



# Fenologia e biologia floral de espécies de *Byrsonima* Rich. ex Kunth em área de caatinga na Bahia, Brasil

Phenology and floral biology of species *Byrsonima* Rich. ex Kunth in caatinga in the Bahia, Brazil

J. M. Nascimento Júnior<sup>1</sup>; D. C. Gama\*<sup>2</sup>; L. C. L. Lima<sup>1</sup>; V. S. Oliveira<sup>1</sup>; E. S. Conceição<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal, Universidade do Estado da Bahia (UNEB), 48.000-000, Alagoinhas-BA, Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), 44.380-000, Cruz das Almas-BA, Brasil

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Modelagem e Simulação de Biosistemas, Universidade do Estado da Bahia (UNEB), 48.000-000, Alagoinhas-BA, Brasil.

\*drauziogama@hotmail.com

(Recebido em 04 de dezembro de 2022; aceito em 16 de julho de 2023)

Estudos fenológicos e de biologia floral são importantes para o entendimento da dinâmica dos eventos biológicos que ocorrem entre as espécies vegetais ao longo do tempo. O presente estudo foi realizado visando identificar padrões fenológicos, florais e eficiência de polinizadores de espécies de *Byrsonima* Rich. ex Kunth em área remanescente de vegetação de caatinga na Bahia, Brasil. Vinte espécimes de três espécies de *Byrsonima* spp. foram marcados e acompanhados diariamente durante o período de floração, entre novembro de 2017 a abril de 2018. As populações das espécies estudadas apresentaram padrão de floração anual e duração intermediária com 40% das flores abertas por inflorescência/dia expressando a estratégia cornucópia. A sincronia foi interespecífica com distintos picos de floração com maior sincronia entre *B. gardneriana* e *B. verbascifolia*. Das variáveis climáticas, a umidade e a temperatura mostraram correlação forte com a atividade de floração. Na coleta de grãos de pólen, verificou-se uma redução significativa no quantitativo de grãos forrageado entre a primeira e a segunda visita. A biologia floral foi similar entre as espécies, além de produzirem quantidade satisfatória de pólen e alta viabilidade polínica, com destaque para *B. verbascifolia*. As espécies ofertam óleo e grãos de pólen como recompensa floral. As espécies de *Byrsonima* spp. estudadas nessa região de caatinga são potencialmente férteis e capacitadas a serem empregadas em programas de reflorestamento e melhoramento genético.

Palavras-chave: Raso da Catarina, espécies nativas, recursos tróficos.

Phenological studies and floral biology are important for understanding the dynamics of biological events that occur between plant species over time. The present study was conducted with objective to identify patterns phenological, floral and pollinators of species *Byrsonima* Rich. ex Kunth in a remaining area of caatinga in Bahia, Brazil. Twenty specimens of each species were tagged and monitored daily over six months of flowering, between November 2017 and April 2018. The populations of the species of *Byrsonima* sp. studied in the caatinga region in Bahia, showed annual flowering standard, intermediate duration and 40% of flowers opened by inflorescence/day expressing the cornucopia strategy. Synchrony was interspecific with different flowering peaks with the greatest synchronization between *B. gardneriana* and *B. verbascifolia*. Climate variables, humidity and temperature showed strong correlations with flowering activity. In pollen collection, there was a significant reduction in the quantity of pollen grains foraged between the first and second visits. The floral biology of the species was similar to each other, in addition to producing a satisfactory amount of pollen and with high pollen viability, with greater emphasis on *B. verbascifolia*. The species offer oil and pollen as floral resources. The species of *Byrsonima* sp. studied in the region of caatinga are potentially fertile and qualified of being used in reforestation and genetic improvement programs.

Key words: Raso da Catarina, native species, trophic resources.

## 1. INTRODUÇÃO

A família botânica Malpighiaceae Juss. comporta, aproximadamente, 1.300 espécies distribuídas em 77 gêneros entre as formas de vida arbórea, arbustiva e lianas, com ocorrência, predominantemente, em ambientes terrestres neotropicais [1].

Na flora da Caatinga na Bahia, essa família botânica é representada por 89 espécies distribuídas em 22 gêneros, dos quais 13 espécies são do gênero *Byrsonima* Rich. ex Kunth. [2]. Estudos realizados na Ecorregião do Raso da Catarina na Bahia registraram, até o momento, quatro espécies de *Byrsonima* Rich. ex Kunth. (*Byrsonima gardneriana* A. Juss., *Byrsonima coccolobifolia* Kunth, *Byrsonima verbascifolia* (L.) DC e *Byrsonima sericea* DC.), que são espécies apontadas como componentes importantes da flora da Caatinga com predileção por áreas arenosas, como é o caso dessa Ecorregião da Caatinga onde elas foram encontradas [3, 4].

As espécies de Malpighiaceae se destacam pela capacidade de produzirem óleo por meio de seus elaióforos sepais, cujas secreções recompensam as abelhas visitantes que possuem a capacidade de coletar óleo [5], a exemplo de *Byrsonima* spp. que possuem glândulas oleíferas na base, além de flores coloridas que acabam por servir de atrativos para os polinizadores [6]. Espécies desse gênero proporcionam grande importância ecológica na manutenção da cadeia alimentar da fauna silvestre através de seus frutos disponíveis; contribuindo com grande deposição de serapilheira para a formação do estoque de nutrientes do solo através da ciclagem de nutrientes e pela atração de dispersores de sementes e de polinizadores, especialmente a apifauna, por exemplo [7-12].

Nesse aspecto, estudos fenológicos relacionados a padrões de biologia floral e eficiência de polinização, bem como associados aos fatores climáticos, têm sido bastante significativos para efeito de conhecimento ecológico e reprodutivo das plantas em florestas sazonalmente secas [13-15]. Assim, o entendimento sobre a síndrome de polinização possibilita uma maior compreensão dos efeitos das condições abióticas locais nesses ecossistemas sazonalmente secos [14].

Destaca-se o estudo da biologia floral que consiste na investigação das manifestações que ocorrem durante a vida da flor, inclusive a fertilização, mesclando-se com a ecologia da polinização, englobando estudos de interação entre flores e seus visitantes [16]. A exemplo de estudos sobre a viabilidade do grão de pólen e da receptividade do estigma como fenômenos importantes no sucesso reprodutivo da espécie vegetal, uma vez que quanto maior for o número de grãos de pólen viáveis depositado sobre o estigma, maior será o número e a qualidade de frutos e sementes produzidos pela planta [17].

Com isso, vale ressaltar que diferenças fenológicas entre espécies podem relevar estratégias múltiplas associadas à forma de crescimento e às síndromes de polinização e coexistência e interações entre espécies [13-15]. Além disso, a fenologia é moldada por processos em comunidade caracterizada por dinâmica sincrônica, assincrônica e compensatória, dependendo da escala temporal e em parte devido às flutuações sazonais em restrições abióticas [13].

Desse modo, compreender a reprodução das plantas é de imensa importância prática para a biotecnologia e a conservação da biodiversidade [18]. Para tanto, detectar mudanças em qualquer fenofase requer primeiro estabelecer um comportamento médio, do qual os desvios podem ser quantificados, exigindo conjuntos de dados possíveis de cobrir vários ciclos [19].

Para a vegetação de caatinga na Bahia, ainda são poucos os estudos que abordem aspectos da fenologia, potenciais polinizadores e biologia floral de espécies do gênero *Byrsonima* Rich. ex Kunth. Portanto, o presente estudo procurou identificar padrões fenológicos, florais e de eficiência de polinizadores das espécies *Byrsonima coccolobifolia* Kunth, *Byrsonima gardneriana* A. Juss. e *Byrsonima verbascifolia* (L.) DC em área remanescente de vegetação de caatinga na Bahia, Brasil.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo

O local de estudo, conforme as coordenadas geográficas decimais Lat. 10.330° S e Long. 38.703° W, compreende uma área remanescente de vegetação de caatinga situada na parte sul da Ecorregião do Raso da Catarina, no município de Euclides da Cunha na Bahia (Figura 1).

