

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CARLOS KOSERA NETO**

**BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DE ARAÇAZEIROS**  
*(Psidium sp.)*

**TESE**

**PATO BRANCO**

**2018**

CARLOS KOSERA NETO

**BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DE ARAÇAZEIROS**  
**(*Psidium* sp.)**

Projeto de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Américo Wagner Júnior

Co-Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Cezar Franzon

PATO BRANCO

2018

**K86b**

**Kosera Neto, Carlos**  
**Biologia Floral e Reprodutiva de Araçazeiros (Psidium sp.) / Carlos**  
**Kosera Neto. – 2018.**  
**186 f. : il. ; 30 cm**

**Orientador: Prof. Dr. Américo Wagner Júnior**  
**Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Cezar Franzon**  
**Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.**  
**Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2018.**  
**Bibliografia: f. 164 - 177**

**1. Myrtaceae nativas. 2. Reprodução. 3. Plantas - Desenvolvimento. 4. Polinização.. I. Wagner Júnior, Américo, orient. II. Franzon, Rodrigo Cesar, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.**

**CDD: 22. ed. 630**

Ficha Catalográfica elaborada por:  
Maria Juçara Silveira CRB-9/1359  
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Tese n.º 044

**BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DE ARAÇAZEIROS (Psidium sp.)**

Por

**CARLOS KOSERA NETO**

Tese apresentada às quatorze horas do dia vinte e seis de novembro de dois mil e dezoito, como requisito parcial para obtenção do título de DOUTOR EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistemas de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo designados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

---

**Dr. Clevison Luiz Giacobbo**  
UFFS/Chapecó

---

**Dr. Rodrigo Cezar Franzon**  
Embrapa/Pelotas

---

**Dr. Idemir Citadin**  
UTFPR/Pato Branco

---

**Dr. Joel Donazzolo**  
UTFPR/Dois Vizinhos

---

**Dr. Américo Wagner Júnior**  
UTFPR/Pato Branco  
**Orientador**

---

**Prof. Dr. Moeses Andriago Danner**  
**Coordenador do PPGAG**

“O Termo de Aprovação, devidamente assinado, encontra-se arquivado na Coordenação do PPGAG, conforme Norma aprovada pelo Colegiado do Programa.”

Dedico esta tese as pessoas mais importantes para mim:

Meu exemplo de vida, minha querida mãe Rita Kostaschi Kosera e meu pai Pedro Kosera, a quem devo meu caráter e disciplina, que dignamente me ensinaram à importância da família, o caminho da honestidade e persistência.

À mulher da minha vida, amada e adorada esposa Ana Paula Klem, pelo apoio incondicional em todos os momentos, principalmente nos de incerteza, sempre paciente e generosa em meus momentos de desânimo e falta de estímulo.

Sem você nenhuma conquista valeria a pena.

Esta dedicatória se estende também ao meu amigo, professor e orientador Dr. Américo Wagner Júnior, a este devo a confiança que depositou em minha capacidade como pesquisador além da paciência e tranquilidade para transmitir os ensinamentos e paixões sobre as fruteiras nativas. Fica aqui o meu reconhecimento pela oportunidade de realizar este trabalho ao lado de alguém que transpira sabedoria, meu respeito e admiração pela sua pessoa.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por me guiar, iluminar e tranquilizar para seguir em frente com os meus objetivos e não desanimar com as dificuldades. Agradeço a Ele também por me manter sempre rodeado de pessoas que fizeram tudo valer a pena.

Agradeço aos meus irmãos e principalmente aos meus pais, que sempre me motivaram, entenderam as minhas faltas e momentos de afastamento e reclusão e me mostraram o quanto era importante estudar. Sem vocês eu não teria chegado até aqui. Obrigado por acreditar em mim.

Agradeço a minha esposa, companheira e amiga, Ana Paula, com quem eu sei que passarei por muitos e muitos momentos de felicidade e que é a pessoa que a vida escolheu para ser minha companheira nas horas boas e ruins.

Agradeço aos meus filhos, Lucas, Nicolas, Erick e Gabriel pela paciência que tiveram até hoje e peço que me desculpem por todos esses anos que me fiz menos presente e não fui o pai que vocês mereciam, mas isso vai mudar a partir de agora. Gostaria que soubessem que vocês foram a principal razão para eu seguir em frente e me fizeram forte, capaz de suportar a distância e todas as dificuldades que enfrentei.

Agradeço também aos amigos, colegas e pessoas que conheci durante essa jornada chamada “pós-graduação”, cada viagem, cada conversa, cada chimarrão, cada brincadeira, cada dia de trabalho, cada dia de aula, cada experimento, cada piada, cada frustração, enfim, cada dia que passei perto de vocês valeu a pena. Não vou listar todos, mas saiba que se você passou pela minha vida, você é importante para mim.

Agradeço aos amigos de longa data, Niléia, Oclair e Leonira, que me convidaram para fazer uma prova e “ver no que que dá”, graças aquele convite hoje, seis anos depois, depois de muita “ausência no convívio social”, termino essa jornada, que não foi nada fácil, mas valeu a pena.

E aos meus amigos recentes que fizeram essa caminhada ser menos penosa, porque sei que pude contar com vocês, levo no coração, Kamila, Gisely, Juca,

Maira, Karina, Juliana, Lilóca, Marcieli, Alexandre, Marcos, Alberto, Isa, Jessica, Cristiano, Dotto, Kelly, Tiago, Giese, Sandra, Clodoaldo, Jaque e tantos outros.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade que tive.

A instituição de fomento CAPES, pela concessão da bolsa durante o mestrado e o doutorado.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e contribuição.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos!

“ Desistir... eu já pensei seriamente nisso, mas nunca me levei realmente a sério; é que tem mais chão nos meus olhos do que o cansaço nas minhas pernas, mais esperança nos meus passos, do que tristeza nos meus ombros, mais estrada no meu coração do que medo na minha cabeça. ”

Cora Coralina



## RESUMO

KOSERA NETO, Carlos. *Biologia Floral e Reprodutiva de Araçazeiros (Psidium sp.)* 186 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

O Brasil é o país com a maior diversidade genética vegetal do mundo, com flora rica em espécies produtoras de frutos, a obtenção de conhecimento sobre a biologia floral, como ocorre a polinização e a reprodução das espécies é de extrema importância para a domesticação destas espécies. Com isso, esse trabalho teve como objetivo elucidar aspectos da biologia floral e reprodutiva de araçazeiros amarelo e vermelho. Para tal foram realizados experimentos no Laboratório de Fisiologia Vegetal e no Pomar de Fruteiras Nativas da Estação Experimental da UTFPR – Campus Dois Vizinhos – Paraná. Foram realizadas observações das fenofases nos indivíduos e acompanhamento da evolução de estruturas reprodutivas até a frutificação. Realizou-se aprofundamento dos conhecimentos anatômicos acerca das estruturas das partes florais, caracterização morfológica da flor, contagem do número de anteras e grãos de pólen por antera. Foi realizada a identificação das estruturas odoríferas através de testes colorimétricos, luminescentes e olfativos. Foi aferida receptividade do estigma através de testes colorimétricos e peróxido de hidrogênio. A viabilidade do pólen foi testada com corantes e germinação *in vitro*, além de analisar a cinética do tubo polínico. A estratégia reprodutiva foi avaliada. Os visitantes florais foram observados e identificados. Concluiu-se que a fenologia difere entre os morfotipos estudados, mas ambas foram divididas em 27 fases e acompanharam a oscilação de fatores abióticos. As flores duram menos de um dia e são generalistas, com grande quantidade de pólen, sem néctar, com liberação de odor nas anteras e sem separação temporal da maturação dos órgãos reprodutivos. O pólen é recalcitrante, deve ser coletado após antese e desidratado por seis horas em ambiente refrigerado. O meio de cultura deve ser composto por sacarose 10%, ácido bórico 50 mg L<sup>-1</sup> e ágar 1% para araçazeiro vermelho ou 2% para araçazeiro amarelo. Os tubos polínicos atingiram o ovário às 36 e 48 horas após polinização, para araçazeiros vermelho e amarelo, respectivamente. Apresentaram-se autocompatíveis, sem apomixia e preferencialmente xenogâmicas. Polinizadores foram importantes para reprodução, sendo *Apis mellifera* o polinizador efetivo de araçazeiro vermelho e abelhas nativas da família *Halictidae* e *Exomalopsis* sp. de araçazeiro amarelo.

**Palavras-chave:** *Myrtaceae* nativas. Reprodução. Desenvolvimento. Polinização.

## ABSTRACT

KOSERA NETO, Carlos. Floral and reproductive biology of araçá trees (*Psidium* sp.). 186f. Tese (Doctor degree in agronomy) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Concentration area: vegetal production), Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Paraná. Pato Branco, 2018.

Brazil is the country with the greatest plant genetic diversity in the world, with flora rich in edible fruit species. The knowledge about floral biology, such as pollination and reproduction is extremely important to domesticate this species. With it, this research aimed to elucidate floral aspects and reproductive biology of yellow and red araçá trees. For this trials were performed in the Laboratório de Fisiologia Vegetal and in the Unidade de Ensino e Pesquisa Viveiro de Produção de Mudas from the Experimental Station of UTFPR – Campus Dois Vizinhos, Paraná State. Phonological phases observations were made in the individuals and monitoring the evolution of reproductive structures until fruiting. The anatomical knowledge about floral parts structures, flower morphological characterization, number of anthers and pollen grains per anther were analyzed. The odoriferous structures were identified through colorimetric, luminescent and olfactory tests. Stigma receptivity was measured by colorimetric and hydrogen peroxide tests. The viability of the pollen was tested with dyes and germination in vitro, in addition to analyzing pollen tube kinetics. The reproductive strategy was evaluated. Floral visitors were observed and identified. It is concluded that the phenology differs between the morphotypes studied, but both were divided into 27 phases and followed the oscillation of abiotic factors. Their flowers last less than a day and are generalist, with large amounts of pollen, without nectar, with odor release in the anthers and without temporal separation of reproductive organs maturation. The pollen was recalcitrant, must be collected after anthesis and dehydrated for six hours in a refrigerated environment. The culture medium should be composed of 10% sucrose, boron 50 mg L<sup>-1</sup> and 1% agar for red araçá or 2% for yellow araçá. Pollen tubes reached the ovary at 36 and 48 hours after pollination, for red and yellow araçá trees, respectively. They were self-compatible, without apomixes and preferably xenogamous. Pollinators were important for reproduction, with *Apis mellifera* being the effective pollinator of red araçá and native bees of the family Halictidae and *Exomalopsis* sp. of yellow araçá.

**Keywords:** Native *Myrtaceae*. Reproduction. Development. Pollination.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Sistemas reprodutivos de acordo com a relação entre grãos de pólen (P) por flor e número de óvulos (O) (CRUDEN, 1977)..... 54
- Tabela 2** - Escala fenológica de araçazeiro vermelho com algumas estruturas isoladas sobre superfície milimetrada e classificação das estruturas em 11 fases e 27 subfases, descrevendo a evolução das estruturas desde gemas paralizadas, superação da paralização, crescimento vegetativo, botão floral, flores, crescimento e desenvolvimento dos frutos, maturação e senescência. .... 76
- Tabela 3** – Escala fenológica de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com algumas estruturas isoladas sobre superfície milimetrada e classificação das estruturas em 11 fases e 27 subfases, descrevendo a evolução das estruturas desde gemas paralizadas, superação da paralização, crescimento vegetativo, botão floral, flores, crescimento e desenvolvimento dos frutos, maturação e senescência..... 82
- Tabela 4** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 24 h em temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por cinco concentrações de sacarose e ágar 1%, incubados a 25°C por 24 h.....111
- Tabela 5** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 24 h em temperatura ambiente, em meio de cultura constituídos por sacarose 10% e ágar 1%, incubados a 25°C por 24 h. .... 112
- Tabela 6** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h em temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de ágar e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h. Valores expressos em porcentagem. .... 113
- Tabela 7** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h em temperatura ambiente, em meio de cultura constituídos por ágar 1% e sacarose 10%, incubados em diferentes temperaturas por 24 h. Valores expressos em porcentagem. .... 114
- Tabela 8** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h em temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por cinco concentrações de sacarose e ágar 1%, incubados em 25°C por 24 h. Valores expressos em porcentagem. .... 115
- Tabela 9** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de ácido bórico, sacarose 10% e ágar 1%, incubados sob 25°C por 24 h. Valores expressos em porcentagem. .... 115
- Tabela 10** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de sulfato de magnésio, sacarose 10% e ágar 1%, incubados sob 25°C por 24 h. Valores expressos em porcentagem. .... 116
- Tabela 11** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de persulfato de potássio, sacarose 10% e ágar 1%, incubados sob 25°C por 24 h..... 117

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabela 12</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de nitrato de cálcio, sacarose 10% e ágar 1%, incubados sob 25°C por 24 h.....                                   | 118 |
| <b>Tabela 13</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de sulfato de zinco, sacarose 10% e ágar 1%, incubados sob 25°C por 24 h. Valores expressos em porcentagem. .... | 119 |
| <b>Tabela 14</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em flores após antese e desidratado por seis horas sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de sacarose, duas de ágar e duas de ácido bórico, incubados sob 20°C por 24 h. Valores expressos em porcentagem. ....            | 120 |
| <b>Tabela 15</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em flores após antese e desidratado por seis horas em temperatura ambiente ou 72 h a frio, em meios de cultura constituídos por duas concentrações de sacarose e duas de ágar, incubados sob 20°C por 24 h. Valores expressos em porcentagem. ....                      | 122 |
| <b>Tabela 16</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> , coletados após antese controlada, desidratados em nove períodos em duas temperaturas, em meio de cultura constituído por sacarose 10% e ágar 1%, incubados a 25°C por 24 h. ....                                                                                 | 124 |
| <b>Tabela 17</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de cinco genótipos (G) de araçazeiro amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> , coletados após antese e desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de ágar e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h. .                                                                       | 125 |
| <b>Tabela 18</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de cinco genótipos de araçazeiro amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> , coletados após antese e desidratados por cinco horas, em meio de cultura constituído por ágar 1% e sacarose 10%, incubados em quatro temperaturas por 24 h. ....                                                                              | 126 |
| <b>Tabela 19</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> , coletados após antese de cinco genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por cinco concentrações de sacarose e ágar 1%, incubados a 25°C por 24 h. ....                                                                           | 127 |
| <b>Tabela 20</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> , coletados após antese de cinco genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de ácido bórico, sacarose 10% e ágar 1%, incubado a 25°C por 24 h. ....                                                         | 128 |
| <b>Tabela 21</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> , coletados após antese de genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de sulfato magnésio, ágar 1% e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h. ....                                                          | 129 |
| <b>Tabela 22</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> , coletados após antese de cinco lotes (Av.), desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de persulfato de potássio, ágar 1% e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h.....                                             | 130 |
| <b>Tabela 23</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> , coletados após antese de cinco genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de nitrato de cálcio, ágar 1% e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h.....                                                    | 131 |
| <b>Tabela 24</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> , coletados após antese de cinco genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído                                                                                                                                                          |     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| por sulfato de zinco, ágar 1% e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h. ....                                                                                                                                                                                                                                                                        | 132 |
| <b>Tabela 25</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> , coletados após antese, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por duas concentrações de sulfato de zinco, duas de nitrato de cálcio, duas de persulfato de potássio, ágar 2% e sacarose 5%, incubados a 25°C por 24 h. .... | 133 |
| <b>Tabela 26</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> , coletados após antese, de dois lotes em dias distintos (Ex.), desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por duas concentrações ágar, quatro de sacarose, três de ácido bórico, incubados em duas temperaturas por 24 h. ....   | 134 |
| <b>Tabela 27</b> – Viabilidade polínica utilizando corantes vermelho neutro e carmim acético em pólen de araçazeiro amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> e araçazeiro vermelho. ....                                                                                                                                                                             | 138 |
| <b>Tabela 28</b> – Frutificação efetiva, índices de autoincompatibilidade (IAI), autopolinização espontânea (IAE) e eficácia reprodutiva (ER) dos araçazeiros vermelho e amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> , submetido a estratégias reprodutivas. ....                                                                                                       | 143 |
| <b>Tabela 29</b> – Diâmetro polar (DP) e equatorial (DE), massa fresca (MF), número de sementes (NS) e sólidos solúveis (SS) de frutos de araçazeiro vermelho e araçazeiro amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> , provenientes de diferentes estratégias reprodutivas. ....                                                                                      | 147 |
| <b>Tabela 30</b> – Primeira (PC) e última contagem (UC) de germinação e comprimento total (CT) de plântulas de araçazeiro vermelho e amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> com diferentes estratégias reprodutivas. ....                                                                                                                                          | 148 |

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Preparo de materiais para teste de germinação, onde placa de Petri® com meio de cultura foi seccionado após resfriamento (A), distribuído sobre lâminas de vidro para microscopia (B), com presença de pólen e sujidades (C) e câmara úmida para acomodação das placas, formada por caixa gerbox®, papel filtro e água (D). ..... 44
- Figura 2** – Coloração do pistilo de araçazeiro vermelho para identificação o crescimento do tubo polínico. Pistilo fixado em FAA (A); eliminação de parte do ovário com lâmina para reduzir tamanho lateral (B); pistilo após o amolecimento e branqueamento dos tecidos (C) e pistilo após coloração com corante Lacmoid (D). ..... 53
- Figura 3** – Botões florais com início de divisão das sépalas (seta) (A), ramo ensacado (B), ramo selecionado (C), o mesmo ramo após eliminação das flores que não tiveram antese controlada (D) e ensacamento deste ramo (E), em araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy. .... 55
- Figura 4** – Emasculação de botão floral de araçazeiro vermelho para realizar a polinização cruzada (A). Autopolinização realizando contato das anteras e estigma da própria flor em araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy (B), polinização cruzada, com flores de antese controlada de outras plantas realizando o contato de anteras ao estigma da flor emasculada de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy (C). ..... 56
- Figura 5** – Frutos de araçazeiro amarelo oriundos de polinização cruzada (A) e autopolinização (B). ..... 57
- Figura 6** – Teste de germinação de sementes de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy entre papel germitest® (A) e plântulas de araçazeiro amarelo ao final dos testes de germinação (B). ..... 58
- Figura 7** – Ramo de araçazeiro vermelho (A) e araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy (B), com gemas paralisadas nas axilas foliares e no ápice do ramo (indicado pelas setas), em junho/2016. .... 61
- Figura 8** – Início do crescimento vegetativo de gemas apicais em ramos de araçazeiro vermelho (A). Araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com presença de frutos em diversos estádios de maturação e brotações (indicado pelas setas) (B) em Julho/2016. .... 62
- Figura 9** – Ramos de araçazeiro vermelho com gemas apicais em crescimento (A), com alongamento dos entrenós e abertura das folhas em relação ao eixo de inserção (B). Araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com presença de frutos e brotações (C) em agosto/2016. .... 63
- Figura 10** – Ramos de araçazeiro vermelho com brotação apical apresentando estruturas diferenciadas de folhas e os botões florais (A) e brotação lateral (B). Araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com presença de frutos e brotações (B) em agosto/2016. .... 63
- Figura 11** – Brotações de araçazeiro vermelho com botões florais pequenos (A), botões florais bem desenvolvidos (B), brotações de coloração avermelhada (C), brotação com botões florais e folhas novas com coloração avermelhada (D), brotações da estação de crescimento com estruturas mais desenvolvidas, folhas expandidas quase na sua totalidade com folhas apicais de coloração avermelhada e botões florais apenas nos primeiros pares de gemas basais (E) e ramos com botões florais e folhas bem desenvolvidos (F). Araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy, com botões florais bem formados (G), presença de muitas folhas avermelhadas (H) e poucas folhas avermelhadas nas extremidades de alguns ramos e presença de algumas flores (I), em setembro/2016. .... 65
- Figura 12** – Ramos de araçazeiro vermelho com botões florais em início de desenvolvimento (A), botões florais bem desenvolvidos (B), botões florais bem desenvolvidos e flores em antese, com aspecto visual bem atrativo (C), flor em antese com anteras oxidadas (D) flores com senescência das peças florais (E) gineceu e sépalas após a senescência das pétalas e queda de estames (F). Araçazeiro amarelo com frutos em desenvolvimento e flores na região basal (apontado pelo círculo) (G) em outubro/2016. .... 66
- Figura 13** – Frutos de araçazeiro vermelho em início de formação com sépalas claras e voltadas

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| para baixo (A), sépalas com processo de oxidação aparente, de coloração mais verde e ângulo formado com o pedúnculo de aproximadamente 180 graus (B), expansão do ovário e as sépalas estão se voltando para cima (C) e ovário mais desenvolvido com as sépalas mais voltadas para cima formando uma espécie de coroa ao fruto (D). Araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com frutos imaturos bem desenvolvidos (E) e ramos com flores (apontado pela seta) (F) em novembro/2016. ....                                                                                                                         | 67 |
| <b>Figura 14</b> – Frutos imaturos de araçazeiro vermelho, em ramos mais lignificados e escuros (A) e ramos em processo de lignificação (B), início do processo de maturação devido ao ataque de insetos (indicado pela seta) (C), em processo de maturação natural (D), completamente maduro (E) e frutos sobre o solo com cicatrizes causadas por ataque de pragas (apontado pelas setas) (F). Araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com frutos imaturos (G), frutos em maturação (H) e planta com alguns frutos maduros na região superior da copa e imaturos na região inferior (I) em dezembro/2016. .... | 69 |
| <b>Figura 15</b> – Ramo de araçazeiro vermelho sem frutos, com pedunculo aderido (A), maior quantidade de frutos maduros na copa de araçazeiro vermelho (B) e frutos sobre o chão em grande quantidade (C e D).....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 70 |
| <b>Figura 16</b> – Araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com emissão de brotação (A) e maturação dos frutos (B), botões florais (B) e flores (C) da segunda estação de crescimento, em janeiro/2017. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 71 |
| <b>Figura 17</b> – Araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com brotações herbáceas danificadas pelo frio dois dias após a ocorrência de geada (A). Danos causados as folhas, botões florais (B) e flores com antese prejudicada (C) aos dez dias após a ocorrência de geada, em julho/2017.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 72 |
| <b>Figura 18</b> – Araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com flores, botões florais e local de abscisão (indicado pela seta) (A) e frutos imaturos e em vários estádios de maturação (B) em agosto/2017.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 73 |
| <b>Figura 19</b> - Fases de desenvolvimento de araçazeiro vermelho, durante um ciclo produtivo, com tempo decorrido em que a estrutura pode ser encontrada na planta. Dados de precipitação diária e temperatura média diária durante e período produtivo 2016/2017. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 74 |
| <b>Figura 20</b> - Fases de desenvolvimento de araçazeiro amarelo, durante três ciclos produtivos na mesma estação de crescimento, com tempo decorrido em que a estrutura pode ser encontrada na planta. Dados de precipitação diária e temperatura média diária durante e período produtivo 2016/2017.....                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 75 |
| <b>Figura 21</b> – Botões florais de araçazeiro vermelho em processo de antese, com pétalas sobrepostas (A) e início da exposição dos estames (B). Botões florais de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy em início de antese (C).....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 90 |
| <b>Figura 22</b> – Flores de araçazeiro vermelho em processo de antese, com estames curvos direcionados para o estigma (A) e flores um dia após a antese com anteras oxidadas (B). Flores de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com androceu sendo exposto (C) e alguns balões com pétalas sobrepostas (D). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 91 |
| <b>Figura 23</b> – Flor de araçazeiro vermelho (A) e araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy (B e C) em processo de antese com grande parte dos estames por expandir. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 91 |
| <b>Figura 24</b> – Processo de antese em flores de araçazeiro vermelho.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 92 |
| <b>Figura 25</b> – Flores de araçazeiro vermelho (A) e araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy (B) em antese completa com a maioria dos estames totalmente expandidos e anteras claras.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 93 |
| <b>Figura 26</b> – Flores de araçazeiro vermelho totalmente expandidas, com as anteras mais internas afastadas do pistilo.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 93 |
| <b>Figura 27</b> – Flores de araçazeiro vermelho (A) e araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy (B) totalmente expandidas com anteras em início de processo de oxidação.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 94 |
| <b>Figura 28</b> – Flor de araçazeiro vermelho (A) e araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy (B) com anteras em processo oxidativo.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 95 |
| <b>Figura 29</b> – Flores de araçazeiro vermelho com anteras em processo avançado de oxidação (A)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| e deiscência de estames (B). Flor de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com anteras totalmente oxidadas no dia seguinte a antese. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 95  |
| <b>Figura 30</b> – Anteras de araçazeiro vermelho, com poucos grãos de pólen aderidos às tecas (A e B) e muitos grãos de pólen aderidos ao estigma (C e D), ao final do dia .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 96  |
| <b>Figura 31</b> – Ramos de araçazeiro vermelho com botões florais mais desenvolvidos propícios a antese no dia seguinte (indicados pelas setas). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 97  |
| <b>Figura 32</b> – Folha madura de araçazeiro vermelho com ápice cuspiado (AC), base do limbo cuneiforme (BC) e nervuras perinérvea (NP) (A). Folhas opostas cruzadas de araçazeiro vermelho no caule (B). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 98  |
| <b>Figura 33</b> – Folhas de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com face adaxial (esquerda) e abaxial (direita) e indicação do limbo foliar e pecíolo (A) e ramo com folhas dispostas de forma oposta cruzada (B). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 99  |
| <b>Figura 34</b> – Caracterização morfológica de flores de araçazeiro vermelho. Flores pedunculadas axilares (A). Hermafrodita (gineceu – GI e androceu – AN), epígina (ovário ínfero - OI) (B) e actinomorfa (C e D). Sépalas verdes soldadas e pétalas brancas, livres entre si (E). Antera diteca de diescencia rimosa (F). Corte vertical (G) e horizontal (H) em ovário plurilocular. Óvulo com indicação da Calaza (CZ), Nucelo (NC), Micrópila (MC), Funículo (FN), Tegumento Externo (TE) e Interno (TI) (I), área e comprimento entre Calaza e a Micrópila (J). Estivação valvar com pétalas externa (E), interna (I) e interna-externa (IE) (K). Grãos de pólen com três (esquerda) e quatro loculos (direita) (L). Brácteas inférteis (M). Pétala modificada (indicado pela seta) (N). .... | 100 |
| <b>Figura 35</b> – Caracterização morfológica de flores de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com pedúnculo, bractéolas (setas) (A), pétala (brancas), sépalas (verdes) soldadas entre si (B), androceu, gineceu (C) e ovário ínfero (D). Flores com cálice tetrâmero (esquerda) e pentâmero (direita) (E). Filete com antera na região apical (F), antera diteca (G), ovário plurilocular (H) e carpelo (I), óvulo com Calaza (CZ), Nucelo (NC), Micrópila (MC), Funículo (FN), Tegumento Externo (TE), Interno (TI), área e comprimento entre Calaza e a Micrópila (J). Estivação valvar simples das sépalas e imbricada das pétalas (K). Grãos de pólen com quatro (esquerda - arredondado) e três lobulos (direita - triangular) (L). Fruto (direita) com secção transversal (esquerda). ....            | 102 |
| <b>Figura 36</b> – Flores de araçazeiro vermelho em luz UV. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 106 |
| <b>Figura 37</b> – Estigmas de araçazeiro vermelho provenientes de: botão floral (fase 4a) sob os testes de peróxido de hidrogênio (PH) (A) e vermelho neutro (VN) (B); balão floral (fase 4b) com PH (C) e VN (D); três horas após antese (fase 5a) com PH (E) e VN (F); oito horas após a antese (fase 5a) com PH (G) e VN (H) e 24 horas após antese (fase 5b) com PH (I) e VN (J). Estigmas de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy proveniente de: balão floral (fase 4b) com PH (K) e VN (L); após a antese (fase 5a) com PH (M) e VN (N) e 24 horas após antese (fase 5b) com PH (O) e VN (P). ....                                                                                                                                                                                                     | 109 |
| <b>Figura 38</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho desidratado por 24 h em temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de ácido bórico, sacarose 10% e ágar 1%, incubados a 25°C por 24 h, com equação e ponto de máxima eficiência técnica (PME). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 112 |
| <b>Figura 39</b> – Grãos de pólen de araçazeiro vermelho com emissão de tubos polínicos curtos e mal formados sob meio de cultura com 200 mg L <sup>-1</sup> de ácido bórico (A) e tubos polínicos longos e bem desenvolvidos em meio de cultura com 50 mg L <sup>-1</sup> de ácido bórico (B). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 116 |
| <b>Figura 40</b> – Grãos de pólen de araçazeiro vermelho com germinação anormal, com surgimento de mais de um tubo polínico (A e B) ou tubo polínico bifurcado (C e D). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 123 |
| <b>Figura 41</b> – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy, desidratado por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de sulfato de zinco, ágar 1% e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 132 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 42</b> – Grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy germinados e não germinados sem utilização de corante (A), germinado e não germinados corados (B), grãos de pólen com três e quatro poros corados e germinados (C) e grãos de pólen com três loculos e emissão de tubo polínico (D).....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 136 |
| <b>Figura 43</b> – Grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy corados com carmim acético (A e B) e vermelho neutro de parade íntegra (C) e parede rompida (D), as setas indicam grãos de pólen inviáveis. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 137 |
| <b>Figura 44</b> – Crescimento do tubo polínico no estigma de flores de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy, com grão de pólen aderido ao estigma (A), tubo polínico no estilete (B), tubos polínicos na entrada do ovário (C) e tubos polínicos próximos aos óvulos (D) (apontados pelas setas). ..                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 139 |
| <b>Figura 45</b> – Grãos de pólen (apontado pelas setas tracejadas) e tubos polínicos (apontados pelas setas) no estigma de araçazeiro vermelho (A e B), tubos polínicos (apontados pelas setas) no estilete (corados de azul) (C e D) e tubos polínicos (apontados pelas setas) alcançando o ovário (E) e óvulos (apontados pelas setas) (F). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 140 |
| <b>Figura 46</b> – Flores de araçazeiro vermelho após a retirada do saco de papel (A); flores abortadas provenientes do tratamento apomixia (B); frutos de araçazeiro vermelho submetidos à autopolinização e polinização cruzada (superior e inferior respectivamente) em desenvolvimento (C); frutos de polinização aberta em maturação (B) e frutos de polinização cruzada em maturação (C).....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 146 |
| <b>Figura 47</b> – Visitantes florais de araçazeiro vermelho. Coleópteros (Scarabaeidae) se alimentando de peças florais (A e B). Apis mellifera em flores um dia após antese (C). Apis mellifera forrageando (D), com acúmulo de pólen nas patas traseiras (indicado pela seta) (E e F). A. mellifera, com indicação de caminho linear (G), explorando diversas partes da flor (H) e forrageamento na região lateral da flor (I). Mosca varejeira (Calliphoridae) (J), besouro de antenas longas (Cerambycidae) (K) e mosca (Sarcophagidae) (L). Apis mellifera forrageando as anteras centrais e tocando no estigma com os pêlos dorsais (L). ....                                                                                              | 151 |
| <b>Figura 48</b> – Visitantes florais de araçazeiro amarelo. Dípteros do gênero Palpada (A) e da família Sarcophagidae (B) nas folhas. Apis mellifera em flores de Bidens pilosa (C). Caminho percorrido (linha tracejada) por Exomalopsis sp. (D) e da família Halictidae (E). Diabrotica speciosa realizando visitas com movimento no sentido linear (linha tracejada) (F). Moscas varejeiras (Calliphoridae) (G). Abelha nativa da família Halictidae explorando anteras, próximo ao estigma (H) e com pólen aderido ao abdômen (I). Apis mellifera realizando visitas legítimas (J). Coleópteros do gênero Nisotra (interior da flor) e família Lampyridae (maior tamanho) (K). Besouros Nisotra sp. explorando interior das flores (L). .... | 153 |
| <b>Figura 49</b> – Visitantes florais de araçazeiro vermelho. Presença abundante de A. mellifera (A). Apis mellifera e abelha Arapuá (Trigona spinipes) (B), besouro verde (Chrysopraxis) (C). Besouro guitarrista (Comptoscerus violaceus) (D). Allograpta obliqua (E). Coleópteros predando peças florais (F). Representantes da família Halictidae. Com pólen aderido ao abdômen e tocando o estigma durante a visita. (G, H e I). Abelhas Arapuá (Trigona spinipes) com acúmulo de pólen nas patas traseiras (J) e pólen aderido a parte superior do abdômen (K). Vaquinha verde amarela (Diabrotica speciosa) (L).....                                                                                                                       | 155 |

