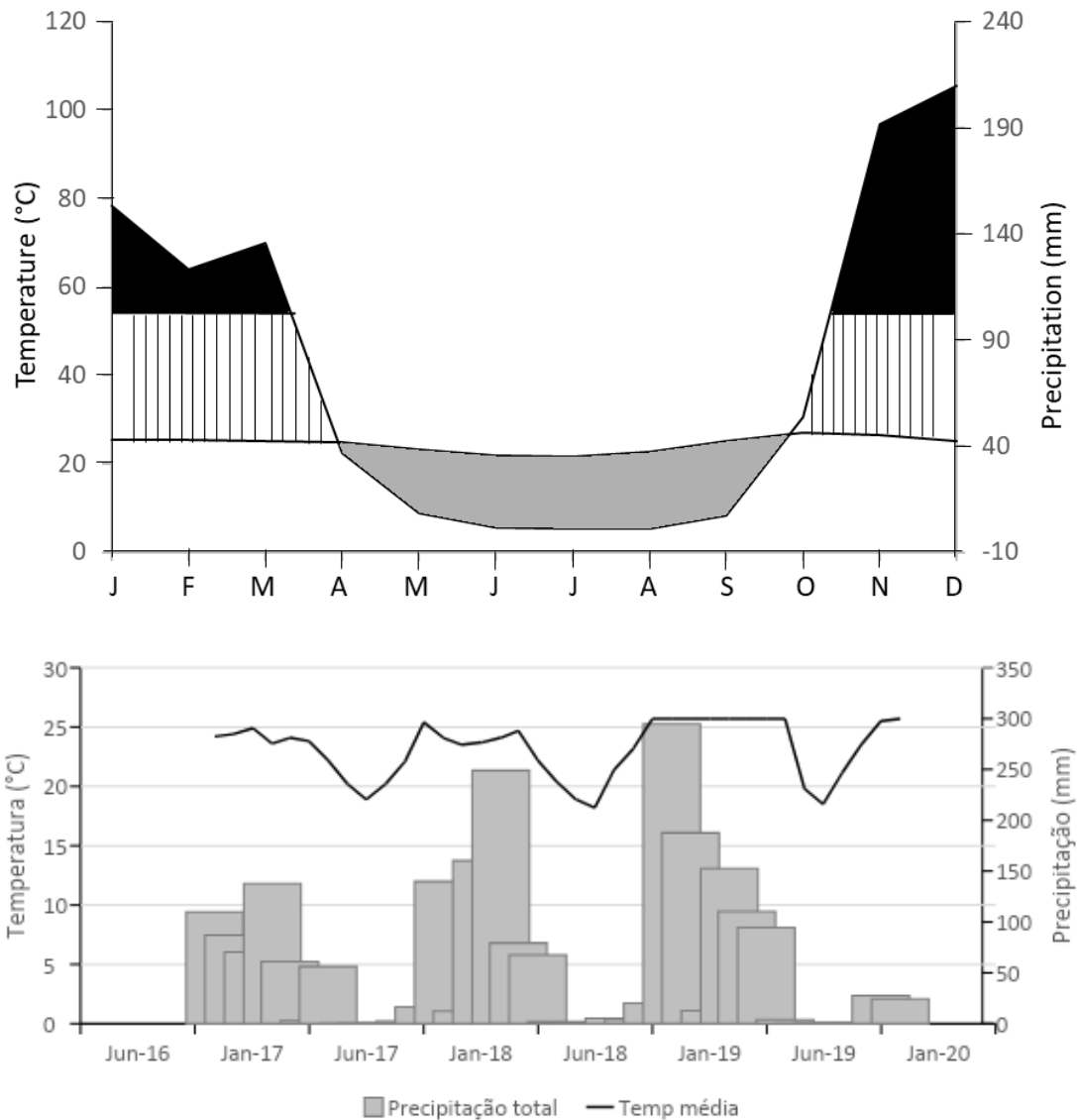


Figura 2. Dados climáticos de precipitação e temperatura obtidos a partir da Estação Climática de Januária, para os anos de 1988-2018 (A) e dados climatológicos coletados da estação meteorológica instalada na área de estudo (B) no período de novembro de 2016 a novembro de 2019 (Davis Vantage Pro 2 plus).

Espécie estudada

P. spruceanum, também conhecida popularmente como “breu” ou “almescla” é uma espécie dioica, da família Burseraceae, que apresenta em torno de 19 gêneros, com aproximadamente 750 espécies²⁴. A espécie é encontrada em outras formações como Cerrado, Mata Atlântica e na Amazônia, o gênero apresenta maior diversidade, com 73 espécies

descritas, sendo 42 endêmicas dessa região^{25,26}. Exibe flores pequenas (0,3-0,4 cm de diâmetro), de cor amarelo clara, funcionalmente unissexuais e dispostas em densas inflorescências (média de 45 flores). A espécie *Protium spruceanum* (Benth.) Engler apresenta porte arbóreo com dossel, altura média de 20 metros^{25,226}. O auge das inflorescências ocorre nos meses de setembro a novembro e a frutificação de outubro a março, com frutos lisos, brilhantes, coloração amarela a vermelha quando maduro²⁶ que são dispersados por animais, especialmente aves e mamíferos.

As folhas de *P. spruceanum* são do tipo alternas, compostas, geralmente imparipinadas e sem estípulas²⁵. Em áreas de veredas já estudadas^{27,28} foi demonstrada a presença das espécies *Protium* na estrutura da regeneração e na vegetação adulta de ambientes tanto preservados quanto impactados. A espécie é muito utilizada na medicina popular como expectorantes, cicatrizantes, tônicos, repelentes e no tratamento de inflamações^{29,30}. A resina das espécies do gênero é de grande utilidade pela população local para a iluminação e calafetar canoas, além do seu preparo em tintas e verniz^{29,31}. Além disso, a espécie é indicada em áreas de reflorestamento heterogêneo destinado a recuperação da vegetação de áreas ciliares degradadas^{32,26}.

