

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**

**Programa de Pós-Graduação Ciência Florestal**

**Talita de Assis Amaral**

**AUTOECOLOGIA DE *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC. (Melastomataceae) NA  
SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL**

**Diamantina**

**2021**

**Talita de Assis Amaral**

**AUTOECOLOGIA DE *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC. (Melastomataceae) NA  
SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Mestra.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Luiz Mendonça Machado

**Diamantina**

**2021**

### Catálogo na fonte - Sisbi/UFVJM

A485 Amaral, Talita de Assis  
2021 AUTOECOLOGIA DE *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC.  
(Melastomataceae) NA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL  
[manuscrito] / Talita de Assis Amaral. -- Diamantina, 2021.  
81 p.

Orientador: Prof. Evandro Luiz Mendonça Machado.

Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) -- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Diamantina, 2021.

1. Distribuição espacial. 2. Reprodução de plantas. 3. Fenologia. I. Machado, Evandro Luiz Mendonça. II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. III. Título.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**

**TALITA DE ASSIS AMARAL**

**AUTOECOLOGIA DE *MARCTIA TAXIFOLIA* (A. ST.-HIL.) DC. (MELASTOMATACEAE) NA SERRA DO  
ESPINHAÇO MERIDIONAL**

**Dissertação** apresentada ao programa de Pós-Graduação em **Ciência Florestal** da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, **nível de Mestrado**, como requisito parcial para obtenção do título de **Mestra em CIÊNCIA FLORESTAL**.

Orientador: Prof. **Evandro Luiz Mendonça Machado**

Data de aprovação 10/03/2021.

**Islaine Franciely Pinheiro Azevedo - (UNIMONTES)**

**Darlina da Costa Fonseca - (UFVJM)**

**Evandro Luiz Mendonça Machado - (UFVJM)**



Documento assinado eletronicamente por **Evandro Luiz Mendonça Machado, Docente**, em 21/07/2021, às 09:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **ISLAINE FRANCIELY PINHEIRO DE AZEVEDO, Usuário Externo**, em 21/07/2021, às 11:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Darlina da Costa Fonseca, Servidor**, em 26/07/2021, às 18:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de](#)



[8 de outubro de 2015.](#)



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufvjm.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufvjm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0414583** e o código CRC **2FF8C04D**.

Referência: Processo nº 23086.008389/2021-77

SEI nº 0414583

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me permitiu chegar á este momento, o caminho foi árduo, mas valeu a pena. Agradeço também aos meus pais, Dalva e Pedro por todo incentivo para seguir a vida acadêmica, apesar dos obstáculos pelos quais passei durante esse período. Agradeço a minha avó Geralda, que sempre me apoiou nos estudos. Aos meus irmãos Fábio, Silésia e Silmara, agradeço o apoio e incentivo nos momentos que fraquejei e pensei em desistir. Fábio você é um anjo que me inspira e me motiva sempre, te amo minha vida.

Não menos importante agradeço imensamente ao meu companheiro Fernando, que tanto me ajudou nos trabalhos de campo e na vida, suportando meus momentos de angústia, estresse, e desespero, pelo medo de não cumprir bem o meu dever, obrigado por estar comigo na alegria e tristeza, me dando força quando não possuo e comemorando nossas conquistas, te amo.

Não poderia deixar de mencionar e agradecer o apoio e confiança do meu orientador, professor Evandro L. M. Machado, muito obrigado por todos os ensinamentos e pelo desafio em me propor um trabalho fora da minha zona de conforto. Você se tornou um exemplo para mim como professor e pesquisador. Agradeço também ao professor Israel Marinho Pereira que sempre me tratou com muito carinho e dedicação e juntamente com os demais professores despertou o meu interesse pela pesquisa científica.

Agradeço de coração a Darliana por toda ajuda, sempre trabalhando juntas em campo e em laboratório, muito obrigada pela paciência e boa vontade e por todos os ensinamentos a mim transmitidos, deixo aqui os meus sinceros agradecimentos.

Agradeço às minhas amigas Krislaine e Raquel pelas palavras positivas e por acreditarem na minha competência como pós graduanda. Agradeço a Krislaine e Keyla pela ajuda nos trabalhos de campo, sem vocês seria tudo mais difícil. Nesse momento o sentimento é somente gratidão, aos amigos, e familiares e a todos que tornaram essa jornada o mais agradável possível. Ser pesquisadora nunca foi fácil, porém a busca incessante pelo conhecimento é mais que necessária. Agradeço também a UFVJM, ao PPGCF, e a CAPES pelo apoio financeiro.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Muito obrigada a todos pelo carinho e confiança que sempre depositaram em mim.

## RESUMO

A autoecologia estuda as relações biológicas das espécies com o ambiente e o efeito dos processos ecológicos dentro da população. A espécie *Marcetia taxifolia*, possui entre suas peculiaridades, morfotipos com flores rosa e com flores brancas, alvo dos estudos ecológicos que serão apresentados. Esse estudo foi realizado em uma Cascalheira, no Parque Estadual do Biribiri e em uma área localizada às margens do Córrego do Soberbo, no município de Diamantina/MG, nas quais foram feitas coletas de dados para análises dos padrões espaciais, receptividade estigmática, viabilidade polínica, presença/ausência de polén heteroespecífico, realização de polinizações controladas, teste de germinação de sementes, coletas de dados fenológicos, bem como análises espectrofotométricas com pétalas e anteras das flores de ambos os morfotipos estudados. A hipótese nula da completa aleatoriedade espacial foi aceita apenas para os indivíduos do morfotipo com flores brancas, localizados às margens do Córrego do Soberbo. A análise bivariada demonstrou repulsão espacial entre os morfotipos na área do Parque Estadual do Biribiri, ou seja, onde um ocorre o outro tende a não ocorrer, já na área às margens do Córrego do Soberbo a independência espacial entre os morfotipos foi marcante, permitindo inferir que os morfotipos coexistem de forma harmônica nesse ambiente. Os dados de altura evidenciaram que a área de estudo localizada às margens do Córrego do Soberbo está em um estágio sucessional mais avançado, quando comparada a área da Cascalheira. As análises reprodutivas evidenciaram que o morfotipo com flores rosa tende a ser mais atrativo aos polinizadores e também obteve maior êxito na reprodução dos seus descendentes. O contraste entre a coloração das pétalas e das anteras das flores rosa facilitam a localização do recurso floral, e a floração extensiva apresentada por esses indivíduos disponibiliza esse recurso por mais tempo, conferindo no sucesso reprodutivo de seus indivíduos. De posse dessas informações é possível concluir que no processo evolutivo esses morfotipos tendem a formar uma nova espécie visto que, com base nos estudos ecológicos realizados já existe uma diferenciação clara entre os morfotipos e que estes não competem por polinizadores.

**Palavras-chave:** Distribuição espacial, fenologia, polinização, reprodução.

## ABSTRACT

Autoecology studies the biological relationships of species with the environment and how this affects ecological processes within the population. The species *Marcetia taxifolia*, has among its peculiarities, morphotypes with pink flowers and with white flowers, target of the ecological studies that will be presented. This study was carried out in a Cascalheira, in the Biribiri State Park and in an area located on the banks of the Córrego do Soberbo, in the municipality of Diamantina/MG, where data were collected for analysis of spatial patterns, analysis of stigmatic receptivity, pollen viability, presence/absence of heterospecific pollen, performance of controlled pollinations, seed germination test and collection of phenological data every two weeks during the period of one year, as well as spectrophotometric analyzes with petals and anthers of the flowers of both morphotypes studied. The null hypothesis of complete spatial randomness was accepted only for individuals of the morphotype with white flowers, located on the banks of Córrego do Soberbo. The bivariate analysis showed spatial repulsion between the morphotypes in the Biribiri State Park area, where one occurs, the other tends not to occur, whereas in the area on the banks of Córrego do Soberbo the spatial independence between the morphotypes was remarkable, allowing inferring that the morphotypes coexist harmoniously in this environment. The height data showed that the study area of Campus JK is in a more advanced successional stage when compared to the Cascalheira area. Reproductive analyzes showed that the morphotype with pink flowers tends to be more attractive to pollinators and was also more successful in reproducing their descendants. The contrast between the color of the petals and anthers of pink flowers facilitates the location of the floral resource, and the extensive flowering presented by these individuals makes this resource available for a longer time, resulting in the reproductive success of their individuals. With this information, it is possible to conclude that in the evolutionary process these morphotypes tend to form a new species since, based on ecological studies carried out, there is already a clear differentiation between the morphotypes and that they do not compete for pollinators.

**Keywords:** Spatial distribution, phenology, pollination, reproduction.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I - PADRÕES POPULACIONAIS PODEM SER AFETADOS POR VARI- AÇÕES MORFOTÍPICAS? O ESTUDO DE CASO DE *Marcetia taxifolia*

- Figura 1** - Mapa de localização das áreas de estudo, onde foram amostradas populações de *Marcetia taxifolia* na região da Serra do Espinhaço Meridional, no estado de Minas Gerais. (A1) localização da área de estudo situada na Cascalheira no Parque Estadual do Biribiri e (A2) localização da área de estudo situada na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), próxima as margem do Córrego do Soberbo. .... 19
- Figura 2** - Área de estudo localizada no Parque Estadual do Biribiri (A), área de estudo localizada às margens do Córrego do Soberbo (B). .... 20
- Figura 3** - Morfotipos de *M. taxifolia* com flores rosa (A) e com flores brancas (B). .... 20
- Figura 4** - Análise univariada do padrão espacial de populações de *Marcetia taxifolia* (A): população localizada no PEBI e (B): população localizada nas proximidades do Córrego Soberbo. A linha contínua representa o calculado  $\hat{L}$  (h) e as linhas pontilhadas delimitam o intervalo de confiança para distribuição aleatória..... 76
- Figura 5** - Análise univariada do padrão espacial de populações de *Marcetia taxifolia*. (A): indivíduos de morfotipos com flores brancas localizados no PEBI (B): indivíduos de morfotipos com flores brancas, localizados á margens do Córrego do Soberbo (C) indivíduos de morfotipos com flores rosa, localizados no PEBI e (D): indivíduos de morfotipos com flores rosa localizados às margens do Córrego do Soberbo. A linha contínua representa o calculado  $\hat{L}$  (h) e as linhas pontilhadas delimitam o intervalo de confiança para distribuição aleatória..... 77
- Figura 6** - Esquema dos padrões de distribuição espacial existentes, (A): agregado, (B): aleatório, (C): uniforme..... 78
- Figura 7** - Análise bivariada para associação espacial entre morfotipos de flores brancas e rosa de *Marcetia taxifolia* localizados no Parque Estadual do Biribiri (A) e às margens do Córrego do Soberbo em Diamantina – MG (B). Valores positivos indicam atração, valores negativos indicam repulsão e a linha contínua dentro da tracejada indicam independência espacial..... 78
- Figura 5 - Distribuição das classes de altura de indivíduos correspondentes aos morfotipos localizados no parque estadual do biribiri (a) e localizados às margens do córrego do soberbo (B)..... 79

**CAPÍTULO II - SUCESSO REPRODUTIVO DE MORFOTIPOS DE *Marcetia taxifolia*  
(A. St.-Hil.) DC**

- Figura 1** - Receptividade estigmática de morfotipos de *Marcetia taxifolia*. (A): indivíduos localizados no PEBI (B): indivíduos localizados às margens do Córrego do Soberbo.....50
- Figura 2** - A: Estigma receptivo do morfotipo com flores rosa, B: Estigma não receptivo do morfotipo com flores rosa, C: Estigma receptivo do morfotipo com flores brancas, D: Estigma não receptivo do morfotipo com flores brancas.....50
- Figura 3** - Viabilidade polínica de morfotipos de *M. taxifolia* com subpopulações localizadas nas áreas de estudo do Parque Estadual do Biribiri e às margens do Córrego do Soberbo.....51
- Figura 4** - Imagens de grãos de pólen viáveis com crescimento de tubo polínico (4A), e de grãos de pólen não viáveis (4B).....51
- Figura 5** - Percentual de pólen homoespecífico e heteroespecífico em morfotipos de *Marcetia taxifolia*. (A): indivíduos de morfotipo com flores rosa localizado no PEBI (B): indivíduos de morfotipo com flores brancas localizados no PEBI (C) indivíduos de morfotipo com flores rosa localizado às margens do Córrego do Soberbo e (D): indivíduos de morfotipo com flores brancas localizado às margens do Córrego do Soberbo. Obs: onde PHT = Pólen Heteroespecífico, PHO = Pólen Homoespecífico.....52
- Figura 6** - A: fase de botão floral morfotipo com flores rosa, B: Fase de antese inicial morfotipo com flores rosa, C: Fase antese intermediária morfotipo com flores rosa, D: fase de botão floral morfotipo com flores brancas, E: Fase de antese inicial morfotipo com flores brancas, F: Fase antese intermediária morfotipo brancas.....53
- Figura 7** - Percentual de germinação de sementes de indivíduos pertencentes ao morfotipo com flores rosa, localizado às margens do córrego do soberbo, na temperatura de 25°C.....54
- Figura 8** - Percentual de germinação de sementes de morfotipos de *Marcetia taxifolia* oriundas dos tratamentos de Polinização Natural (PN), Autopolinização (AUT) e Apomixia (AP). (A): indivíduos do morfotipo com flores rosa, localizado no PEBI (B): indivíduos de morfotipos com flores brancas, localizados no PEBI (C) indivíduos do morfotipo com flores rosa, localizado às margens do Córrego do Soberbo e (D): indivíduos do morfotipo com flores brancas, localizado às margens do Córrego do Soberbo, nas temperaturas 20°C (T1), 25°C (T2) e 30 °C (T3).....55
- Figura 1** - Germinação de plântulas de *M. taxifolia*. A: morfotipo com flores rosa, B: morfotipo com flores brancas.....55

### CAPÍTULO III - ATRATIVOS FLORAIS E COMPORTAMENTO FENOLÓGICO

#### DE *Marsetia taxifolia*

- Figura 1** - Variação na umidade relativa do ar, temperaturas máxima e mínima e precipitação durante o período de estudo (2019 a 2020), no município de Diamantina/MG, Brasil.....65
- Figura 2** - Separação visual entre pétalas e anteras, morfotipo com flores rosa (A), não distinção entre pétalas e anteras, morfotipo com flores brancas (B). .....66
- Figura 3** - Intensidade da fenologia de floração dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados no Parque Estadual do Biribiri – PEBI (A-C) e dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados às margens do Córrego do Soberbo (D-F), avaliada entre Dezembro/2019 a Dezembro/2020. Foi utilizado o método semiquantitativo de Fournier (1974) para determinar a intensidade das fenofases de botões florais (A e D), flores abertas (B e E) e flores senescentes (C e F).....67
- Figura 4** - Intensidade da fenologia de frutificação dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados no Parque Estadual do Biribiri – PEBI (A-C) e dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados às margens do Córrego do Soberbo (D-F), avaliada entre Dezembro/2019 a Dezembro/2020. Foi utilizado o método semiquantitativo de Fournier (1974) para determinar a intensidade das fenofases de frutos imaturos (A e D), frutos maduros (B e E) e frutos em dispersão (C e F)..69
- Figura 5** - Intensidade da fenologia vegetativa dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados no Parque Estadual do Biribiri – PEBI (A-C) e dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados às margens do Córrego do Soberbo (D-F), avaliada entre Dezembro/2019 a Dezembro/2020. Foi utilizado o método semiquantitativo de Fournier (1974) para determinar a intensidade das fenofases folha nova (A e D), queda de folha (B e E) e brotamento (C e F).....71

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO III - ATRATIVOS FLORAIS E COMPORTAMENTO FENOLÓGICO

#### DE *Marctia taxifolia*

- Tabela 1** - Análise circular para determinação do grau de sazonalidade das fenofases de floração dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados no Parque Estadual do Biribiri – PEBI (Área 1) e às margens do Córrego do Soberbo (Área 2), no município de Diamantina/MG e amostrados entre Dezembro/2019 a Dezembro/2020. Foram determinados o ângulo médio (AM), a data média (DM), o coeficiente de concentração (r) e o teste de Rayleigh (Z) a 5% de significância.....23
- Tabela 2** - Análise circular para determinação do grau de sazonalidade da das fenofases de frutificação dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados no Parque Estadual do Biribiri – PEBI (Área 1) e às margens do Córrego do Soberbo (Área 2), no município de Diamantina/MG e amostrados entre Dezembro/2019 a Dezembro/2020. Foram determinados o ângulo médio (AM), a data média (DM), o coeficiente de concentração (r) e o teste de Rayleigh (Z) a 5% de significância.....24
- Tabela 3** -. Análise circular para determinação do grau de sazonalidade da fenologia reprodutiva e vegetativa de morfotipos de *M. taxifolia* localizados no Parque Estadual do Biribiri – PEBI (Área 1) e às margens do Córrego do Soberbo (Área 2), no município de Diamantina/MG e amostrados entre Dezembro/2019 a Dezembro/2020. Foram determinados o ângulo médio (AM), a data média (DM), o coeficiente de concentração (r) e o teste de Rayleigh (Z) a 5% de significância.....26
- Tabela 4** - Coeficientes de correlação de Spearman (rs) entre as fenofases reprodutiva e vegetativa dos morfotipos de *M. taxifolia* e as variáveis climáticas de Precipitação (PP), Temperatura máxima (Tmax), Temperatura mínima (Tmin), e Umidade (Um) localizados no Parque Estadual do Biribiri – PEBI no município de Diamantina/MG, no período de Dezembro/2019 a Dezembro/2020. \*significativo a 5%, ns: não significativo a 5%.....29
- Tabela 5** - Coeficientes de correlação de Spearman (rs) entre as fenofases reprodutiva e vegetativa dos morfotipos de *M. taxifolia* e as variáveis climáticas de Precipitação (PP), Temperatura máxima (Tmax), Temperatura mínima (Tmin), e Umidade (Um) localizados às margens do Córrego do Soberbo no município de Diamantina/MG, no período de Dezembro/2019 a Dezembro/2020. \*significativo a 5%, <sup>ns</sup>: não significativo a 5%.....30

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	12
------------------------	----

### CAPÍTULO 1

#### PADRÕES POPULACIONAIS PODEM SER AFETADOS POR VARIAÇÕES

MORFOTÍPICAS? O ESTUDO DE CASO DE <i>Marcetia taxifolia</i> .....	14
RESUMO .....	14
ABSTRACT .....	15
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	18
2.1. Áreas de estudo .....	18
2.2. Coleta e análise de dados.....	21
3. RESULTADOS.....	22
4. DISCUSSÃO.....	25
5. CONCLUSÃO.....	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29

### CAPITULO 2

SUCESSO REPRODUTIVO DE MORFOTIPOS DE <i>Marcetia taxifolia</i> (A. St.-Hil.) DC....	34
RESUMO .....	34
1. INTRODUÇÃO.....	36
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	37
2.1. Áreas de Estudo.....	37
2.2. Estratégias reprodutivas.....	37
2.2.1. Receptividade estigmática.....	37
2.2.2. Viabilidade polínica.....	37
2.2.3. Fluxo polínico.....	38
2.2.4. Polinizações controladas .....	38
2.2.5. Teste de germinação de sementes.....	39
3. RESULTADOS.....	40
3.1. Receptividade estgmática .....	40
3.2. Viabilidade polínica.....	41
3.3. Pólen homoespecífico e heteroespecífico.....	43

3.4. Teste de germinação .....	44
4. DISCUSSÃO .....	47
4.1. Receptividade estigmática .....	47
4.2. Viabilidade polínica .....	48
4.3. Pólen homoespecífico e heteroespecífico.....	49
4.4. Germinação de sementes .....	50
5. CONCLUSÃO.....	54
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54

### CAPITULO 3

ATRATIVOS FLORAIS E COMPORTAMENTO FENOLÓGICO DE <i>Marcetia taxifolia</i> ..	61
RESUMO .....	61
1. INTRODUÇÃO.....	63
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	64
2.1. Áreas de estudo .....	64
2.3. Coleta e análise de dados.....	64
3. RESULTADOS .....	66
3.3. Fenologia vegetativa.....	71
4. DISCUSSÃO .....	74
4.2. Fenologia reprodutiva.....	75
4.3. Fenologia vegetativa.....	76
5. CONCLUSÃO.....	77
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	77
CONCLUSÃO GERAL .....	80

## **AUTOECOLOGIA DE *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC. (Melastomataceae) NA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL**

### **INTRODUÇÃO GERAL**

A Serra do Espinhaço foi reconhecida como Reserva da Biosfera em vinte e sete de junho de dois mil e cinco, sendo uma das maiores formações de Campos Rupestres do Brasil e uma das regiões mais ricas e diversas do mundo, abrangendo uma área de três milhões e setenta mil hectares (BRAGA et al., 2017), abrigando porções significativas de Campos Rupestres (porção Espinhaço) e campos rupestres ferruginosos (porção Quadrilátero Ferrífero e borda Leste da porção Espinhaço) (ANDRADE et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2018).

Uma grande concentração de unidades de conservação no estado de Minas Gerais ocorre na Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço. Definida como uma formação de alta complexidade está localizada entre três grandes domínios vegetacionais: Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (NEVES et al., 2017). Em razão da riqueza em biodiversidade e aos altos níveis de endemismo, o Cerrado é considerado um dos pontos de acesso mundial à conservação da biodiversidade (GOMES, MIRANDA & CUNHA BUSTAMANTE, 2018; MITTERMEIER et al., 2011; MENDONÇA et al., 2008). Apesar disso, apenas 3% do bioma é estritamente protegido (FRANÇOSO et al., 2015).

Nas últimas décadas, as atividades antrópicas nas áreas naturais do Cerrado aumentaram progressiva e dramaticamente e já causaram fragmentação e destruição de extensas áreas na cobertura original desse importante ecossistema (GOMES, MIRANDA & CUNHA BUSTAMANTE, 2018). Sendo assim, 46% da cobertura vegetal nativa da savana mais vulnerável do mundo já foram perdidas e apenas 19,8% permanecem inalterados (STRASSBURG et al., 2016).

A autoecologia estuda as espécies com base em suas relações com o meio ambiente, fatores abióticos e bióticos (BESEN, 2017). Este ramo da ecologia contribuiu com conceitos sobre a constância da interação entre um organismo e seu ambiente, e a adaptabilidade genética de populações às condições ambientais do local onde vivem (BESEN, 2017). Estudos focados na autoecologia de uma espécie podem conceder informações interessantes acerca de como os organismos coevoluíram possibilitando a ocupação de nichos com características que dificultam a ocupação por outras plantas (BESEN, 2017). Diante do exposto evidencia-se a importância de estudos autoecológicos nessas áreas, assim este trabalho terá como

instrumento de pesquisa dados referentes à distribuição espacial, biologia reprodutiva e fenologia de morfotipos da espécie *Marcetia taxifolia*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. A. et al. Primeira Revisão Periódica da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço. **Belo Horizonte: Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, MaB-UNESCO**, 2015.

BESSEN, K. et al. Autoecologia de *Gaylussacia brasiliensis* (Ericaceae), em restinga da Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil. 2017.

BRAGA, S. et al. As chancelas da Unesco como alternativas de gestão para os patrimônios culturais e naturais da Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Revista Espinhaço**, Diamantina, v. 6, n.1 p. 29-40, 2017.

FRANÇOSO, R. D. et al. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. **Natureza & conservação**, v. 13, n. 1, p. 35-40, 2015.

GOMES, L.; MIRANDA, H. S.; CUNHA BUSTAMANTE, M. M. How can we advance the knowledge on the behavior and effects of fire in the Cerrado biome?. **Forest Ecology and Management**, v. 417, p. 281-290, 2018.

MENDONÇA, R. C. et al. Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. **Cerrado: ecologia e flora**, v. 2, p. 422-442, 2008.

MITTERMEIER, R. A. et al. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In: **Biodiversity hotspots**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 3-22, 2011.

NEVES, D. M. et al. Dissecting a biodiversity hotspot: The importance of environmentally marginal habitats in the Atlantic Forest Domain of South America. **Diversity and Distributions**, v. 23, n. 8, p. 898-909, 2017.

OLIVEIRA, P. A. et al. Phytosociology of the herbaceous-subshrub layer of a rupestrian complex in Serra do Espinhaço, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v.32, n.1, p. 141-149, 2018.

STRASSBURG, B. B. N. et al. The role of natural regeneration to ecosystem services provision and habitat availability: a case study in the Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 890-899, 2016.

**CAPÍTULO 1**  
**PADRÕES POPULACIONAIS PODEM SER AFETADOS POR VARIAÇÕES**  
**MORFOTÍPICAS? O ESTUDO DE CASO DE *Marcetia taxifolia***

**RESUMO**

A distribuição espacial de populações vegetais é um aspecto de extrema importância no que diz respeito à compreensão da ecologia da espécie, e a forma como os indivíduos ocupam determinado ambiente é crucial para o entendimento acerca de sua história natural, possibilitando a definição de estratégias de conservação tanto para a espécie alvo quanto para seu ambiente de ocorrência. Esse estudo teve por objetivo avaliar o padrão espacial de populações de *Marcetia taxifolia*. A amostragem foi realizada em duas áreas de estudo, uma Cascalheira situada no Parque Estadual do Biribiri (PEBI) e uma área pertencente à UFVJM, localizada às margens do Córrego do Soberbo, no Campus JK, onde foram mapeados todos os indivíduos da espécie estudada com altura  $\geq 30$  cm. Também foram coletadas as coordenadas x e y de cada indivíduo e identificados quanto ao morfotipo com flores rosa ou com flores brancas. O padrão espacial foi determinado por meio da Função K de Ripley univariada e bivariada. A análise univariada evidenciou que as populações das duas áreas de estudo de forma geral apresentaram padrão espacial agregado. A hipótese nula da completa aleatoriedade espacial foi aceita apenas para os indivíduos do morfotipo com flores brancas, localizados às margens do Córrego do Soberbo. Os padrões espaciais observados foram influenciados principalmente pela síndrome de dispersão, por questões relativas à heterogeneidade de habitats, e pelo grupo sucessional da espécie alvo, descrito na literatura como espécie pioneira. A análise bivariada demonstrou repulsão espacial entre os morfotipos na área do PEBI, ou seja, onde um ocorre o outro tende a não ocorrer, já na área às margens do Córrego do Soberbo a independência espacial entre os morfotipos foi marcante, permitindo inferir que os morfotipos coexistem de forma harmônica nesse ambiente.