## SUMÁRIO

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                            | <b>19</b> |
| 1.1 OBJETIVOS .....                                                 | 21        |
| 1.1.1 Geral .....                                                   | 21        |
| 1.1.2 Específicos .....                                             | 21        |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                                   | <b>22</b> |
| 2.1 FRUTICULTURA.....                                               | 22        |
| 2.2 FRUTEIRAS NATIVAS .....                                         | 23        |
| 2.3 FAMÍLIA <i>MYRTACEAE</i> .....                                  | 25        |
| 2.3.1 Araçazeiro ( <i>Psidium cattleianum</i> Sabine) .....         | 27        |
| 2.4 BIOLOGIA FLORAL .....                                           | 29        |
| 2.4.1 Fenologia e Fenofases .....                                   | 31        |
| 2.5 REPRODUÇÃO .....                                                | 32        |
| 2.5.1 Estratégia Reprodutiva .....                                  | 34        |
| 2.6 POLINIZADORES .....                                             | 35        |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                    | <b>37</b> |
| 3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL .....                                        | 37        |
| 3.2 BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA .....                             | 37        |
| 3.2.1 Fenologia .....                                               | 37        |
| 3.2.2 Escala Fenológica.....                                        | 38        |
| 3.2.3 Longevidade da Flor.....                                      | 38        |
| 3.2.4 Caracterização Morfológica.....                               | 39        |
| 3.2.5 Quantificação de Grãos de Pólen .....                         | 39        |
| 3.2.6 Néctar .....                                                  | 40        |
| 3.2.7 Odor.....                                                     | 41        |
| 3.2.8 Receptibilidade do Estigma .....                              | 41        |
| 3.2.9 Viabilidade de Pólen.....                                     | 42        |
| 3.2.9.1 Coleta do pólen .....                                       | 42        |
| 3.2.9.2 Coloração de grãos de pólen .....                           | 42        |
| 3.2.9.3 Germinação in vitro .....                                   | 43        |
| 3.2.9.3.1 Germinação in vitro de pólen de araçazeiro vermelho ..... | 45        |
| 3.2.9.3.2 Germinação in vitro de pólen de araçazeiro amarelo .....  | 47        |
| 3.2.10 Armazenamento de Pólen .....                                 | 51        |
| 3.2.11 Crescimento do Tubo Polínico In vivo .....                   | 52        |
| 3.2.12 Estratégia Reprodutiva .....                                 | 54        |
| 3.2.12.1 Relação pólen óvulo .....                                  | 54        |
| 3.2.12.2 Polinização controlada.....                                | 54        |

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.3 VISITANTES FLORAIS E POLINIZADORES .....                             | 59         |
| 3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....                                          | 60         |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>                                    | <b>61</b>  |
| 4.1 ACOMPANHAMENTO FENOLÓGICO .....                                      | 61         |
| 4.2 ESCALA FENOLÓGICA .....                                              | 76         |
| 4.3 LONGEVIDADE DA FLOR.....                                             | 89         |
| 4.4 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA .....                                     | 97         |
| 4.4.1 Folhas .....                                                       | 97         |
| 4.4.2 Flores .....                                                       | 99         |
| 4.5 GRÃOS DE PÓLEN POR FLOR.....                                         | 105        |
| 4.6 PRODUÇÃO DE NÉCTAR .....                                             | 105        |
| 4.7 DETECÇÃO DE OSMÓFOROS .....                                          | 106        |
| 4.7.1 Teste de Luminescência.....                                        | 106        |
| 4.7.2 Teste Olfativo .....                                               | 107        |
| 4.7.3 Teste de Coloração de Osmóforos.....                               | 107        |
| 4.8 RECEPTIVIDADE DE ESTIGMA .....                                       | 108        |
| 4.9 VIABILIDADE POLÍNICA.....                                            | 110        |
| 4.9.1 Teste de Germinação In vitro .....                                 | 110        |
| 4.9.1.1 Pólen de araçazeiro vermelho .....                               | 110        |
| 4.9.1.2 Pólen de araçazeiro amarelo cv. <i>Ya-Cy</i> .....               | 123        |
| 4.9.2 Teste de Coloração .....                                           | 136        |
| 4.10 CRESCIMENTO DO TUBO POLÍNICO NO PISTILO .....                       | 138        |
| 4.10.1 Teste em Condições de Laboratório .....                           | 138        |
| 4.10.2 Teste em Condições de Campo .....                                 | 139        |
| 4.11 ESTRATÉGIA REPRODUTIVA .....                                        | 141        |
| 4.11.1 Relação Pólen/Óvulo .....                                         | 141        |
| 4.11.2 Polinização Controlada .....                                      | 142        |
| 4.11.3 Características dos frutos das estratégias reprodutivas.....      | 146        |
| 4.11.4 Vigor de sementes provenientes das estratégias reprodutivas ..... | 148        |
| 4.12 VISITANTES FLORAIS DE ARAÇAZEIROS .....                             | 150        |
| <b>5 CONCLUSÕES.....</b>                                                 | <b>160</b> |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                       | <b>162</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                  | <b>164</b> |
| <b>APÊNDICES .....</b>                                                   | <b>178</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com a maior diversidade genética vegetal do mundo, com vários biomas, a exemplo da Floresta Amazônica, Caatinga, Pantanal, Mata Atlântica, Pampa e Cerrado (FRANZON et al., 2009). Com isso, o Brasil apresenta vantagens, quando comparado aos demais países, devido a diversidade de espécies frutíferas que ainda são praticamente desconhecidas, mas com potencial econômico para exploração. Dentro desta diversidade incluem-se, com destaque as espécies produtoras de frutos comestíveis, muitos dos quais são considerados saborosos e apreciados pela população nas regiões de ocorrência (HEINZMANN e BARROS, 2007; DANNER, 2009).

As espécies nativas apresentam grande potencial econômico e nutricional, capaz de gerar, para agricultores e empreendimentos urbanos, maior renda do que os cultivos tradicionais vistos como rentáveis (CETAP, 2015). Muito desse potencial se deve aos novos hábitos dos consumidores urbanos, com intensão de conhecer a origem e os efeitos dos produtos que consomem, de querer engajar-se com o que é justo e ambientalmente correto, com o alto valor nutricional, pois apresentam quantidade considerável de antioxidantes, flavonoides e antocianinas, no vasto universo de texturas, cores, aromas e sabores pouco desvendados, sendo altamente adaptadas aos ecossistemas onde aparecem (MARIN et al., 2004; CETAP, 2015). Têm-se também como vantagens as inúmeras possibilidades de processamento dos frutos pelas indústrias alimentícias na forma de sucos, geleias, sorvetes, licores, picolés, iogurtes, bebidas, produtos de panificação, cosméticos, sabonetes, shampoo, perfumes, fármacos dentre outros usos.

Neste contexto, a família *Myrtaceae* apresenta grande quantidade de espécies produtoras de frutos comestíveis, destacando-se o araçazeiro (*Psidium cattleianum*) (DANNER et al., 2010; ALVARENGA et al., 2014, TONIN et al., 2017), nome de origem tupi guarani que significa “fruto que tem olhos”, devido as sépalas que permanecem nos frutos (CETAP, 2015). É encontrado tanto na forma de arbusto como árvores (CORREA e ALPUÍN, 2014), produtoras de frutos com epiderme de coloração amarela ou vermelha (RASEIRA et al., 2004; FRANZON et al., 2009).

É espécie com potencial de uso (JUSTEN et al., 2012), mas por se tratar de sistemas de produção aos quais os agricultores não estão habituados e por serem produtos que, por muito tempo, foram economicamente sem importância, observam-

se dificuldades quanto a obtenção de informações para seu manejo técnico (TONIN et al., 2017), gerando fator multiplicador negativo, já que os produtores se mostram inseguros para investirem seus esforços nas mesmas, fazendo com que prevaleça o extrativismo, direcionado para os mercados locais (CLEMENT, 2001; SÃO JOSÉ et al., 2012).

Esta espécie possui diferentes denominações taxonômicas pelo fato de não haver consenso entre os especialistas, que relatam diferenças na anatomia do lenho, morfologia foliar e na coloração dos frutos, que podem apresentar coloração amarela ou vermelha da epiderme, levando-se a hipótese de que os morfotipos se tratam de táxons diferentes para a espécie (ROCHA et al., 2008; LISBOA et al., 2011). Tais divergências sempre existiram, principalmente quanto aos aspectos de coloração de frutos (FRANZON et al., 2009).

Neste sentido, para desenvolver o potencial que apresenta, são necessárias pesquisas para conhecê-lo melhor. A literatura botânica realça a necessidade de se promover estudos biológicos de espécies nativas, especialmente aqueles alusivos às estruturas de reprodução (PIRES e SOUZA, 2011). Para isso é imprescindível a busca de informações quanto sua biologia floral e reprodutiva, para que se tenha conhecimento mínimo necessário de como proceder com tais plantios a campo, num esforço para possibilitar a conservação e viabilizar seu uso. O conhecimento da biologia floral, do sistema reprodutivo e dos padrões fenológicos possibilita a compreensão da biologia reprodutiva, auxiliando na estratégia de conservação e no manejo a ser adotado (MAUÉS e COUTURIER, 2002; SILVA e PINHEIRO, 2007).

Não se sabe ao certo o papel do agente polinizador, seu comportamento para polinização, tempo decorrido em cada estágio fenológico, entre e dentro de cada florada e frutificação, estratégias utilizadas para reprodução, já que este conhecimento é importante para a conservação do germoplasma, para elaborar protocolos de manejo em cultivo, principalmente quanto a necessidade ou não de uso de genótipos polinizadores (DANNER et al., 2011; PERLEBERG, 2017).

Acredita-se que o araçazeiro amarelo (*Psidium cattleianum*), apresenta apomixia facultativa e a polinização cruzada parece não ser necessária (RASEIRA e RASEIRA, 1996). Todavia, isso precisa ser confirmado para o araçazeiro amarelo e verificado, com o vermelho, se tal característica também está presente. Neste sentido,

o presente trabalho busca elucidar aspectos ligados à biologia floral e reprodutiva, bem como o comportamento dos polinizadores dos araçazeiros amarelo e vermelho.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Geral

Elucidar e relatar aspectos ligados a biologia floral e reprodutiva dos araçazeiros amarelo a vermelho (*Psidium cattleianum*).

### 1.1.2 Específicos

Observar e caracterizar as fenofases, acompanhar a evolução de estruturas reprodutivas, desde a formação do botão floral até a frutificação;

Registrar aspectos anatômicos e morfológicos das estruturas florais;

Identificar estruturas odoríferas;

Avaliar a receptibilidade do estigma;

Avaliar a viabilidade do pólen;

Acompanhar a cinética do tubo polínico;

Caracterizar o sistema reprodutivo;

Registrar visitantes florais e seus comportamentos;

Comparar as semelhanças e diferenças entre o tipo vermelho e amarelo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 FRUTICULTURA

O setor agrícola é um dos mais competitivos da economia brasileira, (SANTOS, 2013; ABRAFRUTAS, 2018a), responsável por 25% do Produto Interno Bruto e quase 50% das exportações nacionais (MAPA, 2018). Muitos destes méritos se devem ao setor da fruticultura, que mesmo sendo atividade comum e presente nos fundos de quintais e pomares domésticos, está entre os principais geradores de renda, emprego e de desenvolvimento rural do agronegócio nacional (BUAINAIN e BATALHA, 2007; FACHINELLO et al., 2011; POLL et al., 2013; SILVA et al., 2013).

O Brasil se destaca como o terceiro maior produtor mundial de frutas (MARIN et al., 2004; BUAINAIN e BATALHA, 2007; SEAB, 2017), com área plantada de 2,5 milhões de hectares (ABRAFRUTAS, 2018b). A atividade está distribuída em todos os Estados do país, variando em intensidade e importância econômica.

Em 2015 no Paraná, a renda bruta gerada no segmento frutícola foi de R\$ 1,4 bilhão, considerando-se o universo de 35 frutas exploradas neste Estado, que teve expressiva participação da fruticultura dentro do valor bruto da produção, situado entre 2% e 3% da renda bruta gerada no campo, com cultivo de fruteiras ocupando área de 67,7 mil hectares e produção de 1,7 milhão de toneladas (SEAB, 2017).

A fruticultura é atividade que exige intensiva mão-de-obra e gera oportunidades de trabalho na razão de dois a cinco trabalhadores para cada hectare cultivado nos diferentes elos da cadeia produtiva (BUAINAIN e BATALHA, 2007), atuando diretamente na economia do país. Pode-se salientar ainda a importância no caráter econômico-social, sendo responsável pela geração de 2,5 a 5,6 milhões de empregos diretos (POLL et al., 2013), gerando um a cada três empregos no país (MAPA, 2018).

O volume de investimentos necessário para viabilizar a produção de frutas é em geral consideravelmente inferior ao de outros segmentos dinâmicos do agronegócio, o que torna o setor atraente como objeto de política pública voltada para a promoção do desenvolvimento local sustentável e para o setor privado (BUAINAIN e BATALHA, 2007). Pode-se dizer que a fruticultura é atividade com elevado efeito multiplicador de renda, com força para dinamizar economias locais estagnadas e com

pouca alternativa de desenvolvimento (BUAINAIN e BATALHA, 2007), por estar concentrada principalmente em pequenas propriedades ou unidades de produções familiares, que dependem da mão de obra familiar, gerando empregos e aumento da renda, favorecendo a diversificação de culturas em pequenas áreas o que propicia melhores condições de vida para seus membros (PETINARI et al., 2008; NUNES et al., 2011; SILVA et al., 2013) contribuindo para redução do êxodo e envelhecimento do meio rural.

As frutas que mais contribuíram no volume total da produção brasileira são o *Citrus* sp. (laranja), *Musa* spp. (banana), *Cocos nucifera* (coco), *Carica papaya* (mamão), *Vitis* spp. (uva), *Citrullus lanatus* (melancia), *Ananas comosus* (abacaxi) e *Cucumis melo* (melão) (SEBRAE, 2015, SEAB, 2017). A laranja e banana representavam 60% do total das áreas de cultivo (POLL et al., 2013), com isso, pode-se observar que a fruticultura brasileira é baseada, em grande parte, no uso de espécies exóticas adaptadas ou melhoradas para as condições climáticas locais. Como resultado, o modelo agrícola promove basicamente o cultivo destas espécies exóticas através de monoculturas, com resultados ecológicos e econômicos, geralmente, pouco sustentáveis, aumentando as ameaças de extinção sobre as espécies nativas (BRACK et al., 2007), demonstrando a desvalorização do patrimônio natural, de nossas fruteiras que ocorrem espontaneamente, podendo isso ser cultural, resultado de visões imediatistas, típicas de um país dependente.

A agricultura familiar busca reduzir riscos econômicos e alimentares tendendo valorizar a adoção de sistemas mais diversificados (REIS et al., 2017) enquadrando nesse cenário as fruteiras nativas. Com isso, o Brasil apresenta vantagens, quando comparado aos demais países, devido a diversidade de espécies frutíferas que ainda são praticamente desconhecidas, mas com potencial econômico para exploração (DEGENHARDT et al., 2007).

## 2.2 FRUTEIRAS NATIVAS

O Brasil possui considerável área de mata nativa com variedade de espécies produtoras de frutos comestíveis, atraentes e saborosos (KOHAMA et al., 2006; DANNER, 2009). Todavia, o que se viu no final do século XIX e início do século XX nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, foi a perda da



diversidade de fruteiras nativas como consequências do desmatamento, queimadas e monocultivos (CITADIN et al., 2005; SANTOS, 2013), sendo urgente esforços para minimizar tais impactos, antes da extinção ou diminuição aos níveis críticos dos genótipos que ainda restam.

Mudanças observadas nos hábitos e nas preferências alimentares dos consumidores, o aumento da idade média da população e a busca por melhor qualidade de vida são fatores que reforçam a tendência de valorização dos benefícios proporcionados pelas frutas (BUAINAIN e BATALHA, 2007; CETAP, 2015), abrindo portas para fruteiras nativas que apresentam amplo potencial de uso, não somente para consumo in natura, mas também para a industrialização (BRACK et al., 2007), interessantes para indústria farmacêutica e alimentícia, já que seus frutos são ricos em vitaminas, substâncias antioxidantes além de outras partes da planta que apresentam óleos essenciais (MARIN et al., 2004) ou outros compostos de interesse. Estas espécies assumem importância ecológica em programas de recuperação de áreas degradadas e preservação permanente (LORENZI, 2002), como atrativos para a fauna dispersora das sementes.

Mesmo com todo este potencial, até o momento estas fruteiras continuam praticamente inexploradas dentro do país (ALEGRETTI et al., 2015; SOBUCKI et al., 2015), pela introdução e exploração de espécies exóticas (MORETTO et al., 2014), todo o pacote tecnológico e informativo para seu cultivo e a falta dessas informações para as espécies nativas. Todavia, empresas e instituições estrangeiras buscam avidamente o patenteamento de nossos recursos vegetais e seus derivados (BRACK et al., 2007), como ocorreu com a *Acca sellowiana* (feijoa), que foi negligenciada em termos de pesquisa, introduzida e aclimatada em países fora da sua área natural de ocorrência, como França, Itália, Rússia, Estados Unidos, Israel, Colômbia e Nova Zelândia. Neste último, existem pelo menos treze produtos derivados da *A. sellowiana*, como geleias, sorvetes, espumantes, sucos e molho (MORETTO et al., 2014).

Algumas espécies, expressam potencial de exploração, nos diferentes biomas de ocorrência, a exemplo das frutas do Cerrado como *Caryocar brasiliense* (pequi), *Dipteryx alata* (baru), *Hancornia Speciosa* (mangaba), *Mauritia flexuosa* (buriti), *Oenocarpus bacaba* (bacaba), *Byrsonima crassifolia* (murici), *Anacardium occidentale* e *Annona Crassiflora* (araticum marolo) (PEREIRA e SANTOS, 2015) ou na Mata Atlântica, com *Euterpe edulis* (juçara), *Butia* spp. (butiá), *Campomanesia*

*xanthocarpa* (guabiroba), *Plinia* spp. (jaboticabeira), do araçá (*Psidium cattleianum*) (VIBRANS et al., 2013; COSTA et al., 2015; ZERBIELLI et al., 2016; RAMOS et al., 2017).

Outras frutas nativas, a exemplo do butiá, guabiroba e o araçá, apresentam menores volumes de produção e de consumo, com poucas áreas de cultivo, sendo oriundas principalmente do extrativismo. Porém, os números são promissores, já que foi relatado volume de produção de derivados de frutas nativas, provenientes de apenas 13 unidades de processamento (incluindo *E. edulis*, *Butia* spp., araçá, *Plinia* spp. e *C. xanthocarpa*), com produção estimada de 30 toneladas de alimentos (polpa congelada, picolés, bebidas engarrafadas, geleias e panificados) (RAMOS et al., 2017).

Além disso, têm-se as fruteiras já consagradas, sendo cultivadas comercialmente e com destaque no cenário nacional, como *Psidium guajava* (goiabeira), *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (maracujazeiro), *Paullinia cupana* (guaranazeiro), *Euterpe oleracea* (açazeiro), *Anacardium occidentale* (cajueiro) (BRUCKNER e PICANÇO, 2001; ALVES e FREITAS, 2007; MORETTO et al., 2014, PORTO et al., 2018). O *P. edulis* f. *flavicarpa* teve área colhida de 1,2 mil hectares e volume de produção de 18,6 mil toneladas (SEAB, 2017). *P. guajava*, espécie mais importante do gênero *Psidium*, é fruteira nacionalmente apreciada pelas características de seus frutos, que são consumidos in natura ou industrializados, por ser a espécie de maior interesse econômico deste gênero botânico (FRANZON et al., 2009; COSTA et al., 2015), com área colhida de 703,0 hectares e produção de 17,7 mil toneladas em 2016 (SEAB, 2017).

### 2.3 FAMÍLIA MYRTACEAE

O país com seus vários biomas, todos com exuberante diversidade vegetal, têm entre eles, Mata Atlântica (MORETTO et al., 2014), Pampa, ficando este restrito ao Estado do Rio Grande do Sul (CASTILHOS et al., 2018). O Cerrado, que constitui o segundo maior bioma do país, representando cerca de 23% do território brasileiro, sendo superado, em extensão, apenas pela Floresta Amazônica (SILVA et al., 2008; PEREIRA e SANTOS, 2015), bem como a Caatinga, que aparece como o

maior conjunto vegetal formado pelas florestas estacionais decíduais (ARAUJO et al., 2007).