Avaliação fenológica

Durante o período de novembro de 2016 a novembro de 2019 foram realizadas viagens mensais à vereda Água Doce para observações fenológicas de 21 indivíduos arbóreos distantes 10 m entre si, aproximadamente. Todos os indivíduos foram marcados previamente com plaquinhas de metal para a identificação e reconhecimento em campo. As determinações fenológicas foram realizadas mensalmente com o auxílio de um binóculo (10x30x50 TASC0).

As fenofases observadas para a fenologia vegetativa foram: (1) brotamento: marcado pelo aparecimento de folhas jovens com coloração diferenciada (avermelhada ou verde-clara) e (2) deciduidade: presença de folhas amarelas na copa, perda das folhas sob o vento e presença de folhas caídas sob a copa das árvores; e para fenologia reprodutiva: (3) botões florais, desde o início da formação da estrutura floral até a abertura dos botões; (4) flores: representada pela abertura das flores até a queda das peças florais; (5) frutos verde/imaturo: desde a formação do fruto até o amadurecimento, visualizada pela presença de frutos de coloração verde; (6) frutos maduros: frutos totalmente desenvolvidos com coloração diferenciada (avermelhada)^{33,34}.

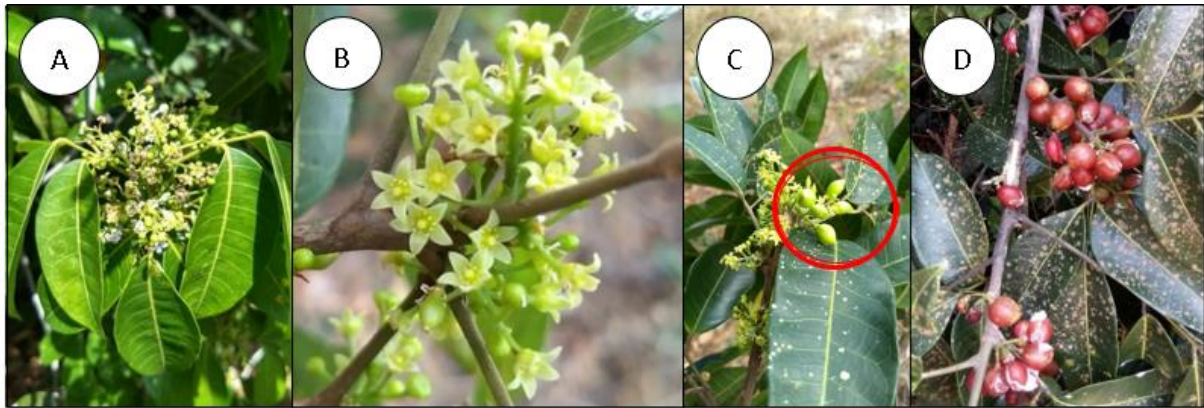


Figura 3. Fenofases de floração (A=botões florais e B=flores) e frutificação (C=fruto imaturo e D=fruto maduro) de *P. spruceanum* na vereda estudada.

A espécie teve material botânico coletado, que foi depositado no Herbário Montes Claros (HMCMG) da Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes) sob o número 5219. Os dados mensais de precipitação total e médias de temperatura foram obtidos a partir da estação meteorológica (Davis Vantage Pro 2 Plus) instalada na área de estudo e os dados de fotoperíodo foram obtidos por meio do site SolarTopo.

Análise de dados

A intensidade dos eventos fenológicos foi estimada para cada um dos 21 indivíduos sendo aplicado o índice de atividade e o índice de intensidade de Fournier³³. Os valores obtidos em campo foram contabilizados através de uma escala intervalar semiquantitativa de cinco categorias (0 a 4). Categoria (0) ausência do evento fenológico; (1) presença do evento de 1 a 25%; (2) presença do evento de 26 a 50%; (3) presença de 51 a 75% e (4) presença do evento de 76 a 100%, permitindo estimar a porcentagem de intensidade da fenofase em cada indivíduo. Para cada mês foi feita a soma dos valores de intensidade obtidos para todos os indivíduos da espécie e dividida pelo valor máximo possível (número de indivíduos multiplicado por quatro). O valor obtido, que corresponde a uma proporção, foi então multiplicado por 100 para transformá-lo em um valor percentual³⁵.

O índice de atividade foi constatado por meio da presença ou ausência da fenofase no indivíduo. Esse método de análise tem caráter quantitativo em nível populacional, indicando a

porcentagem de indivíduos da população que está manifestando determinado evento fenológico⁴.

Para estimar a ocorrência e intensidade da sazonalidade na distribuição das fenofases ao longo do ano, utilizou-se o teste de Rayleigh (z) para determinar distribuições circulares³⁶. Para isso, os meses do ano foram convertidos em ângulos (0° = janeiro, e sucessivamente até 330° = dezembro, em intervalos de 30°) e foram calculados o ângulo médio, o comprimento do vetor de desvio padrão angular r e a significância angular³⁵. As fenofases que apresentaram ângulos médios significativos ($p < 0,05$) foram convertidas nas datas médias. Essas análises foram realizadas utilizando o software Oriana 4.0³⁶.

Utilizamos análise de correlação de *Spearman*³⁶ para estudar os efeitos das variáveis ambientais de temperatura média, precipitação total (mm) e fotoperíodo durante a floração e frutificação de *P. spruceanum*. Os dados das variáveis ambientais foram obtidos a partir de uma estação meteorológica instalada na área de estudo (estação meteorológica Davis Vantage Pro2 Plus); os valores de fotoperíodo foram obtidos do site Solar Topo³⁷. As análises entre as fenofases e as variáveis ambientais foram realizadas no software PAST³⁸.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação variou de 250mm a 350mm, a temperatura mais baixa foi de 10°C e a temperatura mais alta foi de $35,5^\circ\text{C}$ (Fig 2). A fenofase de brotamento de *P. spruceanum* foi observada durante todo o período avaliado, o que permitiu inferir que a renovação foliar é constante, e foi pronunciada em setembro de 2019 (Fig. 4). Durante a emissão de brotos e amadurecimento foliar pode ocorrer diminuição da queda das folhas, tratando-se de uma estratégia da planta em utilizar toda sua energia na renovação foliar, para que, quando ocorrer a troca de estação, suas folhas já estejam totalmente formadas³⁹. O aumento dos brotos pode ter ocorrido como uma forma de produzir folhas para que estejam maduras no momento em que precisarem captar mais energia para investir nas fenofases seguintes da fenologia reprodutiva³⁹.