**Palavras-chave:** Competição, dispersão, distribuição espacial, evolução, sucessão ecológica.

### ABSTRACT

The spatial distribution of plant populations is an extremely important aspect with regard to understanding the ecology of the species, and the way in which individuals occupy a certain environment is crucial for understanding their natural history, enabling the definition of conservation strategies both for the target species and for its environment of occurrence. This study aimed to evaluate the spatial pattern of populations of *Marcetia taxifolia*. Sampling was carried out in two study areas, a Cascalheira located in the Biribiri State Park (PEBI) and an area belonging to the UFVJM, located on the banks of Córrego do Soberbo, on Campus JK, where all individuals of the studied species were mapped with height  $\geq 30$  cm. The x and y coordinates of each individual were also collected and identified as to the morphotype with pink flowers or with white flowers. The spatial pattern was determined using the univariate and bivariate Ripley's K Function. The univariate analysis showed that the populations of the two study areas in general presented an aggregated spatial pattern. The null hypothesis of complete spatial randomness was accepted only for individuals of the morphotype with white flowers, located on the banks of Córrego do Soberbo. The spatial patterns observed were mainly influenced by the dispersion syndrome, due to issues related to the heterogeneity of habitats, and by the succession group of the target species, described in the literature as a pioneer species. The bivariate analysis showed spatial repulsion between the morphotypes in the PEBI area, that is, where one occurs the other tends not to occur, whereas in the area on the banks of the Córrego do Soberbo the spatial independence between the morphotypes was remarkable, allowing inferring that the morphotypes coexist harmoniously in this environment.

**Keywords:** Competition, dispersion, spatial distribution, evolution, ecological succession.

## 1. INTRODUÇÃO

A Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço (RBSE) abrange grande parte dos Campos Rupestres os quais se destacam como objetos de conservação em função de sua riqueza de espécies ameaçadas e endêmicas (ANDRADE et al., 2015; OLIVEIRA et al.; 2018). Em sua complexidade, envolve inúmeros organismos que se desenvolvem apenas nessa área, fortalecendo a necessidade de sua preservação e conservação (MENEZES et al., 2019). Devido à conversão antrópica de áreas naturais no Cerrado, grande parte das espécies endêmicas estão ameaçadas mesmo antes de conhecer a estrutura e a distribuição espacial da maioria de suas populações (SOUSA & CUNHA, 2018).

Os padrões de distribuição espacial das plantas diferem-se baseados em vários processos e dinâmicas, dentre os quais podem ser citados a competição intra e interespecífica, além de perturbação ou heterogeneidade ambiental e dispersão de sementes, bastante dependentes da fauna e da ocorrência e frequência de ventos (KANG et al., 2017). A ação destes agentes pode estabelecer os três diferentes padrões de distribuição: agregado, aleatório e uniforme (TOWNSEND et al., 2010). Nesse sentido, a relação espacial interespecífica entre indivíduos pode expor dados essenciais sobre exigências por um mesmo hábitat, partição do hábitat e exclusão competitiva (HIGUCHI et al., 2011).

Por meio do padrão espacial, é possível investigar como os processos ecológicos exercem influência no desenvolvimento de uma determinada espécie (CAPRETZ et al., 2012; BRUZINGA et al., 2013; MEIRA JUNIOR et al., 2017). O padrão aleatório indica independência espacial entre os indivíduos de uma mesma espécie; o padrão agregado evidencia atração espacial, por sua vez o padrão regular define a repulsão espacial (ARAÚJO et al., 2014). No cerrado brasileiro, várias espécies mostram o padrão agregado em diferentes escalas e localizações (BRUZINGA et al.; 2013, ELIAS et al.; 2013, SOUZA-LEAL & PEDROSO-DE-MORAES 2014), no entanto além de modificações na estrutura da vegetação, áreas degradadas podem alterar a distribuição espacial de espécies e podem interferir nas rotas dos dispersores e polinizadores (MEIRA JUNIOR et al., 2017).

Com relação ao Cerrado, estudos da distribuição espacial de populações de plantas são importantes para a elaboração de estratégias de manutenção, recuperação e conservação das espécies em áreas naturais (MEIRA JUNIOR et al., 2017). Diversos estudos já foram realizados na savana brasileira, entretanto, poucos destes têm relação com a distribuição espacial das espécies vegetais (BERNASOL & LIMA-RIBEIRO, 2010). Também ainda é pouco

conhecida a forma como as espécies se comportam em ambientes degradados, principalmente no que se refere ao padrão espacial (MEIRA JUNIOR et al., 2017).

Estudar o padrão de distribuição espacial de uma espécie ou de populações é crucial para conhecer os processos sucessionais e ecológicos que são primordiais para a compreensão de um sistema florestal e a partir disso, adotar medidas de manejo para preservação ou conservação da floresta (RODE et al., 2010).

Melastomataceae Juss. é uma das maiores famílias botânicas dentre as Angiospermas (PENNEYS & JUDD, 2011). No Brasil é a quinta maior família (BFG, 2015), com 1450 espécies em 69 gêneros (FLORA DO BRASIL, 2020), distribuídos em nove tribos (PENNEYS et al., 2010; MICHELANGELI et al., 2013), das quais 946 espécies (65,3%) são endêmicas (FLORA DO BRASIL, 2020). Melastomataceae se destaca como uma das famílias mais importantes no tocante à diversidade de espécies, área de ocorrência e endemismo (ARAÚJO, 2013). A família Melastomataceae é a quarta família mais diversificada nos campos rupestres, ocupando uma grande diversidade de habitats e de padrões de distribuição geográfica (SILVEIRA; FERNANDES & LEMOS-FILHO, 2013; FRANÇOSO; HAIDAR & MACHADO, 2016).

*Marcetia* é um gênero da família Melastomataceae que abrange 28 espécies descritas e se destaca por sua tendência ao endemismo, isto é, 27 (95 %) das espécies são endêmicas no Brasil e o local preferencial para encontrar estas espécies é a Serra do Espinhaço, um conjunto de montanhas que se estende por mais de 1000 km, desde o centro-sul de Minas Gerais até a Chapada Diamantina-Bahia, e está contida numa região limítrofe entre dois biomas considerados hotspots mundiais por sua elevada biodiversidade e ameaça de destruição (MARTINS, 1989).

A espécie *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC. (Melastomataceae) ocorre exclusivamente em campos rochosos, os campos rupestres. É adaptada a ambientes estressantes e crescem em solos rochosos (GARDONI; ISAIAS & VALE, 2007; FERREIRA & ISAIAS 2013, 2014). As plantas possuem hábitos arbustivo ou herbáceo, com filotaxia decussada (FERREIRA & ISAIAS, 2013). Existem três morfotipos vegetais distintos de *M. taxifolia*: um arbusto com flores brancas, um sub-arbusto com flores rosa e uma erva com flores rosa, que ocorre em tufos em afloramentos de quartzito (GARDONI; ISAIAS & VALE, 2007).

Neste contexto, espécies, como *M. taxifolia*, que possuem capacidade de se adequar a diferentes condições edafo-climáticas provavelmente possuem vantagens

adaptativas nos processos de seleção natural (GARDONI; ISAIAS & VALE, 2007). A diversidade morfológica e a ocorrência em condições consideradas estressantes para muitas espécies proporcionam a *M. taxifolia* uma série de estratégias adaptativas e uma plasticidade fenotípica que reflete em sua anatomia, morfologia, fisiologia e fenologia de acordo com o habitat (VALE, 1999).

Nos campos rupestres da Serra do Espinhaço Meridional, é possível observar diferentes morfotipos de *M. taxifolia* devido às diversas variações apontadas pelos autores citados acima. Foram objeto desse estudo o arbusto com flores brancas e o sub-arbusto com flores rosa. Esse estudo teve por objetivo a avaliação do padrão espacial de populações de *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC. (Melastomataceae), procurando verificar: i) se indivíduos de morfotipos distintos apresentam o mesmo padrão espacial; ii) se indivíduos do mesmo morfotipo possuem padrões espaciais semelhantes em áreas de estudo com características ambientais distintas, iii) se há interação espacial entre os morfotipos analisados.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Áreas de estudo

Foram selecionadas duas áreas de estudo localizadas no município de Diamantina, região do Alto Jequitinhonha, no Complexo da Serra do Espinhaço Meridional, no estado de Minas Gerais, inseridas na Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço (RBSE). As características dessas áreas seguem conforme descrição abaixo:

#### **Área 1 (A1): Localizada no Parque Estadual do Biribiri (PEBI):**

Essa área de estudo trata-se de uma antiga cascalheira situada no Parque Estadual do Biribiri (PEBI), sob as coordenadas geográficas 18°12'84"S e 43°35'76" W. A área de empréstimo denominada cascalheira teve origem na necessidade de extrair cascalho para ser usado na construção da rodovia BR-367 em meados da década de 50 (MARQUES et al., 2017). Após esse período a área continuou sendo utilizada para extração de cascalho para a realização de aterros nas obras civis pela população de Diamantina (MARQUES et al., 2017). Com a criação do PEBI em 1998, a extração de cascalho foi encerrada deixando uma área degradada (MARQUES et al., 2017).

O PEBI encontra-se na Serra do Espinhaço Meridional (SdEM), onde o regime climático, é tipicamente Mesotérmico, Cwb de acordo com a classificação de Koppen, caracterizado por verões brandos e úmidos (outubro a abril) e invernos mais frescos e secos (junho a agosto) e curtas transições realizadas nos meses de maio e setembro (MARQUES et

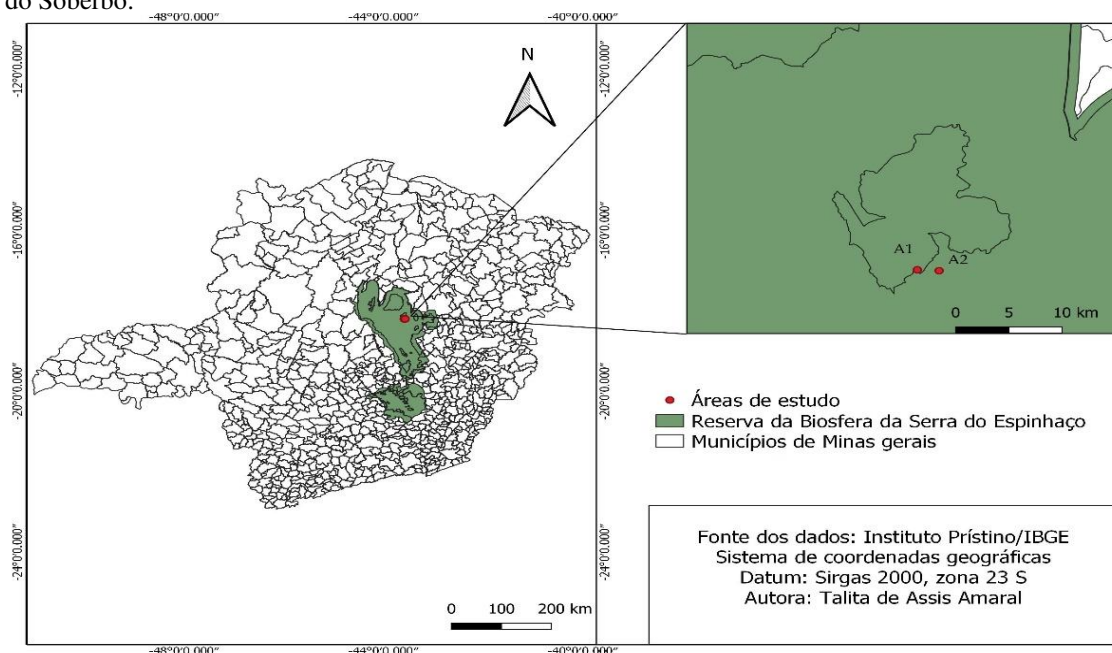
al., 2017), com altitude em torno de 1.390 m, temperatura média anual na faixa de 18° a 19°C e precipitação média anual variando de 1.250 a 1.550 mm. A umidade relativa do ar é quase sempre elevada, revelando médias anuais de 75,6% (ALVARES et al., 2013).

O PEBI possui alto índice de táxons endêmicos (ECHTERNACHT et al., 2011), e suas fitofisionomias predominantes são: formações savânicas (cerrados sentido restrito e rupestre), campestres (campos limpos, úmidos e rupestres) e florestais (florestas estacionais semidecíduais), constituindo um ecótono entre o Cerrado e a Mata Atlântica. Contudo, é marcante a presença de áreas em diferentes estágios de regeneração pós-distúrbio (PEREIRA et al., 2015).

### Área 2 (A2): Localizada na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)

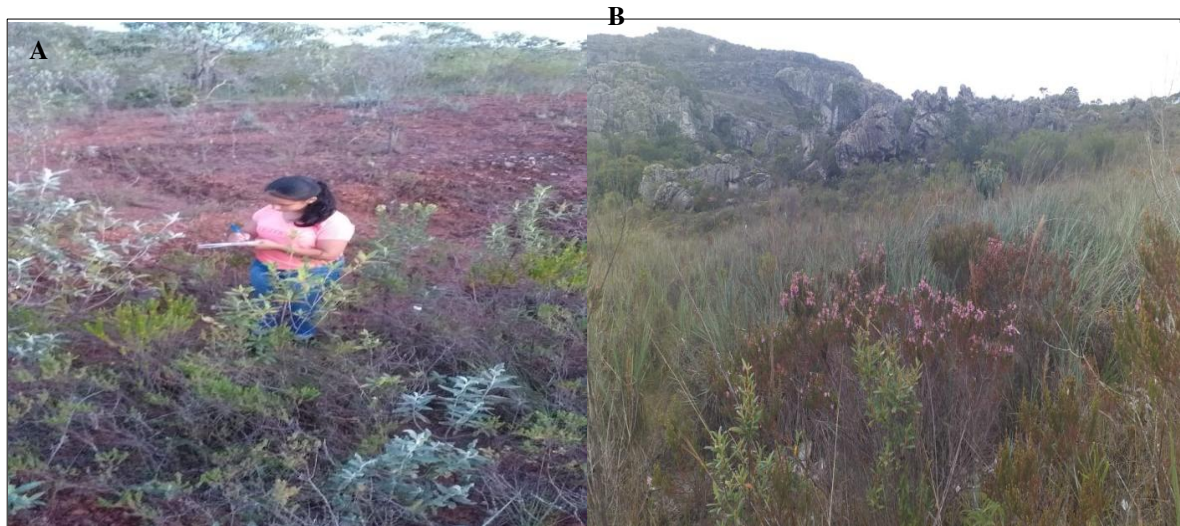
Esta área de estudo pertence à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), e encontra-se localizada nas proximidades do Córrego do Soberbo na UFVJM – Campus JK, sob as coordenadas geográficas 18°12'12"S e 43°33'58"W (Figura 1).

**Figura 2** - Mapa de localização das áreas de estudo, onde foram amostradas populações de *Marcelia taxifolia* na região da Serra do Espinhaço Meridional, no estado de Minas Gerais. (A1) localização da área de estudo situada na Cascalheira no Parque Estadual do Biribiri e (A2) localização da área de estudo situada na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), próxima às margens do Córrego do Soberbo.



A vegetação dessa área apresenta características típicas da fitofisionomia de Campo Rupestre, marcada pelo predomínio de espécies herbáceas e arbustivas sob afloramentos rochosos (Figura 2).

**Figura 3** – Área de estudo localizada no Parque Estadual do Biribiri (A), área de estudo localizada às margens do Córrego do Soberbo (B).



Foram estudados dois morfotipos da espécie *M. taxifolia*, o morfotipo 1 (com flores rosa) e o morfotipo 2 (com flores brancas), conforme Figura (3). Os indivíduos foram amostrados em ambas as áreas de estudo.

**Figura 4** - Morfotipos de *M. taxifolia* com flores rosa (A) e com flores brancas (B).



## 2.2. Coleta e análise de dados

Com o objetivo de relacionar o padrão espacial dos diferentes morfotipos de flores de *M. taxifolia*, foi realizada a implantação de uma parcela de 50 × 50m (2500 m<sup>2</sup>) para a análise espacial da população estudada em cada área de estudo.

Todos os indivíduos da espécie *M. taxifolia* com altura  $\geq 30$  cm foram mensurados e mapeados por meio de coordenadas x e y através das distâncias obtidas com auxílio de uma trena. Esses indivíduos foram marcados com placas numeradas para identificação. A coleta de dados foi realizada no mês de Outubro de 2019, e como os morfotipos também possuem características foliares bem distintas, foi feita a identificação dos indivíduos quanto ao morfotipo. A análise dos dados de altura foi realizada por meio de gráficos, demonstrando as distribuições das classes de altura de cada morfotipo e quais as suas implicações no padrão espacial por eles apresentados.

Para cada morfotipo estudado foram colhidos ramos nas duas áreas de estudo, para preparação de exsiccatas que foram depositadas nos Herbários DIAM e no Herbário Dendrológico Jeanine Felfili (HDJF), da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

Para análise do padrão de distribuição espacial dos indivíduos de *M. taxifolia* foi escolhida a função K de Ripley univariada, na qual foi calculada a variância das distâncias de indivíduos ocorridos dentro de um raio determinado (BAROT; GIGNOUX & MENAUT, 1999; FORTIN; DALE & HOEF, 2002). Foram feitos testes pilotos com raios de 1 a 5 metros para definição do melhor raio a ser utilizado, porém os dados se comportaram de forma semelhante independentemente do valor do raio.

A função K de Ripley é um método amplamente utilizado na descrição do padrão espacial de espécies florestais (BRUZINGA et al., 2013; CAPRETZ et al., 2012; RODE et al., 2010; HIGUCHI et al., 2011), pois explicam a variação da distância entre indivíduos (BRUZINGA et al., 2013; BATISTA et al., 2019; CAPRETZ et al., 2012).

Por meio da estimativa da função univariada de K, é possível testar a hipótese nula de Completa Aleatoriedade Espacial, em que é investigado se o padrão de distribuição espacial das espécies se comporta de forma agregada, aleatória ou regular. Em contrapartida a função K bivariada, analisa a hipótese nula de Completa Independência Espacial, a qual informa se a relação entre dois grupos de árvores é de atração, independência ou repulsão (MACHADO et al., 2012.)

Para definir o padrão espacial das populações de *M. taxifolia*, foram construídos

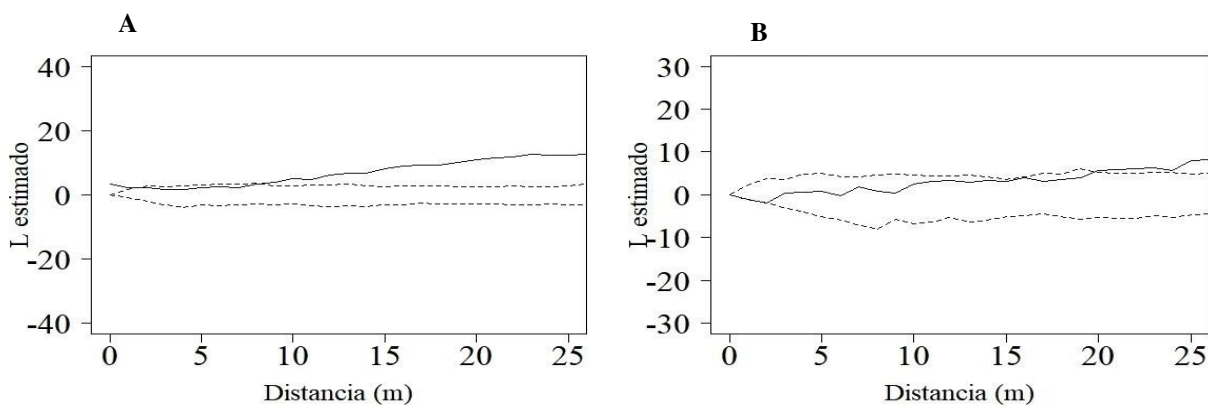
envelopes de confiança a partir de quinhentas simulações de aleatorização para a Completa Aleatoriedade Espacial (CAE=H0). A função K bivariada de Ripley foi testada no intuito de verificar possíveis interações entre indivíduos (RIBA-HERNANDEZ et al., 2014), determinando relações positivas ou negativas entre os morfotipos analisados. Os envelopes de confiança de Completa Independência Espacial (CIE = H0) também foram construídos a partir de quinhentas simulações de aleatorização. Os dados foram analisados por meio de gráficos, nos quais o envelope de confiança representa a hipótese nula (CAE para análise univariada e CIE para a análise bivariada) (BAROT; GIGNOUX & MENAUT, 1999).

Na análise univariada valores acima do envelope indicam padrão agregado, enquanto valores abaixo dele indicam padrão uniforme. Na análise bivariada, valores acima do envelope de confiança para a CIE indicam atração ou associação positiva, enquanto valores abaixo dele indicam repulsão ou associação negativa (RIBA-HERNANDEZ et al., 2014). Os cálculos foram realizados com o auxílio do software R versão 4.0.3, por meio do pacote Splanes (ROWLINGSON; DIGGLE, 2020).

### 3. RESULTADOS

De forma geral a população de *M. taxifolia* localizada no Parque Estadual do Biribiri, apresenta padrão espacial agregado em uma escala de aproximadamente 1m, até 8m apresenta padrão espacial aleatório e a partir deste agregado (Figura 4A). Já a população de *M. taxifolia* localizada às margens do Córrego do Soberbo apresenta padrão espacial aleatório até uma escala de aproximadamente 20m, a partir desta apresenta padrão espacial agregado (Figura 4B). Nessa análise não foi considerada a separação entre os morfotipos.

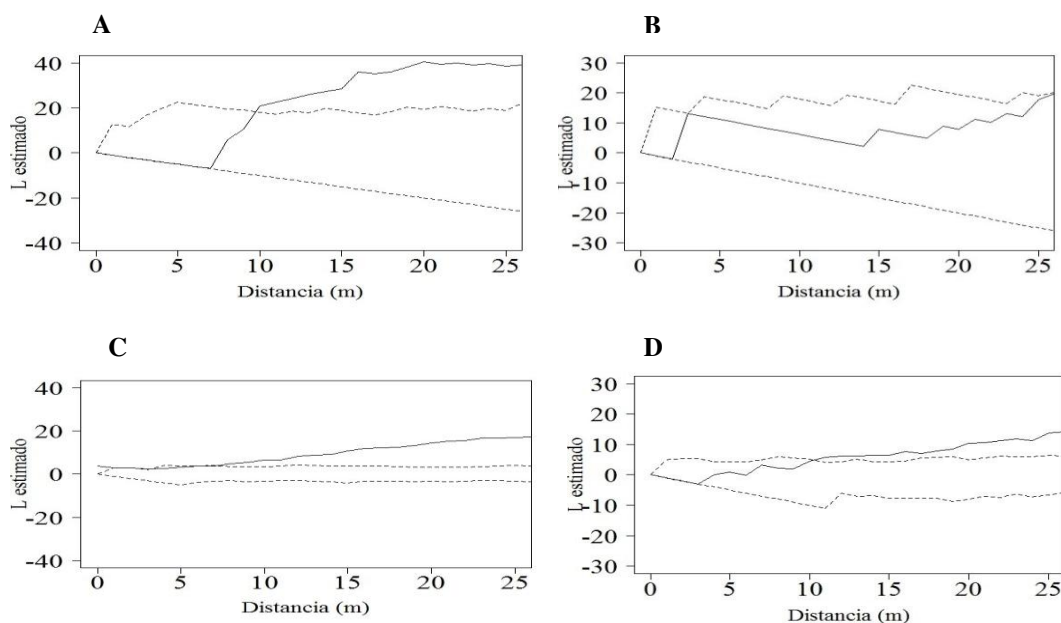
**Figura 4** - Análise univariada do padrão espacial de populações de *Marcetia taxifolia* (A): população localizada no PEBI e (B): população localizada nas proximidades do Córrego Soberbo. A linha contínua representa o calculado  $\hat{L}(h)$  e as linhas pontilhadas delimitam o intervalo de confiança para distribuição aleatória.



Os resultados evidenciados abaixo apresentam dados referentes à análise univariada de K de Ripley, considerando os morfotipos em cada área de estudo. Nesse aspecto os indivíduos do morfotipo de *M. taxifolia* com flores brancas, localizados no Parque Estadual do Biribiri, apresentaram padrão espacial aleatório até uma escala de aproximadamente 8 metros e a partir deste apresentam padrão espacial agregado (Figura 5A). Já aos indivíduos deste morfotipo localizados às margens do Córrego do Soberbo, apresentaram padrão espacial aleatório em todas as escalas de distâncias analisadas (Figura 5B).

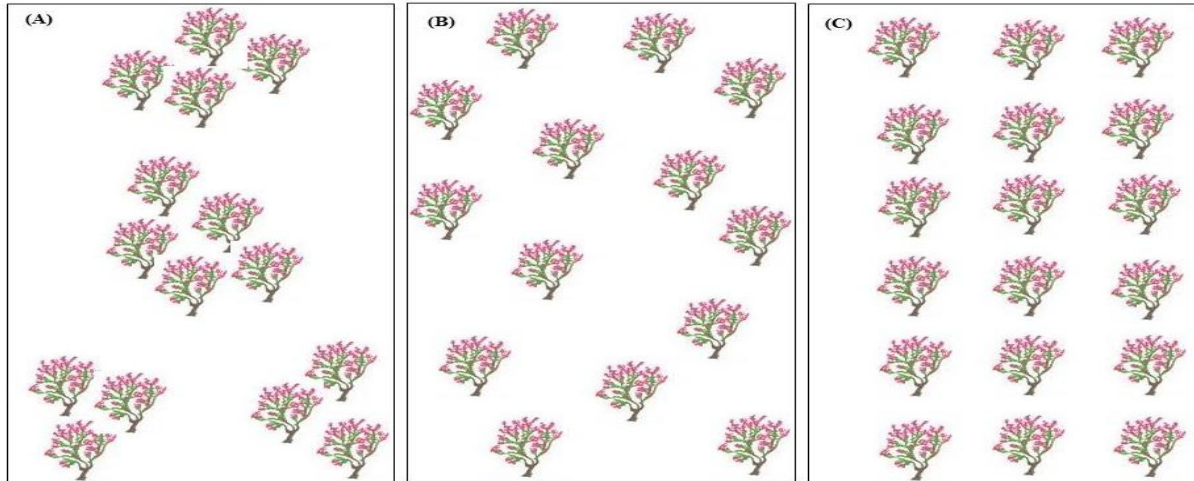
Os indivíduos do morfotipo de *M. taxifolia* com flores rosa, localizados no Parque Estadual do Biribiri, apresentam padrão espacial agregado em uma escala de aproximadamente 1m, até 8m apresentam padrão espacial aleatório e a partir deste agregado (Figura 5C). Já aos indivíduos deste morfotipo localizado às margens do Córrego do Soberbo, apresentou padrão espacial aleatório até uma escala de aproximadamente 10 metros e a partir deste apresentam padrão espacial agregado (Figura 5D). Diante dos resultados obtidos, é possível observar que a hipótese nula de completa aleatoriedade espacial foi aceita apenas para os indivíduos do morfotipo de flores brancas, localizados às margens do Córrego do Soberbo. Houve variação dos padrões espaciais conforme a escala observada, para os morfotipos com flores roxas e brancas em ambas as áreas de estudo (Figuras 5A-5D).

**Figura 5** - Análise univariada do padrão espacial de populações de *Marcetia taxifolia*. (A): indivíduos de morfotipos com flores brancas localizados no PEBI (B): indivíduos de morfotipos com flores brancas, localizados á margens do Córrego do Soberbo (C) indivíduos do morfotipo com flores rosa, localizado no PEBI e (D): indivíduos do morfotipo com flores rosa localizado às margens do Córrego do Soberbo. A linha contínua representa o calculado  $\hat{L}(h)$  e as linhas pontilhadas delimitam o intervalo de confiança para distribuição aleatória.