A família *Myrtaceae* compreende mais de 6000 espécies (GIARETTA et al., 2016) com plantas de porte arbustivo ou arbóreo distribuídas por todos os continentes, com exceção da Antártida, mas com nítida predominância nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (DENARDI et al., 2005; DONATO e MORRETES, 2011; SANTOS, 2013) e é uma das mais importantes, de melhor representatividade nas diferentes formações vegetais no território nacional (PIRES e SOUZA, 2011; COSTA et al., 2017), com cerca de 1000 espécies subordinadas a 23 gêneros, o que coloca a família entre as 10 de maior riqueza de espécies na flora do país (GIARETTA et al., 2016).

As *Myrtaceae* sul-americanas estão subordinadas à tribo *Myrteae*, que se caracterizam pela produção de frutos carnosos (ANDRADE e FERREIRA, 2000; PIRES e SOUZA, 2011), com folhas contendo glândulas oleosas, ovário mediano a ínfero e estames numerosos (WILSON et al., 2001).

Dentre todos os gêneros de espécies dessa família, *Eugenia*, *Acca*, *Myrcianthes*, *Campomanesia*, *Plinia*, *Psidium* e *Syzygium*, têm importância econômica reconhecida (MANICA, 2000; PIROLA, 2013; DANNER et al., 2010; GIARETTA et al., 2016), destacando-se *P. guajava*, que é cultivada em larga escala e explorada comercialmente, pelas características de seus frutos, que são consumidos in natura ou na forma de produtos industrializados (GRESSLER et al., 2006; ALVES e FREITAS, 2007; FRANZON et al., 2009; COSTA et al., 2015). Outra espécie que apresenta elevado valor econômico é o eucalipto (*Eucalyptus* spp.), utilizado para produção de madeira, celulose e na produção de aromatizantes, bem como plantas do gênero *Syzygium* (cravo-da-índia) como especiarias (GIARETTA et al., 2016). Essas espécies representam apenas pequena fração do grande potencial econômico da família, tendo em vista o grande número de frutos comestíveis produzidos por espécies não comerciais, que estão desaparecendo da natureza antes mesmo que se tenha conhecimento básico de sua biologia (LANDRUM e KAWASAKI, 1997).

Todavia, outras espécies, que apesar de pouco exploradas, destacam-se como fonte potencial para diversos usos especialmente alimentar, pois assim como a *P. guajava*, produzem frutos comestíveis (FRANZON et al., 2009), além do uso medicinal, ornamental, reflorestamento, recuperação de áreas degradadas ou arborização urbana (SANTOS, 2013). Estas fruteiras podem vir a ser exploradas

comercialmente, visando à diversificação da produção e do consumo de frutas (DANNER et al., 2010).

Algumas das espécies, da família *Myrtaceae*, presentes no bioma Pampa com potencial de exploração econômica são *A. sellowiana*, *C. xanthocarpa*, *Eugenia involucrata* (cerejeira da mata), *Eugenia myrcianthes* (pessegueiro do mato), *Eugenia uniflora* (pitangueira), *Eugenia uruguayensis* (guamirimzeiro), *Myrrhinium atropurpureum* (murtilheiro), *Myrcia palustris* (cambuzinho), *Myrcia selloi* (cambuizeiro), *Myrcianthes gigantea* (araçazeiro do mato), *Myrcianthes pungens* (guabijuzeiro), *Myrciaria tenella* (cambuí açu), *Plinia rivularis* (guapuritizeiro), *Plinia* spp. e *P. cattleianum* (SOBUCKI et al., 2015; CASTILHOS et al., 2018).

No Cerrado são representantes desta família, *Eugenia dysenterica* (cagaita), *Psidium myrsinoides* (araçazinho), *Psidium riparium* (araça da praia) (PEREIRA e SANTOS, 2015; COSTA et al., 2017). Na Caatinga, *Campomanesia aromatica* (guabirobeira), *Campomanesia dichotoma* (guabiropa roxa), *Neomitranthes obscura* (pitanga da restinga), *Psidium guineense* (araçazeiro) (CORDEIRO et al., 2017).

Na Mata Atlântica, têm-se *C. xanthocarpa*, *Plinia* spp., *P. cattleianum* (ZERBIELLI et al., 2016; RAMOS et al., 2017), *A. sellowiana*, *M. tenella* e *E. uruguayensis* (MORETTO et al., 2014), *Eugenia cerasiflora* (guamirim), *Campomanesia guaviroba* (guaviropa laranja), *Campomanesia guazumifolia* (sete capoteiro), *Campomanesia neriiflora* (guabiropa branca), *Eugenia florida* (guamirim cereja), *Eugenia puniceifolia* (cereja do cerrado), *Eugenia pyriformis* (uvaieira), *E. uniflora*, *Myrcia tomentosa* (araçazinho), *P. guineense* (araçazeiro) (SILVA e MAZINE, 2016).

Dentre estas, as com maior visibilidade e/ou potencial para uso comercial têm-se a *Plinia* spp., *E. uniflora* e *P. cattleianum*, sendo as duas primeiras mais usadas, mas a última com maior necessidade de estudos.

### 2.3.1 Araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine)

O gênero *Psidium* compreende cerca de 100 espécies (RASEIRA et al., 2004), dentre elas o *P. cattleianum*, que apresenta outras denominações, como *P. littorale*, *P. variabile*, *P. coriaceum*, tendo nomes populares como araçá, araçá da praia,

araçazeiro, araçazeiro do campo, araçá amarelo, araçazeiro amarelo, araçá de coroa, araçá coroa, araçá vermelho ou araçazeiro vermelho (LISBOA et al., 2011).

O araçazeiro possui significativa plasticidade ambiental, desenvolvendo-se bem em clima tropical ou subtropical, em diversas condições edafoclimáticas, é originário do Sul do Brasil, mas apresenta ampla distribuição, sendo encontrado desde o Rio Grande do Sul até a Bahia (RASEIRA et al., 2004; FRANZON et al., 2009; LISBOA et al., 2011), principalmente em áreas de restingas litorâneas, locais úmidos e de modo geral, na Floresta Ombrófila Densa e raramente na Depressão Central (ROCHA et al., 2008).

Esta espécie possui diferentes denominações taxonômicas específicas, pelo fato de não haver consenso entre os especialistas, que relatam diferenças na anatomia do lenho, morfologia foliar e na coloração dos frutos, que podem apresentar coloração amarela ou vermelha da epiderme, levando a hipótese de que os morfotipos se tratam de táxons diferentes para a espécie (ROCHA et al., 2008; LISBOA et al., 2011). As divergências sempre existiram, principalmente quanto aos aspectos de coloração de frutos (FRANZON et al., 2009), até nova classificação botânica.

O *P. cattleianum*, que ocorre espontaneamente na natureza, apresenta altura média que varia de 1,5 a 6 m, com tronco liso, geralmente tortuoso, de casca fina de coloração castanha, descamante, folhas coriáceas, glabras, obovadas com 5 a 10 cm de comprimento por 3 a 6 cm de largura, sendo encontradas variedades com frutos amarelos e com frutos vermelhos (LORENZI, 1992; RASEIRA et al., 2004; LISBOA et al., 2011; SILVA e MAZINE, 2016).

Esta espécie apresenta maior potencial para aproveitamento imediato, com cultivares lançadas (RASEIRA et al., 2004). Trabalhos de seleção de genótipos, realizados por pesquisadores do Centro de Pesquisa de Clima Temperado da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPACT/EMBRAPA Clima Temperado), resultaram no lançamento do cultivar de araçazeiro da espécie *P. cattleianum*, nominada 'Ya-cy', cujos frutos apresentam película amarela, sabor doce e baixa acidez, com peso médio entre 15 e 20 g, podendo atingir produção de 4 Kg planta ano<sup>-1</sup>, nos primeiros anos de produção, com até três colheitas por ano. Além deste, foi lançado a cultivar de película vermelha chamado de 'Irapuã', com frutas roxo-avermelhadas de tamanho médio a grande e início da produção 2 anos após o plantio (FRANZON et al., 2009).

O araçazeiro está entre as frutíferas nativas do sul do Brasil, ainda subexploradas, mas com potencial econômico, porém não existe ainda oferta adequada à demanda desta fruta no mercado (LISBOA et al., 2011). Além da possibilidade de exploração para consumo dos frutos in natura, a industrialização é realidade, sendo explorada pela agroindústria para fabricação de suco, que apresenta valor nutricional considerável devido ao baixo teor de açúcar, elevado teor de compostos fenólicos, vitaminas e sais minerais (superior ao suco da maçã), além da preservação de 45% do teor de vitamina C encontrado no fruto in natura (FRANZON et al., 2009).

## 2.4 BIOLOGIA FLORAL

Biologia floral inclui o estudo de todas as manifestações que ocorrem durante a vida da flor, inclusive a fertilização (PEREIRA et al., 2009). São raros os estudos tratando da biologia reprodutiva de espécies nativas pertencentes a família *Myrtaceae*, e os poucos trabalhos na área exploram apenas parte deste assunto, como exemplos podem ser citados trabalhos com as espécies *P. cattleianum* (COSTA et al., 2015), *E. uniflora* (SILVA e PINHEIRO, 2007; FRANZON, 2008; FRANZON et al., 2009; PIROLA, 2013), *Myrcia guianensis* (cambuí) e *Myrcia laruotteana* (guamirim) (PIRES e SOUZA, 2011), *P. guajava* (ALVES e FREITAS, 2007) *Eugenia puniceifolia* (murta), *Eugenia neonitida* (pitangatuba), *Eugenia rotundifolia* (jabuticaba de praia) (SILVA e PINHEIRO, 2007) e recentemente a *Campomanesia adamantium* (guavira) (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017b).

A reprodução é um dos principais pilares para manter a cultura economicamente viável. Sendo assim, as análises sobre a biologia floral, o mecanismo de polinização e os registros fenológicos mostram-se de extrema importância, tanto para o meio natural quanto para produção em escala comercial (SILVA e PINHEIRO, 2007) ou visando fomentar novas pesquisas, no planejamento de cruzamentos dirigidos e para auxiliar na determinação de práticas culturais, como raleio, adubação, irrigação e colheita (DANNER et al., 2010), até mesmo a forma de plantio. Estudos relacionados a biologia reprodutiva, envolvendo o conhecimento da biologia floral, fenologia, estratégias de cruzamento e ecologia de polinização são

eficiente ferramenta para contribuir no aprimoramento de estratégias de manejo e de conservação das espécies (PERLEBERG, 2017).

Como estrutura, na qual, a reprodução ocorre nas Angiospermas, à flor sofreu várias modificações durante a co-evolução com polinizadores, podendo apresentar-se solitária ou agrupada em inflorescências, normalmente composta por três conjuntos de órgãos apendiculares, o perianto (apêndices externos de proteção e/ou atração de polinizadores), o androceu e o gineceu (SANTOS, 2013). As pétalas e/ou os estames estão diretamente envolvidos na atração visual e olfativa dos polinizadores (GRESSLER et al., 2006).

As flores das *Myrtaceae* normalmente exalam forte odor, devido a presença de glândulas de óleo e tricomas secretores, que são estratégias adotadas por espécies como a *C. xanthocarpa*, *Myrciaria dubia* (camu-camu), *E. uniflora*, *E. puniceifolia*, *E. neonitida*, *E. rotundifolia*, *Myrcia* cf. *língua* (brasa viva) e *Psidium cinereum* (araçá cinzento), que apresentam estas estruturas nas sépalas, filetes, estilete, antera ou região ovariana, a fim de garantir a perpetuação e a ocupação de novos espaços em seu habitat natural, através da reprodução (MAUÉS e COUTURIER, 2002; GRESSLER et al., 2006; SILVA e PINHEIRO, 2007; SANTOS, 2013). Havendo diferenças na localização dos osmóforos, dúvidas frequentes da biologia floral podem ser elucidadas, assim como comportamento de polinizadores e estratégias de reprodução. Com isso, é de suma importância a identificação destas glândulas secretoras de odor, pois pode estar ligada ao maior ou menor sucesso na polinização, já que a liberação de odor está ligada a atração de polinizadores a longas distâncias (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017a).

Assim como o odor exalado pelas flores, a presença de néctar é atrativa para polinizadores. As evidências de produção de néctar em *Myrtaceae* são poucas, porém, pode estar presente em algumas espécies (GRESSLER et al., 2006), pois as abelhas foram observadas coletando este recurso em flores de *M. dubia* (MAUÉS e COUTURIER, 2002). A disponibilidade de pólen e néctar é importante para a dispersão da espécie com auxílio da fauna polinizadora, visando à atração desta, bem como, o odor que é outra estratégia utilizada para este fim (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017a). A obtenção de informações sobre a disponibilidade destes recursos pode ser feita através dos estudos fenológicos (MARIOT et al., 2014).

Os conhecimentos referentes à morfologia, estrutura polínica, germinação *in vitro* e armazenamento do pólen são muito importantes em programas

de melhoramento genético, visando à obtenção de seleções potencialmente promissoras (CHAGAS et al., 2010). Com relação às fruteiras da família *Myrtaceae*, foram encontrados na literatura estudos com viabilidade de pólen de *M. dubia* (MAUÉS e COUTURIER, 2002), *E. involucrata* (FRANZON e RASEIRA, 2006), *E. uniflora* (FRANZON et al., 2009), *Plinia* spp. (DANNER et al., 2011; VILELA et al., 2012), *A. sellowiana* (SANTOS et al., 2007; FINATTO et al., 2011), *C. xanthocarpa* (SANTOS, 2013) e *C. adamantium* (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017b), demonstrando algumas condições necessárias para avaliar a viabilidade de pólen dessas espécies.

Em programas de melhoramento genético, o armazenamento de pólen é de extrema importância, pois é necessário que este mantenha viabilidade até o momento em que será utilizado em hibridações, que muitas vezes não apresentam sincronia de floração entre os genótipos de interesse (DAMASCENO JUNIOR et al., 2008). A manutenção da capacidade de germinação do pólen depende, além das características intrínsecas da espécie, das condições de armazenamento que tem como principal propósito a manutenção da viabilidade (FRANZON e RASEIRA, 2006; DAMASCENO JUNIOR et al., 2008).

Nas *Myrtaceae*, o pólen costuma ser o principal recurso oferecido aos polinizadores (GRESSLER et al., 2006). Testes para quantificação de pólen e seu comportamento são importantes visto que algumas espécies apresentam alta produção, porém muitos não são viáveis. Em *M. dubia*, há presença de grande número de estames, já que o pólen constitui a maior recompensa aos visitantes, sendo importantes para a atração dos mesmos, assim como o aroma exalado pelas flores (MAUÉS e COUTURIER, 2002).

#### 2.4.1 Fenologia e Fenofases

Fenologia é o estudo dos padrões de florescimento e de frutificação de uma espécie, ou seja, o estudo do ciclo biológico das plantas que compreende o acompanhamento de fases como floração, frutificação e mudança foliar (PEREIRA et al., 2009). A caracterização fenológica, através da separação em fenofases, permite detalhamento da descrição do ciclo da planta, já que têm implicações diretas no fluxo gênico, determinado pelo comportamento de polinizadores, visitantes e na evolução de estratégias reprodutivas (REGO et al., 2006).



A definição do início da antese, ocorre com a abertura dos lobos da corola e o final, quando ocorrem mudanças como a perda de brilho, mudança na coloração e murchamento da flor (MATIAS e CONSOLARO, 2014). A abertura das flores em *Myrtaceae* de forma geral ocorre usualmente no início da manhã (entre 4:00 e 6:00 h) e a flor mantém-se integra apenas por um dia (GRESSLER et al., 2006), como observado para *E. involucrata* (REGO et al., 2006) e *M. dubia* (MAUÉS e COUTURIER, 2002).

## 2.5 REPRODUÇÃO

Pouco se conhece sobre a biologia reprodutiva da maioria das fruteiras nativas, mas estudos da interação pólen-pistilo, bem como o conhecimento da maneira e no momento em que ocorre a fecundação, são alguns dos aspectos que necessitam ser estudados para elucidar o processo reprodutivo (FRANZON, 2008).

Nas angiospermas, o gineceu é dividido em estigma, estilete e ovário, mesmo ocorrendo variação da morfologia floral o desenvolvimento do tubo polínico no pistilo da flor é processo que ocorre de forma similar na maioria das espécies, onde os grãos de pólen germinam no estigma, com tubo polínico crescendo através do estilete até chegar ao ovário (HERRERO, 2003).

Em trabalhos de melhoramento é muito importante a identificação do momento em que o estigma se encontra receptivo para efetivar cruzamentos e proceder com hibridações, evitando desperdício de pólen e mão de obra, visto que qualquer sucesso na polinização está estritamente relacionado ao momento e duração da receptibilidade do estigma (DAFNI, 1992).

Algumas espécies do gênero *Eugenia* apresentam o estigma receptivo durante o processo da antese (SILVA e PINHEIRO, 2007). Com *M. dubia*, isso também ocorre se estendendo até cinco horas após a antese (MAUÉS e COUTURIER, 2002).

A receptibilidade do estigma pode ser determinada com mudanças morfológicas, presença de exsudados ou modificação da coloração (DAFNI, 1992). Existem testes que inferem na sua receptibilidade, através de reações químicas, indicativo da presença de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), sinal de receptividade, resultando na formação de bolhas de ar. Porém, a presença de qualquer injúria no

tecido prejudica o resultado, podendo acusar como “falso positivo” (MAUÉS e COUTURIER, 2002).

Testes para comprovar a viabilidade polínica são utilizados para avaliar a fertilidade do genitor masculino, monitorar seu estado em condições de armazenamento, bem como, os estudos sobre incompatibilidade (DAFNI, 1992). Isso é importante de modo a garantir a fecundação e tornar possíveis cruzamentos entre genótipos de potencial econômico que apresentam floração em épocas distintas. Para a maioria das espécies não são conhecidas condições adequadas para testes de viabilidade polínica (FRANZON e RASEIRA, 2006). Contudo, existem métodos baseados na germinação *in vitro* e *in vivo*, na coloração e na formação de sementes após polinização normal de genitor feminino selecionado (GALLETTA, 1983; PIO et al., 2007).

O método de coloração apesar de mais rápido e usado na verificação da viabilidade polínica, pode superestimar os resultados, pois, muitas vezes, grãos de pólen inviáveis coram, por possuírem quantidade suficiente de enzimas, amido e outras substâncias alvo do corante (GALLETTA, 1983; HISTER e TEDESCO, 2016; JESUS et al., 2018). Os testes com os corantes Alexander, carmim acético, lugol e sudan IV são estimativas consideradas ineficientes em alguns casos, embora possam ser usados para determinar componentes celulares e a integridade do grão de pólen. Como exemplo, a solução de Alexander que diferencia grãos de pólen abortados, sem núcleo, dos não abortados, podendo ser utilizado para identificação de híbridos ou macho estéreis, por não apresentar núcleo ou alteração do mesmo (MUNHOZ et al., 2008).

Para algumas culturas, o teste de tetrazólio mostra-se ferramenta confiável e rápida para avaliar viabilidade polínica, a exemplo de *C. papaya*, visto que se equipara aos resultados de germinação *in vitro* (MUNHOZ et al., 2008). A germinação *in vitro* é o teste mais seguro para avaliar a viabilidade do pólen, pois revela o verdadeiro estado das reservas e sua conversão para possibilitar a germinação dos grãos de pólen (MARCELLÁN e CAMADRO, 1996).

O sucesso da germinação *in vitro* depende de vários fatores como, espécie vegetal, estado nutricional das plantas, época do ano e horário de coleta, fotoperíodo, temperatura, método de coleta, tempo de incubação e constituintes do meio de cultura, sendo necessários ajustes de acordo com a espécie (FRANZON e RASEIRA, 2006; SOARES et al. 2008; CHAGAS et al., 2010; SINIMBU NETO et al.,

2011). O meio básico utilizado para germinação in vitro é constituído de alguma fonte de carboidrato simples, sinalizador químico e agente gelatinizante, sendo geralmente usados a sacarose, ácido bórico e ágar, respectivamente. Muitas substâncias orgânicas e inorgânicas como a sacarose, o ácido bórico, nitrato de cálcio, persulfato de potássio e sulfato de magnésio podem afetar a germinação in vitro de grãos de pólen (GALLETTA, 1983; MIRANDA e CLEMENT, 1990; DIAMANTINO et al., 2016). A germinação in vitro é estimulada pela adição desses elementos ao meio de cultura, submetendo o pólen a condição semelhante à encontrada no estigma (SOUZA et al., 2010).

A adição de algum açúcar ao meio de cultura tem por objetivo o equilíbrio osmótico entre o pólen, o meio e o fornecimento de energia para auxiliar o desenvolvimento do tubo polínico (STANLEY e LINSKENS, 1974), que em conjunto com o Boro, forma o complexo açúcar-borato, diminuindo a probabilidade de rompimento das membranas celulares e estímulo ao crescimento do tubo polínico, com resposta variável de acordo com a espécie (PFAHLER, 1967; FRANZON e RASEIRA, 2006). Para considerar que os grãos de pólen apresentam boa germinação, devem-se atingir valores superiores a 50% com tubos polínicos bem desenvolvidos. Todavia, com o envelhecimento do material é esperada diminuição da germinação e comprimento dos tubos polínicos, mas ainda que pareça fraco, a presença de alguns tubos polínicos vigorosos indica que o mesmo possui capacidade de assegurar, pelo menos, moderada frutificação efetiva (SCORZA e SHERMAN, 1995).

### 2.5.1 Estratégia Reprodutiva

A polinização ocorre com a chegada do pólen ao estigma, que pode ocorrer por contato direto da antera com esta estrutura ou por meio de agentes polinizadores (JOHRI et al., 2001). As plantas superiores apresentam diversos sistemas de reprodução. Portanto o conhecimento da forma utilizada torna-se importante para o uso e preservação de recursos genéticos vegetais (SOUZA, 1996), manejo em cultivo e para o melhoramento genético, pois permite definir estratégias de seleção com base em cruzamentos intra e interpopulacionais (FRANZON, 2008; DANNER et al., 2011) bem como, para a domesticação (SANTOS, 2013).

Dentre os sistemas reprodutivos podem ser citados a polinização cruzada, também conhecida por alogamia, que é a troca de gametas entre indivíduos distintos; autofecundação, denominada autogamia, sendo a fusão dos gametas de mesmo indivíduo; e apomixia, ou agamospermia, onde ocorre a formação de embrião sem fertilização, meiose ou produção de gametas, onde as progênies são geneticamente idênticas à planta mãe (PEREIRA et al., 2009).

As espécies, *E. uniflora*, *E. puniceifolia*, *E. neonitida* e *E. rotundifolia*, apresentaram alta frutificação em polinização cruzada e baixa quando autopolinizadas, tendo nos tratamentos buscando apomixia não ocorrência de formação de frutos (SILVA e PINHEIRO, 2009). *E. uniflora* pode ser considerada auto fértil, pois o pólen germina e cresce no pistilo da própria flor, chegando até os óvulos. Entretanto, ela precisa de agente polinizador, pois as anteras estão, em geral, em plano inferior ao estigma (FRANZON, 2004).

## 2.6 POLINIZADORES

A ecologia da polinização engloba estudos de interação entre flores e seus visitantes ou polinizadores (PEREIRA et al., 2009), sendo importante obter informações a esse respeito. As flores, geralmente pequenas, das *Myrtaceae* brasileiras são polinizadas principalmente por pequenos insetos, especialmente as abelhas, vespas, moscas, besouros e até pequenos vertebrados como pássaros, que podem ser apenas visitantes florais, polinizadores efetivos ou polinizadores ocasionais (GRESSLER et al., 2006; SILVA e PINHEIRO, 2007). O conhecimento das interações entre plantas e animais, como a polinização, é fundamental para compreensão da estrutura e da dinâmica das comunidades e de seu processo de regeneração (PERLEBERG, 2017).

Conhecer os visitantes florais permite identificar potenciais polinizadores e eficiência destes na transferência de pólen, promovendo o fluxo gênico, para que ocorra a formação de frutos e conseqüente formação de sementes (PERLEBERG, 2017). No gênero *Eugenia* os principais visitantes florais são da ordem himenóptera, coleóptera e díptera (SILVA e PINHEIRO, 2009), mais especificamente em *E. involucrata*, a abelha (*Apis mellifera*) é o principal polinizador efetivo (REGO et al., 2006). Para a espécie *M. dubia*, insetos da ordem himenóptera apresentam

comportamento de polinizadores efetivos, dípteros e coleópteros se comportam como polinizadores ocasionais (MAUÉS e COUTURIER, 2002). Em *P. guajava* os principais visitantes florais são *A. mellifera* (FREITAS e ALVES, 2008), *Partamora cupira* (abelha cupira), *Melipona subnitida* (jandaíra), *Xylocopa frontalis* (mamangava) e *Trigona spinipes* (arapuá) (ALVES e FREITAS, 2006; ALVES e FREITAS, 2007).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL

O trabalho foi realizado no Laboratório de Fisiologia Vegetal e na Coleção de Fruteiras Nativas da Estação Experimental da UTFPR – Câmpus Dois Vizinhos – Paraná. Foram utilizados 10 acessos de araçazeiro vermelho, com mais de 15 anos e 120 plantas de araçazeiro amarelo cultivar *Ya-Cy*, com idade aproximada de sete anos, existentes na referida instituição, com origem das plantas através de sementes. A confirmação taxonômica da espécie foi realizada seguindo chave taxonômica em Tuler et al. (2017). O material botânico foi coletado e procedeu-se com a identificação dos detalhes de folhas e flores seguindo-se as metodologias de Vidal e Vidal (2000) e Gonçalves (2011).

#### 3.2 BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA

##### 3.2.1 Fenologia

Para acompanhamento da fenologia, os indivíduos escolhidos foram observados semanalmente até o início da fase reprodutiva, caracterizado pelo surgimento das primeiras estruturas florais. O período entre as avaliações foi realizado a cada segundo dia, acompanhando-se o desenvolvimento da flor e coleta de informações sobre detalhes da antese à senescência dos órgãos florais. Registros fotográficos foram realizados durante todas as avaliações, conforme relatado por Bezerra e Machado (2003).

Foram observadas especificidades das fases vegetativas, como as mudanças visuais que ocorrem nas folhas durante o amadurecimento de seus tecidos, bem como na fase reprodutiva, por meio do acompanhamento e registro da evolução das peças florais e frutificação até a maturação dos frutos, relacionando os eventos fenológicos com os dados de precipitação e temperatura, assim como realizado por Maués e Couturier (2002).

Para o araçazeiro vermelho foram utilizados dois indivíduos focais, dos quais foram marcados 10 ramos aleatoriamente, resultando em 20 ramos, acompanhados entre junho de 2016 e fevereiro de 2017, período que abrangeu as fases vegetativas de repouso das gemas até a maturação dos frutos.