Assim como o brotamento, a deciduidade foi observada durante todo o período estudado, sendo que no ano de 2018, em maio, junho e agosto, não foi observado queda foliar (Fig. 5).

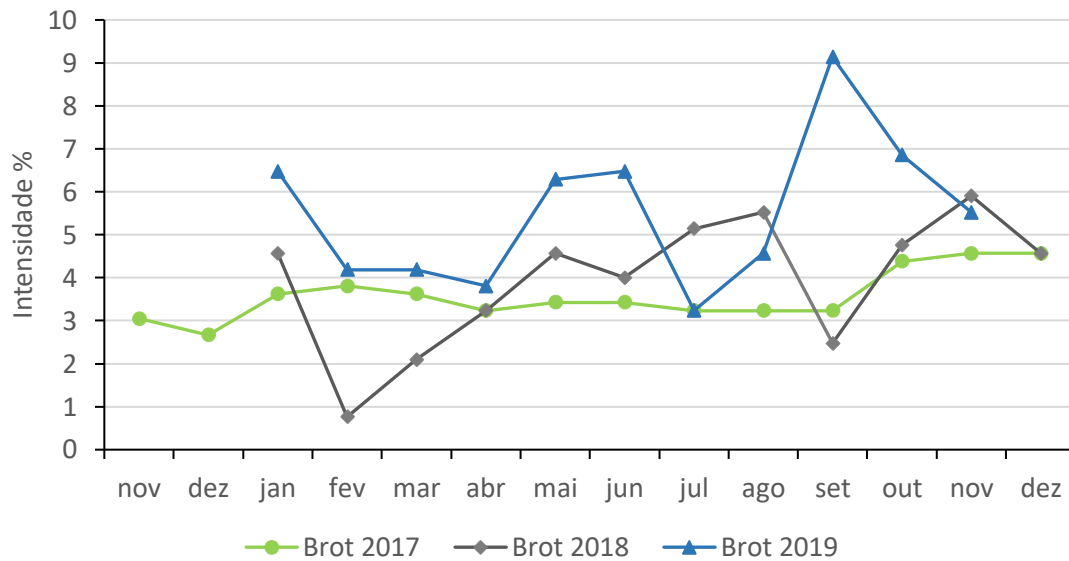


Figura 4. Índice de Fournier da fenofase vegetativa (brotamento) de indivíduos de *P. spruceanum* localizados na vereda Água Doce, em Bonito de Minas, norte de Minas Gerais (novembro de 2016 a novembro de 2019).

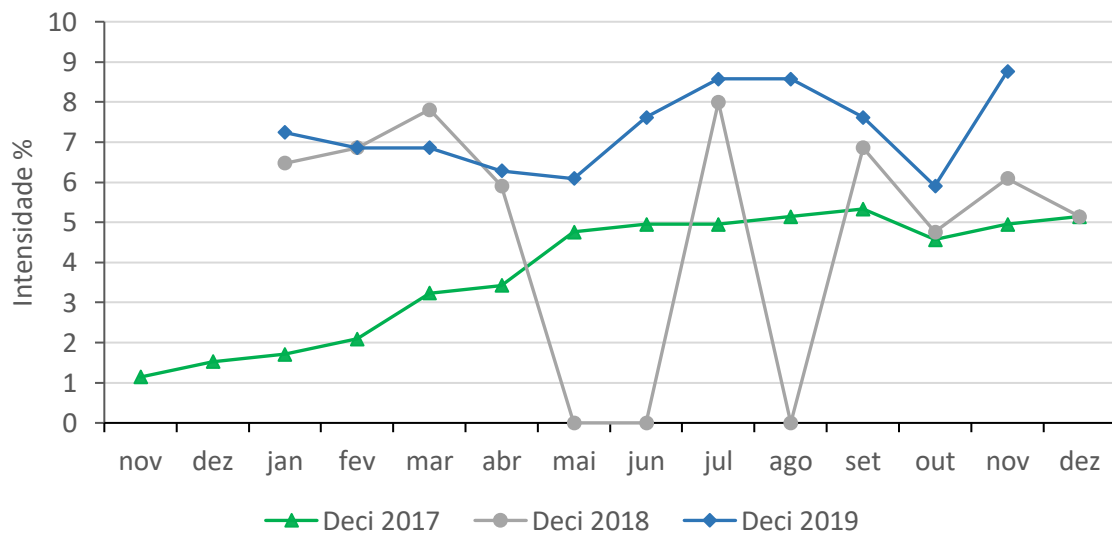


Figura 5. Índice de Fournier da fenofase vegetativa (deciduidade) de indivíduos de *P. spruceanum* localizados na vereda Água Doce, em Bonito de Minas, norte de Minas Gerais (novembro de 2016 a novembro de 2019).

No primeiro mês de avaliação (novembro de 2016), quando os indivíduos foram marcados, eles já exibiam flores. A intensidade de Fournier apresentada pela figura 6 mostra

que a fenologia reprodutiva se concentrou no final dos anos avaliados, sendo observada maior produção de frutos no final do ano em todos os anos observados e pico em outubro de 2019.