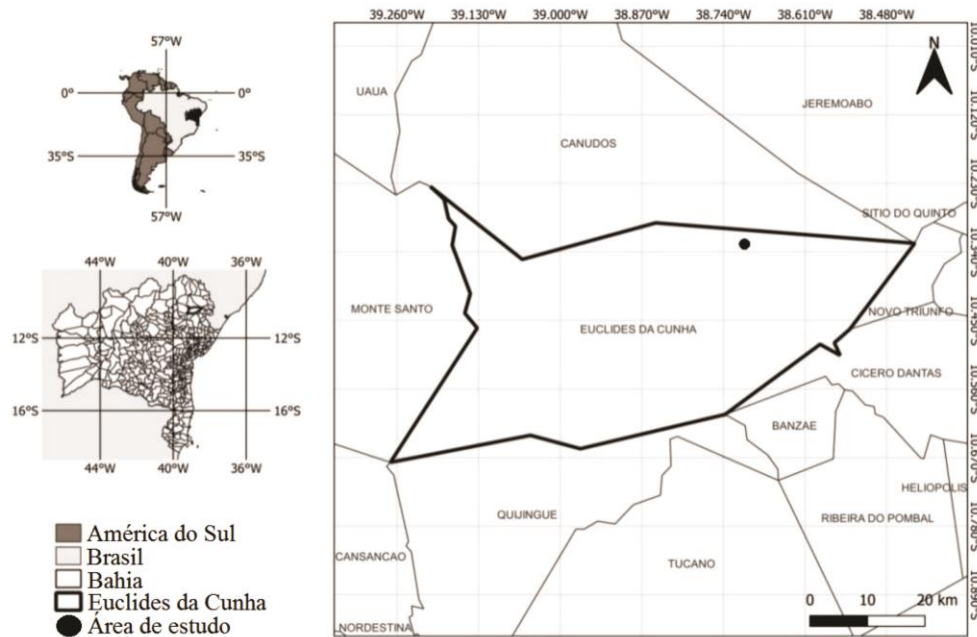


Figura 1: Mapa de localização geográfica do estudo da biologia floral de espécies do gênero *Byrsonima* Rich. ex Kunth (Malpighiaceae) em área remanescente de vegetação de caatinga na Bahia, Brasil.

Compreendido pelo Domínio Fitogeográfico da Caatinga [20], a vegetação do município é caracterizada por caatingas florestadas na maioria formada por tipologia arbustivo-arbórea [21], sobre um relevo plano (tabuleiros) com predomínio de solos do tipo Argissolos Vermelho-Amarelos distribuído em 22,12% do município, seguido por Planossolos Háplicos (17,70%) e Neossolos Quartzarênicos em 16,31% do município [21]. O clima do município de Euclides da Cunha é tropical do tipo Bsh caracterizado como quente e seco [22].

As variáveis climáticas (temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação pluviométrica) estudadas foram obtidas da estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia em Euclides da Cunha-BA para o período anual de julho de 2017 a junho de 2018 [23]. O fotoperíodo acumulado mensal foi obtido por meio da plataforma Online-Photoperiod Calculator V.1.94 L - Lammi © 1996–2015 [24], utilizando-se como referência a Latitude 10°19'00" S para o período de estudo compreendido entre julho de 2017 a junho de 2018, conforme visto na Tabela 1.

Tabela 1: Fatores climáticos do local de estudo em área remanescente de vegetação de caatinga no município de Euclides da Cunha na Bahia, Brasil.

Período	Fatores climáticos					
	T (C°)	UR (%)	VV (m/s)	PP (mm)	D (h)	
2017	Julho	20,1	85,2	3,2	0,0	1.028,3
	Agosto	21,6	78,3	2,9	30,0	1.048,6
	Setembro	21,2	82,1	3,5	185,8	1.116,0
	Outubro	23,7	70,2	3,2	10,0	1.197,0
	Novembro	25,9	61,9	2,9	14,4	1.230,4
	Dezembro	29,1	60,8	2,7	25,2	1.217,7
	Janeiro	29,5	48,8	4,4	0,0	1.199,8
2018	Fevereiro	29,9	49,5	3,1	0,0	1.210,5
	Março	30,0	51,7	3,1	0,0	1.230,3
	Abril	25,0	73,9	2,8	11,0	1.214,8
	Maiο	23,5	78,1	3,0	70,8	1.145,4
	Junho	22,3	80,7	2,8	76,4	1.058,5

Onde: T = temperatura média; UR = umidade relativa do ar média; VV = velocidade média do vento; PP = precipitação pluviométrica acumulada; D = fotoperíodo acumulado. Fonte: [23].

A precipitação e a temperatura média anual para o município foi de 423,6 mm e 25,2°C, respectivamente. Setembro foi o mês mais chuvoso do período (185,8 mm), março foi o mês mais quente (30°C) e julho o mais frio (20,1°C), a uma altitude média de 473 m ao nível do mar. A média mensal do fotoperíodo (*D*) foi de 1.158,11 h, tendo os meses de novembro e março com os dias mais longos (maior tempo de irradiação solar) e julho e junho sendo os meses com os dias mais curtos.

## 2.2 Seleção das espécies e coleta dos dados

Foram selecionadas para o estudo três espécies vegetais do gênero *Byrsonim* Rich. ex Kunth (*Byrsonima gardneriana* A.Juss., *Byrsonima coccolobifolia* Kunth. e *Byrsonima verbascifolia* (L.) DC.), com base no levantamento florístico realizado por Santos et al. (2018) [4] na parte sul da Ecorregião do Raso da Catarina da qual o município está inserido.

De cada espécie, foram escolhidas ao acaso e de forma aleatória 20 espécimes (n=60), usando como critério de inclusão o diâmetro a altura do solo (DAS) a partir de 3 cm [25], os quais representam amostras independentes entre as espécies estudadas. Com auxílio de um aparelho GPS (*Global Positioning System*), os espécimes foram georreferenciados, identificados e numerados com placa de alumínio para posterior reconhecimento. Espécimes testemunhos foram coletados, herborizados e depositados no Herbário da Universidade do Estado da Bahia (HUNEB).

## 2.3 Biologia floral

O estudo sobre a biologia floral foi conduzido em 2018, durante o período de floração das espécies, de novembro (2017) a abril (2018). Mediante incursões quinzenais realizadas em campo, foram observadas, acompanhadas e registradas as atividades biológicas do desenvolvimento floral das espécies, referente aos aspectos de: tipos de inflorescência; cor; forma e sexualidade da flor; número de botões e flores por inflorescência; comprimento do raque da inflorescência; horário e duração da antese e duração da flor; horário de deiscência das anteras; percepção do odor; receptividade do estigma; viabilidade polínica e disponibilidade de óleo floral. Imagens de determinadas estruturas florais foram registradas com auxílio de máquina fotográfica semi-profissional de marca comercial Nikon modelo Coopix P510®.

As observações focais sobre a direção e a sequência de abertura das flores foram realizadas ao nível de inflorescência. Os materiais botânicos, quando necessários à análise em laboratório, foram coletados e conduzidos ao Laboratório de Biologia do Departamento de Ciências Exatas e da Terra da Universidade Estadual de Bahia-UNEB, *Campus II* – Alagoinhas, Bahia, Brasil.

As inflorescências foram caracterizadas quanto ao tipo, cor e forma com base na literatura. Para a contagem do número de botões e de flores por inflorescência, cinco inflorescências por espécies foram monitoradas. O comprimento do raque da inflorescência foi medido com o uso de paquímetro eletrônico digital. Para acompanhamento da duração de antese floral, foram marcadas 30 inflorescências em seis espécimes por espécie com botões em pré-antese, observados diariamente, do início da antese até a completa senescência das flores. Realizaram-se observações da coloração das pétalas, dos elaióforos e das anteras no início da antese até a senescência, com base em Dafni et al. (2005) [26].

A percepção de odor foi realizada por meio da olfação direta em 10 flores frescas depositadas em recipientes de vidro devidamente lacrados com algodão umedecido no fundo, testadas em intervalos de três horas durante um dia. Para o teste de detecção de osmóforos, utilizou-se de 10 flores frescas imersas por cinco minutos em solução aquosa de vermelho neutro [26].

A verificação da disponibilidade do óleo floral nos elaióforos das espécies foi realizada por meio de observações diretas e através de leve pressão nos elaióforos com visualização do extravasamento de óleo pelos poros como propõe Costa et al. (2006) [27]. Foram analisadas três flores escolhidas ao acaso em três inflorescências por três espécimes em cada espécie.

## 2.4 Receptividade do estigma e viabilidade polínica

A receptividade do estigma foi testada em 10 flores variadas coletadas ao acaso entre três dos espécimes acompanhados por cada espécie estudada. Foi utilizado um tubo capilar preenchido com Peróxido de Hidrogênio ( $H_2O_2$ ) a 10% no qual foi introduzido de forma cuidadosa no estigma da flor sem as anteras, observando-se a reação sobre a superfície do estigma. Esse procedimento ocorreu em campo a cada duas horas após a abertura floral e da deiscência das anteras no primeiro e no segundo dia da antese [26].

A verificação da taxa de viabilidade polínica ocorreu via teste colorimétrico pelo método indireto de coloração dos grãos de pólen com o uso do corante carmim acético a partir da contagem dos grãos de pólen, corados (viáveis) e não-corados (inviáveis). O corante carmim acético, pela reação com o material genético, cora os grãos de pólen viáveis em coloração róseo-avermelhada e os inviáveis em transparentes e não-corados [26].