Para araçazeiro amarelo foi utilizada a cultivar *Ya-Cy*, onde foram selecionados aleatoriamente 30 indivíduos focais, dos quais um ramo por indivíduo foi marcado para acompanhamento, entre os meses de junho de 2016 e outubro de 2017.

Os dados foram apresentados através de imagens e descrição detalhada de cada fase.

### 3.2.2 Escala Fenológica

Os dados obtidos durante o acompanhamento fenológico foram utilizados para confecção da escala fenológica, juntamente com o registro fotográfico. Foram quantificados os números de dias decorridos em cada fase, com metodologia adaptada da escala fenológica BBCH, Meier (2001), Rego et al. (2006), Santos (2013) e Francescato (2014).

Estruturas foram coletadas de ramos não marcados e levadas ao Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos, sendo estas dispostas sobre papel milimetrado e analisadas em estereoscópio, com base em critérios visuais relativos aos aspectos morfológicos, classificando-as nos diferentes estádios de desenvolvimento, procedendo-se o registro fotográfico e montagem de escala fenológica.

### 3.2.3 Longevidade da Flor

A antese foi observada, durante cinco dias não consecutivos para araçazeiro amarelo e sete para araçazeiro vermelho, com monitoramento horário, das 5 h às 20 h, averiguando-se detalhes de início da antese, liberação e intensificação do odor, longevidade, indícios de deiscência e senescência da flor ou partes dela assim como descrito por Silva e Pinheiro (2007), Kiill e Simão-Bianchini (2011), Kiill et al. (2014) e Versieux et al. (2014).

O início da antese foi definido com a abertura dos lóbulos da corola. Foram observadas alterações relativas à cor, posições dos verticilos florais e dos órgãos reprodutivos. O término da antese foi caracterizado pelas mudanças na aparência (menos brilho, mudança de cor e murcha) e desprendimento de peças florais assim como realizado por Benezar e Pessoni (2006) e Matias e Consolaro (2014). Para evitar a confusão dos sentidos, principalmente do olfato, a cada 20 minutos de observação o avaliador se ausentou por 10 minutos em pelo menos 50 m de distância das plantas.

#### 3.2.4 Caracterização Morfológica

As caracterizações e morfometrias foram realizadas com materiais frescos e a quantificação das partes da flor, posteriormente, com materiais fixados em FAA [formaldeído: ácido acético: etanol 70% (10:5:85, v/v/v)] (BENEZAR e PESSONI, 2006; SANTOS, 2013; FRANCESCOTTO, 2014).

Foram coletadas 50 flores, de cinco plantas de araçazeiro vermelho e 10 de araçazeiro amarelo, analisando-se a morfometria com ênfase nas estruturas reprodutivas (BEZERRA e MACHADO, 2003; VERSIEUX et al., 2014), utilizando-se paquímetro digital (MATIAS e CONSOLARO, 2014). Foram aferidas as dimensões (diâmetros, comprimentos e larguras) das peças florais e suas posições, para verificar a possibilidade de deposição de grãos de pólen da própria flor em seu estigma durante a antese. Além disso, foram contabilizadas as peças florais, inclusive óvulos, lóculos por ovário, estames por flor e flores por axila foliar (DEGENHARDT et al., 2001; PERLEBERG, 2017; SILVA e PINHEIRO, 2007; KIILL et al., 2014).

Os dados foram representados através de imagens e descrição, juntamente com média e desvio padrão das mensurações realizadas.

#### 3.2.5 Quantificação de Grãos de Pólen

Foram coletados 30 balões, aleatoriamente, para a contagem do número de anteras, utilizando-se estereoscópio com objetiva de 10x (NOGUEIRA et al., 2015). Para contagem do número de grãos de pólen por antera, foram coletadas quatro anteras, aleatoriamente, por balão e armazenadas em tubos *ependorf*, os quais



permaneceram destampados e mantidos em câmara de desidratação com sílica, em temperatura ambiente. Após pelo menos 24 horas de desidratação, foi realizada maceração das anteras, com a ponta oposta às cerdas de pincel nº 2, adicionado 500 µL de ácido láctico (85%), formando-se suspensão de grãos de pólen. Para a mensuração do número de grãos de pólen por amostra, foi utilizada alíquota de 1,5 µL da suspensão, pipetada sobre lâmina para microscopia, recoberta por lamínula e observados em microscópio ótico com objetiva de 20x, procedendo-se a contagem do número total de grãos de pólen na lâmina. Todas as amostras foram avaliadas em triplicata, sendo utilizadas 30 repetições, compostas pela média das triplicatas por balão. O número de grãos de pólen por flor foi calculado pela fórmula (PETRI, 1976), e os dados foram apresentados através de média e desvio padrão.

$$N_{pf} = (\bar{O}L \cdot 1/a \cdot (vs/vc)) \cdot N_{af}$$

Onde:  $N_{pf}$  = número médio de grãos de pólen por flor;  $\bar{O}L$  = contagem média das triplicatas;  $a$  = número de anteras trituradas na solução original (4);  $vs$  = volume de ácido láctico em µL (500);  $vc$  = volume da solução utilizado para realizar a contagem (1,5);  $N_{af}$  = número de anteras por flor.

### 3.2.6 Néctar

Foi utilizado estereoscópio para identificar a presença de nectários (estruturas especializadas na secreção de néctar), ou a produção de substâncias como óleo em flores frescas como Benezar e Pessoni (2006), bem como, a utilização de tubos micro capilares, dispostos no pedicelo, base das sépalas, pétalas, estames e carpelos, para relatar a presença ou ausência destas substâncias, como descrito por Versieux et al. (2014). Para tal avaliação foram ensacados mais de 50 botões florais no dia que antecedeu a antese, para evitar o contato de insetos, procedendo-se com as avaliações no dia seguinte, às 7:00 h, 10:00 h, 12:00 h, 15:00 h e 18:00 h, em 10 flores por período de avaliação. Para araçazeiro vermelho foram utilizadas flores de três plantas e para araçazeiro amarelo 10 plantas.

### 3.2.7 Odor

A detecção do odor foi realizada através de teste de coloração, reação luminescente e testes olfativos.

Os osmóforos (glândulas secretoras de aroma) foram detectados através de coloração (MAUÉS e COUTURIER, 2002; BEZERRA e MACHADO, 2003; VERSIEUX et al., 2014), que indica presença de atividade metabólica nos tecidos corados (SILVA e PINHEIRO, 2007). Para isso, 20 flores frescas foram submersas em solução de vermelho-neutro (1:10.000) durante 60 minutos, com posterior lavagem e dissecação. As regiões coradas de vermelho intenso indicaram a presença dos osmóforos (MAUÉS e COUTURIER, 2002), enquanto que as regiões não coradas, ou com coloração muito fraca, indicaram ausência destas estruturas.

A análise referente à absorção e reflexão de luz ultravioleta foi realizada através de observação de 30 flores frescas, de três plantas de araçazeiro vermelho e oito plantas de araçazeiro amarelo, em câmara provida com luz ultravioleta. As regiões das flores que apresentaram fluorescência indicaram maior atividade metabólica de acordo com Bezerra e Machado (2003).

Dez flores de cada tipo de araçazeiro foram dissecadas em sépalas, pétalas, estames e pistilos, alocadas separadamente em tubos de ensaio por cinco horas. Após este período 10 voluntários foram questionados sobre as partes das flores que exalavam odor e como o descreveram (PERLEBERG, 2017; VERSIEUX et al., 2014), com suas palavras, indicando com o que se assemelhava (adocicado, floral, amadeirado, ácido, pútrido, bom, ruim).

### 3.2.8 Receptibilidade do Estigma

A receptibilidade do estigma foi testada com carpelos de diferentes fases de desenvolvimento, provenientes de botões florais, balões e flores (3 h, 8 h e 24 h após a antese) e dois métodos de avaliação da viabilidade (colorimétrico e peróxido de hidrogênio), utilizando 10 estigmas de cada estágio de desenvolvimento da flor e provenientes de quatro plantas de cada tipo de araçazeiro.

O teste de peróxido de hidrogênio consistiu na imersão de carpelos em solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (3%). A formação de bolhas, resultado da reação ocasionada pela

enzima peroxidase, indica receptibilidade (DAFNI, 1992; MAUÉS e COUTURIER, 2002; FRANCESCOTTO, 2014; KIILL et al., 2014; MARIOT et al., 2014; MATIAS e CONSOLARO, 2014; PERLEBERG, 2017; VERSIEUX et al., 2014).

Para o teste colorimétrico os estigmas foram submersos em solução de vermelho-neutro (1:10.000) durante 60 minutos, com posterior lavagem em água destilada. As regiões coradas de vermelho intenso indicaram a presença de atividade metabólica no tecido (DAFNI, 1992).

Os dados foram representados através de imagens e descrição do comportamento observado.

### 3.2.9 Viabilidade de Pólen

#### 3.2.9.1 Coleta do pólen

O pólen foi coletado de flores em dois estádios de desenvolvimento (balões e após antese). Para coleta após antese, ramos com flores em estágio de balões tiveram sua base fixada em espuma fenólica, previamente hidratada, em condições de laboratório, para permitir antese do material (aproximadamente 12 horas), quando procedeu-se então com a coleta do pólen (FRANZON e RASEIRA, 2006; KIILL et al., 2014). As anteras foram destacadas com auxílio de pinça com ponta fina, colocadas para secar em bandejas de papel em temperatura ambiente até a liberação do polínio, que ocorreu após pouco mais de três horas.

#### 3.2.9.2 Coloração de grãos de pólen

Para estimar a viabilidade polínica por coloração foram utilizados três métodos, vermelho neutro (1%), carmim acético (1%) e tetrazólio (1,2%). O tetrazólio (2,3,5-cloreto de trifeniltetrazólio) indica a presença da enzima desidrogenase envolvida na atividade respiratória de tecidos vivos, demonstrando a integridade cromossômica (MUNHOZ et al., 2008) e para estimar a viabilidade dos grãos de pólen foi empregado na concentração de 1,2% (KIILL et al., 2014; MARIOT et al., 2014; MATIAS e CONSOLARO, 2014).

Para vermelho neutro e carmim acético, o pólen foi colocado sobre lâmina contendo uma gota de solução corante, recoberto por lamínula, durante cinco minutos, no qual procedeu-se com a avaliação da porcentagem de grãos corados (DAFNI, 1992; PERLEBERG, 2017). Para o tetrazólio, foi utilizada metodologia descrita por Dafni (1992), onde aplicou-se gota de corante por lâmina, aspergiu-se grãos de pólen, procedendo rapidamente o recobrimento com lamínula excluindo-se bolhas de oxigênio para evitar oxidação, permanecendo em câmara úmida (caixas gerbox® com papel filtro úmido) no escuro a 50°C, por duas horas. Para avaliação, apenas a área central das laminas foram utilizadas, eliminando-se as bordas e proximidades a bolhas de ar, considerando-se viáveis os grãos de pólen corados de vermelho. O teste é considerado sem acurácia quando mais de 20% dos grãos apresentarem cor intermediária entre rosáceo e levemente avermelhado (DAFNI, 1992).

Os dados foram submetidos a teste de normalidade de Lilliefors, apresentando distribuição normal e foram avaliados pela análise de variância.

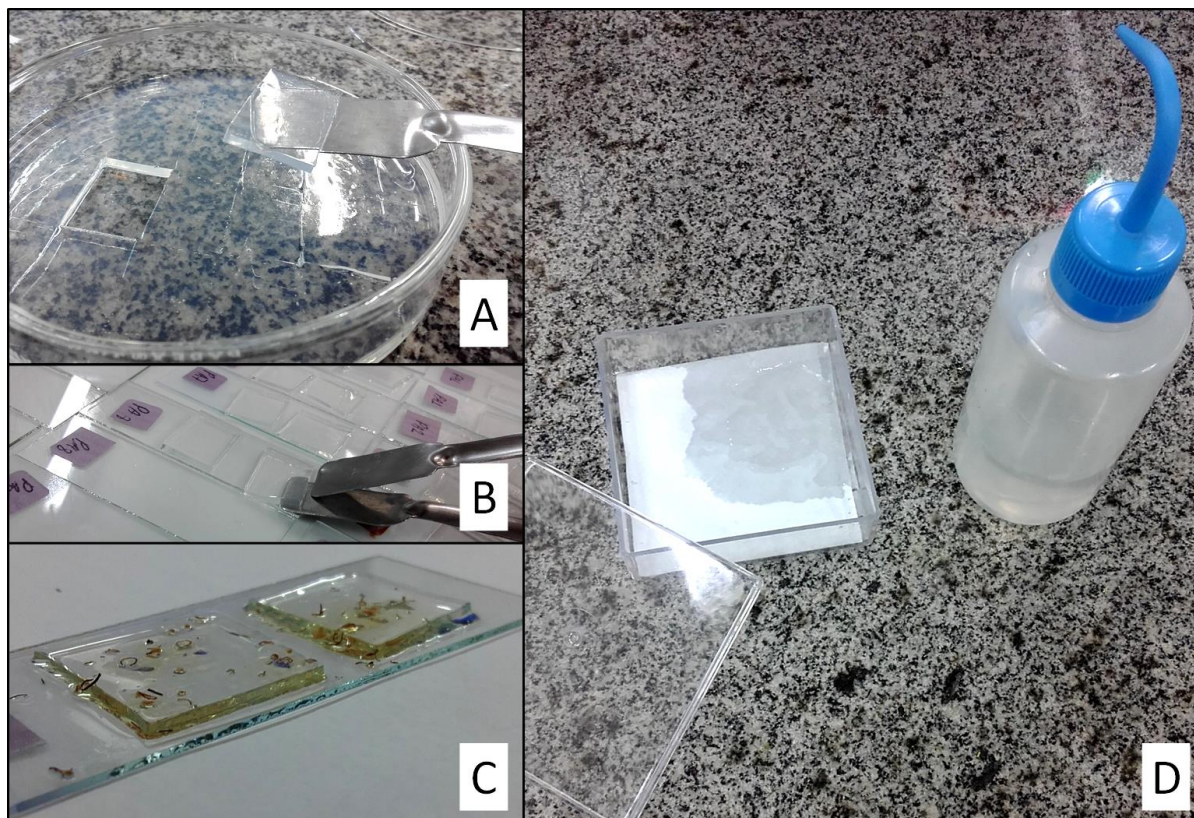
### 3.2.9.3 Germinação in vitro

Para avaliar a capacidade de emissão de tubos polínicos, foram testadas variações ambientais e composições do meio de cultura como:

- Ágar (0,5; 1; 2 e 4%),
- Sacarose (0; 5; 10; 20; 30%),
- Ácido bórico, Nitrato de cálcio, Persulfato de potássio, Sulfato de magnésio e Sulfato de zinco (0; 50; 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>),
- Temperatura de incubação (15, 20, 25 e 30±2 °C).

Todos os meios foram preparados com água destilada, passando por aquecimento em forno micro-ondas até completa dissolução do ágar e solubilização dos demais nutrientes, tomando-se o cuidado para evitar ebulição. O meio de cultura, ainda quente, foi vertido para placas de Petri®, até o recobrimento total do fundo deste recipiente, com espessura aproximada de 3 mm, procedendo-se o recobrimento da placa com a tampa. Após resfriamento e gelatinização, foi seccionado no formato de placas com auxílio de espátulas (Figura 1A), nas dimensões aproximadas de 20 x 20

x 3 mm (largura x comprimento x altura) e dispostos sobre lâminas de vidro (Figura 1B) em substituição aquelas escavadas.



**Figura 1** – Preparo de materiais para teste de germinação, onde placa de Petri® com meio de cultura foi seccionado após resfriamento (A), distribuído sobre lâminas de vidro para microscopia (B), com presença de pólen e sujidades (C) e câmara úmida para acomodação das placas, formada por caixa gerbox®, papel filtro e água (D).

O pólen, coletado de diversas plantas, foi aspergido sobre o meio de cultura (Figura 1C) com auxílio de pincel de ponta fina nº 2. As lâminas, contendo duas placas de meio de cultura cada, foram colocadas em caixas gerbox® com tampa, contendo papel filtro umedecido (três vezes sua massa com água destilada), formando câmara úmida simulada (Figura 1D), permanecendo em câmaras de crescimento tipo B.O.D. com temperatura controlada, de 15, 20, 25 ou  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ , definida de acordo com os resultados obtidos para cada tipo nos experimentos preliminares, por 24 horas. Todos os testes foram realizados com quatro repetições, onde a média das contagens de cada lâmina, com duas placas de ágar, representaram uma repetição, assim como descrito por Franzon e Raseira (2006). Todas as leituras foram realizadas em microscópio óptico após 24 horas de incubação.

A avaliação da percentagem de grãos de pólen germinados foi realizada com contagem de 100 grãos de pólen por placa de meio de cultura, separando-os em germinados e não germinados. Foram considerados germinados somente os grãos de pólen com comprimento do tubo polínico igual ou superior ao seu diâmetro (FRANZON e RASEIRA, 2006; FRANCESCATTO, 2014).

### 3.2.9.3.1 Germinação in vitro de pólen de araçazeiro vermelho

Para avaliação da germinação in vitro do pólen de araçazeiro vermelho, desidratado por 24 h antes do teste, assim como descrito por Santos et al. (2007), foram realizados os seguintes delineamentos:

- Estádios de desenvolvimento da flor (pré e pós-antese) e concentração de sacarose (0; 5; 10; 20 e 30%) no meio de cultura (1% ágar) incubado à 25°C. Os dados de germinação não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por  $\text{arc. sen raiz } x/100$ , seguidos da análise de variância e teste de comparação de médias para o estágio de desenvolvimento da flor.
- Estádios de desenvolvimento da flor (pré e pós-antese) e concentração de ácido bórico (0; 50; 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>) no meio de cultura (10% sacarose + 1% ágar) incubado à 25°C. Os dados de germinação não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por  $\text{arc. sen raiz } x/100$ , seguidos da análise de variância e teste de comparação de médias para o estágio de desenvolvimento da flor e análise de regressão para variação de ácido bórico.

Como resultado foram encontrados índices de germinação quase nulos, dos delineamentos supracitados, mesmo com variação dos principais elementos constituintes do meio de cultura. Definiu-se que o tempo de desidratação do pólen pode ter prejudicado sua viabilidade. Portanto, para os demais delineamentos foram utilizados materiais com menor tempo de desidratação (até 10 horas):

- Estádios de desenvolvimento da flor (pré e pós-antese) e concentração de ágar (0,5; 1; 2 e 4%) no meio de cultura (10% sacarose) incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por  $\text{arc. sen raiz } x/100$ , seguidos da análise de variância para a interação que se mostrou significativa seguido pelo teste de comparação de médias.

- Estádios de desenvolvimento da flor (pré e pós-antese) e temperatura de incubação (15; 20; 25 e 30°C) em meio de cultura (10% sacarose + 1% ágar). Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz  $x/100$ , seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores seguido pelo teste de comparação de médias.
- Estádios de desenvolvimento da flor (pré e pós-antese) e sacarose (0; 5; 10; 20 e 30%) em meio de cultura (1% ágar) incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz  $x/100$ , seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores, seguidos pelo teste de comparação de médias.
- Estádios de desenvolvimento da flor (pré e pós-antese) e ácido bórico (0; 50; 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>) em meio de cultura (1% ágar + 10% sacarose) incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz  $x/100$ , seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores, seguidos pelo teste de comparação de médias.
- Estádios de desenvolvimento da flor (pré e pós-antese) e sulfato de magnésio (0; 50; 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>) em meio de cultura (1% ágar + 10% sacarose) incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz  $x/100$ , seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores, seguidos pelo teste de comparação de médias.
- Estádios de desenvolvimento da flor (pré e pós-antese) e persulfato de potássio (0; 50; 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>) em meio de cultura (1% ágar + 10% sacarose) incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz  $x/100$ , seguidos da análise de variância que não demonstrou interação significativa entre os fatores, seguidos pelo teste de comparação de médias para estágio de desenvolvimento da flor.
- Estádios de desenvolvimento da flor (pré e pós-antese) e nitrato de cálcio (0; 50; 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>) em meio de cultura (1% ágar + 10% sacarose) incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz  $x/100$ , seguidos da análise de variância que não demonstrou

interação significativa entre os fatores, seguidos pelo teste de comparação de médias para estágio de desenvolvimento da flor.

- Estádios de desenvolvimento da flor (pré e pós-antese) e sulfato de zinco (0; 50; 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>) em meio de cultura (1% ágar + 10% sacarose) incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz  $x/100$ , seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores, seguidos pelo teste de comparação de médias.

Novos delineamentos apenas com pólen coletado de flores após antese, desidratados por seis horas e combinados os melhores resultados dos testes preliminares formaram os seguintes delineamentos:

- Níveis de sacarose (0; 10; 20 e 30%), ágar (1 e 4%) e ácido bórico (0 e 50 mg L<sup>-1</sup>), incubado à 20°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por raiz  $x+1$ , seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores, seguidos pelo teste de comparação de médias.
- Concentrações de ágar (1 e 4%), sacarose (10 e 20%) em meio de cultura (ácido bórico 50 mg L<sup>-1</sup>) com desidratação do pólen combinada ao baixo metabolismo (antras colocadas para desidratar em temperatura de 5°C) e em temperatura ambiente ( $\pm 25^\circ\text{C}$ ) ambos por seis horas. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por log  $x+1$ , seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores, seguidos pelo teste de comparação de médias.

#### 3.2.9.3.2 Germinação in vitro de pólen de araçazeiro amarelo

Para avaliara a germinação de pólen de araçazeiro amarelo, desidratado por 48 horas, foram realizados os seguintes delineamentos:

- Concentrações de sacarose (0, 5, 10, 20 e 30%) e estádios de desenvolvimento da flor (pré e pós-antese) em meio contendo ágar (1%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz  $x/100$ , seguidos da análise de variância que não demonstrou interação significativa entre os fatores.



Com pólen coletado após antese e desidratado por 48 horas, novos delineamentos foram elaborados:

- Concentrações de sulfato de magnésio (0, 50, 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>) em meio de cultura contendo sacarose (10%) e ágar (1%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz x/100, seguidos da análise de variância que não demonstrou interação significativa entre os fatores.
- Concentrações de sulfato de magnésio (0, 50, 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>) e sacarose (10 e 30%) em meio de cultura contendo ágar (1%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz x/100, seguidos da análise de variância que não demonstrou interação significativa entre os fatores.
- Concentrações de ágar (0,5; 1; 2 e 4%) em meio contendo sacarose (10%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz x/100, seguidos da análise de variância que não demonstrou interação significativa entre os fatores.
- Temperatura de incubação (15, 20, 25 e 30°C) em meio contendo ágar (1%) e sacarose (10%). Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz x/100, seguidos da análise de variância que não demonstrou interação significativa entre os fatores.
- Concentrações de sacarose (0, 5, 10, 20 e 30%) em meio de cultura contendo ágar (1%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz x/100, seguidos da análise de variância que não demonstrou interação significativa entre os fatores.
- Concentrações de ácido bórico (0, 50, 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>) em meio de cultura contendo sacarose (10%) e ágar (1%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz x/100, seguidos da análise de variância que não demonstrou interação significativa entre os fatores.
- Concentrações de sulfato de magnésio (0, 50, 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>) em meio de cultura contendo sacarose (10%) e ágar (1%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz x/100,

seguidos da análise de variância que não demonstrou interação significativa entre os fatores.

- Concentrações de persulfato de potássio (0, 50, 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>) em meio de cultura contendo sacarose (10%) e ágar (1%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz x/100, seguidos da análise de variância que não demonstrou interação significativa entre os fatores.
- Concentrações de nitrato de cálcio (0, 50, 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>) em meio de cultura contendo sacarose (10%) e ágar (1%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz x/100, seguidos da análise de variância que não demonstrou interação significativa entre os fatores.
- Concentrações de sulfato de zinco (0, 50, 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>) em meio de cultura contendo sacarose (10%) e ágar (1%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz x/100, seguidos da análise de variância que não demonstrou interação significativa entre os fatores.
- Estádios de desenvolvimento da flor (pré e pós-antese), tempo de desidratação de pólen (0, 1, 3, 5, 7, 9, 12, 24 e 48 h) e temperatura durante a desidratação (5 e 25°C) em meio de cultura com sacarose (10%) e ágar (1%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz x/100, seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores, seguido pelo teste de comparação de médias.

Com os baixos resultados obtidos nos testes anteriores para pré-antese, foram utilizados pólenes pós-antese desidratados por cinco horas, nos seguintes delineamentos:

- Avaliação de genótipos (cinco) em meios com concentrações de ágar (0,5; 1; 2 e 4%) e sacarose (10%), incubados à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz x/100, seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores, seguido pelo teste de comparação de médias.

- Avaliação de genótipos (cinco) em incubação variando temperaturas (15, 20, 25 e 30°C) em meio de cultura com sacarose (10%) e ágar (1%). Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por  $\text{arc. sen raiz } x/100$ , seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores, seguido pelo teste de comparação de médias.
- Avaliação de genótipos (cinco) em meios com concentrações de sacarose (0, 5, 10, 20 e 30%) e ágar (1%) e incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por  $\text{arc. sen raiz } x/100$ , seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores, seguido pelo teste de comparação de médias.
- Avaliação de genótipos (cinco) em meios com concentrações de ácido bórico (0, 50, 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>), sacarose (10%) e ágar (1%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por  $\log x+1$ , seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores, seguido pelo teste de comparação de médias.
- Avaliação de genótipos (cinco) em meios com concentrações de sulfato de magnésio (0, 50, 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>), sacarose (10%) e ágar (1%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por  $\text{arc. sen raiz } x/100$ , seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores, seguido pelo teste de comparação de médias.
- Avaliação de genótipos (cinco) em meios com concentrações de persulfato de potássio (0, 50, 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>), sacarose (10%) e ágar (1%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por  $\text{arc. sen raiz } x/100$ , seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores, seguido pelo teste de comparação de médias.
- Avaliação de genótipos (cinco) em meios com concentrações de nitrato de cálcio (0, 50, 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>), sacarose (10%) e ágar (1%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por  $\text{arc. sen raiz } x/100$ , seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores, seguido pelo teste de comparação de médias.