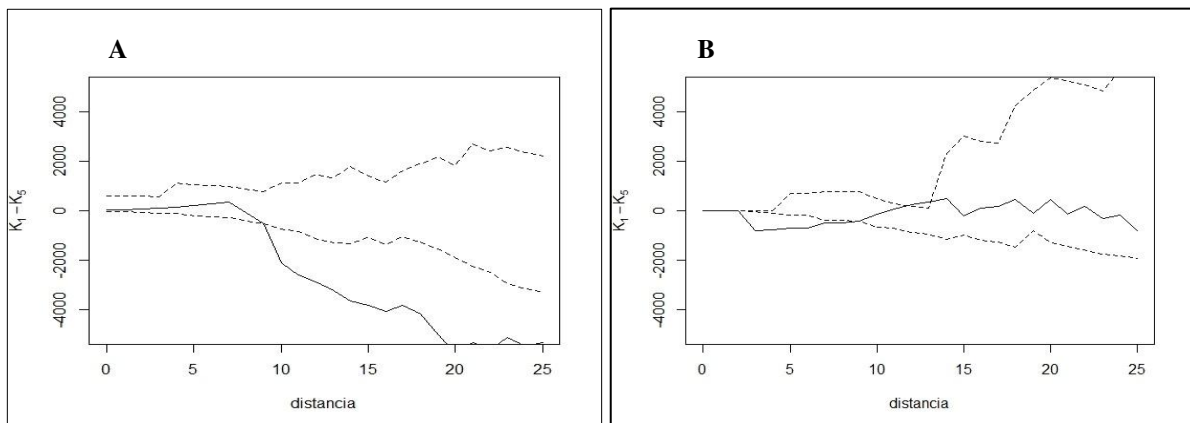
Os padrões de distribuição espacial encontrados na natureza foram esquematizados conforme (Figura 6).

**Figura 6** - Esquema dos padrões de distribuição espacial existentes, (A): agregado, (B): aleatório, (C): uniforme.



Com relação à análise bivariada de K de Ripley, os morfotipos de *M. taxifolia* localizados no Parque Estadual do Biribiri (A1) apresentam independência espacial até aproximadamente 9 metros e apresentam repulsão espacial a partir de 10 metros (Figura 7A). Já os morfotipos de *M. taxifolia* localizados às margens do Córrego do Soberbo (A2) apresentam independência espacial até aproximadamente 2 metros, repulsão espacial de 3 a 9 metros de distância e a partir deste apresenta novamente o padrão de independência espacial, apresentando uma leve atração espacial ente 13 e 14 metros (Figura 7B).

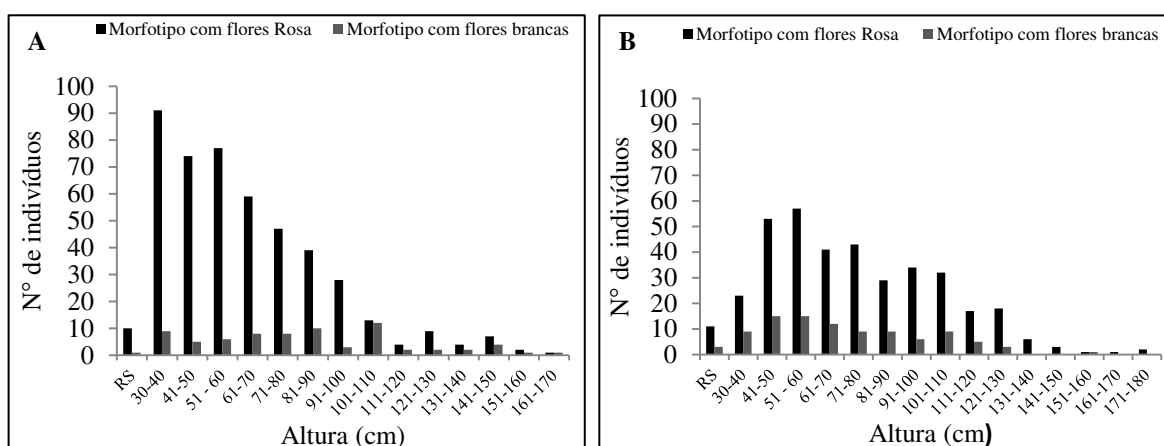
**Figura 7** - Análise bivariada para associação espacial entre morfotipos de flores brancas e rosa de *Marsetia taxifolia* localizados no Parque Estadual do Biribiri (a) e às margens do Córrego do Soberbo em Diamantina – MG (b). Valores positivos indicam atração, valores negativos indicam repulsão e a linha contínua dentro da tracejada indicam independência espacial.



Com relação às análises de altura realizadas na área de estudo localizada no PEBI (Cascalheira), o morfotipo com flores rosa apresentou maior número de indivíduos nas classes de altura iniciais, tendo sido a classe de 30-40 (cm) a mais representativa. O morfotipo com flores brancas apresentou indivíduos distribuídos em maior número na classe de 101-110 (cm) de altura (Figura 8A).

Na área de estudo localizada às margens do Córrego do Soberbo, o morfotipo com flores rosa também apresentou maior número de indivíduos nas classes de altura iniciais, tendo sido a classe de 51-60 (cm) a mais representativa. O morfotipo de flores brancas apresentou indivíduos distribuídos em maior número nas classes de 41-60 (cm) de altura (Figura 8B).

**Figura 8** - Distribuição das classes de altura de indivíduos correspondentes aos morfotipos localizados no Parque Estadual do biribiri (A) e localizados às margens do Córrego do Soberbo (B). Em que RS (Rente ao Solo).



#### 4. DISCUSSÃO

Com relação às análises de distribuição espacial realizadas, os indivíduos de uma determinada população podem estar espacialmente distribuídos de forma aleatória, agregada ou uniforme. A distribuição espacial das plantas sofre influência de fatores bióticos e abióticos, variando conforme a escala de análise, ou seja, o raio de busca (GARZON-LOPEZ et al., 2014). Os padrões de distribuição espacial das espécies ocorrem por meio de diversos processos, abrangendo interações intra e interespecíficas, considerando a dispersão de sementes próxima ao indivíduo focal (SILVA; MAZON & WATZLAWICK, 2019), que podem se distribuir de forma agregada, aleatória ou uniforme (NEGRINI et al., 2012).

A distribuição agregada pode ter relação com a concentração de recursos numa determinada área, ausência de dispersores ou à própria estratégia de dispersão de propágulos

da espécie, como por exemplo, a autocoria (COSTA; LIMA & LIMA, 2019). A espécie *Marcetia taxifolia* possui síndrome de dispersão autocórica (BISPO, 2016), o que colabora para que a espécie se distribua de forma agregada em alguns locais. As plantas são organismos sésseis, dependentes da dispersão de seus propágulos para colonizar novas áreas, dessa mesma forma as condições locais que recebem esses propágulos, são importantes para o desenvolvimento de novas plântulas (SILVA & NOGUEIRA, 2003).

O padrão de distribuição agregado de *Marcetia taxifolia* encontrado, pode estar relacionado com outros fatores além da síndrome de dispersão. Áreas de campo rupestre podem ter microssítios de solos mais férteis e profundos ou fendas rochosas, propiciando a ocorrência de aglomerados de plantas ou “ilhas” de vegetação (CIPRIANI et al., 2016). A distribuição agregada ocorre quando os indivíduos sobrevivem melhor em certas áreas do ambiente ou quando a presença de um indivíduo atrai ou origina outro próximo a ele (LUDWIG et al., 1988). No processo evolutivo os organismos se agregam quando e onde encontram condições favoráveis à reprodução e a sua sobrevivência (BEGON et al., 2006).

É importante destacar que o padrão de agregação também pode estar relacionado com o grupo ecológico ao qual pertence determinada espécie. Isso permite inferir sobre os processos de sucessão de uma floresta (ARAUJO et al., 2014). Padrão espacial agregado é normalmente encontrado em espécies pioneiras e, ou colonizadoras (MEIRA JUNIOR et al., 2017). Espécies vegetais de estágios iniciais de sucessão e que ocorrem em locais alterados tendem a apresentar um padrão de distribuição agregado (KANIESKI et al., 2012).

Geralmente, populações apresentam uma combinação de padrões, regularidade em pequenas escalas e agrupamento em grandes (DIXON, 2002), apesar da ocorrência de outros padrões espaciais (MACHADO et al., 2012; IDOHOU et al., 2016).

No padrão espacial aleatório, a localização de um indivíduo não interfere na localização de outro da mesma espécie, se opondo ao padrão de distribuição agregado, no qual a presença de um recurso tem alta chance de influenciar a localização dos indivíduos de uma mesma espécie, apresentando assim baixos índices de dispersão. Enquanto que no padrão de distribuição uniforme, a população apresenta alto índice de dispersão e os indivíduos possuem distâncias semelhantes uns dos outros (GREIG-SMITH, 1964, KERSHAW, 1973).

O padrão uniforme é derivado de interações negativas entre os indivíduos, como por exemplo, competição por recurso (LUDWIG et al., 1988). Apesar da possibilidade de uma população apresentar distribuição uniforme, as plantas dificilmente se distribuem dessa maneira na natureza. Condições ambientais diversas e disponibilidade de recursos, bem como

distúrbios naturais ou antrópicos, são fatores que influenciam o padrão espacial e a dinâmica das populações vegetais (LUNDBERG; INGVARSSON, 1998; LEITE, 2001).

A forma como os indivíduos de uma determinada espécie ocorrem é influenciada pelo comportamento ecológico dos agentes de fluxo gênico envolvidos, tais como a dispersão de sementes, pólen e a regeneração de plântulas (NASCIMENTO; CARVALHO & LEÃO, 2002). À medida que se tornam conhecidas às preferências e limitações das espécies quanto ao ambiente ocupado, obtêm-se conhecimentos mais precisos de seus nichos ecológicos, bem como se avança para o desenvolvimento de modelos de sucessão florestal, permitindo prever como reagirá uma floresta face a um distúrbio ou mesmo às variações microclimáticas (POTTKER et al., 2016).

Analisando a relação espacial entre os morfotipos de *M. taxifolia* na área de estudo do PEBI, existe uma relação de independência espacial até uma escala de aproximadamente 8m, a partir deste o padrão de repulsão espacial entre esses morfotipos é dominante, enquanto que na área às margens do Córrego do Soberbo os morfotipos de *M. taxifolia* apresentam em pequenas distancias repulsão espacial, e à medida que a distância aumenta, observa-se a independência espacial entre os morfotipos.

A repulsão espacial indica que o local onde um morfotipo ocorre o outro tende a não ocorrer, já a sobreposição total (associação espacial positiva) e parcial (independência espacial) entre as espécies pode ser explicada pela exploração dos recursos de modos diferentes ou que a competição pode não estar ocorrendo devido à abundância dos recursos (PIANKA, 1994).

Com relação às classes de altura, observou-se um padrão de distribuição no qual a maioria dos indivíduos está concentrada nas classes intermediárias de altura. Este padrão também é considerado comum para ambientes tropicais (GONZAGA, 2011).

A área de estudo do PEBI por ter sido degradada há muitos anos, evidentemente ainda possui deficiências em vários aspectos relacionados ao crescimento e estabelecimento das plantas. Já a área localizada às margens do Córrego do Soberbo apresenta um grau de antropização inferior, o que certamente beneficia o crescimento e estabelecimento desses organismos. Essa diferença entre os padrões espaciais entre as classes de altura ocorre em função das diferentes necessidades e estratégia de cada classe (CAPRETZ et al., 2012).

A identificação da alteração do padrão espacial para a população e para as diferentes classes de altura pode fornecer subsídios para os planos de manejo e recuperação em áreas degradadas, já que os ambientes bem conservados são usados como referência para a

recuperação (PEREIRA; ALVARENGA & BOTELHO et al., 2010; MARTINS et al., 2013).

Estudos populacionais podem demonstrar a dinâmica das mudanças em populações naturais em relação à estrutura etária, regeneração, sobrevivência e mortalidade, bem como procuram investigar os processos responsáveis por essas flutuações (GUILHERME & OLIVEIRA, 2011). Além disso, a estrutura das populações vegetais resulta da ação de fatores bióticos e abióticos, os quais afetam a distribuição espacial e a diversidade genética de seus componentes (DIAS NETO, 2008).

Enfim, diversos são os fatores que tem a capacidade de determinar o padrão de distribuição espacial de uma espécie, como, por exemplo, os aspectos reprodutivos (BRUZINGA et al., 2013). Dessa forma, dentre outros fatores, características intrínsecas às espécies como sua fenologia, síndromes de dispersão e polinização, estratégias de ocupação de habitats disponíveis e potencial competitivo explicam seu comportamento no que se refere ao padrão espacial (CAPRETZ et al., 2012).

## 5. CONCLUSÃO

A subpopulação de *M. taxifolia* com flores brancas localizadas às margens do Córrego do Soberbo foi a única a apresentar padrão de distribuição espacial diferente das demais, aleatório.

Com relação à associação entre os morfotipos na área de estudo em que houve repulsão espacial, significa que onde um morfotipo ocorre o outro tende a não ocorrer, provavelmente devido à competição por recursos, nesse caso o genótipo mais adaptado terá sucesso na ocupação deste habitat. Já na área de estudo onde a independência espacial é marcante, inferimos que os morfotipos coexistem de forma harmônica no mesmo ambiente, fato positivo, pois retarda a possível extinção desses genótipos nesse local.

Os dados de altura nos permitiram concluir a forma de estruturação e sucessão ecológica da espécie nas áreas de interesse. A diferença entre as áreas foi notável no que diz respeito à sucessão ecológica, estando à área de estudo do Campus JK em um estágio sucessional mais avançado quando comparada a área situada no PEBI, o fato das áreas serem próximas e sob as mesmas condições climáticas, facilita o processo de restauração das mesmas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A. et al. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 113, n. 3-4, p. 407-427, 2013.
- ANDRADE, M. A. et al. Primeira Revisão Periódica da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço. **Belo Horizonte: Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, MaB-UNESCO**, 2015.
- ARAÚJO, E. J. G. et al. Padrão espacial de espécies arbóreas em fragmento de floresta estacional semidecidual. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 57, n. 2, p. 166-171, 2014.
- ARAÚJO, I. M. et al. Melastomataceae no Parque Estadual do Biribiri, Diamantina, Minas Gerais, Brasil: tratamento sistemático e comparação florística. 2013.
- BAROT, S.; GIGNOUX, J.; MENAUT, J. C. Demography of a savanna palm tree: predictions from comprehensive spatial pattern analyses. **Ecology**, v. 80, n. 6, p. 1987-2005, 1999.
- BATISTA, A. P. B. et al. Associação espacial da produção de frutos de *Bertholletia excelsa* Bonpl. árvores na Amazônia oriental. **Forest Ecology and Management**, v. 441, p. 99-105, 2019.
- BEGON, M. et al. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 592p, 2006.
- BERNASOL, W. P.; LIMA-RIBEIRO, M. S. Estrutura espacial e diamétrica de espécies arbóreas e seus condicionantes em um fragmento de cerrado sentido restrito no sudoeste goiano. **Hoehnea**, v. 37, n. 2, p. 181-198, 2010.
- BISPO, B. B. **Fenologia e fitossociologia de macrófitas aquáticas do recôncavo da Bahia, Brasil**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, 2016.
- BRUZINGA, J. S. et al. Distribuição espacial de indivíduos adultos de pequi. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 98, p. 249-256, 2013.
- CAPRETZ, R. L. et al. Padrão espacial de quatro formações florestais do estado de São Paulo, através da função K de Ripley. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 551-565, 2012.
- CIPRIANI, H. N. et al. Spatial and height distribution of harvested rupestrian field species in preserved and cultivated communities. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 43-51, 2016.
- COSTA, J. S.; LIMA, L. C.; LIMA, I. R. S. Estrutura e distribuição espacial de *Bowdichia virgilioides* Kunth. (Leguminosae–Papilionoideae) em um fragmento de Floresta Atlântica, Bahia, Brasil. **Revista da Biologia**, v. 19, p. 01-07, 2019.
- DIAS NETO, O. C. et al. Estrutura de duas espécies vegetais de cerrado em área queimada e não queimada, Caldas Novas, GO. **Simpósio Nacional Cerrado**, v. 9, p. 1-8, 2008.

DIXON, P. M. Ripley's K function. In: Abdel H. **Encyclopedia of Environmetrics**. Chichester: El-Shaarawi / John Wiley & Sons, v. 3, p. 1796-1803, 2002.

ECHTERNACHT, L. et al. Areas of endemism in the Espinhaço range in Minas Gerais, Brazil. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 206, n. 9, p. 782-791, 2011.

ELIAS, F. et al. Dinâmica da distribuição espacial de populações arbóreas, ao longo de uma década, em cerrado na transição cerrado-amazônia, Mato Grosso. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 3, n. 3, p. 1-14, 2013.

FERREIRA, B. G.; ISAIAS, R. M. S. Developmental stem anatomy and tissue redifferentiation induced by a galling Lepidoptera on *Marcetia taxifolia* (Melastomataceae). **Botany**, v. 91, n. 11, p. 752-760, 2013.

FERREIRA, B. G.; ISAIAS, R. M. S. Floral-like destiny induced by a galling Cecidomyiidae on the axillary buds of *Marcetia taxifolia* (Melastomataceae). **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 209, n. 8, p. 391-400, 2014.

FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB161>>. Acesso em: 21. Out. 2020.

FORTIN, M-J., DALE, M. R. T.; HOEF, J. V. Spatial analysis in ecology. **Encyclopedia of Environmetrics**. v. 4, p. 2051-2058, 2002.

FRANÇOSO, R. D.; HAIDAR, R. F.; MACHADO, R. B. Tree species of South America central savanna: endemism, marginal areas and the relationship with other biomes. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, n. 1, p. 78-86, 2016.

GARDONI, L. C. P.; ISAIAS, R. M. S.; VALE, F. H. A. Morfologia e anatomia foliar de três morfotipos de *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC. (Melastomataceae) na Serra do Cipó, MG. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, n. 3, p. 487-500, 2007.

GARZON-LOPEZ, C. X. et al. Effects of sampling scale on patterns of habitat association in tropical trees. **Journal of Vegetation Science**, v. 25, n. 2, p. 349-362, 2014.

GONZAGA, A. P. D. Padrões fitogeográficos de florestas estacionais decíduais na bacia do rio São Francisco: análise florístico-estrutural e suas relações com o ambiente. 2011.

GRIEG-SMITH, P. **Quantitative plant ecology**. 2nd. 1964.

GUILHERME, F. A. G.; OLIVEIRA, A. S. Estrutura populacional de *Butia purpurascens* Glassman (Arecaceae) em duas áreas de Cerrado sensu stricto no estado de Goiás. *Rev. Biol. Neotrop.* 7(1): 37-45, 2011.

HIGUCHI, P. et al. Associações espaciais entre indivíduos de diferentes espécies de *Miconia* spp. Ruiz & Pav. (Melastomataceae). **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 381-389, 2011.

- IDOHO, R. et al. Influência do contexto da paisagem na estrutura do povoamento e padrões espaciais da palmeira doum (*Hyphaene thebaica* Mart.) Na República do Benin (África Ocidental). **Agroforestry Systems**, v. 90, n. 4, pág. 591-605, 2016.
- KANG, H. et al. Population structure and spatial pattern of predominant tree species in a pine–oak mosaic mixed forest in the Qinling Mountains, China. **Journal of Plant Interactions**, v. 12, n. 1, p. 78-86, 2017.
- KANIESKI, M. R et al. Diversidade e padrões de distribuição espacial de espécies no estágio de regeneração natural em São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Floresta**, v. 42, n. 3, p. 509-518, 2012.
- KERSHAW, K A. **Quantitative and Dynamic Plant Ecology: 2d Ed.** E. Arnold, 1973.
- LEITE, E. J. Spatial distribution patterns of riverine forest taxa in Brasília, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 140, n. 2-3, p. 257-264, 2001.
- LUDWIG, J. A. et al. **Statistical ecology: a primer in methods and computing.** John Wiley & Sons, 1988.
- LUNDBERG, S; INGVARSSON, P. K. Population dynamics of resource-limited plants and their pollinators. **Theoretical Population Biology**, v. 54, n. 1, p. 44-49, 1998.
- MACHADO, S. A et al. Distribuição espacial de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana. **Ciência Rural**, v. 42, n. 6, p. 1013-1019, 2012.
- MARQUES, I. C. et al. Desenvolvimento inicial de quatro espécies nativas do cerrado sob diferentes dosagens de composto orgânico, em uma cascalheira, em Diamantina, Minas Gerais: subtítulo do artigo. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 4, n. 7, p. 137-151, 2017.
- MARTINS, A. B. et al. Revisão taxonomica do genero *Marcetia* DC (melastomataceae). 1989.
- MARTINS, R et al. Estrutura de uma floresta brejosa em substrato turfoso, sul de Santa Catarina, Brasil. **Revista Árvore**, v. 37, n. 2, p. 299-309, 2013.
- MEIRA JUNIOR, M. S et al. Distribuição espacial de *Eremanthus incanus* (Less.) Less. (Asteraceae) em duas áreas com diferentes níveis de conservação. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 15, n. 1, 2017.
- MENEZES, E. S. et al. Análise temporal de focos de calor na reserva da biosfera da Serra do Espinhaço. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 3, p. 256-261, mai/jun. 2019.
- MICHELANGELI, F. A. et al. Relações filogenéticas e distribuição de Melastomeae (Melastomataceae) do novo mundo. **Jornal botânico da Sociedade Linnean**, v. 171, n. 1, pág. 38-60, 2013.

PENNEYS, D. S. et al. Henrietteae (Melastomataceae): a new neotropical berry-fruited tribe. **Systematic Botany**, v. 35, n. 4, p. 783-800, 2010.

PENNEYS, D. S.; JUDD, W. S. Phylogenetics and morphology in the Blakeeae (Melastomataceae). **International Journal of Plant Sciences**, v. 172, n. 1, p. 78-106, 2011.

PEREIRA, I. M. et al. Estrutura da vegetação colonizadora em ambiente degradado por extração de cascalho em Diamantina, MG. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 82, p. 77-88, 2015.

NASCIMENTO, N. A.; CARVALHO, J. O. P.; LEÃO, N. V. M. Distribuição espacial de espécies arbóreas relacionada ao manejo de florestas naturais. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, n. 37, p. 175-194, 2002.

NEGRINI, M et al. Dispersão, distribuição espacial e estratificação vertical da comunidade arbórea em um fragmento florestal no Planalto Catarinense. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 919-930, 2012.

OLIVEIRA, P. A. et al. Phytosociology of the herbaceous-subshrub layer of a rupestrian complex in Serra do Espinhaço, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v.32, n.1, p. 141-149, 2018.

PEREIRA, I. M.; ALVARENGA, A. P.; BOTELHO, S. A. Banco de sementes do solo, como subsídio à recomposição de mata ciliar. **Floresta**, v. 40, n. 4, 2010.

PIANKA, E.R. **Evolutionary ecology**. New York, Harper Collins College Publishers, 486p, 1994.

POTTKER, G. S et al. Padrão espacial de espécies florestais: estudo de caso com *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1097-1106, 2016.

RIBA-HERNÁNDEZ, P. et al. Population and genetic structure of two dioecious timber species *Viola surinamensis* and *Viola koschnyi* (Myristicaceae) in southwestern Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 323, p. 168-176, 2014.

RODE, R. et al. Análise do padrão espacial de espécies e de grupos florísticos estabelecidos em um povoamento de *Araucaria angustifolia* em uma Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do Paraná. **Revista Floresta**, v. 40, n. 2, p. 255-268, 2010.

ROWLINGSON, B.; DIGGLE, P. Splanx: Spatial and spacetime point pattern analysis. R package version 2.01-40. Disponível em: <<https://CRAN.Rproject.org/package=splanx>>. Acesso em: 21. Out. 2020.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa-de-vegetação. **Revista Ceres**, v. 50, p. 203-218, 2003.

SILVA, R. A.; MAZON, J. A.; WATZLAWICK, L. F. Distribuição espacial de táxons anemocóricos e zoocóricos em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 39, n. 1, 2019.

- SILVEIRA, F. A. O; FERNANDES, G. W; LEMOS-FILHO, J. P. Seed and Seedling Ecology of Neotropical Melastomataceae: Implications for Conservation and Restoration of Savannas and Rainforests<sup>1</sup>. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 99, n. 1, p. 82-99, 2013.
- SOUSA, D. G.; CUNHA, H. F. Estrutura populacional, distribuição espacial e fenologia de *Anacardium humile* A. St.-Hil. (Anacardiaceae) em cerrado stricto sensu. **Hoehnea**, v. 45, n. 3, p. 450-467, 2018.
- SOUZA-LEAL, T; PEDROSO-DE-MORAES, C. Fenologia reprodutiva e distribuição espacial de *Oeceoclades maculata* (Lindl.) Lindl. (Orchidaceae) em Cerrado do município de Mogi Guaçu, São Paulo, Brasil. **Iheringia. Série Botânica**. v. 69, n. 2, p. 405-416, 2014.
- TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. Artmed Editora, 2010.
- VALE, F. H. A. **Comparação morfo-anatômica entre populações de *Marcetia taxifolia* (Melastomataceae) localizadas na Serra do Cipó, MG e na Restinga de Marica, RJ**. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

## CAPÍTULO 2

### SUCESSO REPRODUTIVO DE MORFOTIPOS DE *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC

#### RESUMO

A compreensão de fatores ligados à reprodução das angiospermas é de grande importância para o entendimento das funções e serviços ecossistêmicos, diante disso torna-se necessário entender fatores como produção de flores, frutos, sementes, viabilidade de sementes, pólen e limitação polínica, uma vez que afetam o sucesso reprodutivo de determinada espécie. Este trabalho foi realizado com o intuito de verificar o sucesso reprodutivo de morfotipos da espécie *Marcetia taxifolia* e sua implicação na conservação da espécie. Para tal finalidade foram coletados dados de receptividade estigmática, viabilidade polínica, pólen heteroespecífico e testes de polinização controlada, com teste de germinação das sementes produzidas. Todos os dados foram analisados mediante Análise de Variância (ANOVA), e quando necessário foram realizados testes de Tukey ou Kruskal-Wallis, para comparação dos resultados. Quanto à receptividade estigmática foram encontrados altos percentuais de estigmas receptivos, exceto para o morfotipo com flores rosa, com subpopulação localizada às margens do Córrego do Soberbo. Com relação à viabilidade polínica os resultados foram satisfatórios, exceto para subpopulação do morfotipo com flores rosa, localizada no Parque Estadual do Biribiri. Contudo todas as populações estudadas apresentaram altos percentuais de pólen homoespecífico, evidenciando a eficiência da polinização. O morfotipo com flores brancas apresentou altos percentuais de receptividade estigmática, viabilidade polínica e pólen homoespecífico. Quanto à germinação das sementes as análises demonstraram que apenas a subpopulação do morfotipo com flores rosa localizado às margens do Córrego do Soberbo apresentou diferença significativa no percentual de germinação entre os tratamentos, nos quais a polinização natural foi superior, devido à sua floração extensiva e oferta de recurso para o polinizador por um período mais extenso, além disso, está inserida em um local com condições ambientais favoráveis à ocorrência dos polinizadores, o que beneficia o seu sucesso reprodutivo. Com relação às temperaturas, não houve diferença significativa, os percentuais de germinação foram similares nas temperaturas de 20 a 30°C. As conclusões deste trabalho evidenciam o sucesso reprodutivo, do morfotipo com flores rosa, uma vez que obteve maior êxito na reprodução dos seus descendentes.