Foram coletados 20 botões variados entre três espécimes em pré-antese por espécie que tiveram as anteras separadas diretamente em tubos *Eppendorf* em álcool 70%. Em seguida, conduzidas ao laboratório, as anteras foram levemente maceradas em lamínas de vidro e coradas com carmim acético a 1,2%. Prepararam-se as lâminas por variedade de espécie que foram observadas em microscópio óptico binocular em magnitude de 400x. Fez-se a contagem de 300 grãos de pólen em média por lâmina. A taxa de viabilidade foi calculada dividindo o número de grãos de pólen viáveis pelo número total multiplicando o resultado pelo fator 100 [26].

Para determinar a quantidade de grãos de pólen, 15 botões florais em pré-antese foram coletados de forma variada entre três espécimes por espécie e armazenados em tubos *Eppendorf* contendo álcool 70%. Em seguida, separaram-se as anteras e macerou-se em 0,5 ml de solução contendo etanol a 70%, detergente neutro (quatro gotas) e azul de metileno (três gotas). Foram escolhidas amostras em um número de oito repetições. Após esse processo, adicionou-se álcool 70% até completar 1ml de solução, uma alíquota desta foi depositada na câmara de *Neubauer* para a realização da contagem ao microscópio de luz nas objetivas 10x e 40x [26].

As observações dos polinizadores foram realizadas entre às 5h e 18h durante o período do estudo fenológico, de forma visual e com auxílio de binóculo de alcance, fazendo as devidas marcações e coletas de flores visitadas por uma e por duas visitas, sendo as flores armazenadas em tubos *Eppendorf* contendo álcool 70% para posteriores análises.

Exemplares de cada espécie das abelhas polinizadoras sobre as flores das espécies de *Byrsonima* spp. foram coletadas com auxílio de rede entomológica, etiquetadas e conduzidas ao Laboratório de Bionomia, Biogeografia e Sistemática de Insetos da Universidade Federal da Bahia (BIOSIS/UFBA) para serem identificadas por especialistas. Em seguida, parte dos exemplares foi depositada no acervo do museu de zoologia da UFBA.

A estimativa da quantidade de grãos de pólen produzida por botão floral foi obtida dividindo-se o número de grãos de pólen encontrado pelo número de repetições. O valor médio dos grãos de pólen encontrado foi dividido pela constante de ajuste (0,0001).

Após a normalidade, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para a comparação das médias entre as espécies, foi utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade. O teste t de Student, a 5% de probabilidade, foi utilizado para a comparação das quantidades médias de remanescentes de grão de pólen entre as visitas em cada espécie. Para análise dos dados, utilizou-se o programa estatístico R versão 3.4.3®.

## 2.5 Padrão fenológico e análise dos dados

Para determinar as fenofases botões florais, florações e frutificação das espécies estudadas, realizaram-se observações quinzenais durante um ano, de julho de 2017 a junho de 2018, registrando a atividade presença/ausência [28] e a intensidade atribuindo cinco categorias em escalas de 0 a 4 (0 ausência total, 1 até 25%, 2 até 50%, 3 até 75% e 4 para 100%) referente as manifestações das fenofases nos espécimes, segundo Fournier (1974) [29].

O padrão de floração foi descrito conforme a classificação de Newstrom et al. (1994) [30], com base nos critérios de frequência (contínua, subanual, anual ou supra-anual) e duração (curta, intermediária ou longa). Para classificar as estratégias de floração foi adotada a proposta estabelecida por Gentry (1974) [31] que pode apresentar os comportamentos cornucópia, *steady*

*state*, *big bang* e *multiple-bang*. O sincronismo da fenofase de floração foi determinado conforme Bencke e Morellato (2002) [28] por meio de categorias estabelecidas como sendo altamente sincrônica (acima de 60%) pouco sincrônica (entre 20% e 60%) ou ainda assincrônica (20% ou menos).

Foi avaliada a correlação da atividade de floração com dados climáticos (umidade relativa e temperatura) a partir do coeficiente de Spearman ( $p < 0,05$ ), após a normalidade dos dados. Utilizou-se o programa estatístico R versão 3.4.3®.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os espécimes estudados apresentam porte arbustivo para a espécie *B. gardneriana* enquanto as espécies *B. coccolobifolia* e *B. verbascifolia* apresentam hábitos arbóreos. Observações semelhantes foram vistas por Santos et al. (2018) [4] em estudo realizado na mesma região da Bahia.

A morfologia floral foi similar entre as espécies, com inflorescências do tipo racemo terminal indeterminado por não haver um número determinado de flores, uma vez que o número de flores por inflorescência oscilava até a senescência, sendo dessa forma inflorescência do tipo pseudoracemo terminal, conforme também visto por Santos et al. (2018) [4].

Em todas as espécies as flores são diclamídeas, heteroclamídeas e bissexuadas, zigomorfas, pentâmeras e com corola dialipétala com pétalas unguiculadas livres entre si, sendo uma diferenciada em estandarte. Na base de cada sépala da flor de todas as espécies, ocorrem cinco pares de glândulas secretoras de óleo (elaióforos). O androceu é formado por 10 estames e estaminóides ausentes. O gineceu apresenta ovário heteromórfico, súpero, tricarpelar e três estiletos longos, livres entre si e estigmas apicais. Estas características encontradas corroboram com o que foi analisado por Santos et al. (2018) [4] e encontrado por Batista et al. (2005) [32] nas espécies *B. coccolobifolia*, *B. verbascifolia* e *Byrsonima crassa* Noid., que foram estudadas em ambiente de Cerrado no município de Anápolis-GO.

Os resultados encontrados para as características florais de aspecto métrico e qualitativo do desenvolvimento e das estruturas reprodutivas das espécies *B. coccolobifolia*, *B. gardneriana* e *B. verbascifolia* são mostrados na Tabela 1.

Em comparação com o que foi estimado para o comprimento da inflorescência por Santos et al. (2018) [4], *B. coccolobifolia* encontra-se dentro do intervalo de confiança de 7-11 cm proposto pelos autores. As demais espécies, *B. gardneriana* e *B. verbascifolia*, encontram-se fora dos intervalos de confiança de 4-6 cm e 7-15 cm, respectivamente, sugerido por Santos et al. (2018) [4], o que demonstra haver uma considerável ampliação do intervalo.

Os resultados da biologia floral do presente estudo são similares a outras espécies de *Byrsonima* spp., como em *Byrsonima basiloba* A. Juss. e *Byrsonima intermedia* A. Juss. estudadas por Balestra et al. (2014) [8] em região do Cerrado, no município de Rio Verde-GO, onde os autores encontraram comportamento de antese diurna, com receptividade de três horas após a antese e viabilidade polínica em 96,2% para *B. basiloba* e 92,9% em *B. intermedia* e tendo o pólen disperso de forma pulverulenta. Entre as espécies de *Byrsonima* spp. estudadas por Batista et al. (2005) [32], os autores também notaram antese diurna e com uma parte dos grãos pólen liberada já em pré-antese, com flores iniciando abertura por volta das 6h00 e outras abrindo até as 16h30.

Em Santos et al. (2020) [17], estudando a espécie *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth no município de Alta Floresta-MT, os autores encontraram uma viabilidade polínica estimada em 93,6%. Na análise do pólen de *B. gardnerana* no Parque Nacional do Catimbau, no agreste de Pernambuco, Bezerra et al. (2009) [33] encontraram viabilidade polínica média de 97,8%, confirmando a alta viabilidade também testada no presente estudo. Também no estudo de Batista et al. (2005) [32], foi encontrado alta porcentagem de grãos de pólen viáveis para as espécies de *Byrsonima* spp. estudadas.

Tabela 1: Características florais de espécies do gênero *Byrsonima* Rich. ex Kunth (Malpighiaceae) em área remanescente de vegetação de caatinga na Bahia, Brasil.