- Avaliação de genótipos (cinco) em meios com concentrações de sulfato de zinco (0, 50, 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>), sacarose (10%) e ágar (1%), incubado à 25°C. Os dados não apresentaram distribuição normal, sendo transformados por arc.sen raiz x/100, seguidos da análise de variância que não demonstrou interação significativa entre os fatores, seguido pelo teste de comparação de médias para os genótipos e regressão polinomial para concentrações de sulfato de zinco.
- Meios com concentrações de ágar (2 e 4%), sacarose (0 e 5%), ácido bórico (50 e 100 mg L<sup>-1</sup>) em temperaturas de incubação (20 e 25°C). Os dados apresentaram distribuição normal, confirmado pelo teste de normalidade, seguidos da análise de variância que não demonstrou interação significativa entre os fatores e teste de comparação de média para concentração de ágar e sacarose.
- Meios com concentrações de ágar (2 e 4%), sacarose (10 e 20%), ácido bórico (25, 50 e 100 mg L<sup>-1</sup>) em temperaturas de incubação (20 e 25°C). Os dados apresentaram distribuição normal, confirmado pelo teste de normalidade, seguidos da análise de variância que não demonstrou interação significativa entre os fatores e teste de comparação de médias para concentração de ágar.
- Meios com concentração de persulfato de potássio (0 e 200 mg L<sup>-1</sup>), nitrato de cálcio (0 e 200 mg L<sup>-1</sup>) e sulfato de zinco (0 e 200 mg L<sup>-1</sup>), sacarose (5%) e ágar (2%), incubação de 25°C. Os dados apresentaram distribuição normal, confirmado pelo teste de normalidade, seguidos da análise de variância que demonstrou interação significativa entre os fatores e teste de comparação de médias.

### 3.2.10 Armazenamento de Pólen

Os fatores mais importantes para que a conservação dos grãos de pólen seja bem sucedida, são principalmente temperatura do armazenamento e teor de umidade do material (DAMASCENO JUNIOR et al., 2008). Por esta razão foi testado armazenamento do pólen nas condições: freezer (-15°C), geladeira (5°C) e criopreservação (-196°C) (FRANZON e RASEIRA, 2006; FRANZON et al., 2007).

Amostras de aproximadamente 0,5 g de pólen foram colocados em cada um dos 10 tubos tipo eppendorf (em cada ambiente), selados com fita crepe e armazenados nos três ambientes supracitados. Foram retirados um frasco de cada araçazeiro e de cada ambiente para avaliação da viabilidade polínica, a cada 30 dias de conservação para araçazeiro vermelho e a cada 15 para araçazeiro amarelo. O processo de preparação do material para teste de germinação, consistiu em mantê-los em temperatura ambiente por 10 minutos, para descongelamento ou equilíbrio da temperatura de armazenamento e do ambiente para germinação, processo que não se apresentou eficaz, já que os tubos retirados do nitrogênio líquido explodiam, devendo ser colocados em pacotes plásticos fechados para a coleta do pólen.

Para o araçazeiro vermelho, o pólen foi desidratado por seis e 72 horas, ambos à frio (5°C), armazenados e avaliados através de germinação *in vitro* com meio de cultura contendo ágar (1%), sacarose (10%) e ácido bórico (50 mg L<sup>-1</sup>).

O araçazeiro amarelo teve o pólen desidratado por 4 h a frio (5°C), armazenados e avaliados mensalmente com meio de cultura contendo ágar (2%), sacarose (10%) e ácido bórico (50 mg L<sup>-1</sup>) incubados em temperatura de 20 °C.

### 3.2.11 Crescimento do Tubo Polínico *In vivo*

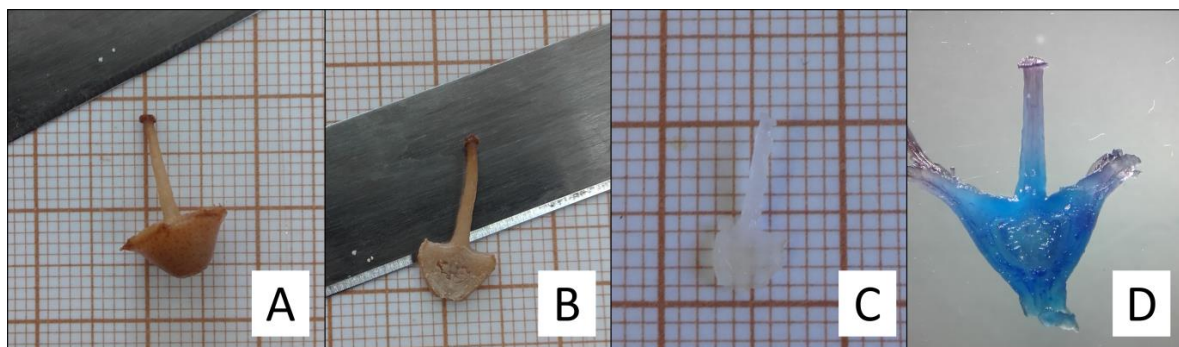
Para avaliar a germinação *in vivo*, foram coletados ramos com estruturas em estágio de balão, levados ao laboratório e fixados pela base em espuma fenólica, previamente umedecida. Os balões foram emasculados e polinizados manualmente, adotando-se a autopolinização (pólen da própria planta), polinização cruzada (pólen de outra planta) e flores não polinizadas. Após a polinização, os ramos foram mantidos em B.O.D à 25±2°C, dentro de câmara úmida simulada. Depois de 12 h, 24 h e 48 h, amostras de 10 flores, de cada tratamento, foram coletadas e fixadas em solução FAA e mantidas em temperatura ambiente até a avaliação, que se deu em até 30 dias, assim como descrito por Francescato (2014). Em ambos araçazeiros houve aborto de todas as estruturas. Ao analisar o material, não foi encontrado pólen aderido ou crescimento de tubo polínico.

Para aperfeiçoar o método, novo delineamento foi realizado, desta vez com ramos fixados na planta matriz. Para tal, parte dos balões foram ensacados e,

após antese, polinizados com pólen da própria flor (autopolinização), outros balões foram emasculados e polinizados com pólen de outra planta (polinização cruzada).

Para araçazeiro vermelho, 20 balões por tratamento foram avaliados 6 h e 12 h após a polinização, para isso foram utilizadas duas plantas. Para identificar o momento em que o tubo polínico chegou até o ovário, novo delineamento foi utilizado. O período de avaliação foi 12 h, 24 h e 36 h após a polinização. Para araçazeiro amarelo foram avaliados 6 h, 12 h, 24 h e 48 h após a polinização em flores autopolinizadas e com polinização cruzada, utilizando-se 20 balões por tratamento, em 30 plantas.

Para identificar o crescimento do tubo polínico foi utilizado corante lacmoid Sigma-aldrich®. Os pistilos foram fixados em FAA por pelo menos 24 h (Figura 2A). Fez-se redução lateral para melhor acomodação posterior nas lâminas (Figura 2B). Os tecidos foram amolecidos em solução NaOH 9N (36 g de hidróxido de sódio em 100 mL de H<sub>2</sub>O destilada) por 24 h, clareados (Figura 2C) com solução de hipoclorito de sódio 0,5% (20 mL produto comercial em 80 mL de H<sub>2</sub>O destilada), corados em solução Lacmoid (1%) por 10 min, seguidos de lavagem com água destilada para retirada do excesso de corante (Figura 2D). Os pistilos foram colocados em lâminas, com uma gota de corante diluído lacmoid (0,01%) e recoberto por lamínula, pressionando-a levemente para melhor exposição da parte interna do estilete (REYNOLDS e DASHEK, 1976). As lâminas foram observadas em microscópio ótico com câmera acoplada.



**Figura 2** – Coloração do pistilo de araçazeiro vermelho para identificação o crescimento do tubo polínico. Pistilo fixado em FAA (A); eliminação de parte do ovário com lâmina para reduzir tamanho lateral (B); pistilo após o amolecimento e branqueamento dos tecidos (C) e pistilo após coloração com corante Lacmoid (D).

Foi avaliado o crescimento dos tubos polínicos no estilete, estimando-se visualmente em qual quadrante do pistilo se encontravam, dividindo-se o pistilo em

cinco partes iguais, a primeira sendo o estigma, da segunda a quarta o estilete e a quinta sendo o ovário.

Os dados foram representados através de imagens e descrição do comportamento biológico observado.

### 3.2.12 Estratégia Reprodutiva

#### 3.2.12.1 Relação pólen óvulo

O sistema reprodutivo foi determinado pela razão pólen: óvulo, proposta por Cruden (1977) (Tabela 1), inferindo sobre o sistema reprodutivo da espécie.

**Tabela 1** – Sistemas reprodutivos de acordo com a relação entre grãos de pólen (P) por flor e número de óvulos (O) (CRUDEN, 1977).

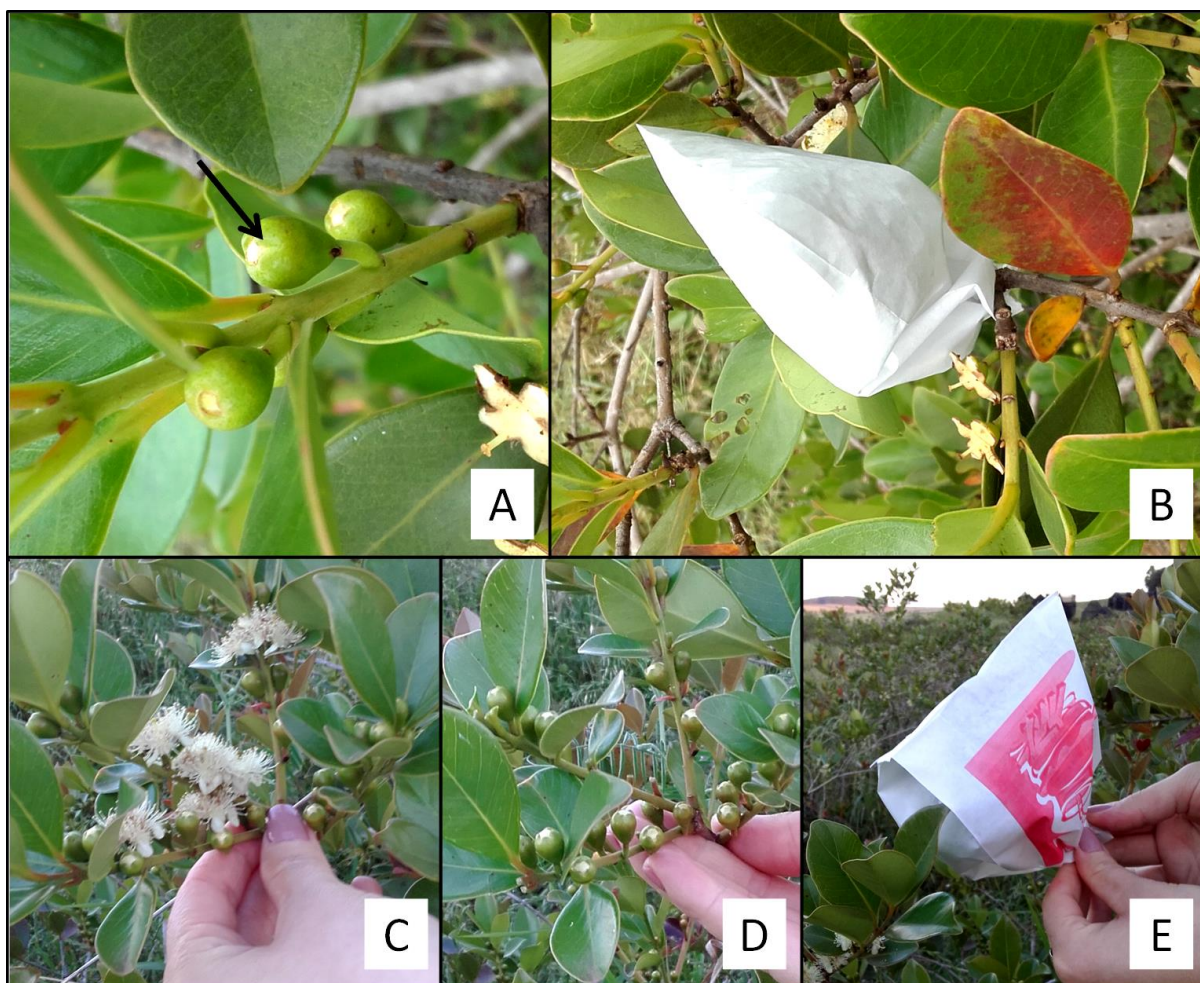
| <b>Sistema reprodutivo</b> | <b>Razão P/O</b> |
|----------------------------|------------------|
| Cleistogamia               | 2,7 a 5,4        |
| Autogamia obrigatória      | 5,5 a 39,0       |
| Autogamia facultativa      | 39,1 a 396,9     |
| Alogamia facultativa       | 397,0 a 2.588,0  |
| Alogamia obrigatória       | > 2.588,1        |

#### 3.2.12.2 Polinização controlada

Flores de araçazeiros foram submetidas aos tratamentos para identificação de autopolinização manual (autogamia), autopolinização espontânea, polinização cruzada (xenogamia), apomixia (agamospermia) e controle (polinização aberta), com as estruturas fixadas na planta matriz (PERLEBERG, 2017; VILELA et al., 2012), para comparar aos resultados obtidos da relação grãos de pólen: óvulo.

Na véspera da aplicação dos tratamentos, durante o período vespertino, balões com antese prevista para o dia seguinte (Figura 3A) foram ensacados com embalagens de papel encerado (Figura 3B), mas antes disso os ramos selecionados

(Figura 3C), passaram por limpeza e eliminação de botões pequenos e flores abertas (Figura 3D), seguido pelo ensacamento para evitar contaminações (Figura 3E) e contato com insetos durante a antese. Para avaliação da polinização cruzada e apomixia, as flores em pré-antese foram emasculadas, enquanto que aquelas da autopolinização e autopolinização espontânea foram apenas ensacadas. Aos 15 dias após aplicação dos tratamentos foi realizada avaliação da frutificação efetiva.

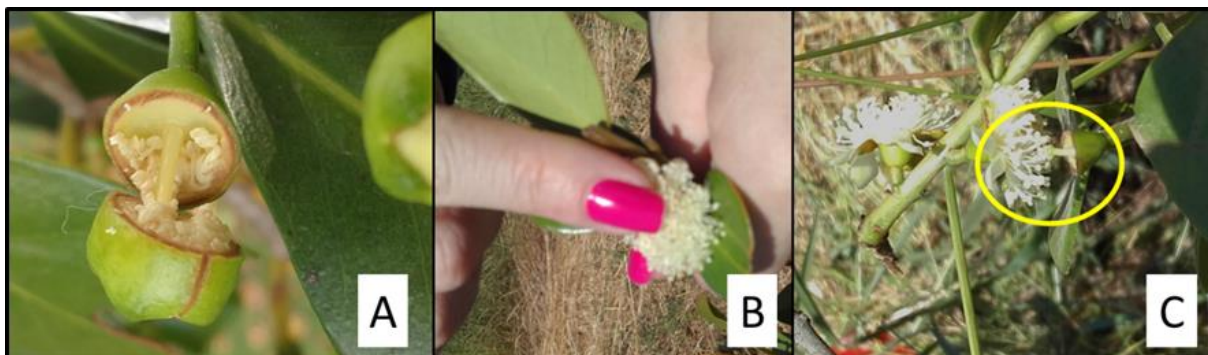


**Figura 3** – Botões florais com início de divisão das sépalas (seta) (A), ramo ensacado (B), ramo selecionado (C), o mesmo ramo após eliminação das flores que não tiveram antese controlada (D) e ensacamento deste ramo (E), em araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy.

Para avaliar autogamia, foram usadas flores com antese controlada após o período de liberação do pólen (aproximadamente duas horas após antese), promovendo-se contato do gineceu e androceu, da própria flor (Figura 4B), seguido do ensacamento das estruturas novamente, mantidos por sete dias. Para avaliar a xenogamia, botões florais foram selecionados e emasculados (Figura 4A),



procedendo-se a retirada do androceu, ensacadas com posterior polinização esfregando-se sobre o estigma receptor anteras de flores recém-abertas colhidas de outra planta, no dia seguinte (Figura 4C).



**Figura 4** – Emasculação de botão floral de araçazeiro vermelho para realizar a polinização cruzada (A). Autopolinização realizando contato das anteras e estigma da própria flor em araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy* (B), polinização cruzada, com flores de antese controlada de outras plantas realizando o contato de anteras ao estigma da flor emasculada de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy* (C).

No tratamento para avaliar apomixia procedeu-se eliminação das anteras, seguidos de isolamento com saco de papel, conforme descrito anteriormente. Para o tratamento de polinização aberta os botões florais foram apenas marcados e mantidos sem isolamento para determinar o sucesso da polinização em condições naturais.

Foram utilizadas quatro repetições de 25 botões florais, totalizando 100 botões florais para cada tratamento, em duas plantas de araçazeiro vermelho no único ciclo produtivo e 30 plantas para araçazeiro amarelo, onde duas repetições de 25 botões florais foram realizadas durante o primeiro e outras duas durante o segundo ciclo produtivo.

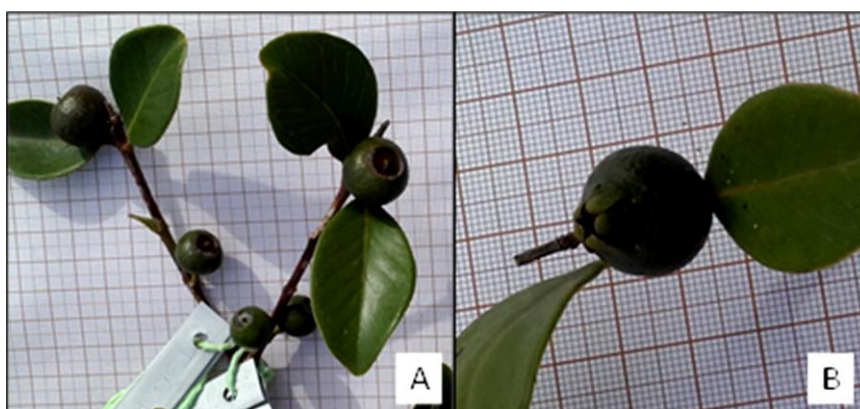
A frutificação efetiva foi mensurada através da relação entre o número de frutos fixados dividido pelo número de flores polinizadas, com os resultados expressos em porcentagem (FRANCESCATTO, 2014), 15 dias após aplicação dos tratamentos. Também foram avaliadas características externas dos frutos como massa, dimensões, bem como número de sementes, teor de sólidos solúveis (MARIOT et al., 2014), além da germinação, desenvolvimento das plântulas e vigor das sementes.

Os dados de frutificação efetiva apresentaram distribuição normal, confirmado pelo teste de normalidade, seguidos da análise de variância e pelo teste de comparação de médias.

Foram calculados os índices de autoincompatibilidade (IAI) (BULLOCK, 1985), que é a relação entre o percentual de frutificações provenientes de autopolinização manual e o percentual de frutificações oriundas de polinizações cruzadas; e de autopolinização espontânea (IAE) (SOBREVILA e ARROYO, 1982) (IAE: relação entre o percentual de frutificações formadas por autopolinização espontânea e o percentual de frutos formados por autopolinização manual). O índice de autoincompatibilidade de até 0,25 indica que a espécie é autoincompatível (BULLOCK, 1985; OLIVEIRA e GIBBS, 2000). Para índice de autopolinização espontânea, quanto mais próxima de zero, menor é a possibilidade de sua ocorrência (POLATTO e ALVES-JUNIOR, 2009).

Também foi calculada a eficácia reprodutiva (ER), obtida através da razão entre o percentual de frutos formados por polinização aberta (controle) com aqueles formados por polinização cruzada manual (ZAPATA e ARROYO, 1978). Para ER, quanto mais próxima de zero, evidencia baixa eficiência de polinização (POLATTO e ALVES-JUNIOR, 2009).

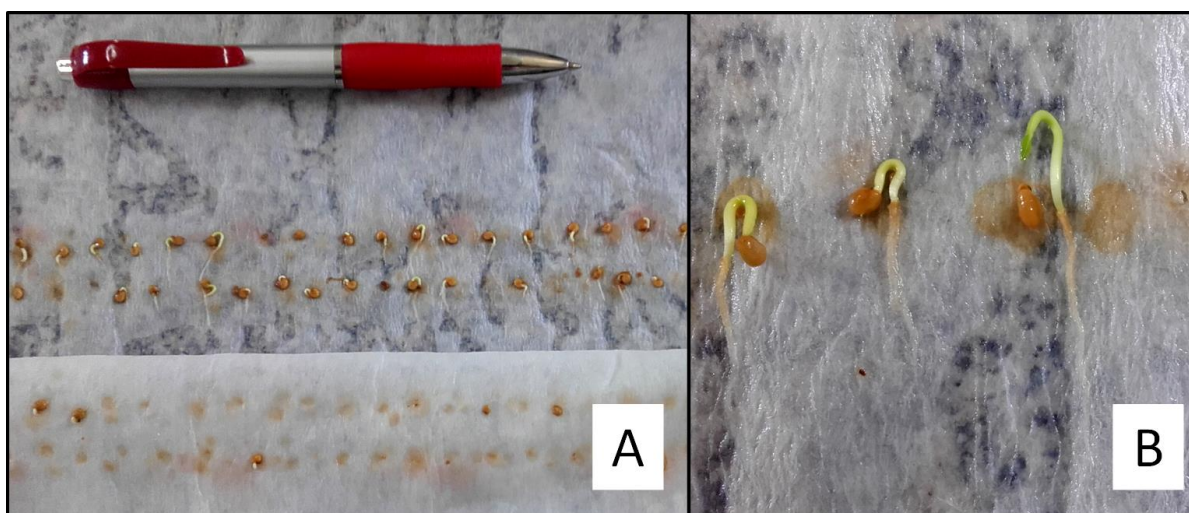
Com o desenvolvimento dos frutos, provenientes dos tratamentos de polinização aberta, polinização cruzada (Figura 5A), autopolinização (Figura 5B) e autopolinização espontânea, foram realizadas mensurações para averiguar se a estratégia reprodutiva interfere nas características dos frutos.



**Figura 5** – Frutos de araçazeiro amarelo oriundos de polinização cruzada (A) e autopolinização (B).

A mensuração do diâmetro equatorial e polar dos frutos foi realizada com paquímetro, tomando-se a distância entre os lados opostos do fruto e entre o ápice (coroa formada pelas sépalas) e a inserção do pedúnculo. A massa fresca foi mensurada com balança analítica e os sólidos solúveis com refratômetro digital.

O número de sementes por fruto foi contabilizado e procedeu-se o teste de germinação para cada fruto colhido, em rolos de papel germitest® umedecidos com três vezes sua massa com água destilada dentro de pacotes plásticos, em BOD 25°C (MEDEIROS e ABREU, 2005), com fotoperíodo de 12 h. Foram avaliados a primeira contagem de germinação aos 14 dias após a sementeira (Figura 6A) e a última aos 48 dias após a sementeira (BRASIL, 2009). O comprimento de plântula também foi avaliado após a última contagem de germinação (Figura 6B). Para todas as variáveis foram utilizadas quatro repetições, formadas pela média de frutos obtidos nos tratamentos anteriores.



**Figura 6** – Teste de germinação de sementes de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy* entre papel germitest® (A) e plântulas de araçazeiro amarelo ao final dos testes de germinação (B).

Os dados das variáveis diâmetro polar, diâmetro equatorial, massa fresca, número de sementes e primeira contagem de germinação precisaram ser transformados por  $\log x+1$ , para atender o pressuposto da normalidade, seguidos da análise de variância e teste de comparação de médias. Os dados de sólidos solúveis, última contagem de germinação e comprimento total de plântulas não precisaram ser transformados para atender o pressuposto da normalidade, seguidos da análise de variância e comparação de médias.

### 3.3 VISITANTES FLORAIS E POLINIZADORES

Foram realizadas observações dos visitantes florais, durante o período de floração em massa assim como realizado por Mariot et al. (2014). De cada tipo de araçazeiro foram escolhidos indivíduos focais, quatro para araçazeiro vermelho e 16 para araçazeiro amarelo, tomando-se nota dos horários de visitas discriminadas de cada grupo de inseto assim como descrito por Bezerra e Machado (2003), Kiill e Simão-Bianchini (2011) e Kiill et al. (2014).

Foram realizadas observações ao longo da floração, em dias não consecutivos, no período das cinco às 20 horas, assim como descrito por Versieux et al. (2014), anotando-se a frequência, horário, comportamento (contato com as estruturas reprodutivas) dos visitantes mais frequentes, contato do visitante com os verticilos reprodutores, comportamento intrafloral, tempo de permanência na flor e horário de maior concentração das visitas (MAUÉS e COUTURIER, 2002; SILVA e PINHEIRO, 2007; KIILL e SIMÃO-BIANCHINI, 2011).

Foram realizadas pelo menos 60 horas de observações (esforço amostral) durante a floração de cada espécie, no pico de florescimento (MAUÉS e COUTURIER, 2002; BEZERRA e MACHADO, 2003; KIILL et al., 2014). Foi considerada visita cada ato de procura pelo recurso floral por dado visitante, ao pousar nas flores (PERLEBERG, 2017).

Os insetos foram classificados de acordo com o comportamento apresentado, sendo polinizadores ou pilhadores (KIILL et al., 2014). Polinizadores quando as estruturas reprodutivas da flor (estigma e estames) são tocadas durante a maior parte das visitas. Os demais, que foram observados coletando o recurso floral, sem contato com o gineceu e/ou androceu, foram denominados pilhadores (GRESSLER et al., 2006; PERLEBERG, 2017).

A importância de cada espécie de visitantes como polinizadora foi determinada com base no comportamento e na proporção relativa das visitas. As espécies mais frequentes, com visitas legítimas (contato com gineceu e androceu), foram consideradas polinizadoras principais. As com menor frequência, mesmo com visitas legítimas, foram consideradas polinizadoras ocasionais, classificação relatada por Matias e Consolaro (2014).

Procedeu-se com registro fotográfico e filmagem, assim como realizado por Maués e Couturier (2002) e para identificação dos insetos, exemplares de cada

espécie foram capturados com aspirador entomológico, sacos plásticos ou rede entomológica e asfixiados em câmaras mortíferas (embalagem de vidro com tampa e algodão com álcool em seu interior), fixados em FAA até sua identificação (BEZERRA e MACHADO, 2003; MARIOT et al., 2014). A partir daí foram separados por ordem e/ou família, para posterior identificação e exame dos locais de deposição do pólen (BEZERRA e MACHADO, 2003; BENEZAR e PESSONI, 2006; KIILL et al., 2014). Os dados foram apresentados com imagens e descrição do comportamento dos insetos.