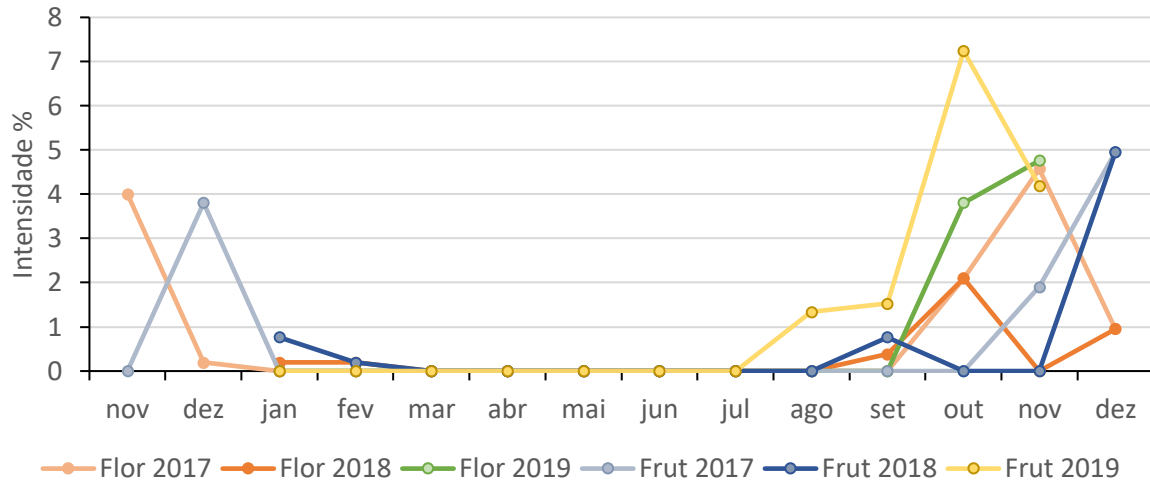


Figura 6. Índice de Fournier das fenofases reprodutivas (floração e frutificação) de indivíduos de *P. spruceanum* localizados na vereda Água Doce, em Bonito de Minas, norte de Minas Gerais (novembro de 2016 a novembro de 2019).

A distribuição circular dos dados foi uniforme em todos os anos avaliados, conforme o teste de Rayleigh ($p = 0,029$; $0,611$; $0,079$) para deciduidade (Fig. 7A, B e C), de modo que a queda foliar não apresenta sazonalidade, bem como brotamento ($p = 0,531$; $0,025$; $0,194$), que esteve presente em todos os anos observados (Fig. 7D, S e F).

Ao longo de todo o ano de 2017, *P. spruceanum* concentrou a produção de flores no final do ano, no mês de novembro (data média = 21/11/17; $r = 0,878$) (Fig. 7G). No segundo ano de observação (2018), a floração apresentou pico em outubro (data média = 02/10/18; $r = 0,777$) (Fig. 7H), e no terceiro ano (2019), outubro e novembro (data média = 08/11/19; $r = 0,892$) (Fig. 7I). O comprimento do dia é um fator determinante do florescimento³⁹, mas algumas espécies só respondem ao fotoperíodo quando alcançada uma determinada temperatura., variações na precipitação e transição seco/chuvoso influenciam a fenofase de floração, e no caso da fenologia reprodutiva de espécies vegetais⁴⁰, e variações na temperatura afetam todas as reações bioquímicas da fotossíntese, sendo responsáveis por acelerar/e ou retardar a intensidade dos eventos fenológicos^{39,41}.

Neste estudo, encontramos a relação entre a época chuvosa e produção de flores nos três anos de observação ($r = 0,878$, $r = 0,777$ e $r = 0,892$). O teste de sazonalidade apresentou valores significativos para o teste de Rayleigh Z ($p = 21,562$; $9,659$; $25,478$) e a concentração dos dados em torno do ângulo médio foi elevado ($r = 0,829$), portanto, a floração ocorre de forma sazonal (Tab. 1). A temperatura é capaz de exercer influência nas dinâmicas fenológicas de espécies vegetais em dada área⁴², e a temperatura do ar e o fotoperíodo podem interferir positivamente no surgimento da fenofase dos botões florais de modo que, conforme a temperatura do ar diminui, a fenofase pode atingir menor intensidade⁴³.

O pico de frutificação no primeiro ano de avaliação, foi observado em dezembro (data média = 19/12/2017; $r = 0,971$) (Fig. 7J). No segundo ano, a frutificação foi irregular e com baixa frequência de produção, mesmo havendo pico de floração em outubro do mesmo ano (Fig. 7K). Este fato pode ser explicado devido as irregularidades marcantes na distribuição das chuvas e também devido a ação de fatores bióticos levando a minimização ou a maximização da sobreposição fenológica, acarretando irregularidades no florescimento de certas espécies vegetais⁴⁴. No terceiro ano, a maior quantidade de frutos foi observada em outubro e novembro ($r = 0,826$), sendo no mês de novembro a maior intensidade da fenofases (Fig 7L). Assim como a floração, a frutificação também ocorre de forma sazonal com concentração dos dados em torno do ângulo médio de $r = 0,703$ (Tab. 1).

O teste de Rayleigh Z foi significativo ($p < 0.01$) para a fenofases de frutificação, a intensidade do vetor r foi elevada ($r = 0,971$) revelando uma forte sazonalidade desse evento fenológico. Na bacia Amazônica, muitas espécies típicas de planícies inundáveis apresentaram a maturação dos frutos na estação chuvosa, assim como no presente estudo⁴⁵.