Caracterização floral	Espécies vegetais			
	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	<i>Byrsonima gardneriana</i>	<i>Byrsonima verbascifolia</i>	
<b>Variáveis métricas - média(dp)</b>				
Comprimento da inflorescência (cm)	9,17(±1,91)	7,93(±1,55)	16,18(±1,90)	
Botões por inflorescência.dia <sup>-1</sup> (n°)	17,13(±7,99)	11,88(± 8,63)	40,06(± 17,73)	
Flores abertas por inflorescência.dia <sup>-1</sup> (n°)	3,82(±3,82)	5,48(±3,71)	6,60(±6,23)	
Relação flores abertas/botões florais	22,3%	46,13%	16,47%	
<b>Aspectos da fenologia da flor</b>				
Horário de antese	5h00	5h00	6h00	
Deiscência das anteras	Após a antese	Após a antese	Após a antese	
Longevidade em número de horas	48	48	72	
Receptividade do estigma	2h pós antese	1h pós antese	Na antese	
Viabilidade polínica	95,45%	94,50%	99,35%	
<b>Aspectos da atratividade floral</b>				
Coloração	Botões florais	Rósea	Esbranquiçada	Amarelo-alaranjada
	Pétalas na antese	Rósea	Esbranquiçada	Amareladas
	Pétalas na senescência	Esbranquiçada	Rósea	Avermelhada
	Anteras na antese	Amareladas	Amareladas	Amareladas
	Anteras na senescência	Amarronzadas	Amarronzadas	Amarronzadas
	Elaióforos na antese	Esbranquiçada	Esbranquiçada	Esbranquiçada
Recursos florais	Elaióforos na senescência	Avermelhados	Avermelhados	Avermelhados
	Odor	Imperceptível	Imperceptível	Imperceptível
	Óleo	Sim	Sim	Sim
	Pólen	Sim	Sim	Sim
	Néctar	Não	Não	Não

No presente estudo, constatou-se que as flores não apresentam odor perceptível e permanecem receptivas por dois dias em *B. gardneriana* sendo a senescência marcada pela mudança de coloração das pétalas ficando rósea com exceção da pétala estandarte que fica avermelhada. Os unguículos apresentam coloração rósea, sendo mais intenso no unguículo da pétala guia. Os elaióforos também mudam para a coloração avermelhada.

Para a espécie *B. coccolobifolia*, as flores duram cerca de 48h quando entram em senescência e é indicada pela mudança na coloração da corola de rósea para esbranquiçada com exceção da pétala estandarte que apresenta coloração mais forte e dos estames que perdem a tonalidade e ressecam. Em *B. verbascifolia*, a senescência ocorre 72 duas horas (três dias) após a antese com as pétalas ficando alaranjadas até atingir coloração avermelhada com destaque para a pétala estandarte. As anteras ficam ressecadas e de coloração amarronzadas. Já os elaióforos assumem um tom avermelhado mais forte.

Em alguns casos, a mudança da cor floral, geralmente em pequenas partes da flor como na base das pétalas, ocorre com o passar do tempo ou quando a flor é polinizada, sendo um fenômeno estratégico em direcionar o polinizador para as flores que ainda não receberam o pólen e assim, aumentarem o sucesso reprodutivo das plantas, conforme assinalam Santana e Iamara-Nogueira (2019) [34].

No trabalho realizado por Mendes et al. (2011) [35], os autores sugerem que o comportamento de mudança nas cores das peças florais pode ser um indicativo de uma adaptação das espécies vegetais como meio de comunicação para os seus visitantes, permitindo que as visitas sejam redirecionadas a outras flores ricas em grãos de pólen, o que provavelmente contribui para as abelhas evitarem um gasto energético desnecessário, conforme também assinalam Melo et al. (2018) [36]. Conforme ressaltam Deprá e Gaglianone (2018) [37], em uma população, os indivíduos diferem entre si em vários aspectos que resultam na floração em momentos diferentes. Diferenças de aspectos fenológicos podem ter relação com fatores ambientais externos (temperatura, umidade, corrente de ar, radiação solar, etc) ou fatores endógenos das plantas, segundo Ettinger e Wolkovich (2018) [38].

As populações das espécies estudadas apresentaram padrão de floração anual com 40% das flores abertas por inflorescência/dia expressando a estratégia cornucópia. O que corrobora com



os resultados também encontrados por Batista et al. (2005) [32]. A Figura 2 apresenta algumas imagens dos tipos dos botões florais (2A, 2E, 2I), de inflorescências (2B, 2F, 2J), dos locais dos elaióforos e exsudação de óleo (2C, 2G, 2K) e detalham os aspectos e coloração da flor (2D, 2H, 2L), após a antese das espécies de *B. coccolobifolia*, *B. gardneriana* e *B. verbascifolia*. As setas indicam a exsudação do óleo através dos elaióforos.



Figura 2: Aspectos da morfologia floral de *Byrsonima* Rich. ex Kunth (Malpighiaceae): (A-D) *Byrsonima coccolobifolia* Kunth, (E-H) *Byrsonima gardneriana* A. Juss, (I-L) *Byrsonima verbascifolia* (L.) DC, registrados em área remanescente de vegetação de caatinga na Bahia, Brasil.

As três espécies ofertam grãos de pólen e óleo como recursos tróficos. Não foi possível realizar a quantificação da produção de óleo, mas foi observada a exsudação pelas glândulas em flores em pré-antese e em antese para todas as espécies. Em botões florais na espécie *B. verbascifolia*, a liberação do óleo ocorreu continuamente durante a antese, entretanto, no início da senescência já não era possível a visualização da exsudação de óleo pelos elaióforos.

Durante a realização do estudo foi registrada a presença das seguintes abelhas visitantes florais: *Centris aenea* Lepeletier, 1841, *Centris caxiense* Ducke, 1907, *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, *Paratrigona incerta* Moure, 1951, *Centris spilopoda* Moure, 1969, *Centris fuscata* Lepeletier, 1841, *Centris tarsata* Smith, 1874, *Centris flavifrons* Fabricius, 1775, *Epicharis bicolor* Smith, 1854 e *Paratetrapedia* sp.

Embora não se tenha quantificado o número de frequência e abundância, foi observado que em todas as espécies de *Byrsonima* spp. houve presença de abelhas polinizadoras forrageando os recursos florais, com maior presença de *Centris* spp. Esse resultado era esperado pela relação simbiótica mutualística existente entre essas abelhas com as plantas de *Byrsonima* spp., principalmente, pela especialização na coleta do óleo, conforme tem sido evidenciado anteriormente por Sigrist e Sazima (2004) [6], Batista et al. (2005) [32], Bezerra et al. (2009) [33] e Barônio et al. (2017) [39]; o que sugere maior participação dessas abelhas no forrageamento das flores.



A análise de variância (ANOVA) para a disponibilidade de grãos de pólen no botão floral, na pré-antese e durante as ocorrências de visitantes florais, apresentou diferenças estatísticas significativas entre as espécies de *Byrsonima* spp. estudadas (Tabela 2).

Tabela 2: Resumo da análise de variância (ANOVA), significativo no nível de 5% de probabilidade, para a condição de quantidade disponível de grãos de pólen em três fatores (pré-antese, primeira visita e segunda visita), entre as espécies de *Byrsonima verbascifolia* (L.) DC., *Byrsonima coccolobifolia* Kunth e *Byrsonima gardneriana* A. Juss. em área remanescente de vegetação de caatinga na Bahia, Brasil.

Fatores	GL	Estatística F	p-valor (<0,05)
Pré-antese	2	3,301336755	0,0424841*
Primeira visita	2	64,44928792	6,74873 <sup>-18</sup> *
Segunda visita	2	9,599670173	0,000170918*

Onde: GL = graus de liberdade; (\*) teste significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que na pré-antese, a quantidade de grãos de pólen disponibilizado por *B. verbascifolia* foi em maior quantidade, superando as demais. A disponibilidade de grãos de pólen nas plantas da espécie *B. gardneriana* foi, estatisticamente, semelhante a da espécie *B. verbascifolia* e da *B. coccolobifolia*. Esta última, entretanto, foi a espécie que disponibilizou a menor quantidade de grãos de pólen (Tabela 3).

Tabela 3: Comparação entre as espécies do gênero *Byrsonima* Rich. ex Kunth (Malpighiaceae) da quantidade disponível de grãos de pólen na pré-antese e da quantidade remanescente após forrageamento de visitantes florais em área remanescente de vegetação de caatinga na Bahia, Brasil.

Ocorrências	Espécies		
	<i>B. verbascifolia</i>	<i>B. coccolobifolia</i>	<i>B. gardneriana</i>
Pré-antese	1.129.875,0 a	899.666,7 b	979.333,3 ab
Primeira visita	812.291,7 a	395.583,3 b	271.791,7 c
Segunda visita	266.541,7 a	223.750,0 a	146.500,0 b

Médias seguidas na mesma linha com letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Após a primeira, a espécie *B. verbascifolia* superou as demais com média de maior quantidade de grãos de pólen remanescente, o que se deve, portanto, ao menor forrageio do pólen pelos visitantes florais para essa espécie. Para *B. gardneriana*, com média inferior em relação às demais espécies em quantidade de grãos de pólen disponível após a primeira visita, demonstra ser efeito de maior presença de visitantes florais ou maior intensidade de forrageio.

Após a segunda visita, nota-se que as médias da quantidade de grãos de pólen disponíveis foi estatisticamente semelhante entre as espécies *B. verbascifolia* e *B. coccolobifolia*, com *B. gardneriana* apresentando a menor média de quantidade disponível. Nota-se dessa forma que *B. gardneriana* recebeu maior intensidade do forrageio e presença de visitantes florais ao contrário do ocorrido com *B. verbascifolia* que apresentou um número de grãos de pólen forrageado em maior quantidade na segunda visita.