**Palavras-chave:** Biologia reprodutiva, germinação, polinização, receptividade estigmática, viabilidade polínica.

## ABSTRACT

The understanding of factors related to the reproduction of angiosperms is of great importance for the understanding of ecosystem functions and services. In view of this, it is necessary to understand factors such as production of flowers, fruits, seeds, seed viability, pollen and pollen limitation, since that affect the reproductive success of a given species. This work was carried out in order to verify the reproductive success of morphotypes of the species *Marcetia taxifolia* and their implication in the conservation of the species. For this purpose, data on stigmatic receptivity, pollen viability, heterospecific pollen and controlled pollination tests were collected, with germination test of the seeds produced. All data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA), and when necessary, Tukey or Kruskal-Wallis tests were performed to compare the results. As for stigmatic receptivity, high percentages of receptive stigmas were found, except for the morphotype with pink flowers, with a subpopulation located on the banks of Córrego do Soberbo. Regarding pollen viability, the results were satisfactory, except for the subpopulation of the morphotype with pink flowers, located in the Biribiri State Park. However, all populations studied showed high percentages of homospecific pollen, showing the efficiency of pollination. The morphotype with white flowers showed high percentages of stigmatic receptivity, pollen viability and homospecific pollen. As for seed germination, the analyzes showed that only the subpopulation of the morphotype with pink flowers located on the banks of Córrego do Soberbo showed a significant difference in the percentage of germination between treatments, in which natural pollination was superior, due to its extensive flowering and supply, resource for the pollinator for a longer period, in addition, it is located in a location with favorable environmental conditions for the occurrence of pollinators, which benefits its reproductive success. With respect to temperatures, there was no significant difference, the percentages of germination were similar at temperatures from 20 to 30°C. The conclusions of this work show the reproductive success of the morphotype with pink flowers, since it was more successful in the reproduction of its descendants.

**Keywords:** Reproductive biology, germination, pollination, stigmatic receptivity, pollen viability.

## 1. INTRODUÇÃO

A redução dos habitats naturais e o subsequente isolamento espacial das populações provocam transformações em processos evolutivos básicos, como deriva genética, seleção, migração e reprodução, os quais resultam em mudanças na diversidade genética (SILVA et al., 2014). A diversidade genética e a dinâmica das populações vegetais são condicionadas pela biologia reprodutiva (CARRIÓ & GÜEMES, 2013). As particularidades utilizadas para retratar o sucesso reprodutivo de uma planta incluem produção de flores, frutos e sementes, viabilidade de sementes e pólen e limitação polínica (PAGGI et al., 2007; WALSH; ARNOLD & MICHAELS, 2014; CHEN & ZHAO, 2017; SULLIS et al., 2017; GODOY et al., 2018; PIERCE et al., 2018; POOL-CHALÉ et al., 2018).

Entender as características reprodutivas das plantas é essencial na definição de métodos para propagar a produção e desenvolver planos de conservação abrangentes (MONTAGNA et al., 2018; NAZARENO & REIS, 2012; SINÉBOU et al., 2016). Tradicionalmente, características reprodutivas das plantas são inferidas a partir de características morfológicas, fenologia e experimentos de polinização controlada (JORGE, LOUREIRO, & CASTRO, 2015; MURREN et al., 2014; POOL-CHALÉ et al., 2018).

O sistema reprodutivo dominante na família Melastomataceae é a xenogamia, ou polinização cruzada, a qual é beneficiada pela hercogamia, que consiste na separação espacial entre o estigma e as anteras, da mesma forma que necessita dos polinizadores para manipulação das anteras com o intuito de liberar o pólen (RENNER 1989; GOLDENBERG & VARASSIN 2001). Entretanto, também há registros de espécies autocompatíveis e apomíticas nessa família botânica (CAETANO & CORTEZ 2014).

O sistema reprodutivo de uma espécie pode sofrer variações dentro da abrangência de sua distribuição geográfica em razão da necessidade de equilibrar as garantias advindas da variabilidade genética, proveniente da polinização cruzada, e a segurança reprodutiva, promovida pela autopolinização, fatores que variam conforme as diferentes condições espaço-temporais (RECH et al., 2018; OPEDAL et al., 2016). Esse fato fundamenta a relevância de estudar a mesma espécie, em diferentes épocas e áreas, ainda que já exista algum conhecimento prévio sobre suas estratégias reprodutivas (ARAGÃO, COSTA & NASCIMENTO, 2019).

O estudo e consequente o entendimento da biologia reprodutiva de espécies vegetais são de crucial importância em programas de conservação e manejo das mesmas, principalmente quando estas espécies estão expostas a pressões decorrentes da fragmentação de

hábitat, como escassez de polinizadores específicos e redução no número de indivíduos da população, que podem levar a limitação polínica (FREITAS; WOLOWSKI & SIGILIANO, 2010).

Diante da importância da realização de estudos com essa temática, esse trabalho tem por objetivo analisar o sucesso reprodutivo dos morfotipos de *Marcetia taxifolia*, em áreas com diferentes níveis de conservação.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Áreas de Estudo**

Idem capítulo 1.

### **2.2. Estratégias reprodutivas**

#### **2.2.1. Receptividade estigmática**

A receptividade estigmática foi avaliada em 10 plantas para cada morfotipo, nas fases de botão floral, antese inicial e antese intermediária nas quais foram selecionadas 10 flores em cada fase. Devido à dificuldade de avaliação da atividade estigmática no campo, o material foi coletado e armazenado em saco plástico tipo “zip” e levados para o Laboratório de Botânica do Departamento de Ciências Biológicas para avaliação imediata.

No laboratório, cada flor/ou botão floral foi mergulhado em solução de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) a 3% para verificar a receptividade estigmática (KEARNS & INOUE, 1993), sendo observada a atividade através de estereomicroscópio, modelo Leica ZM4. Essa técnica realizada através de testes histoquímicos utilizando peróxido de hidrogênio consiste em um método rápido e de baixo custo (BRITO et al., 2010).

Os materiais que apresentaram reação na superfície estigmática à presença da solução de peróxido de hidrogênio foram considerados receptivos para a fecundação e os que não apresentaram reação foram considerados inativos. Os dados foram analisados por meio do Teste de Kruskal-Wallis utilizando o programa R, versão 4.0.3.

#### **2.2.2. Viabilidade polínica**

A viabilidade polínica foi estimada a partir de anteras maduras e sem sinal de predação de 10 flores frescas por indivíduo amostrado, com o objetivo de garantir um pólen de qualidade.

O pólen foi depositado em lâmina contendo 2 gotas de carmim acético e glicerol

(KEARNS & INOUE, 1993) e analisado quanto à coloração com o auxílio de um microscópio óptico. Em campos aleatórios nas lâminas foram contados o número de grãos viáveis (corados de vermelho) e inviáveis (mortos ou mal-formados, não corados de vermelho), até atingir o total de 100 grãos por lâmina, calculando-se a porcentagem de viabilidade polínica para cada morfotipo. Foram analisadas 10 lâminas de 10 indivíduos selecionados de cada morfotipo em cada área de estudo, cada lâmina continha pólen de uma única flor.

O corante carmim acético por causa da reação com o material genético presente no citoplasma (PAGLIARINI & POZZOBON, 2004), cora os grãos de pólen viáveis, e exibe coloração rosa/vermelha, ao passo que os inviáveis revelam-se transparentes e não corados (SANTOS et al., 2020).

Em geral, os testes colorimétricos, como o Carmim Acético, têm sido usados por muitos autores (ZAMBON; AGOSTINI, 2017; JESUS et al., 2018), em diversas espécies, por se tratar de uma técnica rápida, barata e segura na estimativa da viabilidade polínica (TRAMONTIN et al., 2019). Os dados foram analisados mediante Análise de Variância (ANOVA), e posterior teste de média (Tukey) utilizando o programa R, versão 4.0.3.

### **2.2.3. Fluxo polínico**

Para verificação da ocorrência de fluxo polínico nas populações de interesse, foi verificada a presença/ausência de pólen heteroespecífico, para isso foram coletadas 10 flores de 10 indivíduos de cada morfotipo em cada área de estudo. A definição da amostragem dos indivíduos e do número de flores utilizadas foi baseada na disponibilidade destes em campo.

Em laboratório foram contados os números de grãos de pólen heteroespecíficos anexados ao estigma nas fases de botão floral, antese inicial e antese intermediária. Para identificação destes grãos de pólen foi confeccionada uma lâmina de referência com pólen proveniente de cada morfotipo. As lâminas foram preparadas usando o estigma fresco e geleia de fucsina corada, e os grãos de pólen foram contados sob um microscópio óptico (BERGAMO et al., 2016). Os dados foram analisados mediante Teste de Kruskal-Wallis, utilizando o programa R, versão 4.0.3.

### **2.2.4. Polinizações controladas**

Foram aplicados três tratamentos de polinização controladas (autopolinização, apomixia e polinização natural - controle) em um total de 15 indivíduos de cada morfotipo em cada área de estudo, ou seja, 5 (cinco) indivíduos por tratamento.

Na autopolinização espontânea, botões florais foram isolados com sacos de organza para garantir a ausência de polinizadores e verificar a formação de frutos. Para a verificação da ocorrência de apomixia pelas plantas foram realizados ensaios simples em campo, nos quais foram emasculados botões florais mantendo apenas o ovário, posteriormente marcados e isolados com sacos de organza para garantir que não haverá contato com o pólen. Nos tratamentos de polinização natural, flores foram marcadas ao acaso para observar a formação de frutos em condições naturais (controle) (adaptado de RADFORD et al., 1974).

Os indivíduos foram marcados individualmente com linha colorida, conforme o tipo de polinização a que foram submetidos. O número de indivíduos e flores amostradas para cada morfotipo foram definidos de acordo com a disponibilidade destes no campo. A formação dos frutos foi verificada periodicamente após a aplicação de cada tratamento. Quando os frutos estavam em estágio maduro, foram colhidos e avaliados o percentual de germinação em cada tratamento (LENZA & OLIVEIRA, 2005).

### **2.2.5. Teste de germinação de sementes**

Para o teste de germinação foi realizada a coleta de sementes por meio de sacos de coleta transparentes e com boa ventilação colocados no ápice de cada ramo floral da planta e amarrados com barbante, sendo mantidos por alguns dias no campo para coleta do maior número possível de sementes. Após este período, foram retirados e armazenados em frasco seco e protegido do calor, luz e da umidade.

Foi realizado um teste piloto utilizando as sementes oriundas da polinização natural. Estas foram acondicionadas em gerbox, sobre duas folhas de germitest umedecidas com água destilada. Cada amostragem foi acondicionada em aparelho de BOD de forma aleatória e mantida na temperatura constante de 15°C, 25°C e 35°C na ausência de luz e com fotoperíodo de 12 horas. Os maiores percentuais de germinação foram obtidos na temperatura de 25°C com fotoperíodo. As sementes acondicionadas na ausência de luz, bem como na temperatura de 35°C com fotoperíodo de 12 horas inibiram a germinação não apresentando resultados satisfatórios.

Para tal finalidade, quando foram realizados os tratamentos de polinização controlada foram colhidas sementes dos tratamentos de polinização natural, autopolinização e apomixia. Cada amostra foi acondicionada em aparelho de BOD de forma aleatória e mantida na temperatura constante 25°C, com fotoperíodo de 12 horas. Cada repetição continha 25 sementes. A germinação das sementes foi verificada diariamente, contabilizando o número de

sementes germinadas por um período de 30 dias. Os dados foram analisados mediante Análise de Variância (ANOVA), e posterior teste de média (Tukey) utilizando o programa R, versão 4.0.3.

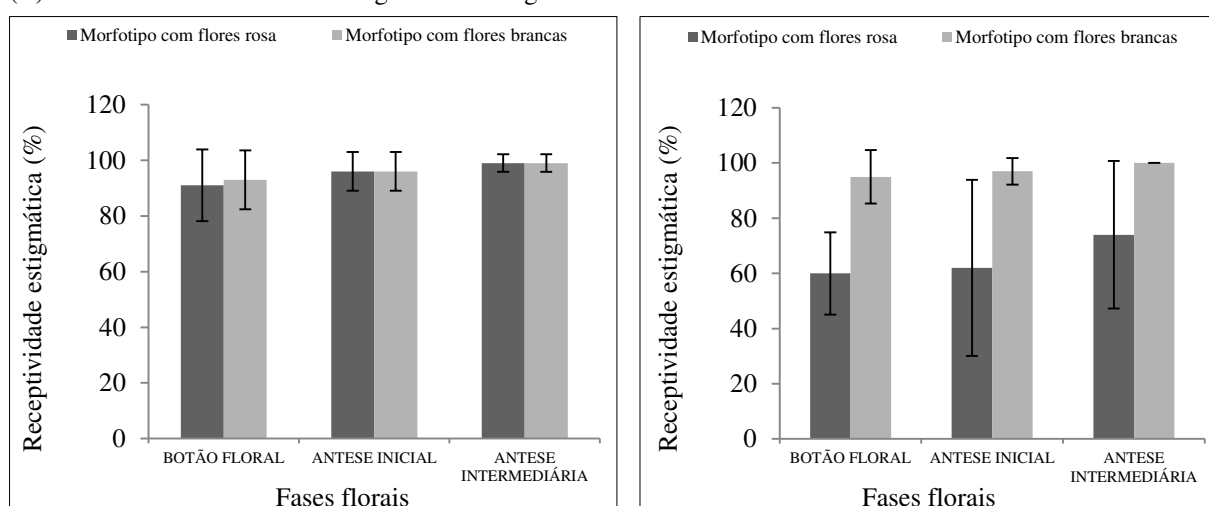
### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Receptividade estigmática

Diante dos gráficos apresentados é possível observar que tanto o morfotipo com flores rosa quanto o morfotipo com flores brancas com indivíduos localizados no Parque Estadual do Biribiri (PEBI), apresentaram alta porcentagem de estigmas receptivos. Em todas as fases florais analisadas obtiveram média de receptividade estigmática acima de 90% (Figura 1A).

Na área de estudo localizada às margens do Córrego do Soberbo, os resultados obtidos para o morfotipo com flores rosa foram inferiores aos referentes à subpopulação localizada no (PEBI). Neste local esse morfotipo apresentou na fase de botão floral cerca de 60% de estigmas receptivos e quando suas flores já estavam totalmente abertas (antese intermediária), apresentou cerca de 74% (Figura 1B). No entanto, os indivíduos pertencentes ao morfotipo com flores brancas apresentaram alta porcentagem de estigmas receptivos em todas as fases florais com média de receptividade estigmática acima de 90%, tendo apresentado 100% dos estigmas receptivos quando suas flores já estavam totalmente abertas (antese intermediária) (Figura 1B). A fase de botão floral foi a que apresentou o menor número de estigmas receptivos para ambos os morfotipos em ambas as áreas de estudo (Figura 1A e 1B).

**Figura 1** - Receptividade estigmática de morfotipos de *Marsetia taxifolia*. (A): indivíduos localizados no PEBI; (B): indivíduos localizados às margens do Córrego do Soberbo.

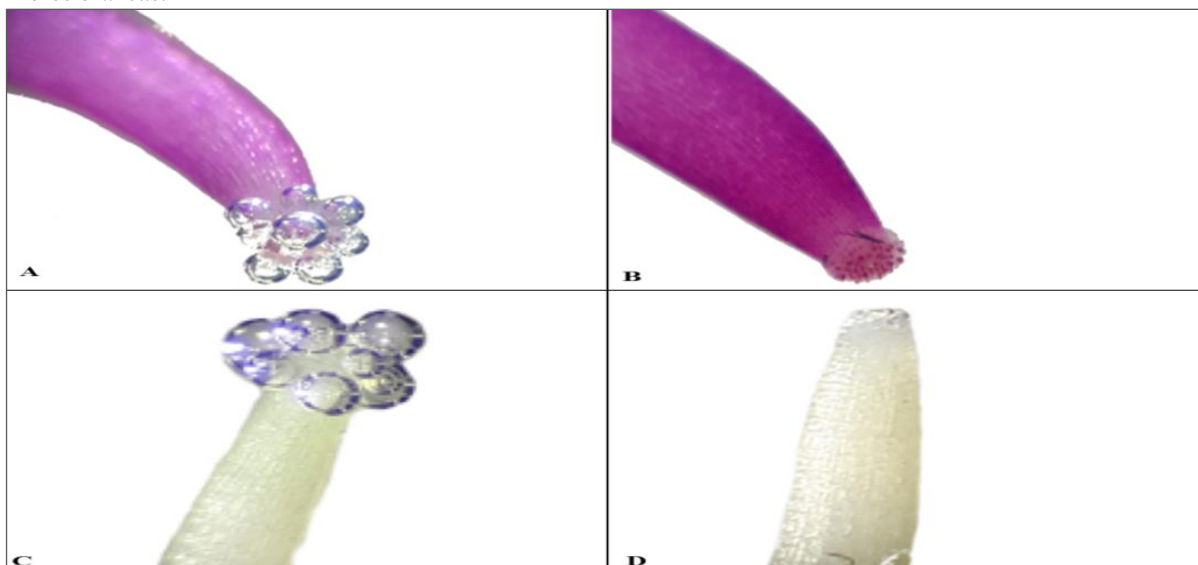


Por meio da análise do teste de Kruskal-Wallis foi possível verificar que não houve diferença significativa na receptividade estigmática, quanto às áreas de estudo analisadas, na fase de botões florais ( $p = 0,1427$ ), antese inicial ( $p = 0,2146$ ) e intermediária ( $p = 0,2237$ ), ou seja, o local de estudo não influenciou a variável de interesse.

Quanto aos morfotipos, houve diferença significativa, apenas na fase de botão floral, ( $p = 0,03853$ ), na antese inicial ( $p = 0,2727$ ), e na antese intermediária ( $p = 0,17800$ ). Não houve diferença significativa nas fases de antese inicial e intermediária, uma vez que foram obtidos valores de ( $p > 0,05$ ).

Os testes de receptividade estigmática realizados com peróxido de hidrogênio resultaram na visualização de estigmas receptivos e não receptivos de ambos os morfotipos (Figura 2).

**Figura 2** - A: Estigma receptivo do morfotipo com flores rosa, B: Estigma não receptivo do morfotipo com flores rosa, C: Estigma receptivo do morfotipo com flores brancas, D: Estigma não receptivo do morfotipo com flores brancas.

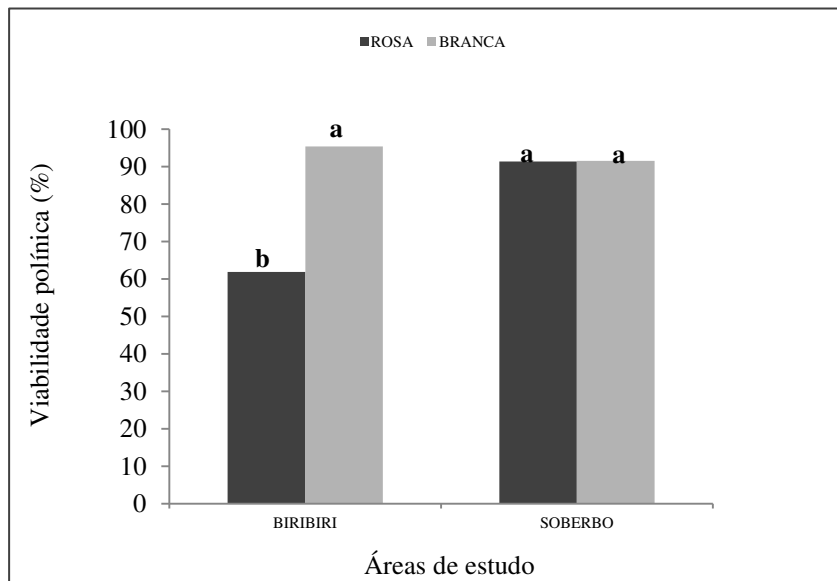


### 3.2. Viabilidade polínica

No tocante aos dados de viabilidade polínica a partir da Análise de Variância (ANOVA), foi possível observar que houve diferença significativa entre Local\*Morfotipo ( $p = 0,0001519$ ). Ao desdobrar a interação (Local\*Morfotipo), percebe-se que os indivíduos do morfotipo com flores rosa localizados no Parque Estadual do Biribiri (área 1) apresentaram uma média de 61,92% dos grãos de pólen viáveis, já os indivíduos localizados na área de estudo às margens do Córrego do Soberbo (área 2) apresentaram 91,44% de viabilidade, um

valor muito superior quando comparado a área de estudo anterior. Já para o morfotipo com flores brancas o local não influenciou na variável analisada, as médias de viabilidade polínica foram muito próximas 95,39% para os indivíduos localizados na área 1 e 91.55% para os indivíduos localizados na área 2 (Figura 3).

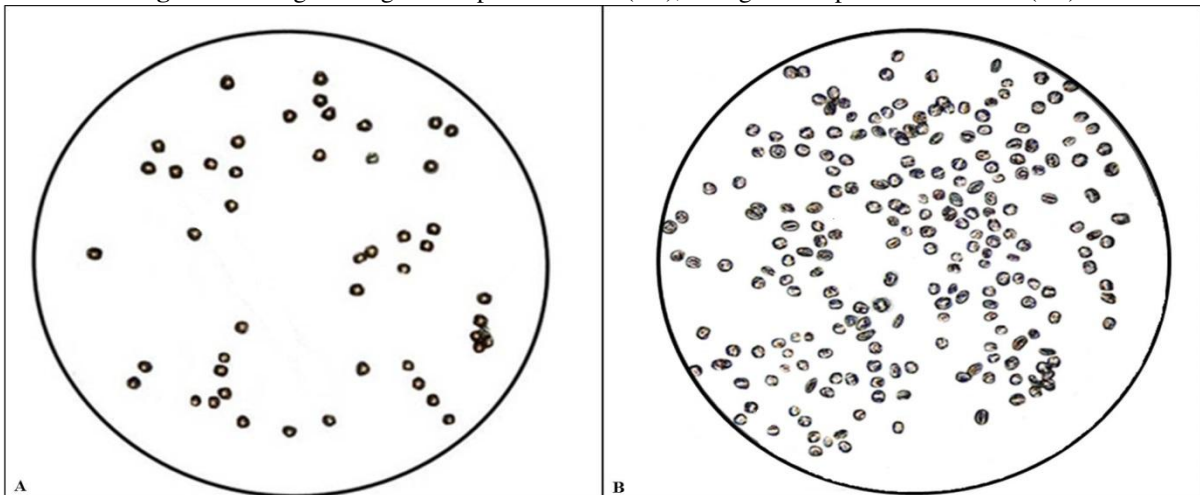
**Figura 3** - Viabilidade polínica de morfotipos de *M. taxifolia* com subpopulações localizadas nas áreas de estudo do Parque Estadual do Biribiri e às margens do Córrego do Soberbo.



Nota: Médias com letras diferentes indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) a 5% de significância.

O teste de viabilidade polínica realizado, com auxílio do corante camim ácido, proporcionou a visualização de grãos de pólen viáveis e não viáveis conforme (Figura 4).

**Figura 4** - Imagens de grãos de pólen viáveis (4A), e de grãos de pólen não viáveis (4B).



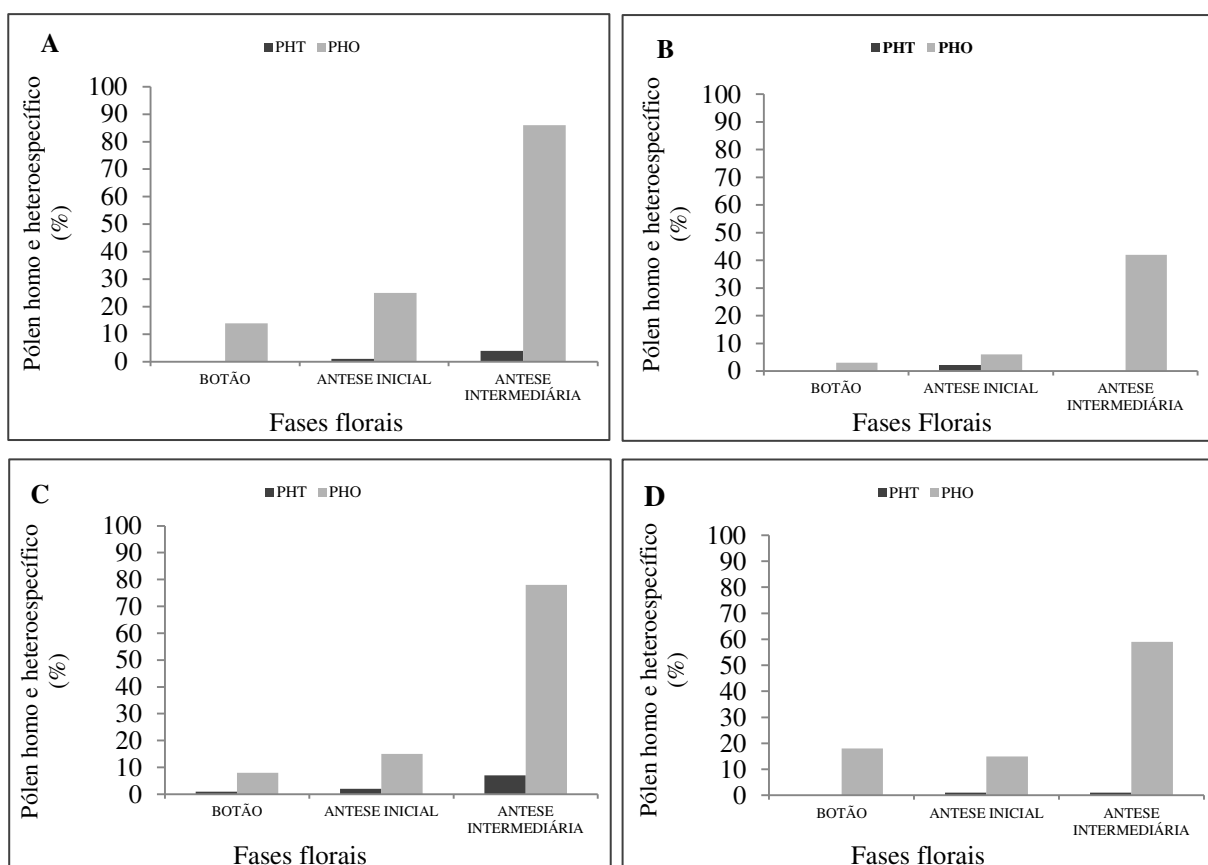
### 3.3. Pólen homoespecífico e heteroespecífico

A presença de pólen homoespecífico (PHO) no estigma das flores de *M. taxifolia* foi maior na fase em que as flores estavam totalmente abertas (antese intermediária) em ambos os morfotipos independente da área de estudo (Figuras 5A, 5B, 5C, 5D).