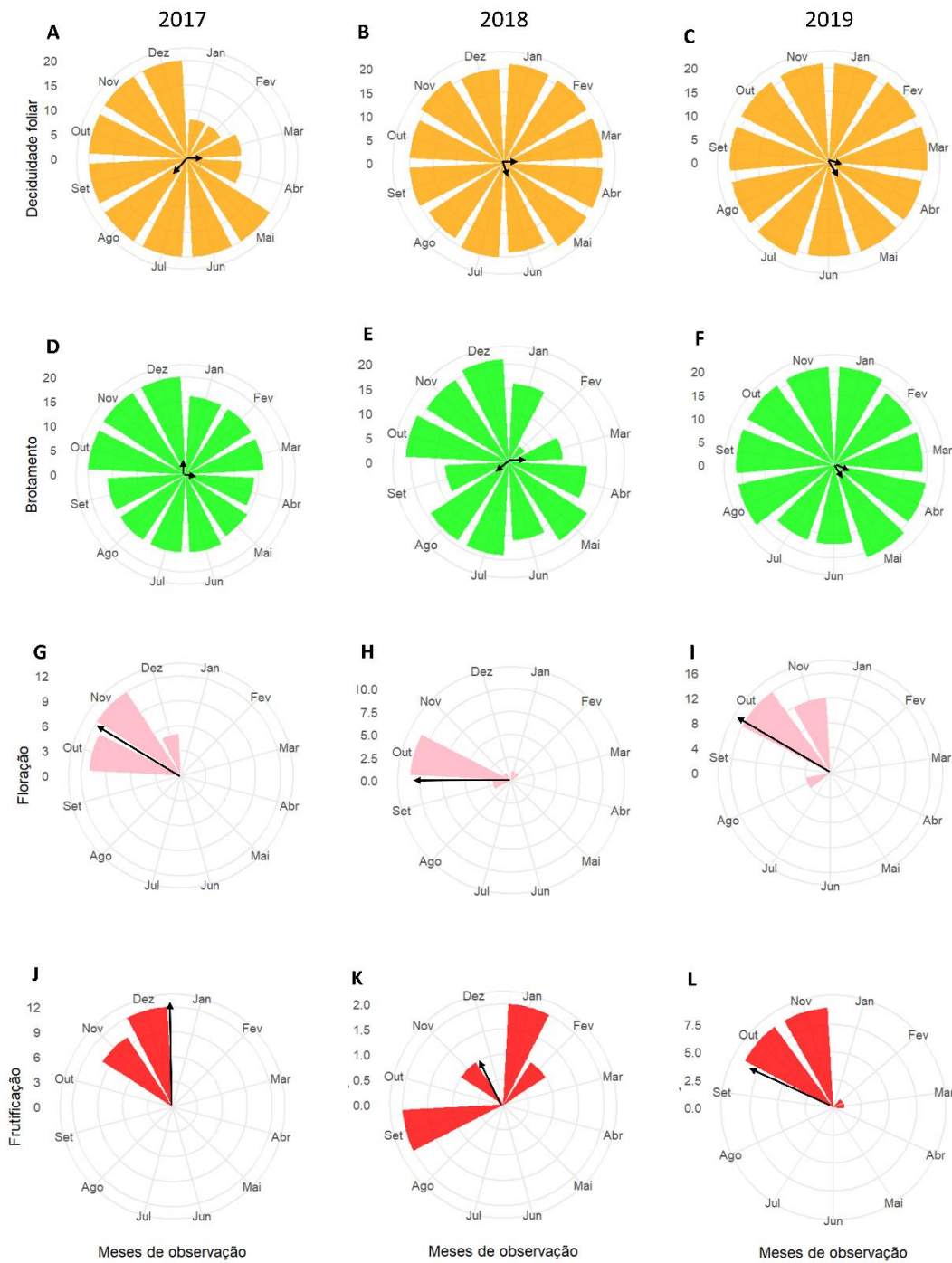


Figura 7: Histogramas circulares das frequências (presença e ausência) das fenofases de *P. spruceanum* nos anos observados. As setas pretas indicam o ângulo médio, enquanto os comprimentos das setas correspondem às médias dos valores do vetor (r), ou aos graus de sazonalidade.

A população estudada apresentou alta sincronia reprodutiva, com grande proporção de indivíduos produzindo flores e frutos ao mesmo tempo. Embora espere-se uma produção sincrônica, a assincronia de floração pode oferecer vantagens, pois o fato de manter a produção de alimentos por muito mais tempo garante também o polinizador na área de ocorrência da espécie, determinando uma polinização eficiente⁴⁶. Apesar de a sazonalidade de frutificação ser decorrente da sazonalidade do florescimento, existem outros mecanismos de pressão seletiva que agem como determinantes da época de frutificação como a precipitação e a temperatura⁴⁷, de modo a determinar a dinâmica das populações de plantas, como as condições climáticas e edáficas locais^{32,48,49}.

Tabela 1. Resultados da análise estatística circular para ocorrência de sazonalidade nos padrões fenológicos vegetativos e reprodutivos de *P. spruceanum* na vereda Água Doce, no período de 2017 a 2019. Foram realizados testes de Rayleigh (z) para avaliar a significância do ângulo médio (μ). Em negrito estão resultados significativos que indicam sazonalidade.

Fenofases/ Variáveis	N	Mean Vector (μ)	Mean Group	Length of Mean Vector (r)	Circular Standard Deviation	Rayleigh Test (Z)	Rayleigh Test (p)
2017							
Deciduidade	198	219,375°	0,076	0,134	114,918°	3,545	0,029
Brotamento	201	349,28°	0,039	0,056	137,501°	0,634	0,531
Floração	28	306,961°	0,829	0,878	29,286°	21,562	1,19E-09
Frutificação	22	335,635°	0,703	0,971	13,814°	20,758	3,95E-09
2018							
Deciduidade	244	157,755°	0,076	0,045	142,709°	0,493	0,611
Brotamento	195	231,889°	0,039	0,138	114,083°	3,7	0,025
Floração	16	278,884°	0,829	0,777	40,704°	9,659	9,04E-06
Frutificação	6	339,465°	0,703	0	74,433°	1,11	0,345
2019							
Deciduidade	228	140,875°	0,076	0,105	121,535°	2,534	0,079
Brotamento	218	141,803°	0,039	0,087	126,705°	1,639	0,194
Floração	32	282,64°	0,829	0,892	27,354°	25,478	4,49E-11
Frutificação	20	298,193°	0,703	0,826	35,436°	13,643	3,04E-07

A correlação por sua vez, é muito indicada para o entendimento das fenofases com as variáveis climáticas de temperatura, fotoperíodo e precipitação em virtude da dificuldade em se estudar espécies tropicais. Nesse caso, a temperatura possui forte influência nos eventos fenológicos das plantas, devido às alterações climáticas⁵⁰. No primeiro ano de estudo, as variáveis de temperatura média, precipitação e fotoperíodo apresentaram correlações com as fenofases de brotamento (positivas) e de deciduidade (negativas) (Fig. 8A). Para as fenofases reprodutivas, a floração apresentou correlação positiva com temperatura média e fotoperíodo, enquanto a frutificação apresentou correlação positiva apenas com fotoperíodo (Fig. 8A). No segundo ano de observação, a deciduidade se correlacionou negativamente com temperatura média, precipitação e fotoperíodo (Fig 8B). No último ano de estudo, apenas a fenofase de deciduidade apresentou correlação negativa com precipitação (Fig 8C). Todos os valores de correlação encontram-se na Tabela 2.