As médias da quantidade de grãos de pólen forrageada da primeira e segunda visita apresentaram diferenças significativas entre si, pelo teste t de Student ( $p < 0,05$ ), para cada espécie de *Byrsonima* spp. estudada (Tabela 4).

Tabela 4: Teste t de Student ( $p < 0,05$ ) para as ocorrências de forrageamento de grãos de pólen entre as duas visitas para as espécies de *Byrsonima* Rich. ex Kunth (Malpighiaceae) em área remanescente de vegetação de caatinga na Bahia, Brasil.

Espécies	Grãos de pólen forrageado	
	Estatística	p-valor (<0,05)
<i>B. verbascifolia</i>	-12.875,78	1,11587 <sup>-23</sup> *
<i>B. coccolobifolia</i>	15.813,40	3,702301 <sup>-34</sup> *
<i>B. gardneriana</i>	88.551,80	2,823957 <sup>-44</sup> *

(\*) teste significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Desse modo, a ocorrência da visitação, na primeira e na segunda investida dos visitantes florais das espécies de *Byrsonima* spp., permitiu compreender que abundância de grãos de pólen forrageado pode variar de 28% e 72% no primeiro caso e de 17% a 48% no segundo caso, sendo que o maior forrageio ocorreu na primeira visita, com exceção em *B. verbascifolia*. A partir da segunda visita, houve redução significativa na quantidade de grãos de pólen das flores que no total, a atividade oscilou de 76% a 90% de grãos de pólen forrageados (Tabela 5).

Tabela 5: Estimativa da quantidade de grãos de pólen forrageados nas duas ocorrências (primeira e segunda visita) para as espécies de *Byrsonima* Rich. ex Kunth (Malpighiaceae) em área remanescente de vegetação de caatinga na Bahia, Brasil.

Forrageio	<i>B. verbascifolia</i>	<i>B. coccolobifolia</i>	<i>B. gardneriana</i>
Primeira visita	28,11%	56,03%	72,25%
Segunda visita	48,30%	34,09%	17,71%
Total	76,41%	90,12%	89,96%

Apenas na primeira visita não foi possível compreender a expressiva coleta de grãos de pólen devido às oscilações entre as visitas. Somente depois da segunda visita é que pôde ser constatada uma expressiva redução desse recurso em aproximadamente três quartos de grãos de pólen retirados pelos visitantes. Em estudo realizado por Ramos et al. (2016) [40] em flores de *Solanum sisymbriifolium* Lam. (Solanaceae) que apresentam anteras poricidas, também foi observado uma redução significativa na quantidade de grãos de pólen nas anteras após a presença de visitantes.

Em outro aspecto, as melhores características florais proporcionaram a presença de maior número de polinizadores, o que pode ser notado em *B. verbascifolia* que, com a menor relação botão/flor (16,47%) e antese tardia, apresentou o menor forrageio na primeira visita. O contrário foi observado com a espécie *B. gardneriana* com a maior relação botão/flor (46%) e maior forrageio na primeira visita.

Com base nas características morfológicas e da biologia floral observadas nas plantas, nota-se evidente diferença em *B. verbascifolia* comparada com as outras espécies, *B. coccolobifolia* e *B. gardneriana*, as quais, por sua vez, apresentam-se bastantes similares entre si. A espécie *B. gardneriana* foi a que recebeu mais visitantes, demonstrado pela menor quantidade remanescente de grãos de pólen quantificado após as visitas, o oposto visto em *B. verbascifolia*.

Em relação à fenologia para as três espécies de *Byrsonima* Rich. ex Kunth, observou-se ocorrência de variações quanto ao início, duração, pico e término das fenofases. O padrão de floração foi anual, com 40% das flores abertas por inflorescência/dia expressando a estratégia cornucópia e revelando pouca sincronia (15% e 60%) na manifestação da fenofase de floração entre os indivíduos das espécies. Foi registrado maior valor de sincronia (50% e 60%) nos meses de fevereiro e março/2018, coincidindo com o período de altas temperaturas. Espécies que exibem assincronia (isto é, falta de sincronia) podem ter mecanismos que lidam com períodos desfavoráveis ou podem estar sujeitos a fatores de fenologia opostos que enfraquecem a resposta à sazonalidade [13].

A floração em *B. coccolobifolia* se estendeu por cinco meses com início na primeira quinzena de dezembro/2017 e término na primeira quinzena de abril/2018, período em que a população manteve uma atividade de floração oscilando entre 15% e 60% dos indivíduos florescendo, sendo registrado pico (60%) da sincronia durante a floração na população em março/2018 (Figura 3). Também neste mês os indivíduos apresentaram em média mais de 31% da copa florida, ou seja, quando os indivíduos apresentam a maior intensidade de floração.

A floração de *B. gardneriana*, conforme pode ser visto na Figura 3, ocorreu com início no mês de novembro/2017, estendendo-se até o mês de abril/2018. Entretanto, os picos da atividade de floração concentraram-se entre os meses de novembro e dezembro/2017. No mês de dezembro/2017 a atividade da floração demonstrou que, embora houvesse muitos indivíduos manifestando essa fenofase (90%), a intensidade atingiu o seu pico máximo de 44%. A população revelou sincronia variada em alta (90%) e baixa (40%) durante a manifestação da fenofase de floração entre os indivíduos.

Com relação à *B. verbascifolia*, o mês de novembro/2017 registrou início da floração de seus indivíduos permanecendo com essa fenofase até o mês de abril/2018 (Figura 3). O pico da atividade de floração atingiu seu máximo na primeira quinzena de dezembro de 2017, onde cerca

de 85% dos indivíduos acompanhados mostraram pico de intensidade nesse período, alcançando um índice de 41% em floração. A população revelou alta sincronia (65% e 85%) na manifestação da fenofase de floração entre os indivíduos. Observa-se que mesmo ocorrendo a floração em um intervalo de tempo semelhante entre as espécies, as ocorrências de picos se deram em momentos diferentes. Para Everingham et al. (2023) [15], a falta de relação entre o tempo de floração pode ser efeito de mudanças de temperatura que podem mudar o momento dos eventos fenológicos, efeito do fotoperíodo ou devido aos intervalos de amostragem menos frequentes.