### 3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

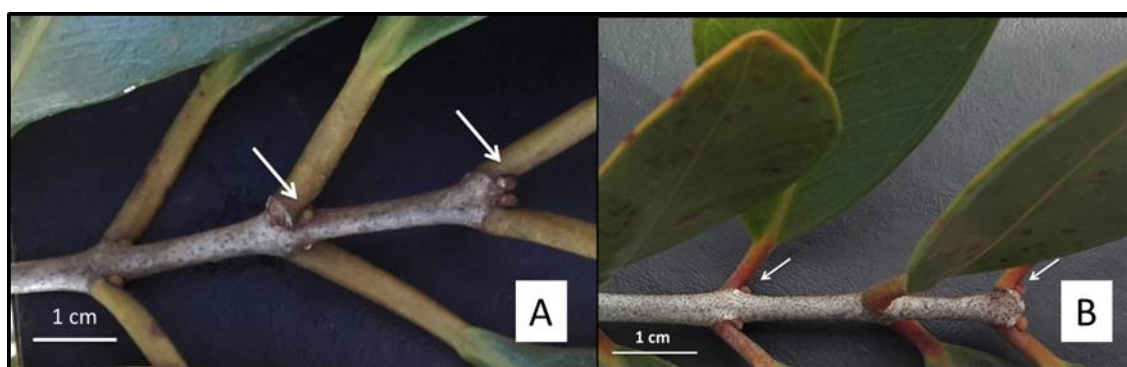
Os dados foram representados graficamente e através de tabelas. Alguns dados, principalmente os referentes a caracterização, quantificação e mensuração das peças florais, foram avaliados por meio de estatística descritiva (média e desvio-padrão), método utilizado por Danner et al. (2010) e os demais submetidos previamente ao Teste de Normalidade de Lilliefors.

Após a transformação ou não dos dados, para atender ao pressuposto da normalidade, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) ou regressão polinomial, de acordo com a natureza dos dados. Todas as análises foram efetuadas pelos aplicativos computacionais SANEST® (ZONTA e MACHADO, 1984) e GENES® (CRUZ, 2013).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

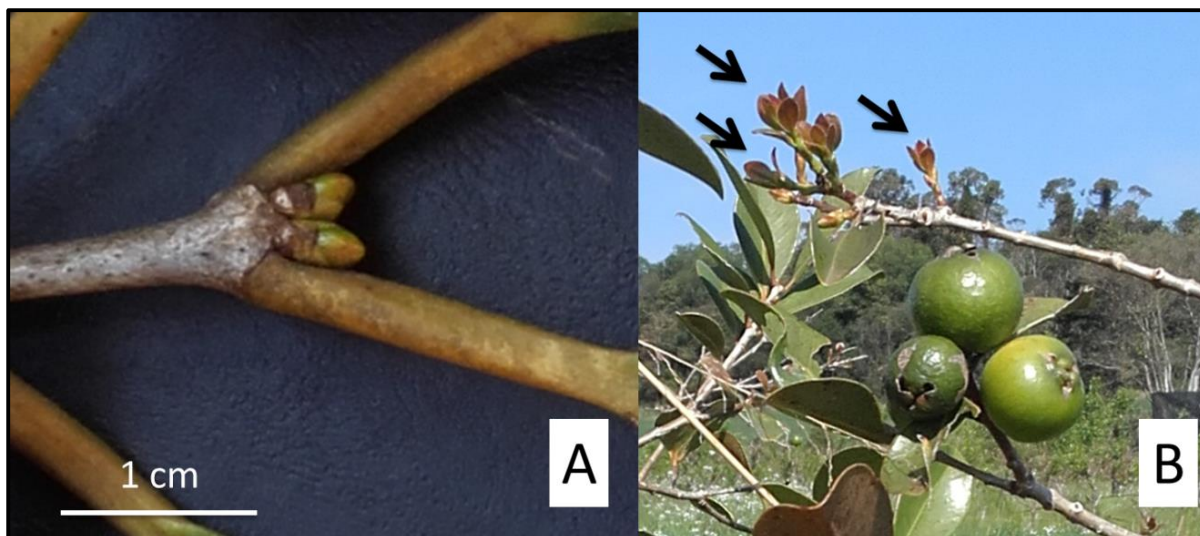
### 4.1 ACOMPANHAMENTO FENOLÓGICO

Em junho de 2016, os ramos de araçazeiros apresentaram apenas folhas bem expandidas, da estação de crescimento anterior. As gemas vegetativas encontram-se paralisadas, de coloração marrom com tamanho aproximado de 2,5 mm, em araçazeiro vermelho (Figura 7A) e marrom avermelhada com tamanho aproximado de 1,5 mm, em araçazeiro amarelo (Figura 7B), ambas dispostas nas axilas foliares e no ápice dos ramos (Figura 7, indicado pelas setas). As plantas do tipo amarelo apresentavam frutos em diversos estádios de maturação, provenientes do surto de crescimento anterior e nenhuma brotação nova.



**Figura 7** – Ramo de araçazeiro vermelho (A) e araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy* (B), com gemas paralisadas nas axilas foliares e no ápice do ramo (indicado pelas setas), em junho/2016.

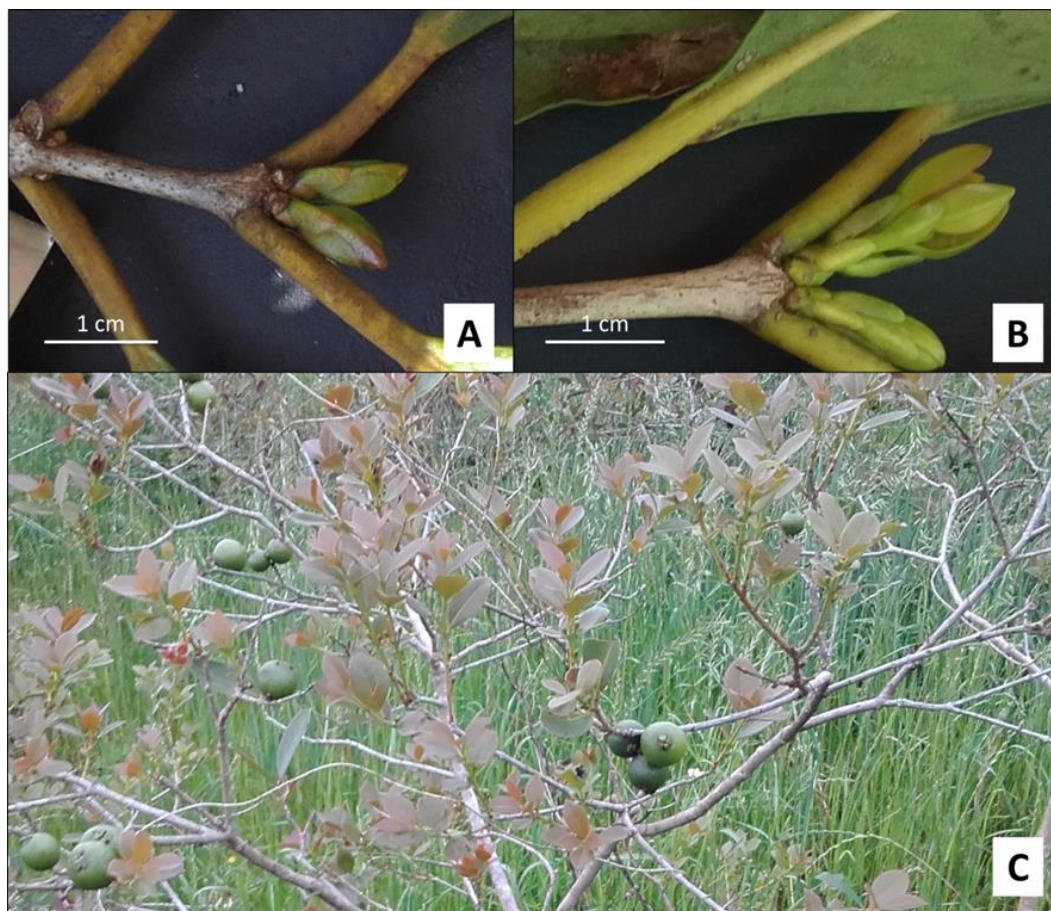
No final do mês de julho, ramos de araçazeiro vermelho apresentavam gemas inchadas, de coloração verde (Figura 8A), mostrando superação da paralisação, porém apenas nas gemas apicais, com tamanho médio aproximado de 5 mm. A maioria dos ramos apresentavam gemas ainda paralisadas. Os araçazeiros amarelos apresentavam diversas brotações, tanto apicais como laterais, facilmente identificáveis pela coloração avermelhada e a baixa saturação de folhas da estação de crescimento anterior, além de frutos em diversos estádios de maturação (Figura 8B).



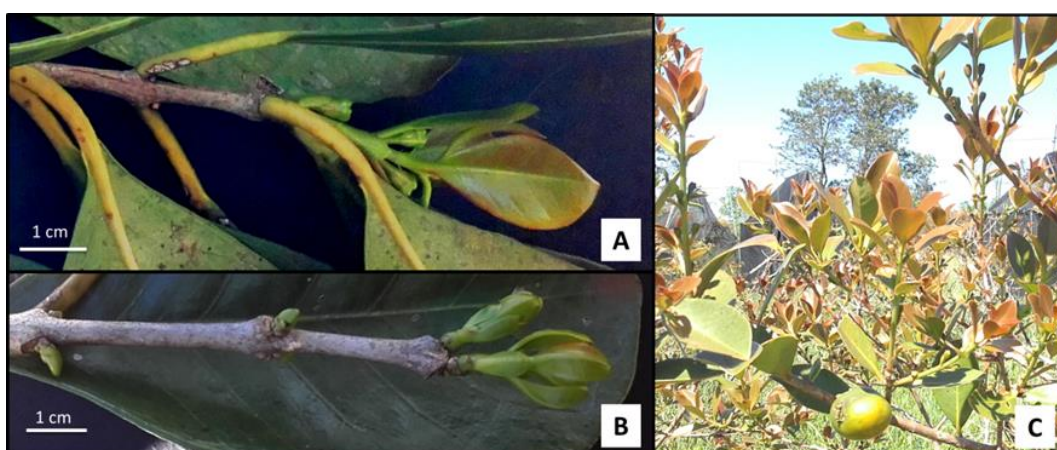
**Figura 8** – Início do crescimento vegetativo de gemas apicais em ramos de araçazeiro vermelho (A). Araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com presença de frutos em diversos estádios de maturação e brotações (indicado pelas setas) (B) em Julho/2016.

Em início de agosto, alguns dos ramos de araçazeiro vermelho apresentavam brotações, com tamanho aproximado de 7 mm (Figura 9A), os demais ainda se encontravam paralisados. Em meados de agosto aproximadamente metade dos ramos estavam brotados, com tamanho médio de 20 mm com folíolos de coloração avermelhada, tornando-se separados durante sua expansão, com maior ângulo de abertura em relação a sua inserção no caule em função do alongamento dos entrenós (Figura 9B). Nesta mesma época, o araçazeiro amarelo apresentava copa com tom avermelhado, com a maioria dos ramos emitindo brotações, o que permitiu melhor visualização (Figura 9C). Também haviam frutos, já em menor quantidade.

Ao final do mês de agosto foram observadas as primeiras emissões de botões florais em araçazeiro vermelho (Figura 10A) e de brotação lateral em alguns dos ramos (Figura 10B). As maiores brotações encontradas neste período chegaram a 2,5 cm e apresentavam coloração avermelhada. Durante o mesmo período, o araçazeiro amarelo apresentou muitas das brotações com botões florais, bem como, alguns frutos nas fases finais de maturação (Figura 10C).



**Figura 9** – Ramos de araçazeiro vermelho com gemas apicais em crescimento (A), com alongamento dos entrenós e abertura das folhas em relação ao eixo de inserção (B). Araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com presença de frutos e brotações (C) em agosto/2016.



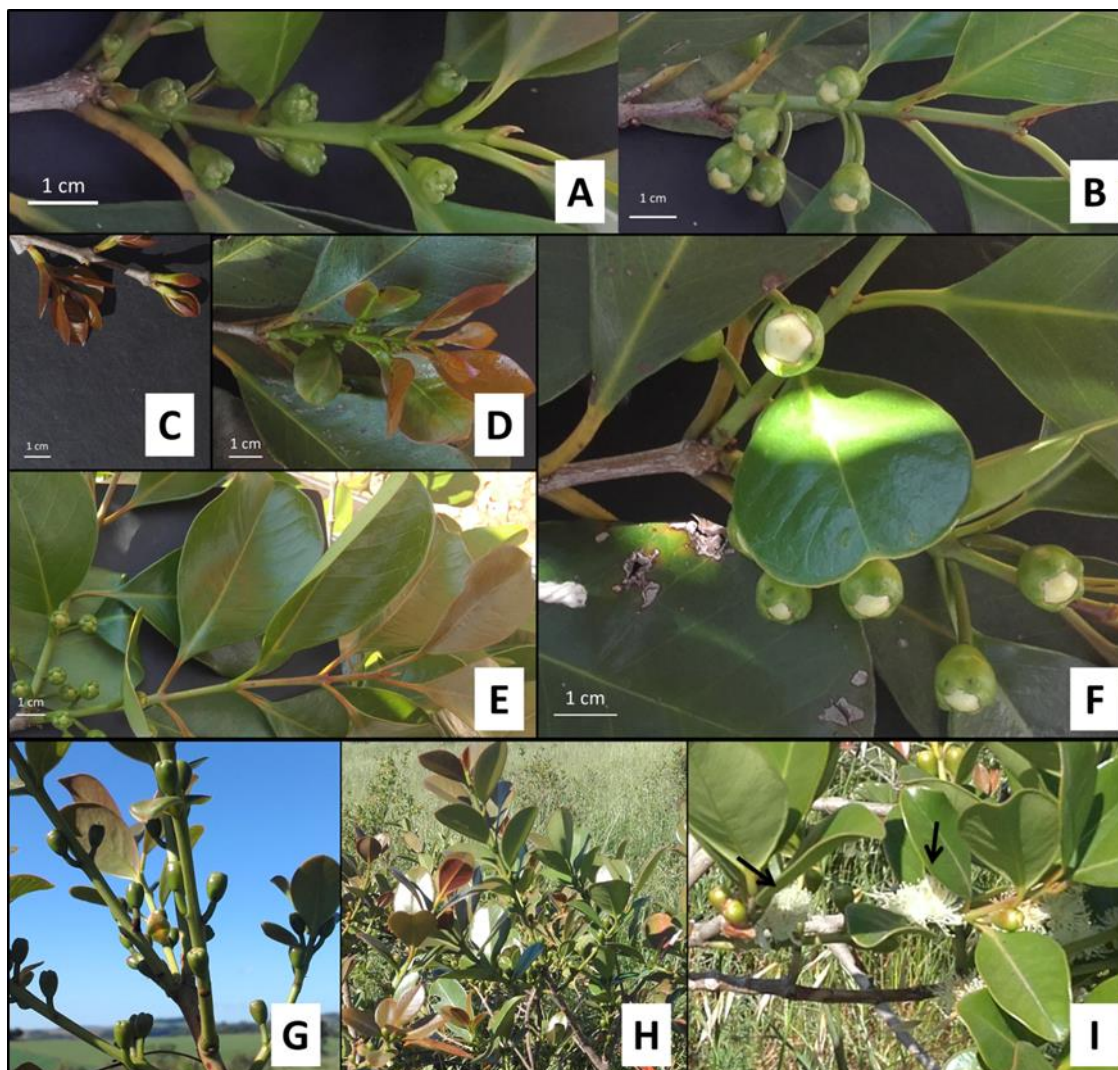
**Figura 10** – Ramos de araçazeiro vermelho com brotação apical apresentando estruturas diferenciadas de folhas e os botões florais (A) e brotação lateral (B). Araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com presença de frutos e brotações (B) em agosto/2016.



As maiores brotações de araçazeiro vermelho, durante o início de setembro, apresentavam em média 6 cm, com folhas de coloração vermelha e botões florais com pedúnculos maiores (Figura 11A). Quase a totalidade dos ramos superaram a paralisação nas gemas apicais, com poucos com brotação lateral e alguns apresentando estruturas reprodutivas. Neste mesmo período, os botões florais de grande parte dos ramos de araçazeiro amarelo apresentavam-se bem desenvolvidos (Figura 11G), mas ainda com muitas folhas avermelhadas (Figura 11H).

Em meados de setembro, o araçazeiro vermelho apresentou apenas poucos ramos com gemas paralisadas ou brotação lateral, com a maior parte com presença de estruturas reprodutivas. As maiores brotações neste período apresentaram em média 16 cm, com algumas folhas de coloração avermelhada e botões florais bem desenvolvidos, com distinção visual entre corola e cálice (Figura 11B). O araçazeiro amarelo também apresentava folhas avermelhadas, que se restringiam em alguns pares na porção apical dos ramos (Figura 11I) e as primeiras flores foram observadas, características que se mantiveram até o final do corrente mês.

Na última semana de setembro o araçazeiro vermelho apresentava brotações laterais com estruturas reprodutivas. As brotações mais desenvolvidas apresentavam em média 18 cm. Várias fases de desenvolvimento das estruturas vegetativas e reprodutivas (Figura 11) estavam presentes. Aproximadamente 1/4 dos ramos apresentaram superação da paralisação das gemas laterais, originando brotações com folhas de coloração avermelhada (Figura 11C). Com o crescimento das brotações, esta coloração avermelhada se restringiu as folhas apicais (Figura 11D). As brotações apresentaram botões florais apenas até o quinto par de gemas basais, com maior comprimento de entrenó e folhas totalmente verdes e com expansão total, porém, de consistência bem maleável (Figura 11E). Os botões florais mais desenvolvidos apresentavam pétalas de coloração mais clara e o diâmetro da corola pouco maior (Figura 11B), chegando à 7 mm. Quando estas estruturas apresentaram tais características, as folhas estavam totalmente expandidas e com aspecto coriáceo (Figura 11F).



**Figura 11** – Brotações de araçazeiro vermelho com botões florais pequenos (A), botões florais bem desenvolvidos (B), brotações de coloração avermelhada (C), brotação com botões florais e folhas novas com coloração avermelhada (D), brotações da estação de crescimento com estruturas mais desenvolvidas, folhas expandidas quase na sua totalidade com folhas apicais de coloração avermelhada e botões florais apenas nos primeiros pares de gemas basais (E) e ramos com botões florais e folhas bem desenvolvidos (F). Araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, com botões florais bem formados (G), presença de muitas folhas avermelhadas (H) e poucas folhas avermelhadas nas extremidades de alguns ramos e presença de algumas flores (I), em setembro/2016.

Na primeira semana de outubro, em praticamente todos os ramos de araçazeiro vermelho haviam flores ou apenas botões florais. A maioria das folhas se apresentava totalmente expandida. Algumas brotações ainda apresentavam coloração avermelhada, o que é característica de folhas jovens. Os ramos maiores apresentavam-se com até 22 cm de comprimento. Neste período foram encontradas várias estruturas reprodutivas em diferentes estádios de desenvolvimento (Figura 12). Observou-se botões florais de diferentes tamanhos e estádios de desenvolvimento,

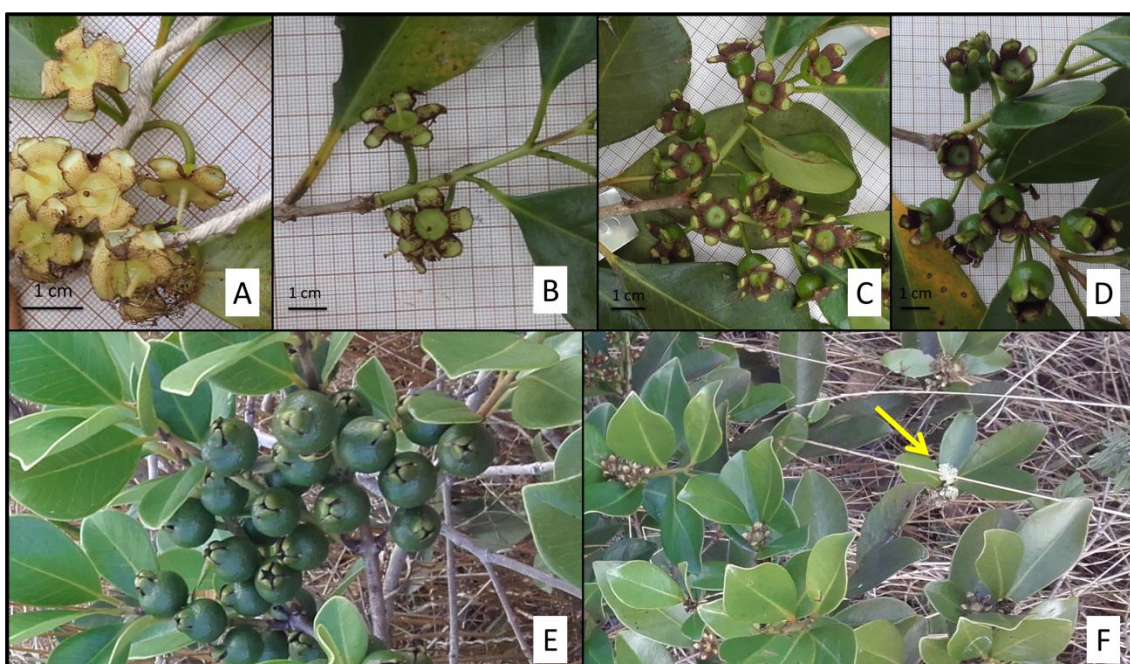
desde aqueles que não apresentavam grande diâmetro de abertura da parte superior do cálice (Figura 12A) bem como, balões bem desenvolvidos, próximos da antese, com cálice mais aberto e exposição maior da corola (Figura 12B). Flores frescas (Figura 12C) foram observados em outubro, bem como flores de coloração acobreada, causada pela oxidação do tecido (Figura 12D), senescentes (Figura 12E) e sem estames de coloração mais escura (Figura 12F). Em meados de outubro, eram poucos os ramos com gemas paralisadas, poucos com botões florais, flores em antese e frutos em formação. Ainda havia presença de ramos com folhas novas avermelhadas. A maior parte dos ramos apresentavam frutos em formação. No final de outubro não foram observadas folhas novas de coloração avermelhada.



**Figura 12** – Ramos de araçazeiro vermelho com botões florais em início de desenvolvimento (A), botões florais bem desenvolvidos (B), botões florais bem desenvolvidos e flores em antese, com aspecto visual bem atrativo (C), flor em antese com anteras oxidadas (D) flores com senescência das peças florais (E) gineceu e sépalas após a senescência das pétalas e queda de estames (F). Araçazeiro amarelo com frutos em desenvolvimento e flores na região basal (apontado pelo círculo) (G) em outubro/2016.

Durante o mês de outubro, a coloração avermelhada das folhas de araçazeiro amarelo dificilmente foi percebida e nos ramos haviam frutos em início de desenvolvimento. No final de outubro, a maior parte dos frutos estavam presentes na região apical, já na região inferior da copa havia presença de botões florais e flores (Figura 12G).

No início de novembro, em araçazeiro vermelho não foram observadas folhas novas, com coloração avermelhada nos ramos avaliados. Em 45% dos ramos haviam frutos em formação (Figura 13), onde pôde-se observar pequenas diferenças de coloração e formato das estruturas, tendo em 1/3 dos ramos botões florais ou flores e apenas alguns com gemas paralisadas. Após a deiscência das peças florais, o cálice apresentou coloração clara e sépalas curvadas em direção ao pedúnculo (Figura 13A), passando a coloração mais esverdeada e formando ângulo de 90° em relação ao carpelo (Figura 13B). Com o desenvolvimento do ovário, as sépalas iniciaram a tomada da posição vertical, com ângulo inferior a 90°, em relação ao carpelo, que já não encontra-se presente (Figura 13C) coroando o fruto e tomando posição mais verticalizada, com coloração mais escura. Os ramos iniciaram o processo de lignificação, tomando coloração mais amarelada, com espaços escurecidos (Figura 13D).



**Figura 13** – Frutos de araçazeiro vermelho em início de formação com sépalas claras e voltadas para baixo (A), sépalas com processo de oxidação aparente, de coloração mais verde e ângulo formado com o pedúnculo de aproximadamente 180 graus (B), expansão do ovário e as sépalas estão se voltando para cima (C) e ovário mais desenvolvido com as sépalas mais voltadas para cima formando uma espécie de coroa ao fruto (D). Araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com frutos imaturos bem desenvolvidos (E) e ramos com flores (apontado pela seta) (F) em novembro/2016.

Em novembro, a maior parte dos araçazeiros amarelos apresentavam frutos imaturos bem desenvolvidos (Figura 13E), mas ainda havia presença de flores em antese na região basal da copa (Figura 13F).

A estratégia ecológica de floração dos araçazeiros é cornucópia, pois às plantas com esta classificação apresentam produção de flores ao longo de algumas semanas (RECH et al., 2014). Esse maior tempo de floração diminui as chances de exposição aos períodos de baixa atividade de polinizadores (PERLEBERG, 2017).

No início de dezembro não foram mais observadas flores ou botões florais em araçazeiro vermelho. O crescimento vegetativo foi cessado e os frutos estavam em pleno crescimento, atingindo aproximadamente 2 cm de diâmetro e com coloração verde escura, coroados pelo conjunto de sépalas que se tocavam lateralmente e encontravam-se em posição vertical, paralelas onde outrora estava o pistilo. Nesta época, as folhas desta estação de crescimento, apresentavam-se totalmente expandidas e coriáceas. Os ramos estavam com coloração escura e lenhosos (Figura 14A), porém alguns ainda apresentavam pontos claros (Figura 14B). Em meados de dezembro partes dos frutos apresentavam coloração da coroa avermelhada. Isso não se deu pela maturação espontânea, mas pelo ataque de pragas (Figura 14C), já que apresentou pontos escuros e o fruto estava por expandir.

Na última semana do mês de dezembro foi observado início de maturação dos frutos de araçazeiro vermelho e alguns sobre o chão. Os frutos em início de maturação apresentaram fechamento parcial da coroa (formada pelas sépalas persistentes) e a epiderme tornou-se mais clara, com coloração variando de tons amarelados, alaranjados ou avermelhados (Figura 14D). Quando maduros, a coloração da epiderme foi de vermelho intenso (Figura 14E). Poucos frutos estavam maduros neste período. Foram observados alguns frutos sobre o solo, abaixo da área de projeção da copa, com a grande maioria destes apresentando lesões causadas pelas pragas (Figura 14F).