O morfotipo com flores rosa (Figuras 5A e 5C) apresentou resultados de presença de pólen homoespecífico superiores ao morfotipo com flores brancas (Figuras 5B e 5D), principalmente na fase de antese intermediária independente da área de estudo.

Também é possível perceber que a presença de pólen heteroespecífico (PHT) foi baixa em todas as fases florais em ambos os morfotipos e em ambas as áreas de estudo (Figuras 5A, 5B, 5C e 5D). O maior valor encontrado foi um percentual de 7% na fase de antese intermediária no morfotipo com flores rosa com indivíduos localizados às margens do Córrego do Soberbo (Figura 5C).

**Figura 5** - Percentual de pólen homoespecífico e heteroespecífico em morfotipos de *Marcetia taxifolia*. (A): indivíduos de morfotipo com flores rosa localizado no PEBI (B): indivíduos de morfotipo com flores brancas, localizados no PEBI (C) indivíduos de morfotipo com flores rosa, localizados às margens do Córrego do Soberbo e (D): indivíduos de morfotipo com flores brancas, localizados às margens do Córrego do Soberbo. Obs: onde PHT = Pólen Heteroespecífico, PHO = Pólen Homoespecífico.



Por meio do teste de Kruskal-Wallis, verificou-se que quanto às áreas de estudo, não houve diferença significativa na presença/ausência de pólen heteroespecífico (PHT), na fase de botão floral foi obtido ( $p = 0,3173$ ), na fase da antese inicial ( $p = 1$ ) e na fase da antese intermediária ( $p = 0,5591$ ). Quanto aos morfotipos, na fase de botão floral foi obtido ( $p = 0,3173$ ), na fase da antese inicial ( $p = 1$ ) e na fase da antese intermediária ( $p = 0,2252$ ), ou seja, também não houve diferença significativa, visto que apresentaram ( $p > 0,05$ ).

Também não houve diferença significativa na presença/ausência de pólen homoespecífico (PHO), nas fases florais analisadas, visto que com relação às áreas de estudo, foi obtido na fase de botão floral ( $p = 0,1592$ ), na fase da antese inicial ( $p = 0,3271$ ) e na fase da antese intermediária ( $p = 0,3226$ ). Quanto aos morfotipos na fase de botão floral foi obtido ( $p = 0,2841$ ), na fase da antese inicial ( $p = 0,06107$ ) e na fase da antese intermediária ( $p = 0,06248$ ), ou seja, valores de ( $p > 0,05$ ). As fases florais analisadas estão evidenciadas em registros fotográficos conforme (Figura 6).

**Figura 6** - A: fase de botão floral morfotipo com flores rosa, B: Fase de antese inicial morfotipo com flores rosa, C: Fase antese intermediária morfotipo com flores rosa, D: fase de botão floral morfotipo com flores brancas, E: Fase de antese inicial morfotipo com flores brancas, F: Fase antese intermediária morfotipo brancas.

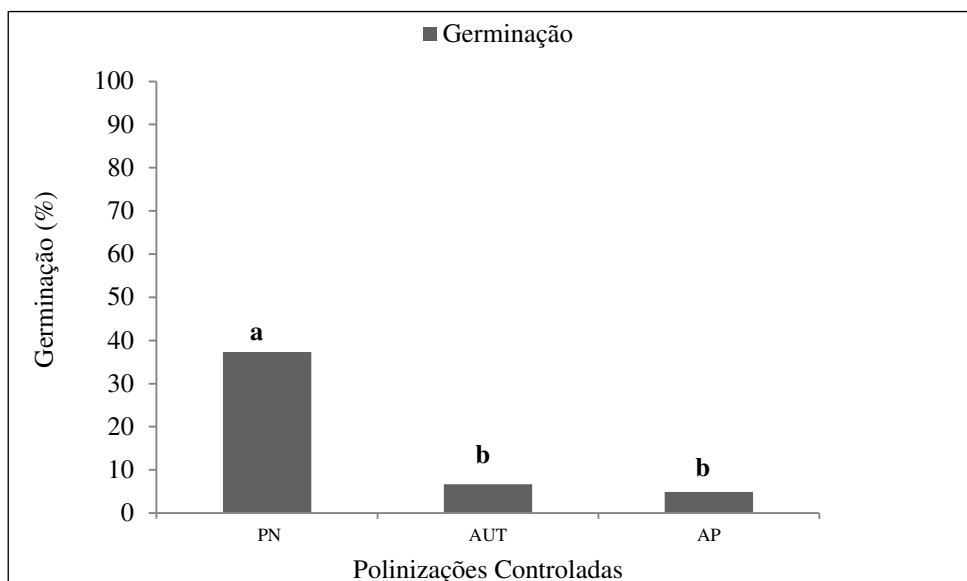


### 3.4. Teste de germinação

Os dados do teste de germinação de *M. taxifolia* evidenciam que os indivíduos pertencentes ao morfotipo com flores rosa apresentou um percentual de germinação superior ao morfotipo branco quando submetidos à polinização natural (PN). A ANOVA demonstra que os tratamentos de polinização controlada tiveram diferença significativa apenas na área de

estudo localizada às margens do Córrego do Soberbo ( $p < 0,05$ ), (Figura 7), não havendo diferença significativa entre as temperaturas 20°C (T1), 25°C (T2) e 30°C ( $p = 0,63447$ ).

**Figura 7** - Percentual de germinação de sementes de indivíduos pertencentes ao morfotipo com flores rosa, localizado às margens do Córrego do Soberbo. Onde: PN (Polinização Natural), AUT (Autopolinização), e AP (Apomixia), na temperatura de 25°C.

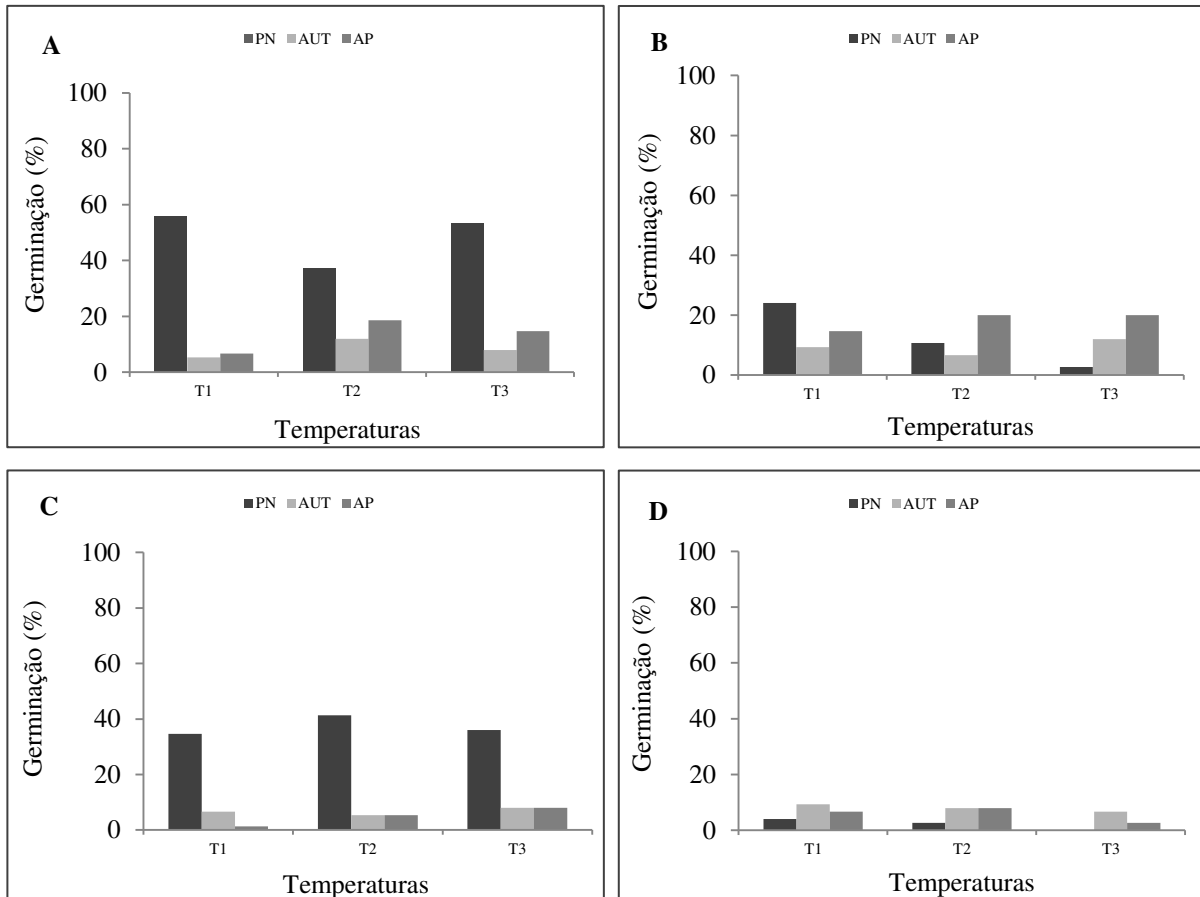


Nota: Médias com letras diferentes indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) a 5% de significância.

Para os indivíduos deste morfotipo, localizados no PEBI não houve diferença significativa entre os tratamentos de polinizações controladas ( $p = 0,08973$ ), nem quanto às temperaturas testadas, 20°C (T1), 25°C (T2) e 30°C ( $p = 0,42413$ ), já que apresentaram ( $p > 0,05$ ).

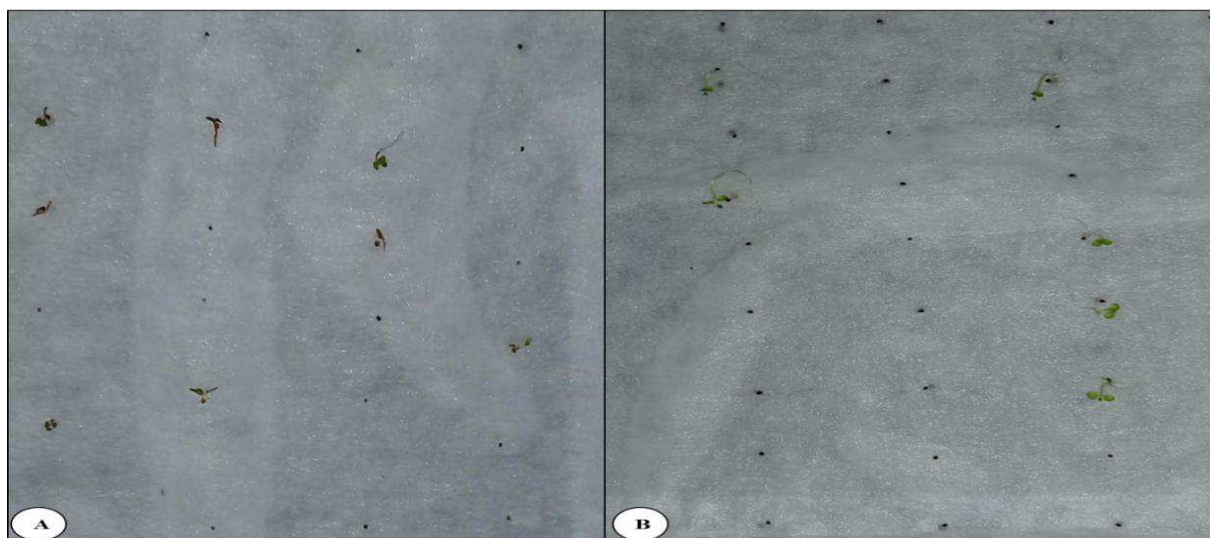
As análises do morfotipo com flores brancas, localizados no Parque Estadual do Biribiri não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos de polinização controlada ( $p = 0,2464$ ) e entre as temperaturas testadas ( $p = 0,3339$ ). Na área de estudo localizada às margens do Córrego do Soberbo não houve diferença significativa entre os tratamentos de polinização controlada implementados ( $p = 0,20284$ ) e também não houve diferença significativa com relação às temperaturas testadas ( $p = 0,61466$ ). Os resultados da análise de variância são apresentados nos gráficos abaixo (Figuras 8A-8D).

**Figura 8** - Percentual de germinação de sementes de morfotipos de *Marcetia taxifolia* oriundas dos tratamentos de polinização natural (PN), autopolinização (AUT) e apomixia (AP). (A): indivíduos do morfotipo com flores rosa localizado no PEBI; (B): indivíduos de morfotipos com flores brancas localizados no PEBI; (C): indivíduos do morfotipo com flores rosa localizado às margens do Córrego do Soberbo e (D): indivíduos do morfotipo com flores brancas localizado às margens do Córrego do Soberbo, nas temperaturas 20°C (T1), 25°C (T2) e 30°C (T3).



A germinação das plântulas de *M. taxifolia* foram registradas por meio de fotografias, conforme (Figura 9).

**Figura 5** - Germinação de plântulas de *M. taxifolia*. A: morfotipo com flores rosa, B: morfotipo com flores brancas.



## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Receptividade estigmática

Análises de receptividade estigmática são cruciais, uma vez que a fertilização terá êxito apenas a partir do momento em que o pólen desenvolve seu tubo polínico sob a superfície estigmática receptiva (SILVA et al.; 2010). Diante dos resultados obtidos foi identificado que o local de estudo não exerceu influência sob a variável de interesse, entretanto houve diferença significativa quanto à análise dos morfotipos na fase de botão floral.

Nesse contexto o morfotipo com flores rosa independentemente da área de estudo, apresentou um percentual de receptividade estigmática baixo, porém não afetou o sucesso reprodutivo de seus indivíduos, uma vez que obteve maior porcentagem de germinação e produção de sementes viáveis, provavelmente devido à alta durabilidade floral apresentada, quando comparada ao outro morfotipo estudado. A receptividade estigmática é prolongada por muito mais tempo que a viabilidade polínica. Assim, uma flor em seu segundo dia de antese ainda contém o estigma receptivo, favorável a receber pólen advindo de flores abertas recentemente. Dessa forma, uma maior durabilidade floral pode garantir o êxito da polinização, especialmente em habitats onde polinizadores são escassos ou incertos (PRIMACK, 1985; FABBRO & KÖRNER, 2004).

Já o morfotipo com flores brancas devido aos altos percentuais de receptividade estigmática encontrados em ambas as áreas de estudo, utiliza alto índice de estigmas

receptivos como parte integrante do seu processo reprodutivo. A receptividade estigmática é um fator de extrema importância, no qual se determina o melhor momento para que ocorra a deposição do grão do pólen no estigma e dessa forma a germinação ou possível sincronismo entre a sua receptividade e viabilidade do pólen da mesma planta é definido (BRITO et al., 2010).

#### **4.2. Viabilidade polínica**

A baixa viabilidade polínica encontrada para os indivíduos do morfotipo com flores rosa, localizados no Parque Estadual do Biribiri, se deve ao fato da área de estudo ser degradada possuindo características bem estressantes do ponto de vista ecossistêmico, como a fragmentação de habitats e condições de estresses abióticos. A viabilidade polínica é classificada como baixa quando está abaixo de 70%, sendo capaz de ocasionar falhas como a infertilidade nas espécies, além disso, acarreta irregularidades meióticas ocasionando graus de esterilidade distintos (SOUZA; PEREIRA & MARTINS, 2002).

Resultados de baixa viabilidade polínica podem ser derivados do processo de fragmentação dos habitats, no qual os indivíduos estão isolados, sofrendo grandes pressões ambientais (SANTOS et al., 2019). A fragmentação do habitat não impossibilita somente a movimentação do pólen e das sementes entre as populações, mas deixa as populações expostas a novas comunidades bióticas e espécies invasoras, restringe o tamanho da população e reduz a diversidade genética (GARCIA et al., 2014). Condições de estresses abióticos também são conhecidas por afetar a meiose e a viabilidade polínica (SUN; GROSS & SCHIESTL; 2014). Essas condições extremas podem ser capazes de excluir ou impedir a permanência da biodiversidade de espécies (PIMM et al., 2014). O comportamento meiótico de uma planta está associado ao seu grau de fertilidade e é capaz de incidir sob a viabilidade dos grãos de pólen (POZZOBON et al., 2015; PEREIRA et al., 2017; LAVINSCKY et al., 2017; BRAGA et al., 2018).

O morfotipo de flores brancas por apresentar alta viabilidade polínica em ambas às áreas de estudo, diminui os riscos de extinção deste genótipo. A taxa de germinação dos grãos de pólen consiste em um aspecto de crucial importância no sucesso reprodutivo das espécies (AUSTERLITZ et al., 2012). A viabilidade do grão de pólen, assim como a receptividade do estigma, são aspectos extremamente relevantes no sucesso reprodutivo de uma espécie. Tendo ainda influência no tamanho dos frutos, no número de sementes e na porcentagem de frutos, que aumentam conforme a quantidade de grãos de pólen viáveis é

depositada sobre o estigma (COELHO & BARBOSA, 2004).

A estimativa da viabilidade polínica é relevante para a análise de fluxo gênico em plantas, já que indica o potencial masculino (androceu) de reprodução da espécie e é responsável pela separação de genótipos para o programa de melhoramento, visto que os grãos de pólen influenciam de forma direta o sucesso da fertilização da planta (MORENO et al., 2015; HISTER & TEDESCO, 2016). O entendimento de aspectos da biologia floral, como a morfologia, a morfometria e os horários de abertura da flor, correlacionados com estudos dos mecanismos reprodutivos das espécies, dentre os quais a viabilidade polínica e a receptividade do estigma são de extrema importância no desenvolvimento de estratégias de conservação *in situ* e pesquisas com foco no melhoramento genético de plantas (PYKE, 2016).

### **4.3. Pólen homoespecífico e heteroespecífico**

Ao refletir sobre os resultados obtidos é possível perceber que o fato do percentual de pólen homoespecífico ser superior ao percentual de pólen heteroespecífico em ambos os morfotipos em todas as fases florais analisadas nas duas áreas de estudo, é um ponto positivo visto que evidencia a eficiência da polinização. O polinizador possui como função primária o transporte de grãos de pólen para o estigma das plantas. Contudo, assegurar que o pólen chegue a um pistilo homoespecífico vem a ser um dos impasses no processo de evolução das plantas (RIESEBERG & WILLIS, 2007), porém na espécie *Marcetia taxifolia* esse aspecto não tem sido um problema.

Além da transferência dos gametófitos, a quantidade e a qualidade dos grãos de pólen que o estigma de uma planta recebe tem a capacidade de exercer influência no seu sucesso reprodutivo (ARCEO-GÓMEZ & ASHMAN, 2011). A dinâmica dessa extração de grãos das anteras e sua subsequente deposição nos estigmas de flores da mesma espécie e de espécies distintas são influenciadas de forma extrema pelo comportamento e eficiência do polinizador e pela organização da comunidade onde as espécies estão inseridas (WILLCOX et al., 2017).

A deposição de pólen heteroespecífico nos estigmas das plantas geram impactos desfavoráveis para as espécies envolvidas, tanto pelo fato de obstruir a superfície estigmática da espécie que recebe o grão de pólen incompatível, quanto para a espécie que gastou energia para a produção do grão de pólen que foi desperdiçado (MORALES & TRAVESET, 2008; ARCEO-GÓMEZ & ASHMAN, 2011).

A deposição de pólen incompatível no estigma através dos polinizadores faz com

que a planta selecione geneticamente grãos compatíveis e descarte as flores que receberam grãos das próprias flores e de doadores parentais próximos (BARROS; WEBBER & MACHADO, 2013). Dessa forma os baixos percentuais de deposição de pólen heteroespecífico nos estigma de *M. taxifolia* são aspectos positivos para o sucesso reprodutivo da espécie.

Os dados demonstram que maior deposição de pólen na fase da antese intermediária (flores completamente abertas), pois nesse momento o polinizador tem mais facilidade para entrar em contato com a superfície dos órgãos sexuais dessas flores.

#### 4.4. Germinação de sementes

Diante dos resultados encontrados observa-se que a espécie *Marcetia taxifolia* se reproduz preferencialmente por polinização natural, fato evidenciado pela presença dos mecanismos de hercogamia e protoginia nas flores dessa espécie. Mecanismos reprodutivos que garantam a fecundação cruzada são decisivos para a evolução e continuação das linhagens de organismos, visto que são os principais processos nos quais ocorre troca de material genético entre indivíduos e/ou populações (GODEFROID; JANSSENS & VANDERBORGHT, 2014). A autocompatibilidade e a polinização cruzada são mecanismos reprodutivos característicos da família Melastomataceae em áreas de Campo Rupestre, enquanto as espécies apomíticas são amplamente distribuídas (SANTOS et al., 2012).

Grande parte das angiospermas contém flores bissexuadas, propiciando a ocorrência de dois processos importantes para a reprodução das plantas: a otimização da polinização, por meio da coleta e deposição de grãos de pólen em uma única visita do polinizador e também favorece a autogamia (TEIXEIRA; MARINHO & PAULINO, 2014). No intuito de reduzir tal processo, algumas estratégias reprodutivas são apresentadas pelas plantas, como a hercogamia, o polimorfismo floral e mecanismos genéticos de autoincompatibilidade, que são capazes de atuar como uma barreira espacial e fisiológica para a autopolinização (OLIVEIRA & MARUYAMA, 2014).

A espécie *M. taxifolia* expõe o estigma ainda na fase de botão floral, seu órgão reprodutor feminino amadurece primeiro que o masculino, consistindo na estratégia reprodutiva conhecida como protoginia. Essa separação temporal baseia-se em diferentes tempos entre a receptividade do estigma e a liberação de pólen (CARDOSO et al., 2018). As flores protogínicas reduzem o contato com o sexo masculino e têm maior sucesso reprodutivo feminino ampliando as taxas de cruzamento (CETINBAS & UNAL, 2014).

Cada sistema reprodutivo contém vantagens e desvantagens, com base em vários fatores, incluindo o hábito e hábitat, a história de vida da planta e as características da sua biologia reprodutiva, com destaque para a importância da presença ou ausência do polinizador (WOLOWSKI et al., 2013). As espécies da família Melastomataceae são comumente caracterizadas pela presença de anteras poricidas, em que a polinização por zumbido é feita exclusivamente por abelhas com potencial de vibrar seu abdômen e extrair o pólen das anteras, que normalmente apresentam deiscência poricida (BUCHMANN, 1983; PINHEIRO et al., 2014), essa é mais uma evidencia de que os indivíduos da espécie *Marcetia taxifolia* dependem dos agentes polinizadores para obter sucesso reprodutivo.

As interações entre as plantas e seus polinizadores são importantes na compreensão da biologia reprodutiva, evolução e distribuição. Convergências morfológicas de caracteres florais em espécies vegetais não relacionadas permitiram que as flores maximizassem sua atração por agentes polinizadores levando ao conceito de síndromes de polinização (ROSAS-GUERRERO et al., 2014). Conhecer os polinizadores, assim como a biologia das flores e da reprodução é essencial para a compreensão e conservação das populações de plantas (GOETTSCHE et al. 2015). De acordo com Nascimento et al. (2012), uma polinização eficiente colabora para a produção de sementes de boa qualidade. O sucesso reprodutivo também é determinado por características intrínsecas do sistema reprodutivo das espécies (ABDALA-ROBERTS et al., 2014).

A fase reprodutiva é um momento importante na vida de qualquer organismo, influenciada diretamente pelas condições bióticas e abióticas, o que pode provocar dificuldades na germinação, no crescimento e na sobrevivência das plântulas (OTÁROLA; ROCCA, 2014; VARELLA et al., 2018). Contudo, esses fatores são normalmente considerados isoladamente ou estudados em circunstâncias de amostragem limitada em uma única área (MAIA; VARASSIN & GOLDENBERG, 2016). A possível variação através do espaço (áreas diferentes) e informações importantes sobre a ocorrência da planta, dentre as quais as condições locais e história geológica, geralmente não são levadas em consideração (DART et al., 2012 ; RECH, 2014 ).

A subpopulação do morfotipo com flores rosa localizada às margens do Córrego do Soberbo apresenta preferência pela polinização natural, visto que esta área de estudo possui uma flora mais conservada e abundância de recurso hídrico o que beneficia a ocorrência dos polinizadores, outro fator benéfico é a presença de floração extensiva, produzindo uma pequena quantidade de flores diariamente com maior durabilidade o que

confere em fornecimento de recurso (pólen) para o polinizador por mais tempo.

A subpopulação localizada no PEBI apresenta maior equilíbrio entre os tratamentos de polinização, havendo uma maior diversificação no sistema reprodutivo, e assim como as subpopulações do morfotipo com flores brancas tem utilizado com maior frequência estratégias reprodutivas complementares como a autopolinização e a apomixia, devido aos percentuais de germinação não apresentarem diferenças estatísticas com relação á polinização natural. Muitas espécies nessa família apresentam sistema de reprodução por sementes independente de polinizadores, sendo conhecidos diversos casos de apomixia (CAETANO et al., 2018).

Espécies apomíticas facultativas, ou seja, as que produzem sementes tanto pela polinização natural quanto pela apomixia, podem manter genótipos bem-sucedidos e quando em mudança de habitat a variação genética pela xenogamia pode acomodar pequenas populações em ambientes novos por meio da variabilidade genética. Em contrapartida, a apomixia pode provocar limitação genética devido ao acúmulo de homozigose na população (ALBERTINI et al., 2019; MRÁZ et al.; 2019) visto que apresentam baixa variabilidade genética entre os membros da população (CARDOSO et al., 2018), ocasionando a formação de frutos e sementes de baixa qualidade (MANGLA et al., 2015).

Ainda nesse contexto, existem trabalhos sugerindo que a autopolinização promove uma baixa taxa de formação de sementes em comparação à polinização cruzada; um grande número de abortos, deformidades e mutações em plântulas e mudas de várias espécies (SANTOS JUNIOR et al., 2013).

A reprodução das plantas e sobrevivência das espécies também podem ser afetadas por mudanças antropogênicas, principalmente relacionadas ao clima, podendo interferir na relação planta-polinizador devido a sua influência na riqueza, densidade e atividade dos polinizadores, o declínio do polinizador pode ser prejudicial ao sucesso reprodutivo das plantas (THOMANN et al. 2013). Diante desta problemática, são necessários extensos estudos sobre sistemas reprodutivos de plantas para apoiar sua conservação efetiva e, na falta dessas informações qualquer esforço de conservação é arbitrário e pode ser ineficiente (SHIVANNA & TANDON, 2014).