Os ciclos reprodutivos têm sido amplamente relatados como sazonais em diferentes formações vegetais ao longo da região Neotropical⁴⁸ ocorrendo tanto em ambientes secos⁵¹ quanto em florestas sempre-úmidas⁵². A ocorrência do regime de chuvas pode causar modificações nos distintos eventos fenológicos da vegetação, como variações no início, fim, amplitude e extensão do período de crescimento das plantas⁵³. A atividade dos frutos em *P. spruceanum* apresentou correlação positiva com a precipitação, sendo o mês de outubro o período que corresponde ao início da estação chuvosa em Lavras, sul de Minas Gerais³². A maior presença de floração e frutificação em épocas chuvosas e com menor incidência em períodos de pluviosidade reduzida indica que a distribuição das chuvas em cada mês e ambiente possui grande importância no que se refere a manutenção e implementação de algumas fenofases⁵⁴.

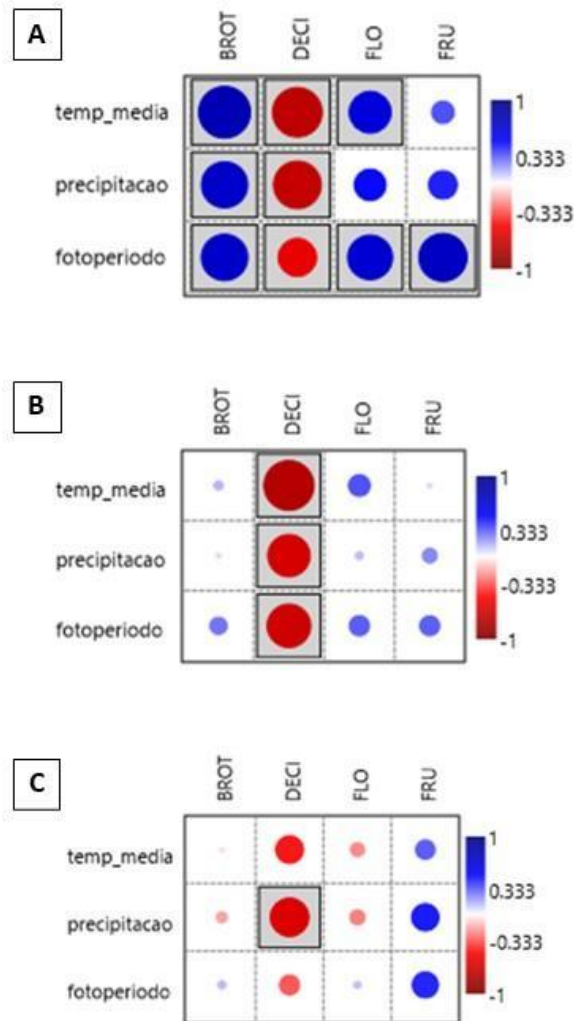


Figura 8. Correlação de *Spearman* entre as variáveis climáticas locais (temperatura média, precipitação e fotoperíodo) e as fenofases (BROT = brotamento, DECI = deciduidade, FLO = floração e FRU = frutificação) de *P. spruceanum*, na vereda Água Doce, em Bonito de Minas, norte de Minas Gerais. A = 2017, B = 2018 e C = 2019. Símbolos em destaque $p < 0.05$.

Os elementos que exercem maior influência sobre a fenologia das plantas são o fotoperíodo e a temperatura. O fotoperíodo é um elemento que desencadeia a biossíntese de proteínas e determina a fenologia de cada espécie em diferentes latitudes. Entretanto, a temperatura é ainda mais influente no que diz respeito às alterações fenológicas das espécies vegetais em um determinado ambiente⁴². Esta variável determina a taxa ou a velocidade da biossíntese e dos processos metabólicos vegetais exercendo influência na determinação da

fenologia de cada espécie em diferentes altitudes^{55,56}. Diferentes estudos demonstraram que a temperatura controla a resposta fenológica das espécies vegetais^{57,58}.

Tabela 2. Correlação de *Sperman* entre as variáveis ambientais locais e as fenofases vegetativas e reprodutivas de *P. spruceanum* nos anos de 2017, 2018 e 2019. Valores em negrito $p < 0.05$.

Fenofases/ Variáveis	Temperatura média (°C)	Precipitação (mm)	Fotoperíodo (horas)
2017			
Brotamento	0,78521	0,69965	0,70246
Deciduidade	-0,75	-0,72085	-0,57746
Floração	0,63253	0,48183	0,67636
Frutificação	0,34081	0,43446	0,72769
2018			
Brotamento	0,14085	0,073555	0,2697
Deciduidade	-0,78308	-0,6614	-0,6807
Floração	0,34022	0,12534	0,31754
Frutificação	0,073951	0,22988	0,31263
2019			
Brotamento	-0,070305	-0,17863	0,12982
Deciduidade	-0,45308	-0,62697	-0,32632
Floração	-0,22733	-0,24547	0,12086
Frutificação	0,31626	0,44628	0,42617

Os dados fenológicos possibilitam ordenar os eventos biológicos para entender cronologicamente estes processos visando o conhecimento das inter-relações com outras áreas das ciências. Sob esse viés, é importante que as determinações fenológicas em espécies nativas arbóreas sejam permanentes e ampliadas, principalmente naquelas que possuem perspectivas quanto à recuperação de ecossistemas degradados⁵⁹. Desta forma, estudos sobre o levantamento das estratégias e mecanismos de adaptações são estabelecidas pelas plantas para uma determinada área e/ou região, como a fenologia, sendo que esta consiste no estudo da periodicidade de eventos (fenofases)^{29,60}. Além de caracterizar os padrões reprodutivos⁶¹, vários estudos podem ser desenvolvidos por meio da fenologia, envolvendo biologia reprodutiva,

coleta de frutos, dispersão de diásporos, analisando, sobretudo a intensidade e frequência do evento fenológico e o sincronismo das espécies vegetais⁶², possibilitando planejamento e ações de recuperação e manejo de ecossistemas.

CONCLUSÃO

Na vereda estudada, *P. spruceanum* apresentou as fenofases de brotamento e queda foliar durante todo o período de estudo, evidenciando uma constante produção (brotamento) e substituição (deciduidade) de suas folhas. As fenofases reprodutivas foram sincrônicas e sazonais sendo influenciadas pelas variáveis ambientais analisadas, bem como as fenofases vegetativas.