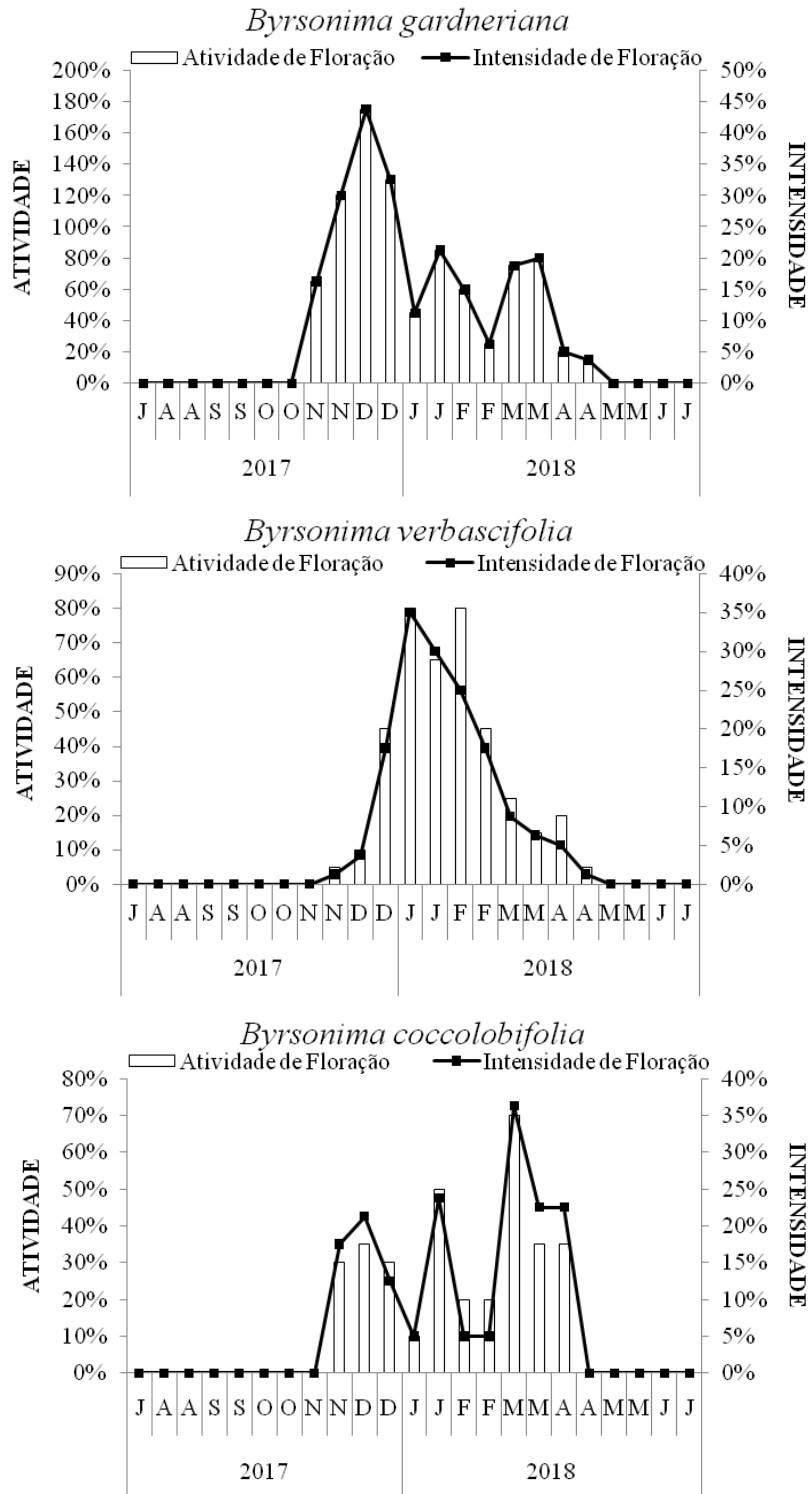


Figura 3: Fenograma para a atividade e a intensidade de floração dos indivíduos das espécies de *Byrsonima coccolobifolia* Kunth, *Byrsonima gardneriana* A. Juss. e *Byrsonima verbascifolia* (L.) DC., em área remanescente de vegetação de caatinga na Bahia, Brasil.

As diferenças morfológicas/ecológicas das estruturas reprodutivas entre as plantas de cada espécie e a ocorrência de floração em intervalos similares sugerem que a exploração dos visitantes florais ocorra no sentido de evitar competição entre polinizadores em plantas da mesma espécie. O padrão de floração do tipo anual, conforme assinala Newstrom et al. (1994) [30], e a duração intermediária na qual as espécies produzem muitas flores por dia podendo se estender por mais de um mês, é denominado por Gentry (1974) [31] como estratégia do tipo “Cornucópia”, seguindo as considerações propostas que atribui a esta estratégia a atração, possivelmente, de mais visitantes.

Estudos sobre os padrões fenológicos encontrados para a região Nordeste do Brasil envolvendo espécies de *Byrsonima* spp. podem variar, conforme Seixas et al. (2011) [41]. Estes autores atribuem a *B. verbascifolia* floração contínua, enquanto no presente estudo foi registrada uma floração de duração intermediária. Ribeiro et al. (2006) [42], estudando *B. chrysophylla* no Maranhão, registraram para essa espécie o padrão de floração anual, do tipo cornucópia e duração intermediária.

A sincronia interespecífica com distintos picos de floração observados nas três espécies no presente estudo, com sincronia maior entre *B. gardneriana* e *B. verbascifolia*, uma vez que houve sobreposição dos picos de floração entre plantas dessas espécies, também foi notado por Batista et al. (2005) [32] com espécies de *Byrsonima* spp. em áreas de Cerrado.

Apesar de *B. coccolobifolia* apresentar flores concomitantemente com as outras duas espécies de *Byrsonima* spp., seu pico de floração ocorreu três meses mais tarde, podendo ser evidenciado pela análise dos dados da Intensidade de floração, segundo Fournier (1974) [29]. Esse fato pode ser um indício de segregação do período de floração entre as três espécies e a mudança de um padrão de floração sincrônico para um padrão sequencial. Esse comportamento foi observado por Barros (1992) [43] estudando sete espécies simpátricas deste gênero, sendo seis com floração sequencial, onde duas das espécies estudadas pelo autor (*B. coccolobifolia* e *B. verbascifolia*) são foco do presente estudo, vindo confirmar nossas observações.

Do ponto de vista evolutivo, a característica de floração coincidente entre *B. gardneriana* e *B. verbascifolia* retrata um impedimento de fluxo polínico interespecífico. Esse fenômeno poderia deixar *B. verbascifolia* em desvantagem reprodutiva em relação às outras espécies em termos de número de flores disponíveis aos visitantes florais, caso não fosse a compensação de outros atributos como na antecipação da receptividade do estigma, maior viabilidade polínica e pela duração da flor disponível à polinização, com tempo médio de 72 horas (três dias) de longevidade floral. Além de apresentar quantidade superior de grãos de pólen na pré-antese forrageado com maior intensidade na segunda visita. Em outro aspecto, a variabilidade de flores produzidas, portanto, pode reduzir a competição por polinizadores e aumentar o fluxo de polinizadores, contribuindo ainda em uma ampliação da variabilidade genética, conforme ressaltam Deprá e Gaglianone (2018) [37].

Conforme as variações climáticas registradas durante o estudo, visto na Figura 4, constataram-se temperaturas altas e umidade relativa baixa entre o intervalo de novembro de 2017 a março de 2018 e com precipitações baixas e irregulares. Com relação à precipitação, um fenômeno relacionado a irregularidade de chuvas é caracterizado pela existência de duas estações anuais, popularmente conhecidas como “inverno” (quando há ciclo de maior precipitação) e “verão” (com praticamente ausência de chuva e baixa umidade relativa do ar). Com isso, é importante ressaltar que nas florestas secas tropicais, a limitação da água sazonal pode ser grave, podendo estimular a reprodução sincrônica durante períodos de chuva. No entanto, essas respostas exibem limites em função de eventos extremos de seca [13]. Estágios fenológicos iniciais e tardios são fortemente ligados ao longo da estação de crescimento [38], o que pode explicar a variação da resposta fenológica no presente estudo.

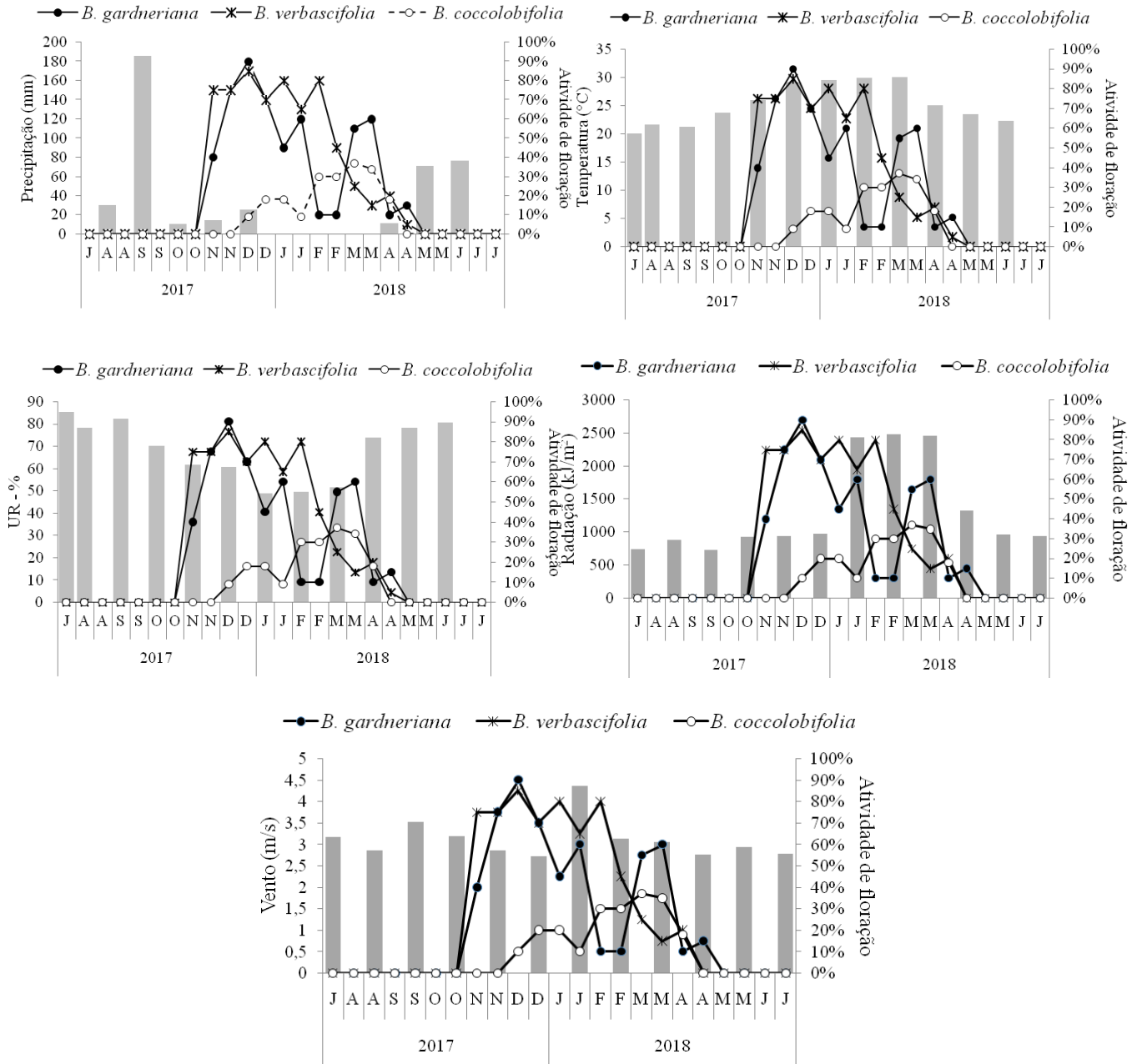


Figura 4: Variáveis climatólogica de precipitação (mm), temperatura (°C), umidade relativa do ar (UR-%), radiação(kJ/m<sup>2</sup>) e velocidade do vento (m/s) em barras e atividades de floração (curvas), referentes ao município de Euclides da Cunha, Bahia, Brasil. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia-INMET-2017/2018 [23].