Com relação à temperatura esse estudo demonstrou que a espécie *Marcetia taxifolia* possui maior germinação em temperaturas entre 20 e 30°C na presença de luz. Em estudo da influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Marcetia taxifolia* pesquisadores obtiveram as maiores percentagens de germinação nas temperaturas de 15 e

20°C (SILVEIRA; NEGREIROS & FERNANDES, 2004). A temperatura é um dos fatores mais importantes na germinação e seus valores ótimos, variam de acordo com a espécie (HESCHEL et al., 2007).

Os resultados desse trabalho corroboram como os resultados obtidos em espécies da família Melastomataceae. Alguns autores apontam que em diversas espécies do gênero *Miconia* as sementes mostraram uma alta dependência da luz (SIMÃO & TAKAKI, 2008) e maiores taxas de germinação em temperaturas entre 20 e 30 ° C (SILVEIRA et al., 2013).

As sementes de *M. taxifolia* podem ser classificadas como fotoblásticas positivas, já que respondem positivamente ao estímulo luminoso, contudo a germinação não é restrita à presença de luz, pois também ocorre no escuro apesar de ser significativamente menor (SILVEIRA; NEGREIROS & FERNANDES, 2004). A germinação das sementes em relação à luz é uma resposta ecofisiológica da espécie, e no caso de espécies nativas, tem estreita relação com o seu posicionamento no estágio sucessional da floresta (SILVA; RODRIGUES & AGUIAR, 2002; MAEKAWA; ALBUQUERQUE & COELHO, 2010), são espécies pioneiras no processo de colonização das áreas ocupando áreas abertas ou clareiras.

Plantas com sementes pequenas possuem uma estratégia reprodutiva que consiste em produzir uma grande quantidade de sementes pequenas, com baixa probabilidade de estabelecimento (FERNANDEZ-SANCHEZ et al., 2020), porém como são numerosas, podem aumentar a progênie em novos lugares (VALÊNCIA-DÍAZ et al., 2015). Mesmo com a importância ecológica da família Melastomataceae, ainda existem informações restritas sobre germinação das diferentes espécies, processos de crescimento e sobrevivência de mudas (FERNANDEZ-SANCHEZ et al., 2020).

Informações do sucesso reprodutivo são imprescindíveis para compreender a evolução e manutenção das espécies, bem como para a elaboração de estratégias de conservação bem-sucedidas (BÜTTOW et al., 2020). Nesse sentido pesquisas abrangendo a biologia reprodutiva de espécies nativas são importantes ao determinar estratégias a serem implementadas em programas de conservação e melhoramento genético (STIEHL-ALVES; MARTINS, 2008) fornecendo também informações que possibilitam compreender os processos de domesticação dessas espécies (VARELLA et al., 2019).

## 5. CONCLUSÃO

Esse trabalho traz como pontos relevantes o fato de que os morfotipos de *Marcetia taxifolia*, apresentam estratégias reprodutivas para aumentar as taxas de xenogamia

(polinização cruzada), sendo preferencialmente uma espécie xenógama, aumentando a diversidade genética nos campos rupestres, e ainda apresentam como alternativas secundárias a reprodução por autopolinização e por apomixia, assegurando a manutenção dos seus genótipos em casos de escassez de polinizadores.

A população do morfotipo com flores brancas apresenta floração em massa, oferecendo grande quantidade de recurso, porém a curto prazo, não sendo benéfico nesse caso, uma vez que obteve baixa germinação de suas sementes. Em contrapartida a população do morfotipo com flores rosa tem floração extensiva proporcionando recurso por mais tempo chamando a atenção do polinizador, conferindo em uma maior produção de sementes viáveis.

Dessa forma ficam evidenciadas as estratégias que estes morfotipos utilizam para manutenção do seu sucesso reprodutivo, destacando que o morfotipo com flores rosa teve maior êxito na reprodução dos seus descendentes.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALA-ROBERTS, L. et al. Pollen limitation, fruit abortion, and autonomous selfing in three populations of the perennial herb *Ruellia nudiflora*. **Plant Species Biology**, v. 29, n. 1, p. 25-33, 2014.

ALBERTINI, E. et al. Did apomixis evolve from sex or was it the other way around? **Journal of Experimental Botany**, v. 70, n. 11, p. 2951–2964, 1 jun. 2019.

ARAGÃO, D. S.; COSTA, C. B. N.; NASCIMENTO, V. T. Biologia floral, fenologia reprodutiva e polinização de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae) em uma área de Cerrado no oeste da Bahia. **Paubrasilia**, v. 2, n. 1, p. 17-26, 2019.

ARCEO-GÓMEZ, G.; ASHMAN, T. Heterospecific pollen deposition: does diversity alter the consequences?. **New Phytologist**, v. 192, n. 3, p. 738-746, 2011.

AUSTERLITZ, F. et al. The effects of inbreeding, genetic dissimilarity and phenotype on male reproductive success in a dioecious plant. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 279, n. 1726, p. 91–100, 7 jan. 2012.

BARROS, E. C. O.; WEBBER, A. C.; MACHADO, I. C. Limitação de polinizadores e mecanismo de autoincompatibilidade de ação tardia como causas da baixa formação de frutos em duas espécies simpátricas de *Inga* (Fabaceae-Mimosoideae) na Amazônia Central. **Rodriguésia**, v. 64, n. 1, p. 37-47, 2013.

BERGAMO, P. J. et al. Flower colour and visitation rates of *C. ostus arabicus* support the ‘bee avoidance’ hypothesis for red-reflecting hummingbird-pollinated flowers. **Functional Ecology**, v. 30, n. 5, p. 710-720, 2016.

- BRAGA, C. S. et al. Comportamento meiótico e viabilidade polínica de *Averrhoa carambola* L. (oxalidaceae) por meio de testes colorimétricos. **Agrarian academy**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.5, n.9; p. 478, 2018.
- BRITO, A. C. et al. Propriedades do pólen e do estigma de *Ocimum basilicum* L.(cultivar Maria Bonita) para aumentar a eficiência de cruzamentos em programas de melhoramento. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 2, p. 208-214, 2010.
- BUCHMANN, S.L. Buzz pollination in angiosperms, in: Jones, C.E., Little, R.J. (Eds.), Handbook of experimental pollination biology, **Van Nostrand Reinhold**, New York, pp. 73-113, 1983
- BÜTTOW, M. V. et al. Reproductive success of *Aechmea winkleri*, a clonal and self-incompatible bromeliad from the Atlantic rainforest. **Flora**, v. 262, p. 151521, 2020.
- CAETANO, A. P. S.; CORTEZ, P. A. Reprodução assexuada. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural. Pp. 93-112, 2014.
- CAETANO, A. P. S. et al. Unusual diversity of apomictic mechanisms in a species of *Miconia*, Melastomataceae. **Plant Systematics and Evolution**, v. 304, n. 3, p. 343-355, 2018.
- CARDOSO, J. C. F. et al. Towards a unified terminology for angiosperm reproductive systems. **Acta Botanica Brasílica**, v. 32, n. 3, p. 329-348, 2018.
- CARRIÓ, E.; GÜEMES, J. The role of a mixed mating system in the reproduction of a Mediterranean subshrub (*Fumana hispidula*, Cistaceae). **Journal of plant research**, v. 126, n. 1, p. 33-40, 2013.
- CETINBAS, A.; UNAL, M. Uma visão geral da dicogamia em angiospermas. **Pesquisa em Biologia Vegetal**, v. 4, n. 5, 2014.
- CHEN, M.; ZHAO, X. Y. Effect of pollen and resource limitation on reproduction of *Zygo-phyllum xanthoxylum* in fragmented habitats. **Ecology and Evolution**, v. 7, n. 21, p. 9076-9084, 2017.
- COELHO, C. P.; BARBOSA, A. A. A. Biologia reprodutiva de *Psychotria poeppigiana* Mull. Arg. (Rubiaceae) em mata de galeria. **Acta Botânica Brasílica**, v.18, n.3, p. 481-489, 2004.
- DART, S. R. et al. Broad geographic covariation between floral traits and the mating system in *Camissoniopsis cheiranthifolia* (Onagraceae): multiple stable mixed mating systems across the species' range? **Annals of botany**, v. 109, n. 3, pág. 599-611, 2012.
- FABBRO, T.; KÖRNER, C. Altitudinal differences in flower traits and reproductive allocation. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 199, n. 1, p. 70-81, 2004.
- FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, L. et al. Evaluación de dos métodos de propagación para la conservación ex situ de tres melastomatáceas altoandinas. **Caldasia**, v. 42, n. 1, p. 129-141, 2020.

FREITAS, L.; WOLOWSKI, M.; SIGILIANO, M. I. Ocorrência de limitação polínica em plantas de Mata Atlântica. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 251-265, 2010.

GARCIA, R. A. et al. Múltiplas dimensões das mudanças climáticas e suas implicações para a biodiversidade. **Science**, v. 344, n. 6183, 2014.

GODEFROID, S.; JANSSENS, S.; VANDERBORGHT, T. Do plant reproductive traits influence species susceptibility to decline? **Plant Ecology and Evolution**, v. 147, n. 2, p. 154-164, 2014.

GODOY, F. M. R. et al. High genetic diversity and moderate genetic structure in the self-incompatible, clonal *Bromelia hieronymi* (Bromeliaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 187, n. 4, p. 672-688, 2018.

GOETTSCHE, B. et al. High proportion of cactus species threatened with extinction. **Nature plants**, v. 1, n. 10, p. 1-7, 2015.

GOLDENBERG, R.; VARASSIN, I. G. Sistemas reprodutivos de espécies de Melastomataceae da Serra do Japi, Jundiá, São Paulo, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 24, n. 3, p. 283-288, 2001.

HESCHEL, M. S. et al. A new role for phytochromes in temperature-dependent germination. **New Phytologist**, v. 174, n. 4, p. 735-741, 2007.

HISTER, C. A. L.; TEDESCO, S. B. Estimativa da viabilidade polínica de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine) através de distintos métodos de coloração. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 135-141, 2016.

JESUS, L. G. A. et al. Eficiência de testes colorimétricos para determinação da viabilidade do pólen em acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 8, n. 1, 2018.

JORGE, A.; LOUREIRO, J.; CASTRO, S. Flower biology and breeding system of *Salvia sclareoides* Brot (Lamiaceae). **Plant systematics and Evolution**, v. 301, n. 5, p. 1485-1497, 2015.

KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. **Techniques for pollination biologists**. Niwot: University Press of Colorado, p. 583, 1993.

LAVINSCKY, M. P. et al. Contributions of classical and molecular cytogenetic in meiotic analysis and pollen viability for plant breeding. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 3, 2017.

LENZA, E.; OLIVEIRA, P. E. Biologia reprodutiva de *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae), uma espécie dióica em mata de galeria do Triângulo Mineiro, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 28, n. 1, p. 179-190, 2005.

- MAEKAWA, L.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; COELHO, M. F. B. Germinação de sementes de *Aristolochia esmeranzae* O. Kuntze em diferentes temperaturas e condições de luminosidade. **Revista Brasileira de plantas medicinais**, v. 12, n. 1, p. 23-30, 2010.
- MAIA, F. R.; VARASSIN, I. G.; GOLDENBERG, R. Apomixis does not affect visitation to flowers of Melastomataceae, but pollen sterility does. **Plant Biology**, v. 18, n. 1, p. 132-138, 2016.
- MANGLA, Y. et al. Facultative apomixis and development of fruit in a deciduous shrub with medicinal and nutritional uses. **AoB Plants**, v. 7, p. plv098, 2015.
- MONTAGNA, T. et al. Reproductive ecology of *Ocotea catharinensis*, an endangered tree species. **Plant Biology**, v. 20, n. 5, p. 926-935, 2018.
- MORALES, C. L.; TRAVESET, A. Interspecific pollen transfer: magnitude, prevalence and consequences for plant fitness. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 27, n. 4, p. 221-238, 2008.
- MORENO, E. C. et al. Biologia floral, morfometria e viabilidade polínica do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *Flavicarpa* Degener). **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, 2015.
- MRÁZ, P. et al. Can obligate apomixis and more stable reproductive assurance explain the distributional successes of asexual triploids in *Hieracium alpinum* (Asteraceae)? **Plant Biology**, v. 21, n. 2, p. 227-236, 2019.
- MURREN, C. J. et al. Investigating lag phase and invasion potential of *Vitex rotundifolia*: A coastal dune exotic. **Journal of Coastal Research**, v. 30, n. 4, p. 815-824, 2014.
- NAZARENO, A. G.; REIS, M. S. Linking phenology to mating system: exploring the reproductive biology of the threatened palm species *Butia eriospatha*. **Journal of Heredity**, v. 103, n. 6, p. 842-852, 2012.
- OLIVEIRA P. E.; MARUYAMA P. K. Sistemas reprodutivos. In: RECH A. R.; AGOSTINI A.; OLIVEIRA P. E.; MACHADO I. C. **Biologia da Polinização**. Projeto Cultural, Rio de Janeiro. Pp. 71-92, 2014.
- OPEDAL, Ø. H. et al. Evolutionary consequences of ecological factors: pollinator reliability predicts mating-system traits of a perennial plant. **Ecology Letters**, v. 19, n. 12, p. 1486-1495, 2016.
- OTÁROLA, M. F.; ROCCA, M. A. Flores no tempo: a floração como uma fase da fenologia reprodutiva. In: RECH A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (eds) **Biologia da polinização**. Projeto Cultural, Rio de Janeiro, p. 113-126, 2014.
- PAGGI, G. M. et al. Fertility of *Vriesea gigantea* Gaud.(Bromeliaceae) in southern Brazil. **American Journal of Botany**, v. 94, n. 4, p. 683-689, 2007.

- PAGLIARINI, M. S.; POZZOBON, M. T. Meiose vegetal: um enfoque para a caracterização de germoplasma. **Curso de citogenética aplicada a recursos genéticos vegetais**, v. 2, p. 24-41, 2004.
- PIERCE, S. et al. Identifying population thresholds for flowering plant reproductive success: the marsh gentian (*Gentiana pneumonanthe*) as a flagship species of humid meadows and heathland. **Biodiversity and conservation**, v. 27, n. 4, p. 891-905, 2018.
- PIMM, S. L. et al. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. **science**, v. 344, n. 6187, 2014.
- PINHEIRO, M. et al. Polinização por abelhas, in: RECH, A.R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P.E.; MACHADO, I.C. **Biologia da polinização**. Projeto Cultural, Rio de Janeiro, pp. 205-233, 2014.
- PEREIRA, T. N. S. et al. *Passiflora cristalina* and *Passiflora miniata*: meiotic characterization of two wild species for use in breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 3, p. 273-279, 2017.
- POOL-CHALÉ, M. et al. Reproductive biology of *Aechmea bracteata* (Sw.) Griseb. (Bromelioideae: Bromeliaceae). **Plant Biology**, v. 20, n. 1, p. 113-120, 2018.
- POZZOBON, M. T. et al. Comportamento meiótico em acessos de *Capsicum chinense* Jacq. do Banco de Germoplasma da Embrapa, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 13, n. 2, 2015.
- PRIMACK, R. B. Longevity of individual flowers. **Annual review of ecology and systematics**, p. 15-37, 1985.
- PYKE, G. H. Plant–pollinator co-evolution: It's time to reconnect with Optimal Foraging Theory and Evolutionarily Stable Strategies. Perspectives in **Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 19, p. 70-76, 2016.
- RADFORD, A. E. **Vascular plant systematics**. Harper & Row Publishers, Inc., New York, p. 891, 1974.
- RECH, A. R. et al. (Ed.). **Biologia da polinização**. Projecto Cultural, 2014.
- RECH, A. R. et al. Pollinator availability, mating system and variation in flower morphology in a tropical savanna tree. **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, n. 3, p. 462-472, 2018.
- RENNER, S. S. A survey of reproductive biology in Neotropical Melastomataceae and Mecycylaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 496-518, 1989.
- ROSAS-GUERRERO, V. et al. A quantitative review of pollination syndromes: do floral traits predict effective pollinators? **Ecology letters**, v. 17, n. 3, p. 388-400, 2014.
- SANTOS, J. F. L. et al. Morfologia, viabilidade polínica e índice meiótico de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 37514-37536, 2020.

- SANTOS JR. A et al. Efeito do isolamento de árvores de *Sterculia apetala* sobre a emergência de plântulas no pantanal. **Biotemas**, v. 26, n. 4, p. 61-67, 2013.
- SANTOS, T. et al. Índice meiótico e viabilidade polínica de *Hymenaea courbaril* L., no município de Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, 2019.
- SANTOS, A. P. M. et al. Reproductive biology and species geographical distribution in the Melastomataceae: a survey based on New World taxa. **Annals of Botany**, v. 3, n. 110, 2012.
- SHIVANNA, K. R.; TANDON, R. **Reproductive ecology of flowering plants: a manual**. New Delhi: Springer India, 2014.
- SILVA, L. A. C. et al. Receptividade dos estigmas de acessos da grama-do-cerrado (*Mesosectum chaseae* Lucas), Pantanal. In: **Embrapa Pantanal-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal, 5., 2010, Corumbá, MS. Anais... Corumbá: Embrapa Pantanal: UFMS; Campinas: ICS do Brasil, 2010. 1 CD-ROM SIMPAN 2010., 2010.
- SILVA, S. M. M. et al. Genetic parameters for *Hymenaea courbaril* L. conservation in Southwestern AMAZON. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 87-95, 2014.
- SILVA, L. M. M.; RODRIGUES, T. J. D.; AGUIAR, I. B. Efeito da luz da temperatura na germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 691-697, 2002.
- SILVEIRA, F. A. O. et al. Physiological dormancy and seed germination inhibitors in *Miconia* (Melastomataceae). **Plant Ecology and Evolution**, v. 146, n. 3, p. 290-294, 2013.
- SILVEIRA, F. A. O.; NEGREIROS, D.; FERNANDES, G. W. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Marcetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC.(Melastomataceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 4, p. 847-851, 2004.
- SIMÃO, E.; TAKAKI, M. Effect of light and temperature on seed germination in *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. (Melastomataceae). **Biota Neotropica**, v. 8, n. 2, p. 63-68, 2008.
- SINÉBOU, V. et al. Reproductive traits affect the rescue of valuable and endangered multi-purpose tropical trees. **AoB Plants**, v. 8, 2016.
- SOUZA, M. M.; PEREIRA, T. N. S.; MARTINS, E. R. Microsporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. V.26, n.6, p.1209-1217, 2002.
- STIEHL-ALVES, E. M.; MARTINS, M. P. Biologia reprodutiva de *Acacia mearnsii* de wild.: receptividade de estigmas. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 609-616, 2008.
- SUN, M.; GROSS, K.; SCHIESTL, F. P. Floral adaptation to local pollinator guilds in a terrestrial orchid. **Annals of Botany**, v. 113, n. 2, p. 289-300, 2014.

- SULIS, E. et al. Reproductive performance of *Helianthemum caput-felis* along its fragmented distribution in the Mediterranean coasts. **Flora**, v. 234, p. 24-33, 2017.
- TEIXEIRA, S. P.; MARINHO, C. R.; PAULINO, J. V. A Flor: aspectos morfofuncionais e evolutivos. **Biologia da Polinização**, p. 45, 2014.
- THOMANN, M. et al. Flowering plants under global pollinator decline. **Trends in plant science**, v. 18, n. 7, p. 353-359, 2013.
- TRAMONTIN, M. et al. Biologia floral de *Theobroma Speciosum* Willd Ex Spreng., uma malvaceae nativa da Amazônia brasileira. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, 2019.
- VARELLA, T. L. et al. Estrutura populacional e distribuição espacial de *Theobroma speciosum* Willd. Ex Spreng no norte do estado de Mato Grosso. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 115-126, 2018.
- VARELLA, T. et al. Aspectos reprodutivo de *Theobroma speciosum* em uma população natural no norte de Mato Grosso. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, 2019.
- ZAMBON, V; AGOSTINI, K. Polimorfismo floral e suas implicações em sistemas sexuais: o caso de *Solanum melongena* (Solanaceae). **Rodriguésia**, v. 68, n. 4, p. 1187-1199, 2017.
- WALSH, R. P.; ARNOLD, P. M.; MICHAELS, H. J. Effects of pollination limitation and seed predation on female reproductive success of a deceptive orchid. **AoB plants**, v. 6, 2014.
- WILLCOX, B. K. et al. Deconstructing pollinator community effectiveness. **Current opinion in insect science**, v. 21, p. 98-104, 2017.
- WOLOWSKI, M. et al. Predominance of self-compatibility in hummingbird-pollinated plants in the Neotropics. **Naturwissenschaften**, v. 100, n. 1, p. 69-79, 2013.

**CAPÍTULO 3**  
**ATRATIVOS FLORAIS E COMPORTAMENTO FENOLÓGICO DE *Marcetia***  
***taxifolia***

**RESUMO**

A fenologia fornece dados dos eventos reprodutivos e vegetativos da planta, servindo dentre outros fatores como indicativo da época de floração/frutificação de determinada espécie, e a época em que as plantas disponibilizam recursos e atrativos aos seus polinizadores. A espécie *Marcetia taxifolia* possui como atrativo floral morfotipos com flores de cores distintas. Este trabalho teve por objetivo a análise da fenologia reprodutiva e vegetativa e a verificação na forma como a cor das flores é usada para atrair os polinizadores de diferentes morfotipos de *Marcetia taxifolia*, em áreas de Campo Rupestre com diferentes níveis de antropização. Para a realização deste estudo foram feitas coletas de dados fenológicos quinzenalmente durante o período de um ano e análises espectrofotométricas com pétalas e anteras das flores de ambos os morfotipos estudados. Os resultados da fenologia reprodutiva demonstram que os morfotipos possuem picos de floração e frutificação não coincidentes em ambas as áreas de estudo, o que reduz a competição por polinizadores, essas fenofases apresentaram comportamento sazonal, com definição da época mais provável de ocorrência de tais eventos. Quanto à fenologia vegetativa, houve baixa sazonalidade e os morfotipos apresentaram comportamento de espécies sempre-verdes em ambas as áreas de estudo. Quanto às análises espectrofotométricas foi possível perceber que a estratégia do morfotipo com flores rosa é mais eficaz para atrair os polinizadores, uma vez que estes conseguem distinguir a cor das pétalas das anteras, localizando com facilidade o recurso floral.

**Palavras-chave:** Floração, frutificação, recursos florais, reprodução.

## ABSTRACT

Phenology provides data on the plant's reproductive and vegetative events, serving, among other factors, as an indication of the flowering/fruiting time of a given species, and the time when plants provide resources and attractions to their pollinators. The species *Marcetia taxifolia* has morphotypes with flowers of different colors as a floral attraction. This work aimed to analyze the reproductive and vegetative phenology and verify how the color of flowers is used to attract pollinators of different morphotypes of *Marcetia taxifolia*, in Campo Rupestre areas with different levels of anthropization. To carry out this study, phenological data were collected fortnightly over a period of one year and spectrophotometric analysis with petals and anthers of flowers of both studied morphotypes. The results of the reproductive phenology demonstrate that the morphotypes have flowering and fruiting peaks that do not coincide in both study areas, which reduces the competition for pollinators, these phenophases showed seasonal behavior, defining the most likely time of occurrence of such events. As for the vegetative phenology, there was low seasonality and the morphotypes showed behavior of evergreen species in both study areas. As for the spectrophotometric analysis, it was possible to see that the morphotype strategy with pink flowers is more effective to attract pollinators, since they can distinguish the color of the petals of anthers, easily locating the floral resource.

**Keywords:** Flowering, fruiting, floral resources, reproduction.

## 1. INTRODUÇÃO

O sucesso da vida no planeta está intimamente associado com o sucesso das interações bióticas, as quais podem ocorrer em todos os ambientes, ou ainda dentro e fora dos organismos. No entanto, dentre todas as interações, as que envolvem plantas e animais são as principais responsáveis pelos processos e padrões que mantêm a biodiversidade na Terra (DEL-CLARO et al., 2013). Nesse contexto, a interação planta-polinizador é mutualística, pois as espécies vegetais oferecem recursos (e.g., néctar, pólen, óleo, perfumes) aos polinizadores e, conseqüentemente, estes promovem o fluxo de pólen durante seu forrageamento (RICKLEFS, 2010).

No tocante a polinização, é interessante que muitos polinizadores apresentam preferências por determinadas cores, portanto, as plantas usam as cores para tornar suas flores mais atrativas no ambiente que estão inseridas. Por essa razão, é muito fácil perceber a grande variedade de displays florais coloridos que interagem com as habilidades visuais de seus visitantes (WILLMER, 2011). Uma determinada espécie de polinizador pode inclusive ter indivíduos com preferências de cores distintas, embasados nas experiências com cores das flores gratificantes ou não na comunidade de ocorrência (NEWMAN; ANDERSON & JOHNSON, 2012).

A fenologia também é de extrema importância, uma vez que, por meio de estudos fenológicos é possível identificar o momento nos quais os recursos estão disponíveis podendo ocorrer diversas interações da planta com suas espécies dependentes: parasitas, herbívoros, e polinizadores (FERREIRA & TOREZAN SILINGARDI, 2013). Além disso, auxilia no entendimento da dinâmica dos ecossistemas florestais e é primordial para estudos ecológicos e evolutivos, por esse motivo, torna-se importante conhecer a periodicidade dos eventos vegetativos e reprodutivos no intuito de fornecer subsídios que auxiliem na compreensão da complexa dinâmica dos ecossistemas (BRAGA et al., 2019).

Estudos fenológicos precisam levar em consideração o contexto ambiental da população, sendo difícil compreender os mecanismos que desencadeiam os processos fenológicos sem entender a associação entre variáveis ambientais, variação genética e fatores extrínsecos ao ambiente (ABERNETHY et al., 2018).

Estudos fenológicos são relevantes, pois fornecem informações para que diversos estudos com foco na biologia reprodutiva, coleta de frutos e sementes e dispersão de propágulos possam ser desenvolvidos (SOUZA et al., 2014). A floração e a frutificação são eventos

cruciais na história de vida das plantas: ambas são fases reprodutivas, com consequências ecológicas e evolutivas (WOLKOVICH et al., 2014; MORELLATO et al., 2016).

Estudos fenológicos são uma ótima opção para a compreensão dos fatores que interferem na reprodução e na sobrevivência das espécies vegetais. O objetivo desse trabalho foi analisar a fenologia reprodutiva e vegetativa e verificar como a diferença da cor das flores atuam na atratividade á polinizadores de morfotipos de *Marcetia taxifolia*, em áreas de estudo com diferentes níveis de antropização.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Áreas de estudo**

Idem capítulo 1.

### **2.3. Coleta e análise de dados**

A atratividade das flores de cada morfotipo com relação aos seus polinizadores foi observada a partir da seleção aleatória de 10 flores por indivíduo/morfotipo/área. Foram amostrados 20 indivíduos em cada área de estudo, totalizando 200 flores por área. Essas flores foram levadas ainda frescas para análise no laboratório. Na fase de obtenção dos dados para distinção da coloração das flores dos morfotipos sob o olhar do polinizador, foi realizada a análise espectrofotométrica das pétalas e das anteras de cada morfotipo, utilizando o espectrofotômetro JAZ (Ocean Optics, Inc., Dunedin, FL, EUA), conforme metodologia descrita por (CHITTKA & KEVAN, 2005). Os gráficos para interpretação dos dados foram elaborados no programa R.