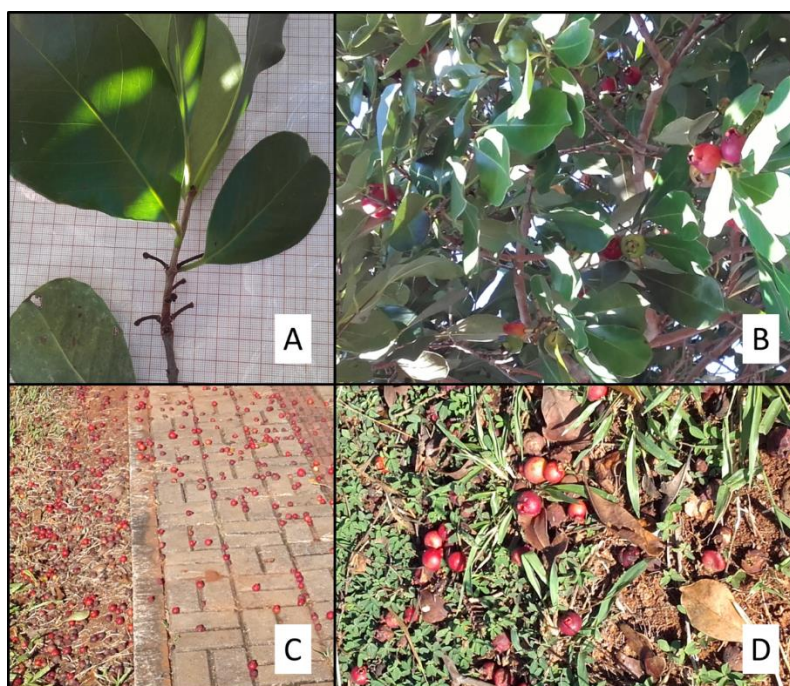
Durante a primeira quinzena de dezembro, em araçazeiro amarelo, foram encontrados apenas frutos imaturos e bem desenvolvidos (Figura 14G). Não foram encontradas flores ou botões florais. Na segunda quinzena de dezembro, frutos maduros foram encontrados (Figura 14H e Figura 14I), com desenvolvimento das estruturas reprodutivas primeiramente na região superior da copa e depois na região inferior (Figura 14I).



**Figura 14** – Frutos imaturos de araçazeiro vermelho, em ramos mais lignificados e escuros (A) e ramos em processo de lignificação (B), início do processo de maturação devido ao ataque de insetos (indicado pela seta) (C), em processo de maturação natural (D), completamente maduro (E) e frutos sobre o solo com cicatrizes causadas por ataque de pragas (apontado pelas setas) (F). Araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy* com frutos imaturos (G), frutos em maturação (H) e planta com alguns frutos maduros na região superior da copa e imaturos na região inferior (I) em dezembro/2016.

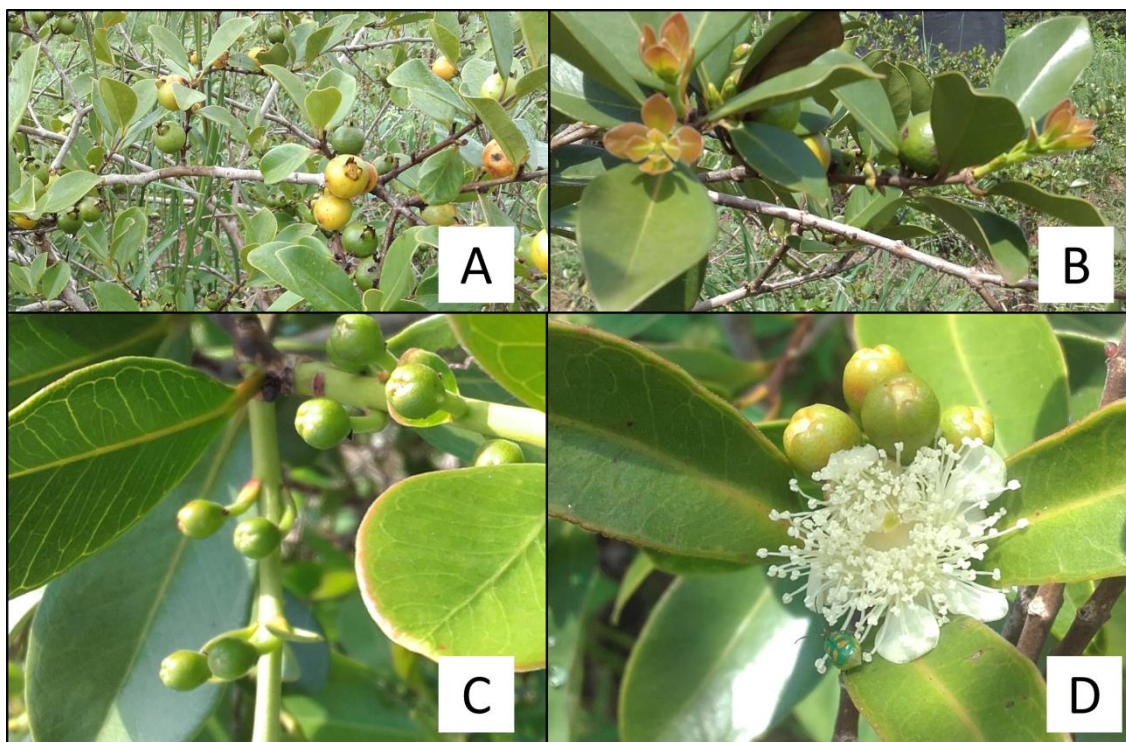
No início de janeiro houve maior quantidade de frutos de araçazeiro vermelho maduros, sendo mais fácil sua visualização na copa das plantas. Observou-se que os frutos estavam bem formados, com coloração uniforme e muitos sobre o

solo. No final de janeiro, grande parte dos ramos avaliados, já não apresentavam frutos (Figura 15A). Na copa da planta haviam muitos frutos maduros (Figura 15B), bem como, sobre o solo (Figura 15C e Figura 15D). Esta condição se manteve até a primeira semana de fevereiro, quando todos os ramos avaliados não mais apresentavam frutos o que não permitiu dar continuidade nas avaliações. As plantas apresentaram frutos em maturação até início de março. Após este período não foram observados surtos de crescimento vegetativo ou nova floração.



**Figura 15** – Ramo de araçazeiro vermelho sem frutos, com pedunculo aderido (A), maior quantidade de frutos maduros na copa de araçazeiro vermelho (B) e frutos sobre o chão em grande quantidade (C e D).

No início de janeiro nos araçazeiros amarelos muitos dos frutos encontrados apresentavam-se maduros (Figura 16A) e foi observado novamente a coloração avermelhada em alguns ramos (Figura 16B), sendo estes oriundos do segundo surto de crescimento da estação. No final do mês poucos frutos ainda estavam presentes nas plantas, com a maioria em processo final de maturação, acompanhado pela emissão de brotações em parte dos ramos, o que conferiu coloração avermelhada na copa das plantas. Observou-se presença de outras estruturas, tais como botões florais (Figura 16C), que puderam ser encontradas facilmente em várias plantas, como também flores em antese (Figura 16D).



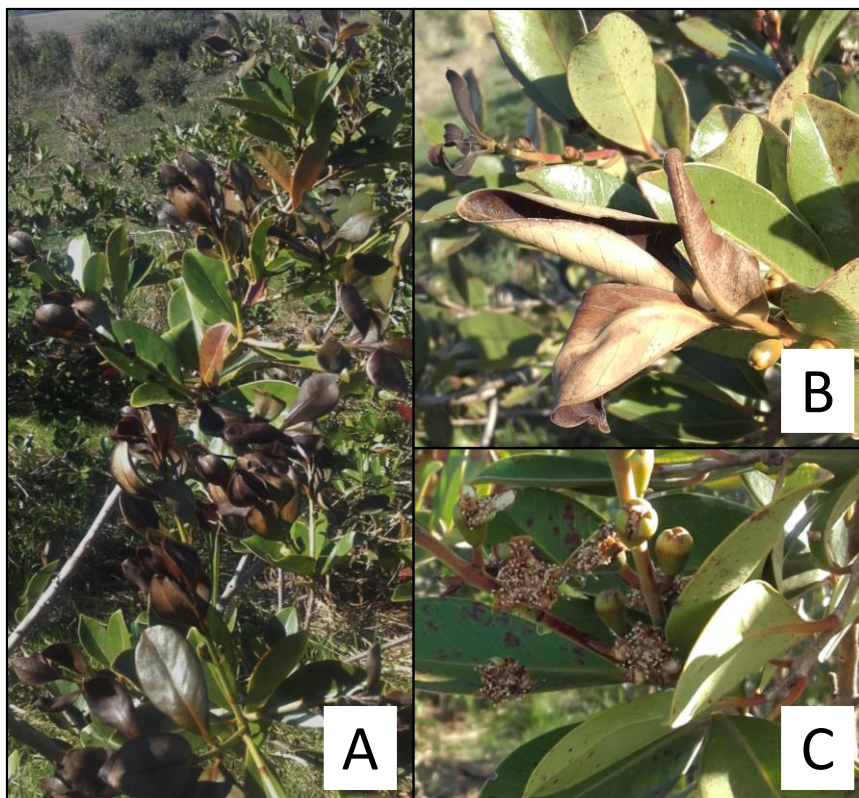
**Figura 16** – Araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy* com emissão de brotação (A) e maturação dos frutos (B), botões florais (B) e flores (C) da segunda estação de crescimento, em janeiro/2017.

Durante os meses de fevereiro até abril, o comportamento do araçazeiro amarelo foi muito semelhante ao relatado em setembro, com presença de botões florais e flores, mas diferente de setembro. O período em que estas estruturas apareceram se estendeu por três meses. Neste segundo surto de crescimento, teve-se menor produção. Em escala populacional, maior tempo de floração diminuiu as chances de exposição aos períodos de baixa atividade de polinizadores (PERLEBERG, 2017).

Em maio, as plantas apresentavam frutos em diversos estádios de desenvolvimento, desde o início até a maturação, bem como, com brotação em algumas plantas. Em junho foi possível observar algumas brotações esporádicas, com algumas flores e botões florais, bem como, frutos imaturos e em maturação.

Em julho, com a ocorrência das temperaturas mais baixas e de geadas, as brotações que apresentavam coloração avermelhada sofreram danos irreversíveis nos tecidos (Figura 17A).





**Figura 17** – Araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com brotações herbáceas danificadas pelo frio dois dias após a ocorrência de geada (A). Danos causados as folhas, botões florais (B) e flores com antese prejudicada (C) aos dez dias após a ocorrência de geada, em julho/2017.

Aos 10 dias após a geada, as folhas que sofreram danos necrosavam tomando-se inicialmente aspecto enegrecido, secando-se em seguida (Figura 17B) e abortadas com a evolução da necrose. Os botões florais mais afetados apresentaram coloração amarelada (Figura 17B) com posterior abscisão. Os botões florais mais desenvolvidos, próximos ao momento da antese, não chegaram a completá-la, pois as anteras em seu interior apresentaram coloração escura, como também suas pétalas. O que mais prejudicou o processo foi a divisão incompleta das sépalas, a ponto de não expor as demais peças florais, prejudicando a antese (Figura 17C).

Em agosto, após a senescência e abscisão dos tecidos danificados pelo frio (indicado pela seta na Figura 18A), os botões florais que ainda persistiram nas plantas, completaram a antese (Figura 18A). Além das flores nesta época foram encontrados frutos em diversos estádios de maturação (Figura 18B) e novas brotações responsáveis pelo início do novo ciclo reprodutivo.



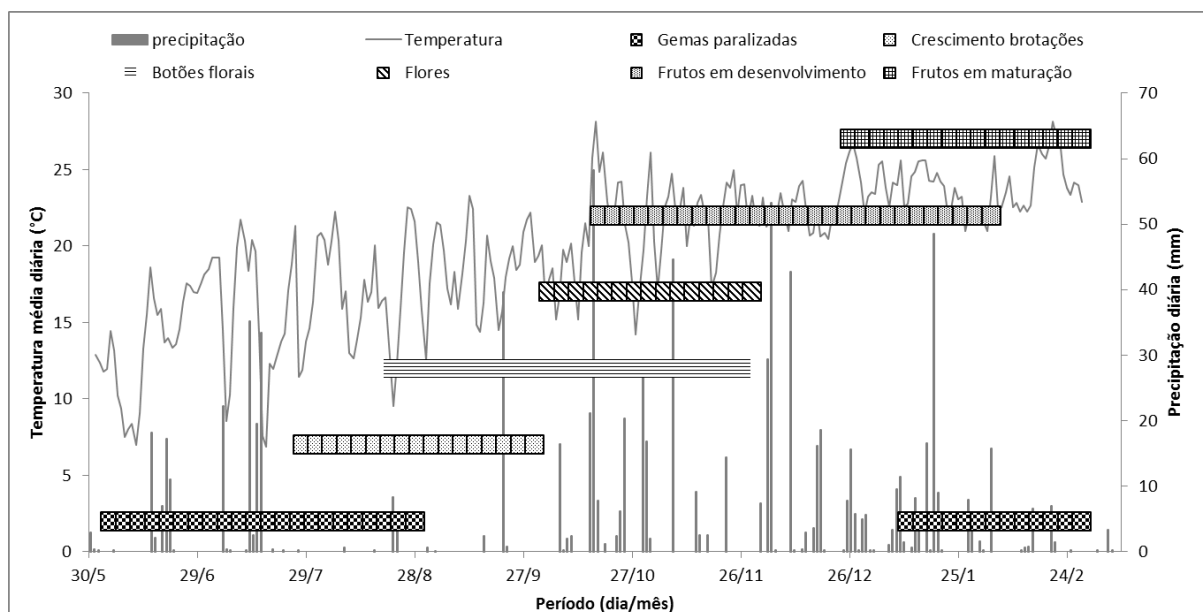
**Figura 18** – Araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com flores, botões florais e local de abscisão (indicado pela seta) (A) e frutos imaturos e em vários estádios de maturação (B) em agosto/2017.

A frutificação, de ambos tipos de araçazeiro, se dá nos ramos do ano, principalmente nos pares de gemas basais até o quinto par. O araçazeiro amarelo mostrou-se tolerante a geada e as temperaturas baixas, desde que os tecidos estivessem bem desenvolvidos, pois quando herbáceos apresentaram danos pelo frio.

Com o acompanhamento fenológico do araçazeiro vermelho, foi observado apenas um ciclo produtivo. Já no tipo amarelo, percebeu-se a presença de frutos durante praticamente todo o ano, assim como relatado por Lorenzi (1992), mas no surto de crescimento logo após o inverno houve maior quantidade de frutos produzida. Observou-se que não existiu sincronismo de florescimento em mesmo ramo, pois houve lançamentos simultâneos e sequenciais de flores, como também florescimento irregular e sem época definida, o que propiciou esta presença de frutos nas plantas durante praticamente todo o ano. Este comportamento é típico de planta em estado silvestre (BRANDÃO et al., 2015).

A fenologia do araçazeiro vermelho respondeu diretamente a oscilação da temperatura e precipitação. Após pequeno período de estiagem e aumento gradativo de temperatura, no final de julho (2016) houve início das brotações, seguido pelo seu crescimento até novembro (2016). Entre agosto e novembro houve presença de botões florais, coincidindo com período de temperaturas mais elevadas e aumento na regularidade de precipitação (Figura 19A), assim como ocorreu para *C. adamantium*, espécie *Myrtaceae*, que emite flores de acordo com as variações de temperatura e precipitação (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017b). Após aproximadamente 60 dias com precipitação praticamente nula, houve precipitação de aproximadamente 40 mm, o que parece ter desencadeado o início de floração em

outubro (2016) e vai até novembro (2016), resultado semelhante ao relatado por Lisboa et al. (2011) e Speroni et al. (2012) para esta espécie.



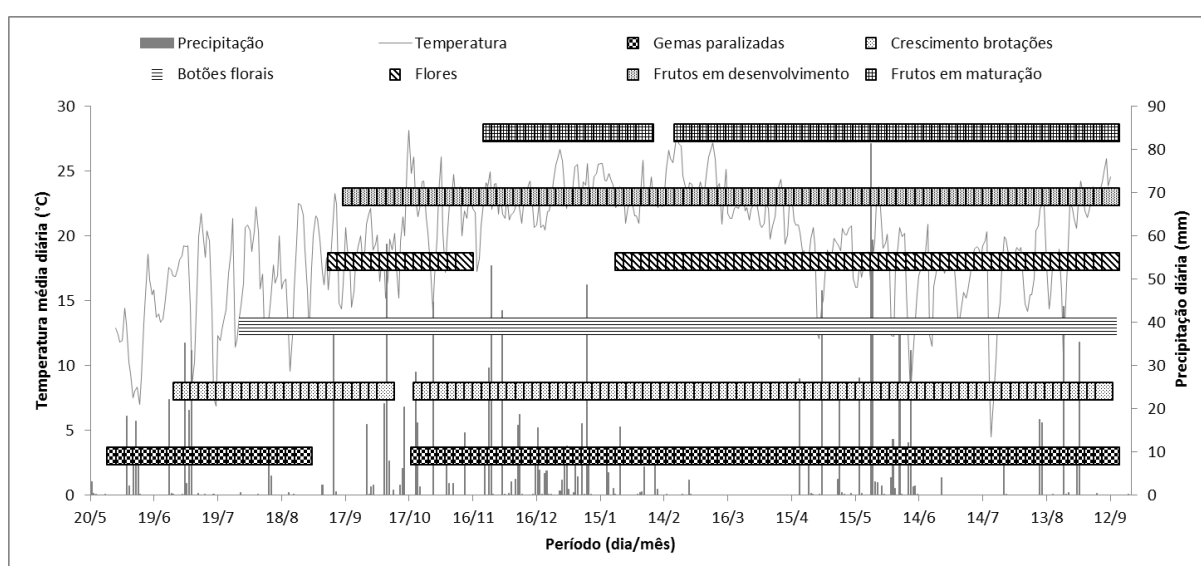
**Figura 19** - Fases de desenvolvimento de araçazeiro vermelho, durante um ciclo produtivo, com tempo decorrido em que a estrutura pode ser encontrada na planta. Dados de precipitação diária e temperatura média diária durante o período produtivo 2016/2017.

Os frutos estavam presentes entre os meses de outubro (2016) e janeiro (2017), período com redução na amplitude térmica. A maturação dos frutos ocorreu entre dezembro (2016) e fevereiro (2017), período de precipitação mais regular e temperaturas mais elevadas, com menor amplitude térmica. Os estádios de desenvolvimento da planta podem sofrer alterações relacionadas às variações climáticas, com forte influência do ciclo das chuvas (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017b).

Para araçazeiro amarelo foram observados três surtos de crescimento nos ramos marcados no período de crescimento, que compreende com o inverno até o inverno seguinte. A presença de frutos na planta não inibiu novo surto de crescimento, diferente de muitas espécies que quando apresentam frutos, o crescimento vegetativo é paralisado pela realocação das reservas envolvido com a partição que existe para o dreno que tem os frutos como preferência.

As plantas de araçazeiro amarelo apresentavam gemas vegetativas paralisadas até agosto (2016). O início do crescimento vegetativo se deu no final de junho, estendendo-se até setembro, quando apresentou pequeno intervalo até outubro, quando as plantas retomaram o crescimento através de novos surtos de

brotação. Nos ramos avaliados, a partir do final de julho até o final das avaliações em setembro de 2017, constataram-se botões florais sempre presentes. Flores foram observadas entre setembro e novembro, com intervalo de 70 dias o reaparecimento destas estruturas ocorreu em meados de janeiro, prolongando-se até o final das avaliações. Em setembro iniciou o crescimento dos frutos, mantendo-se presentes até o final das avaliações. A partir de novembro foram encontrados frutos maduros até o final das avaliações. Em fevereiro houve pequeno intervalo, de aproximadamente 15 dias, sem presença destes(Figura 20).



**Figura 20** - Fases de desenvolvimento de araçazeiro amarelo, durante três ciclos produtivos na mesma estação de crescimento, com tempo decorrido em que a estrutura pode ser encontrada na planta. Dados de precipitação diária e temperatura média diária durante e período produtivo 2016/2017.

A floração observada no presente trabalho apresentou período muito superior ao relatado na literatura para a espécie, que de acordo com Speroni et al. (2012) varia entre cinco e 16 dias entre diferentes genótipos de araçazeiros amarelos e vermelhos. Tal discrepância pode ser devido ao local de desenvolvimento do experimento, condições climáticas e fatores genéticos. Além disso, os autores supracitados não observaram outros surtos de crescimento como foi relatado no presente trabalho.

O primeiro surto de crescimento ocorreu no início de julho seguindo-se até dezembro, onde iniciou o segundo surto de crescimento estendendo-se até maio. O terceiro surto de crescimento iniciou antes do término do segundo, entre março e abril, quando o segundo surto de crescimento apresentava frutos em crescimento,


terminando-se em setembro, tendo duração média de  $174\pm 12$  dias. Estes três períodos produtivos também foram relatados por Franzon et al. (2009) para cultivar Ya-Cy.







Em araçazeiro amarelo 100% dos ramos utilizados produziram frutos no primeiro ciclo produtivo, com apenas 50% produzindo também no segundo ciclo produtivo e 20% no terceiro ciclo. Foram produzidos em média  $10\pm 0,5$  frutos por ramo no primeiro surto de crescimento,  $4\pm 1$  fruto por ramo no segundo e  $3\pm 1$  fruto por ramo no terceiro ciclo produtivo.


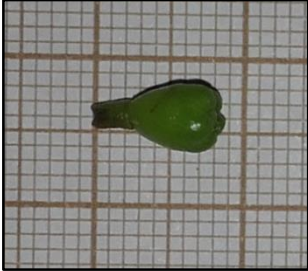

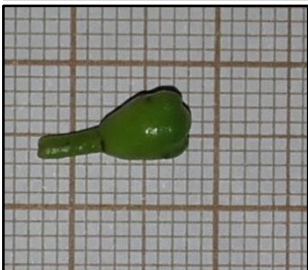


#### 4.2 ESCALA FENOLÓGICA






O crescimento vegetativo das brotações do araçazeiro vermelho pode ser dividido em 11 fases e 27 subfases, sendo uma caracterizada com a paralização da gema vegetativa, três como superação da paralização e início do crescimento vegetativo, três como crescimento vegetativo e alongamento das brotações, três como início do desenvolvimento dos botões florais, duas como botões florais bem desenvolvidos, duas como flores, três como senescência das flores, três como início de desenvolvimento do fruto, três como crescimento do fruto, duas como maturação do fruto, uma como fruto maduro e uma como senescência do fruto (Tabela 2).

**Tabela 2** - Escala fenológica de araçazeiro vermelho com algumas estruturas isoladas sobre superfície milimetrada e classificação das estruturas em 11 fases e 27 subfases, descrevendo a evolução das estruturas desde gemas paralisadas, superação da paralização, crescimento vegetativo, botão floral, flores, crescimento e desenvolvimento dos frutos, maturação e senescência.






| Fases             | Imagens                                                                             | Descrição                                                                                                          |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gemas paralisadas |  | <b>Fase 0:</b> O crescimento vegetativo inicial das brotações foi caracterizado por gemas vegetativas paralisadas. |







|                                                               |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Superação da paralização:<br>Início de crescimento vegetativo |    | <b>Fase 1a:</b> A retomada de crescimento acontece quando as gemas se apresentam inchadas, com tamanho cinco vezes maior que gemas paralisadas, normalmente em pares no ápice dos ramos.                                                                                                                                                                                                    |
|                                                               |    | <b>Fase 1b:</b> Aproximadamente cinco dias decorridos, o crescimento das brotações torna-se desproporcionais com o crescimento.                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                               |   | <b>Fase 1c:</b> Aumento do tamanho da brotação, em diâmetro e comprimento, com coloração avermelhada no ápice, formato lanceolado acuminado, ocorrendo 12 dias após a superação da paralisação (DASP) das gemas.                                                                                                                                                                            |
| Crescimento vegetativo:<br>Alongamento das brotações          |  | <b>Fase 2a:</b> Alongamento com início de separação das folhas, que apresentaram coloração avermelhada, aos 18 DASP.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                               |  | <b>Fase 2b:</b> Brotação apresenta maior comprimento, as folhas aparecem mais separadas, mas ainda se sobrepuseram aquelas da região apical, continuando-se avermelhadas e isto ocorre aos 23 DASP.                                                                                                                                                                                         |
|                                                               |  | <b>Fase 2c:</b> Alongamento mais pronunciado do entrenó, o que permitiu maior separação das folhas, que por sua vez não mais se sobrepuseram totalmente, com o ápice do limbo foliar das folhas basais cobrindo apenas o pecíolo da folha seguinte. De coloração avermelhada, com início de crescimento lateral expondo os primórdios florais, dando começo a fase reprodutiva aos 28 DASP. |




|                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Início de desenvolvimento dos botões florais</p> |    | <p><b>Fase 3a:</b> Alongamento maior do entrenó, exposição dos botões florais, que apresentaram pedúnculo curto, com algumas folhas de coloração avermelhada, formato lanceolado e ápice acuminado. Acontece aos 34 DASP.</p>                              |
|                                                     |    |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                     |   | <p><b>Fase 3b:</b> Botões florais de tamanho pequeno com pedúnculo pouco maior. Folhas apicais continuam avermelhadas, com maior alongamento do entrenó e ângulo de inserção do botão floral no ramo próximo a 45°, sendo percebida aos 41 DASP.</p>       |
|                                                     |  |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                     |  | <p><b>Fase 3c:</b> Entrenós tornaram-se maiores, botão floral pouco maior, expondo um pouco das pétalas claras em seu ápice. O pedúnculo apresentou o mesmo tamanho dos pecíolos e o ângulo de inserção foi maior que 45° e menor que 90° aos 51 DASP.</p> |
|                                                     |  |                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                                  |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Botões florais bem desenvolvidos |    | <p><b>Fase 4a:</b> Ângulo de inserção do botão floral no ramo maior que 90°, percebido apenas aos 57 DASP, com pedúnculo bem desenvolvido, coroa branca bem aparente, com folhas bem expandidas, não mais com coloração vermelha e sem crescimento vegetativo.</p>                                                                                                |
|                                  |    | <p><b>Fase 4b:</b> Botões florais mais desenvolvidos, com maior diâmetro, aos 61 DASP, com pétalas mais clara e aparente na coroa da estrutura. As sépalas iniciavam o processo de separação, com pequenas fissuras surgindo do ápice para a base, em função da expansão dos tecidos internos (carpelo, estames, pétalas), indicando a proximidade da antese.</p> |
| Flores                           |  | <p><b>Fase 5a:</b> A antese ocorreu aos 64 DASP, com exposição das peças reprodutivas (estames e carpelo) e perianto, ambos de coloração branca, com quantidade elevada de estames.</p>                                                                                                                                                                           |
|                                  |  | <p><b>Fase 5b:</b> Um dia após a antese as flores apresentavam anteras oxidadas, com estames ainda aderidos, mas pétalas não presentes na maior parte das flores.</p>                                                                                                                                                                                             |
|                                  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |



|                        |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        |    |                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Senescência das flores |    | <p><b>Fase 6a:</b> Aos dois dias após a antese (DAA) os estames deiscem em quantidade muito reduzida, com aspecto oxidado e não mais eretos.</p>                                                                                                |
|                        |   | <p><b>Fase 6b:</b> Com cinco DAA, o gineceu estava presente, os estames não estavam aderidos ao cálice, que apresentou coloração externa verde e interna cor creme.</p>                                                                         |
|                        |  | <p><b>Fase 6c:</b> Aos oito DAA o gineceu estava presente, a coloração clara do receptáculo iniciava processo oxidativo tornando-se escura a base das sépalas, que apresentavam ângulo de inserção aproximado de 90° em relação ao gineceu.</p> |
|                        | Início do desenvolvimento do fruto                                                  |                                                                                                                                                              |







|                        |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        |    | <p><b>Fase 7b:</b> As sépalas formam ângulo aproximado de 45° em relação ao ápice do fruto, com coloração do ramo verde e textura semi-lenhosa.</p>                                                                              |
|                        |    | <p><b>Fase 7c:</b> Sépalas quase paralelas, formando coroa tubular composta pelas sépalas que se tocam lateralmente, com coloração do ramo verde e textura semi-lenhosa.</p>                                                     |
| Crescimento dos frutos |   | <p><b>Fase 8a:</b> As sépalas formaram coroa mais compacta e os ramos tomaram aspecto mais lignificado e de coloração mais escura.</p>                                                                                           |
|                        |  | <p><b>Fase 8b:</b> A epiderme do fruto adquire coloração verde azulado acompanhando o maior escurecimento do ramo.</p>                                                                                                           |
|                        |  | <p><b>Fase 8c:</b> Fruto com epiderme rugosa, de coloração ainda escura, mas a coroa do fruto não mais ereta, já que as extremidades das sépalas voltadas para região central, iniciando-se processo de fechamento da coroa.</p> |
| Maturação dos frutos   |  | <p><b>Fase 9a:</b> Os frutos apresentaram coloração verde clara com tons amarelados, epiderme lisa e tenra, quando atingiram a maturação fisiológica.</p>                                                                        |









|                      |                                                                                    |                                                                                                                                                                                  |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      |   | <b>Fase 9b:</b> Há mudança na coloração para amarelo ou alaranjado, o pedúnculo também apresentou mudanças, tomando-se coloração mais clara.                                     |
| Fruto maduro         |   | <b>Fase 10:</b> Maturação total do fruto, com epiderme de coloração vermelho intenso, sépalas de bordas escuras e pedúnculo amarelo, permitindo a abscisão do mesmo com o toque. |
| Senescência do fruto |  | <b>Fase 11:</b> Após a queda do fruto, que ocorre aproximadamente aos 95 DAA, a epiderme perde o brilho deixando o fruto com aparência mais opaca.                               |









O ciclo vegetativo e reprodutivo de crescimento do araçazeiro amarelo pode ser dividido em 11 fases e 27 subfases, sendo uma caracterizada como paralização da gema vegetativa, três como superação da paralização e início do crescimento vegetativo, duas como crescimento vegetativo e alongamento das brotações, três como início do desenvolvimento dos botões florais, duas como botões florais bem desenvolvidos, duas como flores, quatro como senescência das flores, desenvolvimento do fruto, três como crescimento do fruto, duas como maturação do fruto, uma como fruto maduro e uma como senescência do fruto (Tabela 3).