Apenas a temperatura e a umidade relativa apresentaram influência significativa ( $p < 0,05$ ) na fenofase floral para as três espécies de *Byrsonima* Rich. ex Kunth estudadas a partir do coeficiente de postos de Spearman, conforme visto na Tabela 6.

Tabela 6: Correlação de postos de Spearman ( $p < 0,05$ ) da fenofase de atividade de floração com os dados climáticos, temperatura e umidade relativa do ar, durante o período de estudo com espécies de *Byrsonima* Rich. ex Kunth (Malpighiaceae), em área remanescente de vegetação de caatinga na Bahia, Brasil.

Espécies	Temperatura	Umidade
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	$r$ (0,824) $p$ (0,00096)	$r$ (-0,722) $p$ (0,0079)
<i>Byrsonima gardneriana</i> A. Juss	$r$ (0,781) $p$ (0,0026)	$r$ (-0,747) $p$ (0,0051)
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC	$r$ (0,837) $p$ (0,0006)	$r$ (-0,848) $p$ (0,00047)

Nota-se, portanto, que todas as correlações encontradas entre as espécies e variáveis de temperatura e umidade foram fortes ( $r > 0,7$ ). Entretanto, a correlação das espécies para a umidade relativa do ar foi explicada de forma inversa (negativa), ou seja, quando menor a umidade, maior a atividade da fenofase (ou vice-versa). Para a temperatura, além de forte, a correlação com as espécies foi diretamente proporcional, demonstrando que o efeito da atividade da fenofase floral respondeu aos crescentes níveis de temperatura, mostrando, possivelmente, que para a existência do fenômeno da fenofase floração, a influência exercida pela temperatura é fortemente decisiva.

As espécies de *Byrsonima* spp. estudadas floresceram durante a estação seca, fato já registrado por diversos autores como Albuquerque e Rêgo (1989) [44], Teixeira e Machado (2000) [45], Barbosa et al. (2005) [46], Benezar e Pessoni (2006) [47], Costa et al. (2006) [27], Bezerra et al. (2009) [33], Mendes et al. (2011) [35] e Araújo et al. (2014) [48] para outras espécies do mesmo gênero em diferentes tipos vegetacionais.

O período de menor precipitação, de elevadas temperaturas e de baixa umidade, coincidiu com a floração das espécies estudadas como apontado pela correlação entre a atividade de floração e os fatores climáticos (temperatura e umidade). Segundo Araújo et al. (2014) [48], o clima é um dos principais fatores reguladores desta fenofase em *Byrsonima* spp. e, como afirmam Justiniano e Fredericksen (2000) [49], o pico de floração na estação seca se assemelha ao padrão encontrado em várias florestas tropicais. Nesse sentido, para Lasky et al. (2016) [13], a diversidade fenológica em florestas sazonalmente secas está associada a estratégias ecológicas divergentes para lidar com restrições climáticas sazonais, como a umidade, por exemplo.

#### 4. CONCLUSÃO

As características morfológicas da biologia floral das espécies de *Byrsonima* spp. estudadas em área remanescentes de caatinga na Bahia, Brasil, foram mais similares entre as espécies *B. coccolobifolia* e *B. gardneriana*. A espécie *B. verbascifolia* se distinguiu das demais por possuir atributos florais mais acentuados, principalmente em número, tamanho e longevidade floral e receptividade estigmática antecipada.

As espécies produzem grãos de pólen em quantidade satisfatória, com alta viabilidade polínica e ocorrência de intenso forrageio dos visitantes florais, destacando-se a espécie *B. verbascifolia* pela maior quantidade de grão pólen por antera produzida e nível maior de capacidade germinativa.

As espécies são potencialmente férteis e capacitadas a serem empregadas em programas de reflorestamento e melhoramento genético.

As populações das espécies apresentaram padrão de floração anual, estratégia cornucópia e duração intermediária. A sincronia é do tipo interespecífica, com distintos picos de floração, ocorrendo maior sincronia entre *B. gardneriana* e *B. verbascifolia*.

#### 5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb) pela concessão de bolsa de estudo durante o período de realização da presente pesquisa ao primeiro autor.



À equipe do Laboratório de Biologia-Departamento de Ciências Exatas e da Terra – *Campus II – Alagoinhas-BA.*

À equipe do Laboratório de Biologia do Departamento de Ciências Exatas e da Terra da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), *Campus II – Alagoinhas-BA.*

Ao Laboratório de Bionomia, Biogeografia e Sistemática de Insetos da Universidade Federal da Bahia (BIOSIS/UFBA), *Campus de Ondina - Salvador-BA.*

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Davis CC, Anderson WR. A complete generic phylogeny of Malpighiaceae inferred from nucleotide sequence data and morphology. *Am J Bot.* 2010;97(12):2031-48. doi:10.3732/ajb.1000146
2. Re flora [Internet]. Malpighiaceae in Flora e Funga do Brasil. Rio de Janeiro (RJ): Jardim Botânico do Rio de Janeiro; 2020 [citado em 29 ago 2022]. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB155>
3. Costa GMD, Cardoso D, Queiroz LPD, Conceição, AA. Variações locais na riqueza florística em duas ecorregiões de caatinga. *Rodriguésia.* 2015;66(3):685-709. doi: 10.1590/2175-7860201566303
4. Santos JVD, Amorim AM, Conceição AS. Malpighiaceae in the Raso da Catarina Ecocoregion, Bahia, Brazil. *Biota Neotrop.* 2018;18(3):e20170429. doi:10.1590/1676-0611-BN-2017-0429
5. Possobom CCF, Machado SR. Elaiophores: their taxonomic distribution, morphology and functions. *Acta Bot Bras.* 2017;31(3):503-24. doi:10.1590/0102-33062017abb0088
6. Sigrist MR, Sazima M. Pollination and reproductive biology of twelve species of neotropical Malpighiaceae: Stigma morphology and its implications for the breeding systems. *AnnBot* 2014;94(1):33-41. doi:10.1093/aob/mch108
7. Peixoto KDS, Almeida DSD, Capuzzo JP, Elias MADS, Melo MDS, Morais RJD, et al. Sistema de polinização e reprodução do muricizeiro *Byrsonima crassa* (Malpighiaceae). *Rev Eletrônica Interdiscip.* 2011;2(6):17-21.
8. Balestra CL, Fachardo ALS, Soares MP, Reys P, Silva, FG. Reproductive biology and pollination of two species of *Byrsonima* Kunth in a Cerrado fragment in Central Brazil. *Rev Biociências.* 2014;20(2):71-81.
9. Baiao SA, Correia FB, Ferrari SF. Dietary differences have contrasting effects on the seed dispersal potential of the titi monkey *Callicebus coimbrai* in north-eastern Brazil. *J Trop Ecol.* 2015;31(2):175-81. doi:10.1017/S0266467414000649
10. Dias DDS, Silva ABD, Lira EDS, Melo NVD, Araujo KD. Macrofauna presente nas matrizes de *Byrsonima gardneriana* A. Juss na Caatinga de Olho D'Água do Casado, Alagoas. *Rev Ciênc Agrícola.* 2018;16:25-9. doi:10.28998/rca.v16i0.6633
11. Godoy FI. Observações sobre o comportamento alimentar e dieta do crejoá *Cotinga maculata* no sul da Bahia, Brasil. *Cotinga.* 2018;40:50-3.
12. Souza MA, Calheiros AR, Araujo KD, Gomes DL, Lira EDS, Santos ÉMDC. Composição química e taxa de decomposição foliar de *Byrsonima gardneriana* A. Juss. *Diversitas J.* 2019;4(2):323-31. doi:10.17648/diversitas-journal-v4i2.750
13. Lasky JR, Uriarte M, Muscarella R. Synchrony, compensatory dynamics, and the functional trait basis of phenological diversity in a tropical dry forest tree community: effects of rainfall seasonality. *Environ Res Lett.* 2016;11(11):115003. doi:10.1088/1748-9326/11/11/115003
14. Cortés-Flores J, Hernández-Esquivel KB, González-Rodríguez A, Ibarra-Manríquez G. Flowering phenology, growth forms, and pollination syndromes in tropical dry forest species: Influence of phylogeny and abiotic factors. *Am J Bot.* 2017;104(1):39-49. doi: 10.3732/ajb.1600305
15. Everingham SE, Blick RA, Sabot ME, Slavich E, Moles AT. Southern hemisphere plants show more delays than advances in flowering phenology. *J Ecol.* 2023;111(2):380-90. doi: 10.1111/1365-2745.13828
16. Pereira DDA, Brasileiro BP, Amaral CLF. Termos da biologia da polinização aplicados à fruticultura. *Biotemas.* 2009;22(1):141-6.
17. Santos JFLD, Rossi AAB, Pena GF, Tiago AV, Zortéa KÉM, Cardoso EDS, et al. Morfologia, viabilidade polínica e índice meiótico de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth. *Bra. J Dev.* 2020;6(6):37514-36. doi:10.34117/bjdv6n6-328
18. Barrett SCH. Understanding plant reproductive diversity. *Philos Trans R Soc B: Bio Sci.* 2010;365(1537):99-109.
19. Abernethy K, Bush ER, Forget PM, Mendoza I, Morellato LPC. Current issues in tropical phenology: a synthesis. *Biotropica.* 2018;50(3): 477-82. doi: 10.1111/btp.12558