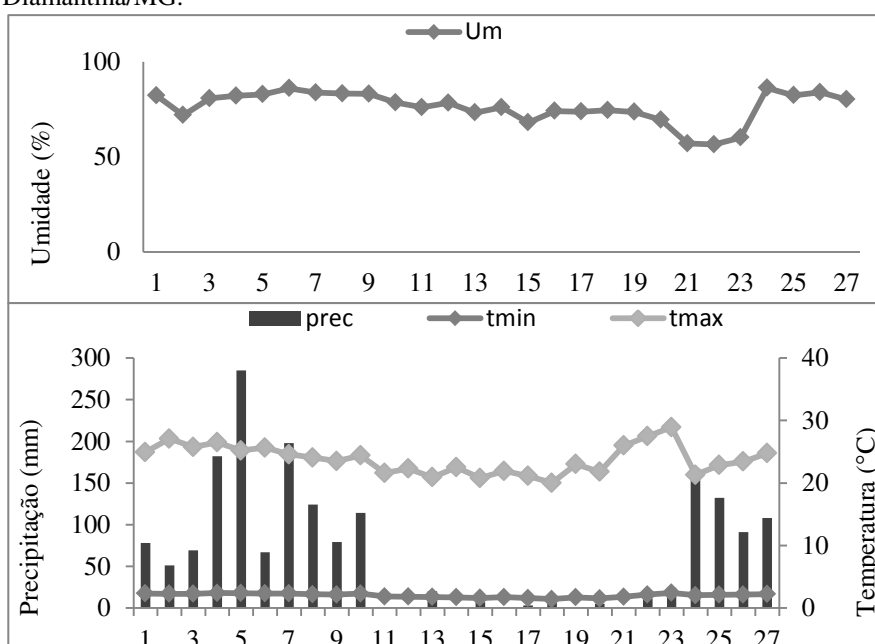
Para a coleta de dados fenológicos foram selecionadas 30 matrizes de *Marcetia taxifolia* em cada área de estudo, com a seleção de quinze indivíduos de cada morfotipo. Com relação às análises das características fenológicas, foi empregado o método quantitativo de Fournier (1974) e foram observadas a floração, frutificação e folhagem em diferentes graus de desenvolvimento. Foram associados valores de 0 a 4, de acordo com a intensidade do evento observado: 0 (ausência do evento); 1 (ocorrência do fenômeno entre 1% e 25%); 2 (ocorrência entre 26% e 50%); 3 (ocorrência entre 51% e 75%) e 4 (ocorrência entre 76% e 100%). Por meio desse método foi possível verificar os picos de intensidade para as fenofases, de floração, frutificação e folhagem (BENCKE & MORELLATO, 2002).

Durante o período de dezembro/2019 a dezembro/2020, foram realizadas as observações fenológicas com visitas quinzenais às áreas de estudo para observações e coletas

de dados, totalizando um ano de observações. As fenofases de floração avaliadas foram: botões florais, flores abertas e flores senescentes, quanto à frutificação foram analisados: frutos imaturos, maduros e em dispersão, nas fenofases vegetativas foram avaliadas: folhas novas, queda de folhas e brotamento.

Com relação aos dados climáticos, foram obtidos dados de precipitação, temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar, no período de dezembro/2019 a dezembro/2020, do município de Diamantina/MG, local de inserção das áreas de estudo. Os dados de precipitação foram obtidos pela soma dos valores para cada período de observação da fenologia, já os dados da temperatura máxima e mínima e da umidade foram obtidos pelo cálculo da média dos períodos de coleta de dados. A correlação de Spearman foi utilizada para analisar se os eventos estudados possuíam alguma relação com as variáveis climáticas (temperatura máxima e mínima em °C, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica), que foram obtidas do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2020) (Figura 1). Foi utilizado o software R, versão 4.0.3 para análise dos dados.

**Figura 1** - Variação na umidade relativa do ar, temperatura máxima e mínima e precipitação durante o período de estudo (2019 a 2020), no município de Diamantina/MG.



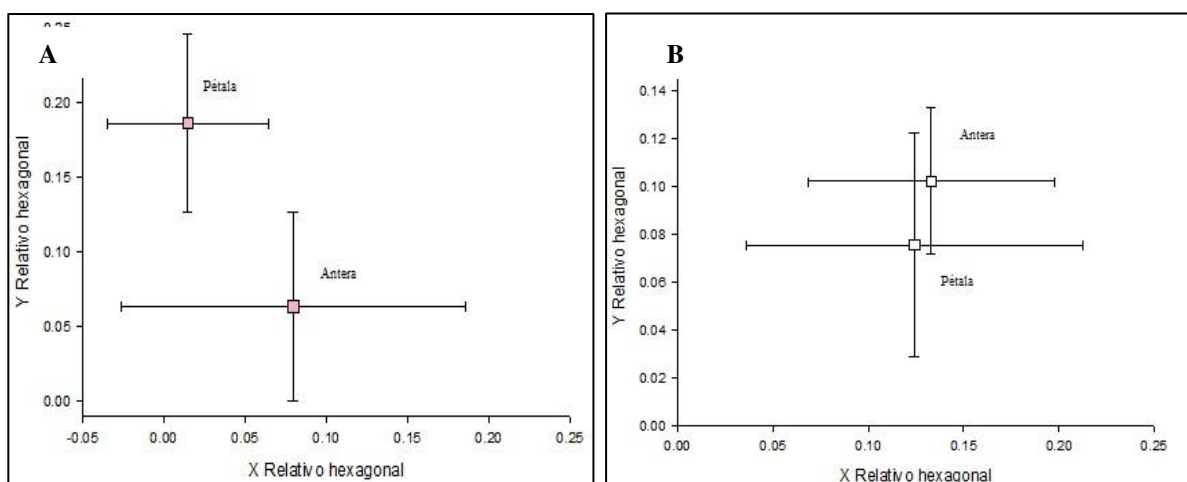
O período com maior probabilidade de ocorrência de cada fenofase reprodutiva e vegetativa no decorrer da observação fenológica foi calculado por meio da análise circular, na qual foram determinados o ângulo e a data média, indicando o período de ocorrência de uma determinada fenofase ao longo do ano (MORELLATO et al., 2000). A sazonalidade dos

eventos fenológicos foi determinada pelo teste de Rayleigh (Z) e pelo coeficiente r, no intuito de verificar a concentração dos eventos em cada período, indicando o nível de sazonalidade (TALORA; MORELLATO, 2000; MORELLATO et al., 2000). Quando o teste Z apresentou valores significativos ( $p < 0,05$ ), o evento foi sazonal e os valores do coeficiente r indicaram o nível de sazonalidade (MORELLATO et al., 2000). Para realização das análises circulares foi utilizado o software ORIANA, versão 4.0.1.

### 3. RESULTADOS

Os resultados apresentados evidenciam que no morfotipo com flores rosa as anteras são diferenciadas das pétalas (Figura 2A), enquanto que no morfotipo com flores brancas as anteras e as pétalas não são diferenciadas pelo polinizador (Figura 2B).

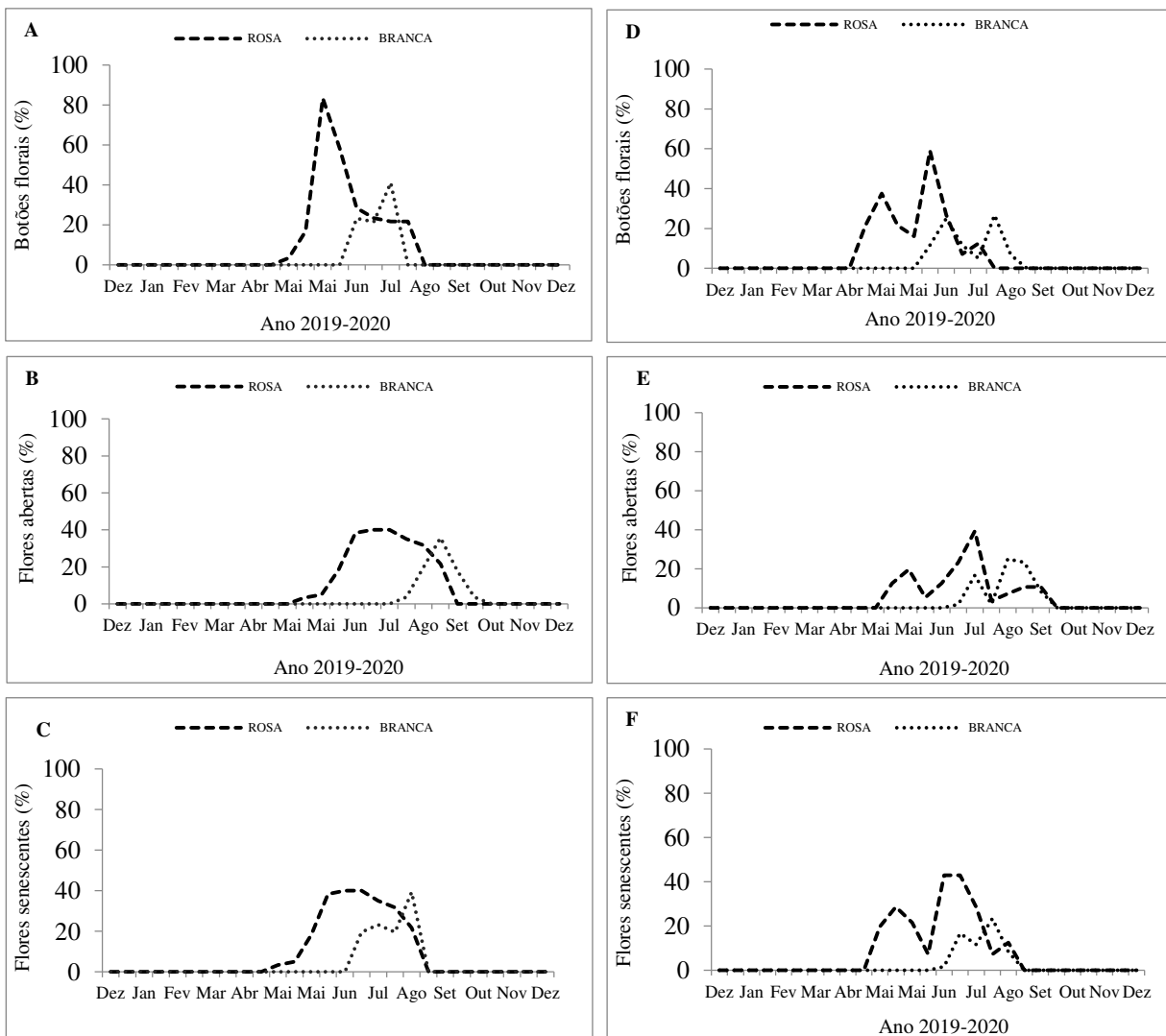
**Figura 2** - Separação visual entre pétalas e anteras, morfotipo com flores rosa (A), não distinção entre pétalas e anteras, morfotipo com flores brancas (B).



No tocante a fenologia reprodutiva, os resultados obtidos para as subpopulações de *M. taxifolia*, localizadas no Parque Estadual do Biribiri, demonstram que os picos de floração dos morfotipos são distintos. O morfotipo com flores rosa produz flores distribuídas por um período mais extenso quando comparado ao morfotipo com flores brancas (Figuras 3A-3C). Esse comportamento também é observado na outra área de estudo (Figuras 3D-3F). A ocorrência das fenofases de flores abertas e flores senescentes em ambas as áreas de estudo ocorreram de modo distintos à produção de botões florais, uma vez ocorre picos mais intensos na fase de botão floral, essa diferença fica mais evidenciada na área de estudo do Parque Estadual do Biribiri. De forma geral o comportamento da floração das subpopulações de *M. taxifolia* localizadas às margens do Córrego do Soberbo é semelhante ao padrão encontrado na

área de estudo anterior, porém ocorre maior variação nos picos de ocorrência dos eventos (Figuras 3D-3F), ou seja, os propágulos são dispersos em menor quantidade por um período de tempo mais extenso.

**Figura 3** - Intensidade da fenologia de floração dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados no Parque Estadual do Biribiri – PEBI (A-C) e dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados às margens do Córrego do Soberbo (D-F), avaliada entre Dezembro/2019 a Dezembro/2020. Foi utilizado o método semiquantitativo de Fournier (1974) para determinar a intensidade das fenofases de botões florais (A e D), flores abertas (B e E) e flores senescentes (C e F).



Na área de estudo do Parque Estadual do Biribiri, a ocorrência de botões florais nos indivíduos do morfotipo 1 apresentou data média de ocorrência em junho, enquanto que o morfotipo 2 apresentou data média de ocorrência em julho. A fenofase de flores abertas nos indivíduos do morfotipo 1 e 2 apresentaram data média em julho, já a fase de flores senescentes nos indivíduos do morfotipo 1 apresentou data média em julho, enquanto que o morfotipo

2 apresentou data média em setembro. As fenofases de floração de ambos os morfotipos apresentaram alta sazonalidade definida pelos altos valores de  $r$  (Tabela 1).

Em contrapartida na área de estudo 2, percebe-se que a ocorrência de botões florais nos indivíduos do morfotipo com flores rosa apresentou data média no final de maio, enquanto que o morfotipo com flores brancas apresentou data média em julho. A fenofase de flores abertas nos indivíduos do morfotipo com flores rosa apresentou data média em junho, enquanto que o morfotipo com flores brancas apresentou data média em julho, já a fase de flores senescentes nos indivíduos do morfotipo com flores rosa apresentou data média em julho, enquanto que o morfotipo com flores brancas apresentou data média em agosto. Os dados de data média (DM) de ocorrência de cada fenofase demonstram que a floração do morfotipo 1 inicia sua floração em Maio e termina em Agosto, já o morfotipo 2, inicia a floração em Julho e só termina em Agosto. Dessa forma o morfotipo 1 ( flores rosa) apresenta uma floração mais prolongada. As fenofases de floração de ambos os morfotipos também apresentaram alta sazonalidade definida pelos altos valores de  $r$  (Tabela 1).

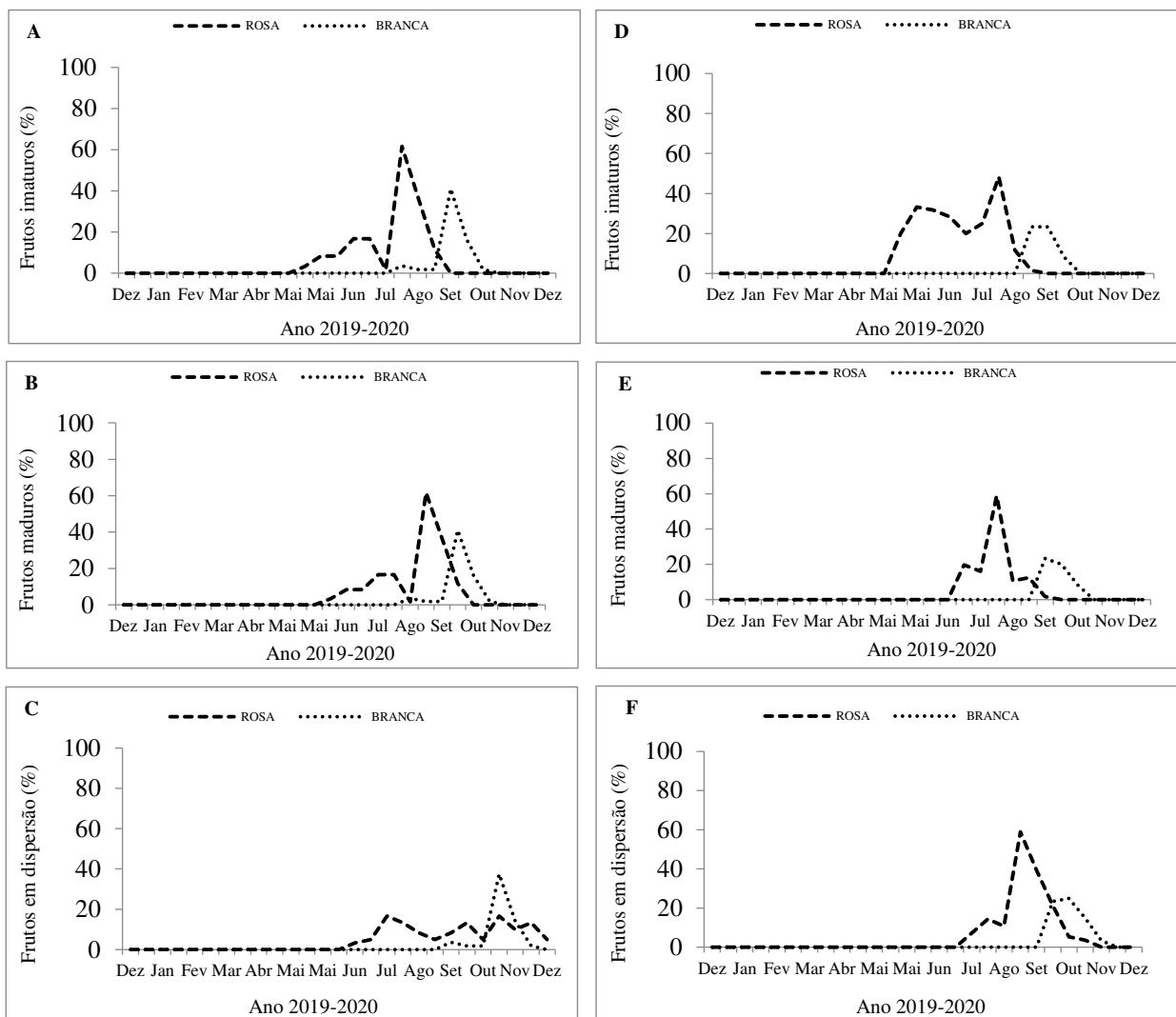
**Tabela 1** - Análise circular para determinação do grau de sazonalidade das fenofases de floração dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados no Parque Estadual do Biribiri – PEBI (Área 1) e às margens do Córrego do Soberbo (Área 2), no município de Diamantina/MG e amostrados entre Dezembro/2019 a Dezembro/2020. Foram determinados o ângulo médio (AM), a data média (DM), o coeficiente de concentração ( $r$ ) e o teste de Rayleigh ( $Z$ ) a 5% de significância.

<b>Área de estudo 1</b>					
<b>Fenofases</b>	<b>Morfotipo</b>	<b>AM</b>	<b>DM</b>	<b><math>r</math></b>	<b><math>Z</math></b>
Botões Florais	Flores rosa	185,562	17/06/2020	0,91	211.827*
	Flores brancas	211,474	13/07/2020	0,98	81.577*
Flores abertas	Flores rosa	206,186	08/07/2020	0,896	187.025*
	Flores brancas	211,474	13/07/2020	0,98	81.577*
Flores senescentes	Flores rosa	220,022	22/07/2020	0,897	187.377*
	Flores brancas	263,266	04/09/2020	0,976	78.054*
<b>Área de estudo 2</b>					
<b>Fenofases</b>	<b>Morfotipo</b>	<b>AM</b>	<b>DM</b>	<b><math>R</math></b>	<b><math>Z</math></b>
Botões Florais	Flores rosa	168,2	31/05/2020	0,889	158.739*
	Flores brancas	213,32	15/07/2020	0,923	75.038*
Flores abertas	Flores rosa	191,68	23/06/2020	0,857	154.803*
	Flores brancas	226,32	29/07/2020	0,966	57.803*
Flores senescentes	Flores rosa	211,67	14/07/2020	0,817	96.214*
	Flores brancas	249,46	21/08/2020	0,947	69.117*

Por consequência os picos das épocas de frutificação destes morfotipos também são em épocas distintas, o pico da produção bem como da dispersão dos frutos de ambos os

morfotipos estão bem definidos quanto à época de ocorrência, porém o morfotipo com flores rosa produziu frutos com maior intensidade, mas os dispersou de forma fracionada apresentando mais de um pico de dispersão destes propágulos, já o morfotipo com flores brancas concentrou essa dispersão em um único período, nas duas áreas estudadas (Figuras 4A-4F).

**Figura 6** - Intensidade da fenologia de frutificação dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados no Parque Estadual do Biribiri – PEBI (A-C) e dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados às margens do Córrego do Soberbo (D-F), avaliada entre Dezembro/2019 a Dezembro/2020. Foi utilizado o método semiquantitativo de Fournier (1974) para determinar a intensidade das fenofases de frutos imaturos (A e D), frutos maduros (B e E) e frutos em dispersão (C e F).



Na área de estudo do Parque Estadual do Biribiri, a ocorrência de frutos imaturos nos indivíduos do morfotipo com flores rosa apresentou data média em junho, enquanto que o morfotipo com flores brancas apresentou data média em setembro. A fenofase de frutos maduros nos indivíduos do morfotipo com flores rosa apresentou data média em agosto, enquanto que o morfotipo com flores brancas apresentou data média em outubro, já a fenofase

de frutos em dispersão nos indivíduos do morfotipo com flores rosa apresentou data média em setembro, enquanto que o morfotipo com flores brancas apresentou data média em outubro, as fenofases de frutificação de ambos os morfotipos apresentaram alta sazonalidade definida pelos altos valores de  $r$  (Tabela 2).

Já na área de estudo 2, observa-se que a ocorrência de frutos imaturos nos indivíduos do morfotipo com flores rosa apresentou data média em julho, enquanto que o morfotipo com flores brancas apresentou data média em setembro. A fenofase de frutos maduros nos indivíduos do morfotipo com flores rosa apresentou data média em agosto, enquanto que o morfotipo com flores brancas apresentou data média em setembro, já a fenofase de frutos em dispersão nos indivíduos do morfotipo com flores rosa apresentou data média em setembro, enquanto que o morfotipo com flores brancas apresentou data média em outubro, as fenofases de frutificação de ambos os morfotipos apresentaram alta sazonalidade definida pelos altos valores de  $r$  (Tabela 2).

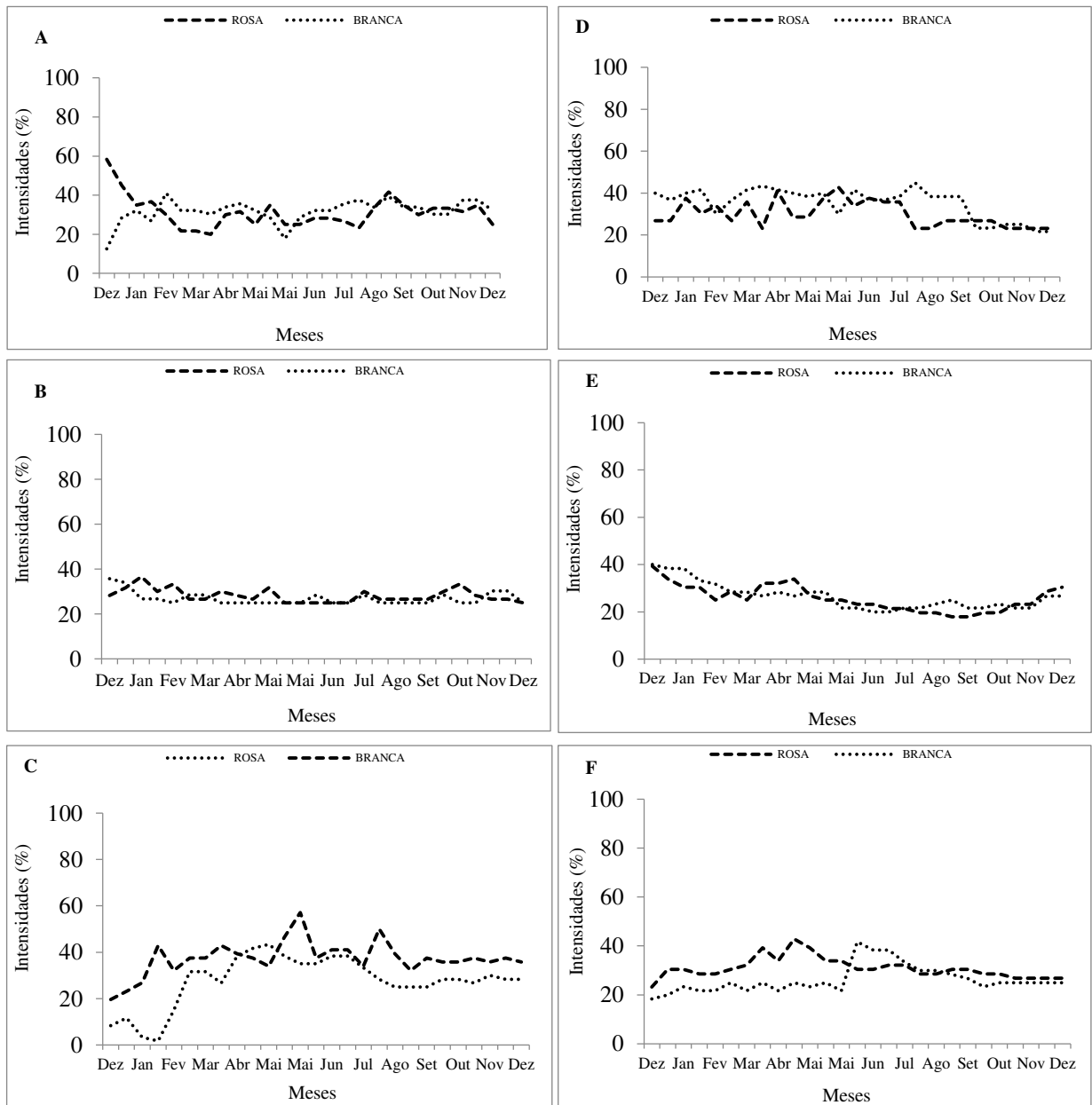
**Tabela 2** - Análise circular para determinação do grau de sazonalidade das fenofases de frutificação dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados no Parque Estadual do Biribiri – PEBI (Área 1) e às margens do Córrego do Soberbo (Área 2), no município de Diamantina/MG e amostrados entre Dezembro/2019 a Dezembro/2020. Foram determinados o ângulo médio (AM), a data média (DM), o coeficiente de concentração ( $r$ ) e o teste de Rayleigh ( $Z$ ) a 5% de significância.