REFERÊNCIAS

1. MORELLATO, Leonor Patricia Cerdeira et al. As estações do ano na floresta. Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra. Campinas: Unicamp, p. 187-192, 1995.
2. OLIVEIRA, Paulo Eugênio et al. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies do Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds). Cerrado: Ecologia e flora. Brasília- DF: Embrapa Informações Tecnológica, v. 2, 1.279p, 2008.
3. COSTA, Anderson da Silva et al. Avaliação do comportamento fenológico da *Copaifera martii* (Hayne) com dados climáticos em Floresta Secundária. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 9, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.17973>
4. BENCKE, Cinara Salete Curra et al. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 25, n. 3, p. 269-275, 2002.
5. MANTOVANI, Marcelo et al. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta atlântica. *Revista Árvore*, v. 27, n. 4, p. 451-458, 2003.
6. PEDRONI, Fernando et al. Fenologia da copaiba (*Copaifera langsdorffii* Desf. – Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 25, n. 2, p. 183-194, 2002.
7. MORELLATO, Leonor Patricia Cerdeira et al. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiaí, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, 50: 163-173, 1990.
8. MORELLATO, Leonor Patricia Cerdeira et al. Estudo fenológico comparativo de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, 12:85-98, 1989.

9. DALY, Douglas Charles et al. Burseraceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB6599>>.
10. SILVA, Roseana Pereira da et al. Uso de banda dendométrica na definição de padrões de crescimento individual em diâmetro de árvores na Bacia do rio Cuieiras. *Acta Amazônica*, 33: 67-86, 2003.
11. FEELEY, Kenneth Joseph et al. Decelerating growth in tropical forests trees. *Ecology Letters*, 10: 461-469, 2007.
12. ANTEZANA-VERA, Saul Alfredo et al. Intra-annual tree growth respond to micrometeorological variability in central Amazon. *iForest*. 12: 242-249, 2021.
13. WILLIAMS, Richard Joye et al. Fenologia foliar de espécies lenhosas em uma savana tropical do norte da Austrália. *Ecologia*, v. 78, n. 8, p. 2542-2558, 1997. [https://dx.doi.org/10.1890/0012-9658\(1997\)078\[2542:LPOWSI\]2.0.CO;2](https://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(1997)078[2542:LPOWSI]2.0.CO;2)
14. NOVAIS, Letícia Rodrigues et al. Environmental variables drive phenological events of anemocoric plants and enhance diaspore dispersal potential: A new wind-based approach. *Science of The Total Environment*, v. 730, n. 1, p. 1-11, 2020. PMID:32388377.
15. LACERDA, Brito Neto et al. Fenologia de *Astronium graveolens* Jacq. Em Floresta estacional decidual em Vitória da Conquista, Bahia. *Ciência Florestal*, v. 28, n. 1, p. 641-650, 2018.
16. VILELA, Andréa Andrade et al. Mudanças climáticas que afetam as interações bióticas, a fenologia e o sucesso reprodutivo em uma comunidade de savana durante um período de 10 anos. *Interações Artropóde-Planta*, v. 12, n. 2, p. 215-227, 2017. <https://dx.doi.org/10.1007/s11829-017-9572-y>
17. OPLER, Paul Alexander et al. Precipitação como fator na liberação, tempo e sincronização da antese por árvores e arbustos tropicais. *Revista de Biogeografia*, v. 40, n. 2, p. 151-159, 1976. <https://dx.doi.org/10.2307/3038013>
18. BORCHERT, Rolf et al. Periodicidade climática, fenologia e câmbio atividade em árvores de florestas tropicais secas, *Jornal da Iawa*, vol. 20, n. 3, p. 239-247, 1999. <https://dx.doi.org/10.1163/22941932-90000687>
19. SINGH, Rajesh Kumar et al. Controle da fenologia mediado por fotoperíodo e temperatura em árvores – uma perspectiva molecular. *O Novo Fitólogo*, v. 213, n. 2, p. 511-524, 2017. <https://dx.doi.org/10.1111/nph.14346.PMid:27901272>
20. NUNES, Yule Roberta Ferreira et al. Pandeiros: o Pantanal Mineiro. *MG. Biota*, v. 2, n. 2. P. 4-17, 2009.
21. ÁVILA, Marly Antonielle et al. Local environment contributes to shape phenological patterns in *Mauritia flexuosa* Lf. *Forest Ecology and Management*, 545, 121- 252, 2023.
22. ALVARES, Clayton Alcarde et al. G. Köppen´s Climate Classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 6: 711-728, 2013.
23. ARAÚJO, Walter Santos et al. Gall-inducing arthropods in a Neotropical savanna area in the EPA of Rio Pandeiros (Bonito de Minas, MG, Brazil): effects of plant species richness and super-host abundance. *Papéis Avulsos de Zoologia*, v. 60, 2020.
24. <https://www.mobot.org/mobot/research/apweb/> Acesso: 13 de agosto de 2024.
25. VIEIRA, Fábio de Almeida et al. Reproductive biology of *Protium spruceanum* (Burseraceae), a dominant dioecious tree in vegetation corridors in Southeastern Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 33, n. 4, p. 711-715, 2010.