20. Moro MF, Lughadha EN, Araújo FSD, Martins FR. A Phytogeographical metaanalysis of the Semiárid Caatinga Domain in Brazil. *Bot Rev.* 2016;82(2):1-59. doi:10.1007/s12229-016-9164-z
21. Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Informações Ambientais [Internet]. Brasília (DF): IBGE; 2021[citado em 10 ago 2022]. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>
22. Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLD, Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z.* 2013;22(6):711-28. doi:10.1127/0941-2948/2013/0507
23. Brasil. Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de dados das variáveis climatológica da estação meteorológica automática do município de Euclides da Cunha, Bahia [Internet]. Brasília (DF): INMET; 2017-2018 [citado em 10 Jun 2018]. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>
24. Lammi J. Online-Photoperiod Calculator V.1.94 L - Lammi, © 1996–2015;2015. Disponível em: <http://www.umzugs.com/time/time.html>
25. Moro MF, Martins FR. Métodos de levantamento do componente arbóreo-arbustivo. In: Felfili JM, Eisenlohr PV, Melo MMR, Andrade LA, Meira-Neto JAA, editores. *Fitossociologia no Brasil - Métodos e estudos de casos.* Viçosa (MG): UFV; 2013. p. 175-212.
26. Dafni A, Kevan PG, Husband BC. *Pollination ecology: a practical approach.* Ontario (CA): Enviroquest Ltd; 2005.
27. Costa CBN, Costa JAS, Ramalho M. Biologia reprodutiva de espécies simpátricas de Malpighiaceae em dunas costeiras da Bahia, Brasil. *Rev Bras Bot.* 2006;29(1):103-14. doi:10.1590/S0100-84042006000100010
28. Bencke CSC, Morellato LPC. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Rev Bras Bot.* 2002;25(3):269-75. doi:10.1590/S0100-84042002000300003
29. Fournier LA. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Rev Bras Bot.* 1974;24(4):422-3.
30. Newstrom LE, Frankie GW, Baker HG. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica.* 1994;26(2):141-59. doi:10.2307/2388804
31. Gentry AH. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica.* 1974;6(1):64-8. doi:10.2307/2989698
32. Batista JA, Pacheco MFJ, Santos MLD. Biologia reprodutiva de três espécies de *Byrsonima* Rich. Ex Kunth (Malpighiaceae) em um cerrado sensu stricto no campus da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Goiás, Brasil. *Rev Biol Neotrop.* 2005;2(2):109-22.
33. Bezerra ES, Lopes AV, Machado IC. Biologia reprodutiva de *Byrsonimagardnerana* A. Juss. (Malpighiaceae) e interações com abelhas *Centris* (Centridini) no Nordeste do Brasil. *Rev Bras Bot.* 2009;32(1):071-84. doi:10.1590/S0100-84042009000100010
34. Santana PC, Iamara-Nogueira J. *Evolução floral e ecologia da polinização.* São Paulo (SP): USP; 2019. Capítulo 5, Botânica no Inverno; p. 58-73.
35. Mendes FN, Rêgo MMC, Albuquerque PMC. Fenologia e biologia reprodutiva de duas espécies de *Byrsonima* Rich. (Malpighiaceae) em área de Cerrado no Nordeste do Brasil. *Biota Neotrop.* 2011;11(4):1103-115. doi:10.1590/S1676-06032011000400011
36. Melo BT, Mota T, Schlindwein C, Antonini Y, Oliveira R. Floral colour change in *Byrsonima variabilis* (Malpighiaceae) as a visual cue for pollen but not oil foraging by oil-collecting bees. *The Sci Nat.* 2018;105(46):7-8. doi:10.1007/s00114-018-1572-y
37. Deprá MS, Gaglianone MC. Interações entre plantas e polinizadores sob uma perspectiva temporal. *Oecologia Aust.* 2018;22(1):1-16. doi:10.4257/oeco.2018.2201.01
38. Ettinger AK, Gee S, Wolkovich EM. Phenological sequences: how early-season events define those that follow. *Am J Bot.* 2018;105(10):1771-80. doi:10.1002/ajb2.1174
39. Barônio GJ, Haleem MA, Marsaioli AJ, Torezan-Silingardi HM. Characterization of Malpighiaceae flower-visitor interactions in a Brazilian savannah: how do floral resources and visitor abundance change over time. *Flora.* 2017;234:126-34. doi:10.1016/j.flora.2017.07.015
40. Ramos AF, Bauermann SG, Lopes LA, Evaldt ACP. Produção polínica de *Solanum sisymbriifolium* Lam. (Solanaceae) e a coleta de pólen pelas abelhas visitantes florais. *RevistaEA.* 2016;57(15):1-7.
41. Seixas ENC, da Silva MAP, Mendonça ACAM, dos Santos MAF. Biologia reprodutiva e propriedades químico farmacológicas de *Byrsonima* rich. ex Kunth (Malpighiaceae) no Nordeste–Brasil. *Cad Cult Cienc.* 2011;10(2):7-16. doi:10.14295/cad.cult.cienc.v10i2.399
42. Ribeiro E, Rêgo MMC, Machado IC. Aspectos da polinização de murici pitanga *Byrsonima chrysophylla* (Malpighiaceae). In: Rêgo MMC, Albuquerque P, editores. *Polinização do Murici.* São Luiz (MA): Ministério do Meio Ambiente/EDUFMA; 2006. p. 49-54.

43. Barros MAG. Fenologia da floração, estratégias reprodutivas e polinização de espécies simpátricas do gênero *Byrsonima* Rich (Malpighiaceae). Rev Bras Biol. 1992;52(2):343-53.
44. Albuquerque P, Rêgo MMC. Fenologia das abelhas visitantes de murici (*Byrsonima crassifolia*, Malpighiaceae). Mus Para Emilio Geoldi, ser. Zool. 1989;5(2):163-78.
45. Teixeira LAG, Machado IC. Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* DC (Malpighiaceae). Acta Bot Bras. 2000;14(3):347-57. doi:10.1590/S0102-33062000000300011
46. Barbosa RI, Mourão JrM, Casadio GML, Silva SJRD. Fenologia do mirixi-caju [*Byrsonima coccolobifolia* Kunth. (Malpighiaceae)] em áreas de savana aberta do estado de Roraima. Embrapa Roraima (RR): Comunicado Técnico; 2015. p. 1-6.
47. Benezar CRM, Personi LA. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth) em uma savana amazônica. Acta Amazon. 2006;36(2):159-68. doi:10.1590/S0044-59672006000200005
48. Araújo RR, Santos EDD, Lemos EEPD. Fenologia do muricizeiro (*Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich) em zona de tabuleiro costeiro do nordeste brasileiro. Rev Ciênc Agríc. 2014;12(1):1-8. doi:28998/rca.v12i1.905
49. Justiniano MJ, Fredericksen, TS. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. Biotropica. 2000;32(2):276-81. doi:10.1111/j.1744-7429.2000.tb00470.x