<b>Área de estudo 1</b>					
<b>Fenofases</b>	<b>Morfotipo</b>	<b>AM</b>	<b>DM</b>	<b><math>r</math></b>	<b><math>Z</math></b>
Frutos imaturos	Flores rosa	227,401	30/07/2020	0,89	131.451*
	Flores brancas	277,987	19/09/2020	0,971	63.133*
Frutos maduros	Flores rosa	254,973	27/08/2020	0,891	131.753*
	Flores brancas	291,757	03/10/2020	0,971	63.133*
Frutos em dispersão	Flores rosa	282,131	23/09/2020	0,679	56.201*
	Flores brancas	318,894	31/10/2020	0,969	58.242*
<b>Área de estudo 2</b>					
<b>Fenofases</b>	<b>Morfotipo</b>	<b>AM</b>	<b>DM</b>	<b><math>r</math></b>	<b><math>Z</math></b>
Frutos imaturos	Flores rosa	201,69	04/07/2020	0,861	163.213*
	Flores brancas	273,53	15/09/2020	0,986	52.469*
Frutos maduros	Flores rosa	234,29	06/08/2020	0,96	110.506*
	Flores brancas	287,07	28/09/2020	0,985	49.483*
Frutos em dispersão	Flores rosa	268,13	09/09/2020	0,94	141.317*
	Flores brancas	304,46	16/10/2020	0,978	63.171*

### 3.3. Fenologia vegetativa

As fenofases vegetativas apresentaram comportamento semelhante para ambos os morfotipos, dessa forma as populações de *M. taxifolia* estudadas não apresentaram muita diferença nas épocas de ocorrência de folhas novas, queda de folha e brotamento (Figuras 5A-5C) na área do Parque Estadual do Biribiri e na área às margens do Córrego do Soberbo, (Figuras 5D-5F).

**Figura 5** - Intensidade da fenologia vegetativa dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados no Parque Estadual do Biribiri – PEBI (A-C) e dos morfotipos de *M. taxifolia* localizados às margens do Córrego do Soberbo (D-F), avaliada entre Dezembro/2019 a Dezembro/2020. Foi utilizado o método semiquantitativo de Fournier (1974) para determinar a intensidade das fenofases folha nova (A e D), queda de folha (B e E) e brotamento (C e F).



Com relação à área de estudo da Cascalheira a ocorrência de folhas novas nos indivíduos dos morfotipos com flores rosa e com flores brancas apresentaram data média em junho. A queda de folha nos indivíduos do morfotipo com flores rosa apresentou data média em dezembro, e o morfotipo com flores brancas apresentou data média em julho, já a fase de brotamento nos indivíduos dos morfotipos com flores rosa e brancas apresentaram data média em dezembro. A análise circular indicou baixa sazonalidade determinado pelos baixos valores de  $r$ , para as fenofases vegetativas de ambos os morfotipos, apesar de apresentarem valores significativos, o que caracteriza espécies com padrão sempre verdes (Tabela 3).

Analisando a área de estudo 2 percebe-se que a ocorrência de folhas novas nos indivíduos dos morfotipos com flores rosa e com flores brancas apresentaram data média em abril. A queda de folha nos indivíduos do morfotipo com flores rosa apresentou data média em abril, enquanto que o morfotipo com flores brancas apresentou data média em julho, já na fase de brotamento os indivíduos dos morfotipos com flores rosa e com flores brancas apresentaram data média em janeiro. A análise circular indicou baixa sazonalidade determinado pelos baixos valores de  $r$  nas fenofases vegetativas, para ambos os morfotipos (Tabela 3).

**Tabela 3** - Análise circular para determinação do grau de sazonalidade da fenologia reprodutiva e vegetativa de morfotipos de *M. taxifolia* localizados no Parque Estadual do Biribiri – PEBI (Área 1) e às margens do Córrego do Soberbo (Área 2), no município de Diamantina/MG e amostrados entre Dezembro/2019 a Dezembro/2020. Foram determinados o ângulo médio (AM), a data média (DM), o coeficiente de concentração ( $r$ ) e o teste de Rayleigh ( $Z$ ) a 5% de significância.

Área de estudo 1					
Fenofase	Morfotipo	AM	DM	$r$	$Z$
Brotamento	Flores rosa	181,598	10/06/2020	0,161	19.29*
	Flores brancas	179,827	08/06/2020	0,041	1.741 <sup>ns</sup>
Folhas Novas	Flores rosa	352,949	03/12/2020	0,062	3.314*
	Flores brancas	216,804	15/07/2020	0,067	4.291*
Queda de Folhas	Flores rosa	10,126	22/12/2019	0,071	3.815*
	Flores brancas	2,033	14/12/2019	0,073	3.937*
Área de estudo 2					
Fenofase	Morfotipo	AM	DM	$r$	$Z$
Brotamento	Flores rosa	127,22	19/04/2020	0,065	3.384*
	Flores brancas	122,61	14/04/2020	0,06	3.409*
Folhas Novas	Flores rosa	113,71	05/04/2020	0,049	1.993 <sup>ns</sup>
	Flores brancas	226,81	29/07/2020	0,082	4.713*
Queda de Folhas	Flores rosa	48,679	30/01/2020	0,137	13.016*
	Flores brancas	33,5	15/01/2020	0,141	14.15*

Quanto aos aspectos climáticos as variáveis precipitação e temperatura máxima, mínima e umidade apresentam coeficientes de correlação muito baixos, em todas as fases florais analisadas, principalmente para o morfotipo com flores brancas independente da área de estudo (Tabela 4 e Tabela 5).

**Tabela 4** - Coeficientes de correlação de Spearman (rs) entre as fenofases reprodutiva e vegetativa dos morfotipos de *M. taxifolia* e as variáveis climáticas de Precipitação (PP), Temperatura máxima (Tmax), Temperatura mínima (Tmin), e Umidade (Um) localizados no Parque Estadual do Biribiri – PEBI no município de Diamantina/MG, no período de Dezembro/2019 a Dezembro/2020. \*significativo a 5%, <sup>ns</sup>: não significativo a 5%.

Fases	Morfotipo	PP	Tmax	Tmin	Um
Botões florais	Flor rosa	-0.38*	-0.49*	-0.54*	-0.14 <sup>ns</sup>
	Flor branca	-0.29 <sup>ns</sup>	-0.38*	-0.44*	-0.15 <sup>ns</sup>
Flores abertas	Flor rosa	-0.50*	-0.59*	-0.72*	-0.20*
	Flor branca	-0.35*	-0.36*	-0.49*	-0.10 <sup>ns</sup>
Flores senescentes	Flor rosa	-0.51*	-0.60*	-0.76*	-0.25*
	Flor branca	-0.32*	-0.10 <sup>ns</sup>	-0.42*	-0.41*
Frutos imaturos	Flor rosa	-0.38*	-0.49*	-0.62*	-0.16*
	Flor branca	-0.26*	0.26 <sup>ns</sup>	-0.19 <sup>ns</sup>	-0.65*
Frutos maduros	Flor rosa	-0.38*	-0.18 <sup>ns</sup>	-0.53*	-0.51*
	Flor branca	-0.20 <sup>ns</sup>	0.41 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>ns</sup>	-0.62*
Frutos em dispersão	Flor rosa	-0.17 <sup>ns</sup>	-0.32 <sup>ns</sup>	-0.35*	-0.24 <sup>ns</sup>
	Flor branca	0.28 <sup>ns</sup>	-0.21 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>
Folha nova	Flor rosa	-0.02 <sup>ns</sup>	0.27 <sup>ns</sup>	0.20 <sup>ns</sup>	-0.08 <sup>ns</sup>
	Flor branca	0.12 <sup>ns</sup>	-0.12 <sup>ns</sup>	-0.12 <sup>ns</sup>	-0.06 <sup>ns</sup>
Queda de folha	Flor rosa	0.24 <sup>ns</sup>	0.51 <sup>ns</sup>	0.49*	-0.03 <sup>ns</sup>
	Flor branca	0.07 <sup>ns</sup>	0.30 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>ns</sup>	0.15 <sup>ns</sup>
Brotamento	Flor rosa	-0.37 <sup>ns</sup>	-0.51*	-0.46 <sup>ns</sup>	-0.12 <sup>ns</sup>
	Flor branca	-0.15 <sup>ns</sup>	-0.45*	-0.43 <sup>ns</sup>	-0.04 <sup>ns</sup>

**Tabela 5** - Coeficientes de Correlação de Spearman (rs) entre as fenofases reprodutiva e vegetativa dos morfotipos de *M. taxifolia* e as variáveis climáticas de Precipitação (PP), Temperatura máxima (Tmax), Temperatura mínima (Tmin), e Umidade (Um) localizados às margens do Córrego do Soberbo no município de Diamantina/MG, no período de Dezembro/2019 a Dezembro/2020. \*significativo a 5%, <sup>ns</sup>: não significativo a 5%.

Fases	Morfotipo	PP	Tmax	Tmin	Um
Botões florais	Flor rosa	-0.37*	-0.38*	-0.40*	-0.07 <sup>ns</sup>
	Flor branca	-0.29 <sup>ns</sup>	-0.38*	-0.44*	-0.15 <sup>ns</sup>
Flores abertas	Flor rosa	-0.50*	-0.58*	-0.64*	-0.19*
	Flor branca	-0.35*	-0.47*	-0.56*	-0.11 <sup>ns</sup>
Flores senescentes	Flor rosa	-0.49*	-0.52*	-0.68*	-0.29*
	Flor branca	-0.36*	-0.25 <sup>ns</sup>	-0.50*	-0.27*
Frutos imaturos	Flor rosa	-0.50*	-0.65*	-0.76*	-0.18*
	Flor branca	-0.28 <sup>ns</sup>	-0.09 <sup>ns</sup>	-0.31 <sup>ns</sup>	-0.57*
Frutos maduros	Flor rosa	-0.32*	-0.46*	-0.56*	-0.14*
	Flor branca	-0.26 <sup>ns</sup>	0.43*	-0.02 <sup>ns</sup>	-0.76*

Frutos em dispersão	Flor rosa	-0.35*	-0.03 <sup>ns</sup>	-0.42*	-0.57*
	Flor branca	-0.05 <sup>ns</sup>	0.38 <sup>ns</sup>	0.24 <sup>ns</sup>	-0.47 <sup>ns</sup>
Folha nova	Flor rosa	-0.09 <sup>ns</sup>	-0.18 <sup>ns</sup>	-0.10 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>
	Flor branca	-0.47*	-0.47*	-0.66*	-0.24 <sup>ns</sup>
Queda de folha	Flor rosa	0.38*	0.29 <sup>ns</sup>	0.61*	0.58*
	Flor branca	0.38*	0.48*	0.62*	0.41*
Brotamento	Flor rosa	-0.10 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>
	Flor branca	-0.16 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	-0.29 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>

#### 4. DISCUSSÃO

Algumas características das flores de espécies vegetais influenciam as interações planta-polinizador, produzindo um canal de comunicação entre as flores e os polinizadores (SCHIESTL & JOHNSON, 2013). A cor da flor propicia a comunicação entre as plantas e seus polinizadores, promovendo a detecção das flores e indicando a disponibilidade de recursos para potenciais polinizadores (SHRESTHA et al., 2013 ; LUNAU et al., 2017 ). Nesse contexto, a diferenciação do contraste entre pétalas e anteras apresentado pelos polinizadores no morfotipo de *M. taxifolia* com flores rosa, sugere uma estratégia na atração dos polinizadores, uma vez que essa diferenciação facilita a localização do recurso floral ofertado.

A presença de duas formas de cores de flores na mesma população cria um cenário que requerer decisões de forrageamento dos polinizadores (BERGAMO, et al. 2016), ou seja o polinizador tende a escolher a flor com cor mais atrativa, dessa forma fica evidenciado que a diferença na cor das flores dos morfotipos de *M. taxifolia* estão funcionando de maneiras diferentes na atração dos polinizadores.

A espécie *marcetia taxifolia* possui como síndrome de polinização, a melitofilia (polinização por abelhas) (MARCELO; RAMOS & SANTOS, 2019), as abelhas merecem destaque como agentes polinizadores bióticos, pois dependem dos recursos florais para sua sobrevivência tendo desta forma, estabelecido relações estreitas com as angiospermas ao longo de sua evolução (RECH et al., 2014). Elas voam de flor em flor com os grãos de pólen aderidos ao corpo, sendo depositados no estigma da próxima flor (SOUZA & EVANGELISTA-RODRIGUES, 2007; IMPERATRIZ-FONSECA; SILVA, 2010). O aumento do cruzamento por meio de polinizadores conduz a um maior grau de heterozigose aumentando o efeito da heterose na geração subsequente (TOLEDO et al., 2017), dessa forma a interação entre polinizadores e plantas oferece vantagens tanto para o polinizador quanto para a planta, aumentando o valor adaptativo de ambos (RECH et al., 2014).

A interação planta-polinizador se mostra benéfica, uma vez que garante a diversidade e a variedade de espécies de plantas, proporcionando a produção de frutos de melhor qualidade e plantas mais adaptáveis (RICKLEFS, 2010). Neste sentido, ressalta-se que os estudos de biologia da polinização têm implicações também na manutenção das comunidades de polinizadores e na produção de alimentos (RECH et al., 2014).

#### **4.2. Fenologia reprodutiva**

Neste trabalho quando às áreas de estudo não houve grandes mudanças no padrão fenológico dos morfotipos da espécie *M. taxifolia*, apesar do fato de que a fenologia pode variar conforme o tipo de habitat, sendo influenciada por diferenças da espécie e das condições ambientais próprias de cada local (BELO et al., 2013; HUANG; XUE; HERBEN, 2019).

Os picos de floração não coincidentes apresentados pelo morfotipos de *M. taxifolia* podem consistir em uma estratégia que as plantas usam para reduzir a competição entre elas pelos serviços dos polinizadores, aumentando dessa forma as possibilidades de serem polinizadas e posteriormente fecundadas (VILELA; TOREZAN-SILINGARDI & DEL-CLARO, 2014). A adaptação das espécies ao associar o ciclo de vida e o sucesso reprodutivo à disponibilidade de recursos no tempo e no espaço evita a competição e propicia o uso dos recursos de forma eficaz (LENZA; KLINK, 2006; OLIVEIRA, 2008).

O morfotipo de *M. taxifolia* com flores rosa possui uma floração mais extensa, disponibilizando o recurso floral para o polinizador por mais tempo. Nesse contexto, estudos realizados em diversas espécies relatam que a extensão da antese e oferta de recurso por longos períodos deve aumentar o espectro de animais visitantes, e conseqüentemente eleva o sucesso reprodutivo (BARROS; WEBBER & MACHADO, 2013).

A floração extensiva por consequência leva à formação de frutos por um período mais prolongado, fornecendo propágulos por longos períodos para colonização de novas áreas, nesse sentido, a formação de frutos por um maior período de tempo, como observado para os indivíduos do morfotipo com flores rosa, é benéfico para espécies que ocupam áreas abertas sujeitas aos diversos tipos de alterações, até mesmo impactos antrópicos (MOURA; OLIVEIRA & CHAVES, 2010).

Diante das evidências encontradas nos resultados obtidos, percebe-se que tanto o morfotipo com flores rosa quanto o morfotipo com flores brancas em ambas as áreas de estudo apresentam data média ocorrência da floração na estação seca, podendo apresentar

benefícios como diminuição de danos nas estruturas reprodutivas provocados pela ação das chuvas (FERNANDES et al. 2011, 2012), comportamento comum em espécies do cerrado, uma vez que tendem a iniciar a floração no final da estação úmida e início da estação seca, com baixo nível de umidade (TANNUS, ASSIS & MORELLATO, 2006; PIRANI, SANCHEZ & PEDRONI, 2009).

A razão da fenofase de frutos maduros de *M. taxifolia* em ambos os morfotipos e em ambas as áreas de estudo terem se correlacionado negativamente com a precipitação pode ter relação com fato de o evento ter sua intensidade reduzida com a chegada das chuvas. Os frutos destes morfotipos em ambas as áreas de estudo foram dispersos na transição da estação seca para a estação chuvosa. As fases fenológicas de uma planta sofrem variação conforme as condições climáticas, sendo precipitação e temperatura os fatores que causam efeitos mais significativos (SCORIZA & PIÑA; RODRIGUES, 2014), esses fatores influenciaram de principalmente as fases de floração dos morfotipos da espécie *M. taxifolia*, com flores rosa. A fenologia reprodutiva das plantas inseridas em habitats sazonais tem sido moldada para sincronizar a maturação dos frutos e a liberação das sementes com a época mais vantajosa para o crescimento e a sobrevivência das plântulas (PIRANI et al. 2009), sem deixar de favorecer os seus dispersores (FARIAS et al., 2015).

Os eventos de floração e frutificação dos morfotipos de *M. taxifolia*, independente da área de estudo, demonstraram alta sazonalidade, ou seja, existe definição de um dado período para ocorrência de tais eventos. Esses ritmos sazonais nas plantas podem interferir nas interações com polinizadores e dispersores que atuam diretamente no seu sucesso reprodutivo (WOLKOVICH; COOK & DAVIES, 2014; MENDOZA; PERES & MORELLATO, 2017). Deste modo, a interação entre forças seletivas bióticas ou abióticas, bem como a plasticidade fenotípica, pode conduzir a distribuição de eventos fenológicos reprodutivos das plantas ao longo do tempo (WOLKOVICH; COOK & DAVIES, 2014; MENDOZA; PERES & MORELLATO, 2017).

Diante dos resultados de fenologia reprodutiva de *M. taxifolia*, pode-se dizer que o comportamento fenológico reprodutivo da espécie é influenciado não apenas por fatores abióticos como temperatura, precipitação e umidade, como também por fatores bióticos tal como atividade de polinizadores (NAZARENO & REIS, 2012).

### **4.3. Fenologia vegetativa**

Para a fenologia vegetativa, as espécies apresentaram padrão sempre-verdes, com

folhas sendo renovadas de forma contínua ao longo de todo o ano. As folhas, mesmo absorvendo menores quantidades de água que as raízes, podem atuar na captação de água auxiliando o funcionamento fisiológico de plantas durante secas sazonais (PINA et al., 2016; VOGEL; MÜLLER-DOBLIES, 2011; WANG et al., 2016).

As fenofases de brotamento, folhas novas e queda de folhas para ambos os morfotipos em ambas as áreas de estudo apresentaram picos mais intensos nos períodos chuvosos ou transição da estação seca para a chuvosa. Plantas de regiões savânicas podem apresentar pico da fenologia vegetativa no período chuvoso, possibilitando o crescimento da maioria da população (HEGAZY et al., 2018).

## 5. CONCLUSÃO

Por meio desse trabalho foi possível concluir que a cor rosa tende a ser mais atrativa aos polinizadores, uma vez que estes distinguem a cor das pétalas e anteras, facilitando a localização do recurso floral. Quanto ao comportamento fenológico, os morfotipos estudados apresentaram comportamentos distintos, com o objetivo de não competir por polinizadores, maximizando a polinização cruzada e consequentemente a diversidade genética, porém o comportamento fenológico apresentado pelos indivíduos do morfotipo com flores rosa tende a ser mais eficaz, devido à facilidade do polinizador em localizar o recurso floral e por apresentar floração extensiva, disponibilizando o recurso por um período mais extenso.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERNETHY, K. et al. Current issues in tropical phenology: A synthesis. **Biotropica**, v. 50, n. 3, p. 477-482, 2018.

BARROS, E. C. O.; WEBBER, A. C.; MACHADO, I. C. Limitação de polinizadores e mecanismo de autoincompatibilidade de ação tardia como causas da baixa formação de frutos em duas espécies simpátricas de Inga (Fabaceae-Mimosoideae) na Amazônia Central. **Rodriguésia**, v. 64, n. 1, p. 37-47, 2013.

BELO, R. M. et al. Fenologia reprodutiva e vegetativa de arbustos endêmicos de campo rupestre na Serra do Cipó, Sudeste do Brasil. **Rodriguésia**, v. 64, n. 4, p. 817-828, 2013.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. 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, set. 2002.

- BERGAMO, P. J. et al. Flower colour and visitation rates of *Costus arabicus* support the ‘bee avoidance’ hypothesis for red-reflecting hummingbird-pollinated flowers. **Functional Ecology**, v. 30, n. 5, p. 710-720, 2016.
- BRAGA, A. M. S. et al. Fenologia de três espécies arbóreas em um trecho de vegetação sub-caducifolia no norte do Piauí, Brasil. **Biotemas**, v. 32, n. 2, p. 33-44, 2019.
- CHITTKA, L.; KEVAN, P. G. Flower colors as advertisement. In: **Practical pollination biology**. Enviroquest., 2005.
- DEL-CLARO, K. et al. A importância dos estudos de história natural para uma melhor compreensão das redes de interação animal-planta. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, 2013.
- FARIAS, R. A. P. G. et al. Fenologia de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. (Moraceae) no cerrado de Mato Grosso. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 67-75, 2015.
- FERNANDES, G. W. et al. Impacto do granizo nas folhas e endófitos da endêmica *Coccoloba cereifera* (Polygonaceae). **Ecologia Vegetal**, v. 212, n. 10, pág. 1687-1697, 2011.
- FERNANDES, G. W. et al. Hailstorm impact across plant taxa: Leaf fall in a mountain environment. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 7, n. 1, p. 8-15, 2012.
- FERREIRA, C. A.; TOREZAN-SILINGARDI, M. **Fenologia, morfologia floral e visitantes florais de duas espécies do gênero *Banisteriopsis* (Malpighiaceae) em uma reserva de Cerrado**. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais)–Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.
- FOURNIER, L. A. Un metodo cuantitativo para la medición de características fenológicas em arboles. **Turrialba**, v. 24, p. 422-423. 1974.
- HEGAZY, A. K. et al. Spatial and temporal variation in plant community phenology in the Jebel Marra region of Darfur. **Folia Geobotanica**, v. 53, n. 4, p. 389–403, dez. 2018.
- HUANG, L.; XUE, W.; HERBEN, T. Temporal niche differentiation among species changes with habitat productivity and light conditions. **Journal of Vegetation Science**, v. 30, n. 3, p. 438-447, 2019.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v.10, n.4, p.59-62. 2010.
- LUNAU, K. et al. Pollen and stamen mimicry: the alpine flora as a case study. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 11, n. 3, p. 427-447, 2017.
- MARCELO, V. G.; RAMOS, M. V. V.; SANTOS, M. L. Recursos florais e sistemas de polinização bióticos em vegetação lenhosa de uma vereda no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, GO, Brasil. **Multi-Science Journal (ISSN 2359-6902)**, v. 2, n. 2, p. 60-67, 2019.
- MENDOZA, I.; PERES, C. A.; MORELLATO, L. P. C. Continental-scale patterns and climatic drivers of fruiting phenology: A quantitative Neotropical review. **Global and Planetary Change**, v. 148, p. 227-241, 2017.

MORELLATO, L. P. C. et al. Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: A Comparative Study1. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 811–823, dez. 2000.

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

MOURA, T. M.; OLIVEIRA, G. C. X.; CHAVES, L. J. Correlação entre floração, frutificação e variáveis ambientais em *Solanum lycocarpum*. A. St. Hil, Solanaceae. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 3, 2010.

NAZARENO, A. G.; REIS, M. S. Linking phenology to mating system: exploring the reproductive biology of the threatened palm species *Butia eriospatha*. **Journal of Heredity**, v. 103, n. 6, p. 842-852, 2012.

NEWMAN, E.; ANDERSON, B.; JOHNSON, S.D. Adaptação da cor da flor em uma orquídea mimética. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 279, n. 1737, pág. 2309-2313, 2012.

PINA, A. L. C. B. et al. Dew absorption by the leaf trichomes of *Combretum leprosum* in the Brazilian semiarid region. **Functional Plant Biology**, v. 43, n. 9, p. 851-861, 2016.

PIRANI, F. R. et al. Phenology of a tree community in a cerrado sensu stricto, Barra do Garças, Mato Grosso State, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 4, p. 1096-1110, 2009.

PIRANI, F. R.; SANCHEZ, M.; PEDRONI, F. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, MT, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 4, p.1096-1109, 2009.

RECH, A. R. et al. (Ed.). **Biologia da polinização**. Projecto Cultural, 2014.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 570, 2010.

SCHIESTL, F. P.; JOHNSON, S. D. Pollinator-mediated evolution of floral signals. **Trends in ecology & evolution**, v. 28, n. 5, p. 307-315, 2013.

SCORIZA, R. N.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Influência da precipitação e temperatura do ar na produção de serapilheira em trecho de Floresta Estacional em Sorocaba, SP. **Floresta**, v. 44, n. 4, p. 687-696, 2014.

SHRESTHA, M. et al. Shades of red: bird-pollinated flowers target the specific colour discrimination abilities of avian vision. **New Phytologist**, v. 198, n. 1, p. 301-310, 2013.

SILVA, C. A. et al. Variação na arquitetura floral e sucesso reprodutivo de duas espécies de *Helicteres* (Malvaceae), na região sudoeste de Mato Grosso. **Acta Botanica Brasilica**, v.24, n.2, p.462-468, 2010.

SOUZA, D. L.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A. As abelhas como agentes polinizadores. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.3, n.3, p.1-3, 2007.

SOUZA, D. N. N. et al. Estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Biotemas**, v. 27, n. 2, p. 31-42, 2014.

TALORA, D. C.; MORELLATO, P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 1, mar. 2000.

TANNUS, J. L. S.; ASSIS, M. A.; MORELLATO, L. P. C. Fenologia reprodutiva em campo sujo e campo úmido numa área de cerrado no sudeste do Brasil, Itirapina – SP. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 3, 2006.

TOLEDO, J. A. M. et al. Acessando o conteúdo genético de abelhas *Xylocopa frontalis* (Apidae, Xylocopini) para o manejo sustentável em serviços de polinização de maracujá. **Apidologie**, v. 48, n. 6, pág. 795-805, 2017.

VILELA, A. A.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M.; DEL-CLARO, K. Resultados condicionais nas interações formiga-planta-herbívoro influenciados pelo florescimento sequencial. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 209, n. 7, pág. 359-366, 2014.

VOGEL, S.; MÜLLER-DOBLIES, U. Desert geophytes under dew and fog: The “curly-whirlies” of Namaqualand (South Africa). **Flora Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 206, n. 1, p. 3-31, 2011.

WANG, X. et al. An ultrasonic humidification fluorescent tracing method for detecting unsaturated atmospheric water absorption by the aerial parts of desert plants. **Journal of Arid Land**, v. 8, n. 2, p. 272-283, 2016.

WILLMER, P. Advertisements I: Visual signals and floral color. *In*: Willmer, P. (ed.) *Pollination and Flower Ecology*. New Jersey, Princeton University Press. Pp. 105-133, 2011.

WOLKOVICH, E. M.; COOK, B. I.; DAVIES, T. J. Progress towards an interdisciplinary science of plant phenology: building predictions across space, time and species diversity. **New Phytologist**, v. 201, n. 4, p. 1156-1162, 2014.

## CONCLUSÃO GERAL

De posse dos padrões espaciais dos morfotipo de *M. taxifolia* estudados, de dados da biologia reprodutiva, de atratividade aos polinizadores e do comportamento fenológico, foi possível concluir que no processo evolutivo os morfotipos tendem a formar uma nova espécie, visto que estes já apresentam uma grande distinção nas estratégias de manutenção do seu sucesso reprodutivo, floração e atratividade a polinizadores. O morfotipo com flores rosa se destaca, pois possui estratégias reprodutivas mais eficazes, a ocorrência do morfotipo com flores brancas até então não era conhecida nessa região. Outro fator relevante é a grande

adaptabilidade da espécie a locais antropizados, dessa forma a espécie provavelmente possui vantagens nos processos de seleção natural, sendo uma boa alternativa a sua utilização em áreas em processo de restauração ambiental.