26. MENEZES FILHO, Antonio Carlos Pereira et al. Avaliação fitoquímica, físico-química e atividades antioxidante, hemotóxica e antibacteriana do extrato de *Protium spruceanum* (Benth.) Engl. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 9, p. 48-59, 2021.
27. NUNES, Yule Roberta Ferreira et al. Florística e fitossociologia das comunidades arbóreas de veredas: um estudo de caso no norte de Minas Gerais, Brasil. *Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos*, p. 264-287, 2015.
28. ÁVILA, Marly Antonielle et al. 2016. Structure of natural regeneration in relation to soil properties and disturbance in two swamp forests. *Cerne*, v.22, n.1, p.1-10, 2016
29. MELO, Caroline. M. et al. Anti-inflammatory effect of a, B-amynn, a triterpene from *Protium heptaphyllum*, on cerulean-induced acute pancreatitis in mice. *Inflammation Research*, v. 60, p. 673-681, 2011.
30. BRUZINGA, Wanessa Stéfanne de Jesus Silva et al. Ontogenesis of Resin Ducts and Secretory Process in *Protium spruceanum* (Burseraceae) Stems. *Microscopy and Microanalysis*, v. 28, n.3, p. 744-755, 2022.
31. BISKUP, Edyta et al. Triterpenoid a-myrrin stimulates proliferation of human keratinocytes but does not protect them against UVB damage. *Acta Biochimica Polonica*, v. 59, n. 2, p. 255-26, 2012.
32. VIEIRA, Fábio de Almeida et al. Maturação e morfologia dos frutos de *Miconia albicans* (Swartz) Triana (Melastomataceae) em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana em Lavras, MG. *Revista Árvore*, v.33, p. 1015-1023, 2009.
33. FOURNIER, L'énigme Alain. Un método quantitativo para la medición de características fenológicas em árvores. *Turrialba*, v. 24, n. 4, 1974.
34. GALLETI, Mauro et al. Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. In: CULLEN JUNIOR, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. *Métodos e estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. 2. ed., Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná, p. 395-422, 2006.
35. EÇA-NENES, Fernanda Faraco et al. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. *Acta Botânica Brasilica*. São Paulo, v. 18, n. 1, p. 99-108, 2004.
36. ZAR, Jerrold Helm 1999. *Biostatistical analysis*. 4. ed. New Jersey: Prentice – Hall. 663p.
37. KOVACH, Arisztid Gyorgy Balazs et al. *Oriana para Windows*. Versão 1.03, Kovach Computing System, País de Gales, 1994.
38. <http://www.solartopo.com/duracao-do-dia.htm> Acesso: 13 de agosto de 2024.
39. HAMMER, Oyvind et al. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.
40. TAIZ, Lincoln et al. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 888p, 2017.
41. FREITAS, João da Luz et al. Fenologia reprodutiva de cinco espécies arbóreas em ecossistema de terra firme na Amazônia Brasileira. *Biota Amazônia*, v. 5, n. 2, 38-44, 2015.
42. NASCIMENTO, Gildean Macedo et al. Dados fenológicos de espécies vegetais da reserva extrativista ciriaco em Cidelândia e Imperatriz, Maranhão. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar*, v. 6, n. 19, 2020.

43. HIDALGO-GALVEZ, María Dolores et al. Phenological behaviour of early spring flowering trees in Spain in response to recent climate changes. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 132, n. 1-2, p. 263-273, 2018.
44. LUBKE, Lucas et al. 2021. Fenofases vegetativas e reprodutivas de *Trema micrantha* (L.) Blume no sudoeste do estado do Paraná. *Ciência Florestal*, 31(2), 863-879, 2021.
45. SCHAIK, Carolus Philippus et al. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, n. 24, p. 353-371, 1993.
46. PAROLIN, Pia et al. Drought responses of flood-tolerant trees in Amazonian floodplains. *Annals of Botany*, v. 105, n. 1, p. 129- 139, 2010.
47. PIÑA-RODRIGUES, Fatima Conceição Márquez et al. Aspectos ecológicos da produção de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. & FIGLIOLIA, M. B. (Ed.). Sementes florestais tropicais. Brasília, Abrates, pp. 47-82, 1993.
48. LAMPE, Maria Guevara et al. Seasonal flowering and fruiting patterns in tropical semi-arid vegetation of northeastern Venezuela, *Biotropica*, v. 24, n. 1, 64-76, 1992.
49. MORELLATO, Leonor Patrícia Cedreira et al. 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, 2013.
50. MORELLATO, Leonor Patricia Cerdeira et al. A. Linking plant phenology to conservation biology. *Biological Conservation*, v. 195, p. 60-72, 2016.
51. URREGO, Ligia Estella et al. Climate related phenology of *Mauritia flexuosa* in the Colombian Amazon. *Plant Ecology*, v. 217, n. 10, p. 1207-1218, 2016.
52. LIMA, André de et al. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments*, v. 74, n. 11, p. 1363-1373, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.05.009>
53. GARWOOD, Nancy C. et al. Seasonality of reproduction in an ever-wet lowland tropical forest in Amazonian Ecuador. *Ecology*, v. 104, n. 9, 2023. <https://doi.org/10.1002/ecy.4133>
54. BECERRA, Jorge Alberto Bustamente et al. Relação das sazonalidades da precipitação e da vegetação no bioma caatinga: abordagem multitemporal. Anais. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25, 6668-6674, 2015.
55. GOMES, Azenate Campos et al. Contributions of Annual Phenological Intensity to the Production of Tannins in *Sideroxylon obtusifolium* in Brazilian Semi-arid. *Floresta e Ambiente*, v. 28, 2021. doi.org/10.1590/2179-8087-FLORAM-2021-0027
56. OTEROS, José et al. Modelling olive phenological response to Weather and topography. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 179, p.62-68, 2013.
57. SANTANA, Alice Silva et al. Fenologia e qualidade de frutos de acessos de *Physalis spp.* *Agrarian*, v. 13, n.47, p. 1-8, 2020.
58. FONTANA, Daniele Cristina et al. Growth of escarole in different seasons of year, RS, Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 39, n. 2, p. 455-466, 2018.
59. RICHARDSON, Andrew D. et al. Ecosystem warming extends vegetation activity but heightens vulnerability to cold temperatures. *Nature*, v. 560, p. 368-371, 2018.
60. FERRERA, Tiago Silveira et al. Fenologia de espécies nativas arbóreas na região central do estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal* 27: 753-51, 2017.

61. FOURNIER, Marie- Pier et al. How plant allometry influences bud phenology and fruit yield in two *Vaccinium* species. *Annals of Botany*, v. 126, n. 5, p. 825-835, 2020.
62. ROCHA, Talita Geovanna Fernandes et al. Fenologia da *Copernicia prunifera* (Arecaceae) em uma área de Caatinga do Rio Grande do Norte, *Cerne*, Lavras, v. 21, n. 4, p. 637-682, 2015.
63. SOUZA, Diego Nathan Nascimento et al. Estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de Caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Biotemas*, Florianópolis, v. 27, n. 2, p. 31-42, 2014. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2014v27n2p31>