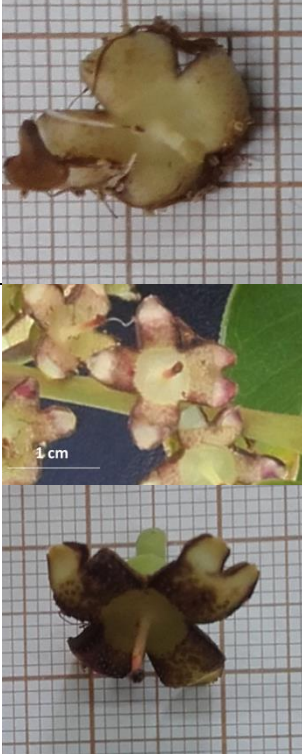
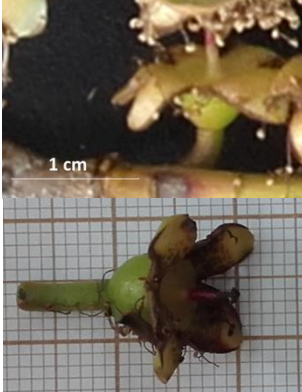

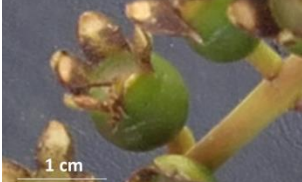
**Tabela 3** – Escala fenológica de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com algumas estruturas isoladas sobre superfície milimetrada e classificação das estruturas em 11 fases e 27 subfases, descrevendo a evolução das estruturas desde gemas paralisadas, superação da paralização, crescimento vegetativo, botão floral, flores, crescimento e desenvolvimento dos frutos, maturação e senescência.




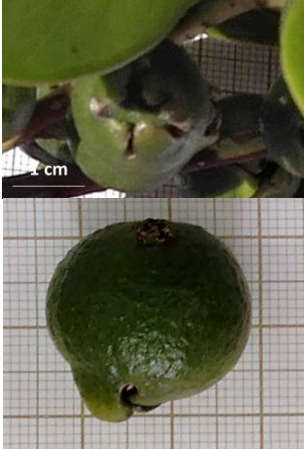

| Fases             | Imagens                                                                             | Descrição                                                                                                            |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gemas paralisadas |  | <b>Fase 0:</b> Gemas axilares latentes, sem sinal de crescimento em comprimento ou em largura, com coloração marrom. |

|                                                               |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Superação da paralização:<br>Início de crescimento vegetativo |    | <b>Fase 1a:</b> Coloração avermelhada, com crescimento em comprimento e diâmetro. O comprimento atingiu aproximadamente 0,5 cm e diâmetro de 0,25 cm em praticamente toda a sua extensão, perdurando assim por $9 \pm 5$ dias.                                                                                                                                              |
|                                                               |    | <b>Fase 1b:</b> Alongamento da estrutura, que apresentava comprimento aproximado de 1,5 cm e dois diâmetros distintos, onde a parte basal chegou a 0,25 cm e a parte apical à 0,5 cm, com formato lanceolado. Os folíolos estavam sobrepostos uns sobre os outros, com coloração avermelhada, permanecendo assim por $5 \pm 3$ dias.                                        |
|                                                               |   | <b>Fase 1c:</b> Com o alongamento do caule, ocorre sua exposição entre os folíolos, mantendo a coloração e formato descritos anteriormente, com maior comprimento ( $\approx 2$ cm) e diâmetro ( $\approx 0,4$ cm). Neste momento nem todos os folíolos se tocavam, principalmente os basais, ficando nesta situação por $4 \pm 2$ dias.                                    |
| Crescimento vegetativo:<br>Alongamento das brotações          |  | <b>Fase 2a:</b> Separação dos folíolos, afastamento do limbo foliar, formando ângulo de inserção menor que $45^\circ$ . A coloração continua avermelhada, com comprimento aproximado de 2,4 cm, ficando por $4 \pm 3$ dias.                                                                                                                                                 |
|                                                               |  | <b>Fase 2b:</b> Crescimento significativo em comprimento nem mudança de coloração, mas maior angulação de inserção das folhas que chegou a $45^\circ$ , no qual foi possível observar com maior facilidade alguns pares de botões florais inseridos nas axilas foliares, permanecendo por $5 \pm 3$ dias.                                                                   |
| Início de desenvolvimento dos botões florais                  |  | <b>Fase 3a:</b> Com o alongamento acentuado do ramo ( $> 4$ cm), percebeu-se maior exposição dos botões, que se encontravam em ângulo de inserção menor que $45^\circ$ , com pedúnculo curto e pouco aparente, com expansão das folhas e aumento no ângulo de inserção destas ( $> 45^\circ$ ). A coloração manteve-se avermelhada, permanecendo assim por $10 \pm 5$ dias. |

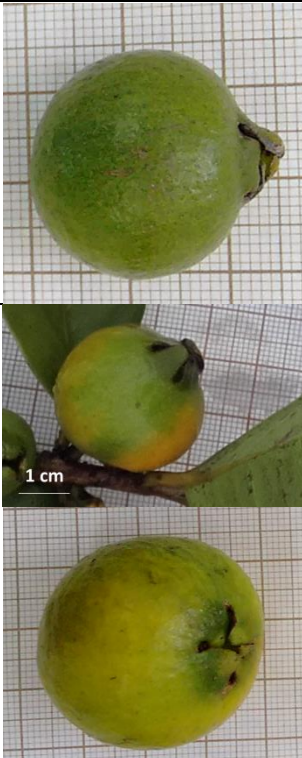


|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  |                                                                                             | <p><b>Fase 3b:</b> Variação no tamanho do ramo, não sendo parâmetro confiável para a distinção de fases. Coloração das folhas apresenta tonalidade vermelho clara e esverdeada, com expansão quase total das folhas e ramos. Botões florais com maior comprimento do pedúnculo e ângulo de inserção aproximado de 45°, acabando após 16±7 dias.</p> <p><b>Fase 3c:</b> Pequena exposição de parte das pétalas no ápice dos botões florais, com afastamento das sépalas e paralização na emissão de brotação apical, acompanhado pelo decréscimo na coloração vermelha das folhas, que estão quase totalmente expandidas, sendo também possível contabilizar a quantidade de botões florais produzidos, perdurando por 10±6 dias.</p> |
| Botões florais bem desenvolvidos |     | <p><b>Fase 4a:</b> Botões florais adquirem maior diâmetro (<math>\approx 0,5</math> cm) e exposição pouco maior de coroa branca em seu ápice, com crescimento em diâmetro (<math>\approx 0,6</math> cm) com duração de 4±2 dias.</p> <p><b>Fase 4b:</b> Surgimento de fissuras no cálice, que deram origem a separação das sépalas, expondo maior área das pétalas, com duração de 4±2 dias.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Flores                           |                                                                                                                                                                                                                                                              | <p><b>Fase 5a:</b> Antese com expansão das peças florais, exposição das pétalas, divisão das sépalas, exposição do pistilo na região central da flor, cercado de estames encimados por anteras, muito numerosos, tendo duração de 1±1 dia.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                        |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        |                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                |
|                        | <br>     | <p><b>Fase 5b:</b> Início da senescência da flor, onde as pétalas se desprendem, as anteras e estigma apresentam coloração marrom, com duração de <math>2\pm 1</math> dias.</p>                                                |
| Senescência das flores | <br>  | <p><b>Fase 6a:</b> Coloração marrom mais acentuada, passando para os filetes que não mais apresentam-se eretos, com duração de <math>3\pm 1</math> dias.</p>                                                                   |
|                        | <br> | <p><b>Fase 6b:</b> Estames se desprenderam, expondo o cálice de coloração creme clara com parte do pistilo oxidado, bem como, as bordas das sépalas voltadas para o pedúnculo, com duração média <math>3\pm 2</math> dias.</p> |
|                        |                                                                                         | <p><b>Fase 6c:</b> Sépalas com pontos enegrecidos nas bordas, com duração média <math>3\pm 2</math> dias.</p>                                                                                                                  |

|                                           |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           |    | <p><b>Fase 6d:</b> Evolução da oxidação do cálice com coloração escura, mantendo a coloração clara apenas na região central, ao redor do pistilo formando círculo concêntrico. As sépalas iniciaram movimentação em direção ao ápice, formando ângulo de inserção aproximado de 90° em relação ao pistilo, com duração média 3±2 dias.</p> |
| <p>Início do desenvolvimento do fruto</p> |   | <p><b>Fase 7a:</b> Crescimento do ovário, com início do desenvolvimento do fruto, que se encerrou em 5±3 dias.</p>                                                                                                                                                                                                                         |
|                                           |  | <p><b>Fase 7b:</b> O fruto não apresenta formato característico da espécie, distinguindo-se pelo menor tamanho do fruto, coroa formada pelas sépalas com ângulo de inserção maior que 45° em relação ao pistilo e duração de 8±5 dias.</p>                                                                                                 |
|                                           |  | <p><b>Fase 7c:</b> Sépalas com inserção praticamente paralela ao pistilo, epiderme do fruto com coloração verde clara e 16±10 dias de duração.</p>                                                                                                                                                                                         |

|                        |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Crescimento dos frutos |    | <p><b>Fase 8a:</b> Crescimento do fruto, sépalas mais unidas, com pequeno espaço entre estas, epiderme dos frutos de coloração pouco mais escura e com textura rugosa, perdurando por <math>22\pm 9</math> dias.</p>                                                                                                                               |
|                        |   | <p><b>Fase 8b:</b> Sépalas que formaram a coroa se voltaram para o centro do ápice do fruto, tocando suas extremidades umas nas outras e os ramos iniciaram o processo de lignificação, perceptível através da mudança na coloração que até então era verde clara tornando-se avermelhada ou marrom, acabando após <math>24\pm 13</math> dias.</p> |
|                        |  | <p><b>Fase 8c:</b> Crescimento mais acentuado do fruto, as sépalas sobrepõem-se ou se afastam umas das outras, voltando suas extremidades para região mais central do ápice do fruto. Ramo com maior grau de lignificação ou com manchas irregulares de coloração verde clara, com duração de <math>9\pm 6</math> dias.</p>                        |
| Maturação dos frutos   |  | <p><b>Fase 9a:</b> Frutos apresentaram coloração verde mais clara, aspecto brilhante e textura lisa. Ao toque percebe-se menor firmeza e expansão total de seus tecidos, apresentando duração de <math>2\pm 1</math> dias.</p>                                                                                                                     |



|                      |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      |    | <p><b>Fase 9b:</b> Coloração verde e amarela, com as mesmas características descritas anteriormente em relação a textura, com duração de <math>1 \pm 1</math> dia.</p>                                                           |
| Fruto maduro         |  | <p><b>Fase 10:</b> Completa maturação e textura macia, com fácil abscisão desprendendo facilmente do pedúnculo e apresentando coloração amarelo ouro, destacando-se entre as folhas da planta, com duração de 1 dia.</p>         |
| Senescência do fruto |  | <p><b>Fase 11:</b> Senescência dos frutos, presença de manchas marrons, textura flácida e coroa necrosada. Dificilmente o fruto permaneceu aderido à planta nesta fase, que teve duração de apenas <math>1 \pm 1</math> dia.</p> |

Ambos araçazeiros podem ser divididos em 11 fases fenológicas. O tempo que as gemas dormentes permaneceram nesta forma dependeu das condições climáticas, posição e estímulos que receberam.

Foram observadas diferenças de dias em que a estrutura permanecia em cada fase, quando compara-se os araçazeiros vermelho e amarelo. Souza-Pérez e Speroni (2017) já relataram semelhança entre os tipos de araçazeiro, mas que o

tempo em que a estrutura permanece em cada fase variou de acordo com o tipo de araçazeiro. O araçazeiro amarelo teve período mais breve de desenvolvimento que o vermelho.

O início de formação do fruto, ocorreu aos 15 e 18 DAA, para araçazeiro vermelho e amarelo respectivamente, tempo semelhante ao relatado para outras *Myrtaceae* (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017b).

A fase sete foi caracterizada como crescimento rápido do fruto, que ocorreram entre os 21 (fase 7b) e 29 DAA (fase 7c) para araçazeiro vermelho e 27 (fase 7b) e 43 (fase 7c) para araçazeiro amarelo, caracterizado pelo aumento do fruto em diâmetro e comprimento. O crescimento lento do fruto abrangeu a fase oito, que ocorreu entre os 41 e 62 DAA para araçazeiro vermelho e entre os 65 e 98 DAA para araçazeiro amarelo.

As fases de maturação do fruto ocorreram de maneira muito rápida, iniciando com aproximadamente 88 DAA terminando com o amadurecimento total do fruto aos 92 DAA, para araçazeiro vermelho e para araçazeiro amarelo entre 100 e 103 DAA.

Speroni et al. (2012) relatam muita semelhança entre a biologia floral de araçazeiro amarelo e vermelho. Porém estes autores relatam também que o desenvolvimento do araçazeiro amarelo é mais rápido que o araçazeiro vermelho, resultado contraditório ao encontrado no presente trabalho, onde o desenvolvimento das estruturas de araçazeiro vermelho foi mais breve que o araçazeiro amarelo.

#### 4.3 LONGEVIDADE DA FLOR

O início da antese é definido como momento da abertura da flor (FERRI et al., 1981), com a abertura dos lobos da corola (MATIAS e CONSOLARO, 2014). Para araçazeiro vermelho, o início da antese ocorreu ainda antes da alvorada (5:00 h), quando alguns balões apresentaram sépalas em processo de separação e exposição maior das pétalas (Figura 21A) e início de exposição dos estames com maior abertura das pétalas (Figura 21B) pouco tempo mais tarde (5:30 h).



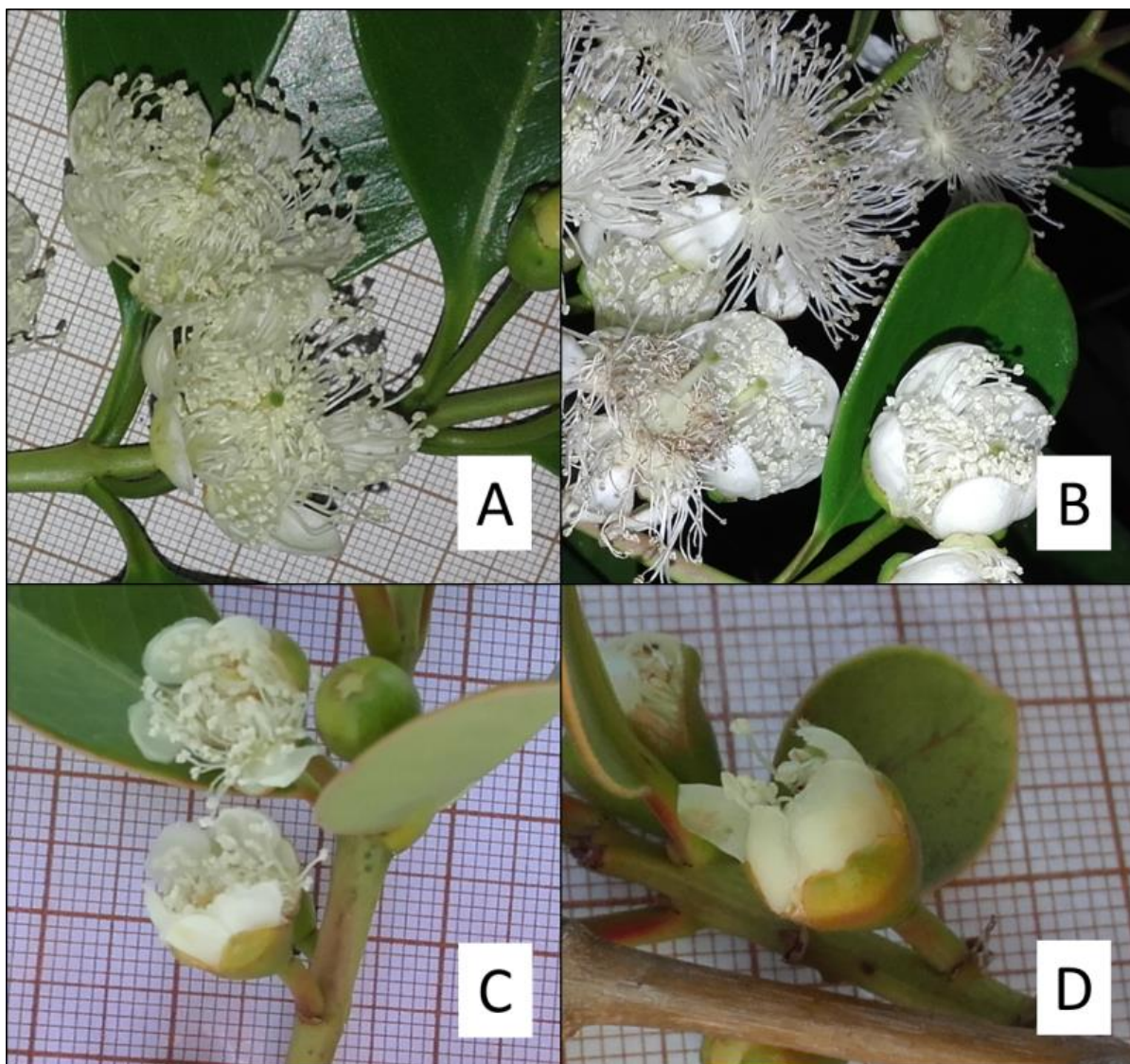
**Figura 21** – Botões florais de araçazeiro vermelho em processo de antese, com pétalas sobrepostas (A) e início da exposição dos estames (B). Botões florais de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy* em início de antese (C).

A antese do araçazeiro amarelo teve início às 6:00 h da manhã, nos botões florais mais desenvolvidos, apresentando separação das sépalas e exposição das pétalas (Figura 21C). Nesta fase não houve liberação de odor em ambos tipos de araçazeiro, diferente do relatado para outra *Myrtaceae* a *C. adamantium* que apresentam liberação de odor desde as 5:30 h (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017b).

O androceu começou a ser exposto devido a maior abertura das pétalas, com estames voltados para a região central da flor e as anteras próximas ao estigma, com alguns botões florais ainda apresentando as pétalas sobrepostas cobrindo as demais peças florais, a partir das 6:00 h para araçazeiro vermelho (Figura 22A) e 07:30 h para araçazeiro amarelo (Figura 22C).

Não houve liberação de odor nas flores em antese de ambos araçazeiros, apenas nas flores de araçazeiro vermelho, um dia após antese com anteras oxidadas (Figura 22B), mas o odor era muito fraco.

Aproximadamente 50% das flores de araçazeiro vermelho apresentavam-se em expansão, com parte do androceu ainda curvado ou coberto pelas pétalas (Figura 23A), durante a alvorada às 6:30 h as 7:00 h, comportamento semelhante apresentou araçazeiro amarelo (Figura 23B), porém entre 8:30 h e 9:30 h. Houve liberação do odor, quase imperceptível nas flores de araçazeiro vermelho em antese e naquelas em que a antese ocorreu no dia anterior, o que não ocorreu no tipo amarelo. A liberação de pólen não se fazia presente até o momento para ambos araçazeiros, e as do dia seguinte a antese, apresentavam anteras desprendendo com o toque.



**Figura 22** – Flores de araçazeiro vermelho em processo de antese, com estames curvos direcionados para o estigma (A) e flores um dia após a antese com anteras oxidadas (B). Flores de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy* com androceu sendo exposto (C) e alguns balões com pétalas sobrepostas (D).



**Figura 23** – Flor de araçazeiro vermelho (A) e araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy* (B e C) em processo de antese com grande parte dos estames por expandir.

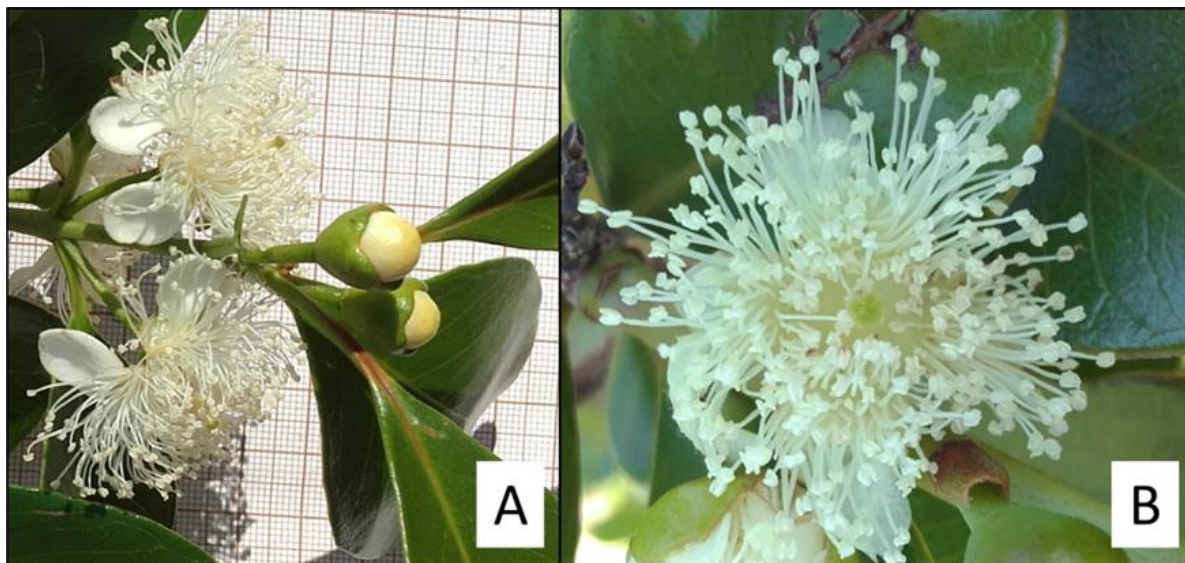
A antese completa ocorreu com a separação lateral completa das sépalas, que antes se encontravam unidas, tomando posição horizontal, expondo assim, pétalas, estames e carpelo (Figura 24).



**Figura 24** – Processo de antese em flores de araçazeiro vermelho.

O odor foi facilmente percebido após 7:30 h, para araçazeiro vermelho e a partir das 10:00 h o odor se fazia presente em algumas flores, mas após as 10:30 h tornou-se bem aparente em araçazeiro amarelo, com flores apresentando pétalas totalmente expandidas, bem como a maioria de seus estames, momento classificado como antese completa. As anteras apresentavam cor clara e bem atrativas nos horários supracitados, tanto para araçazeiro vermelho (Figura 25A) como para araçazeiro amarelo (Figura 25B) e foi observada liberação de pólen neste período para os araçazeiros. A deiscência das anteras de araçazeiro ocorreu depois do início da antese (SPERONI et al., 2012).

As características das flores de araçazeiro, da coloração clara, contrastando ao verde das folhas e liberação de odor, permitem apontar que a espécie apresenta estratégia de atrair polinizadores a curta e longa distância, respectivamente (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017a), já que o odor é importante atrativo para o reconhecimento a longa distância pelos polinizadores (FAEGRI e PIJL, 1979).



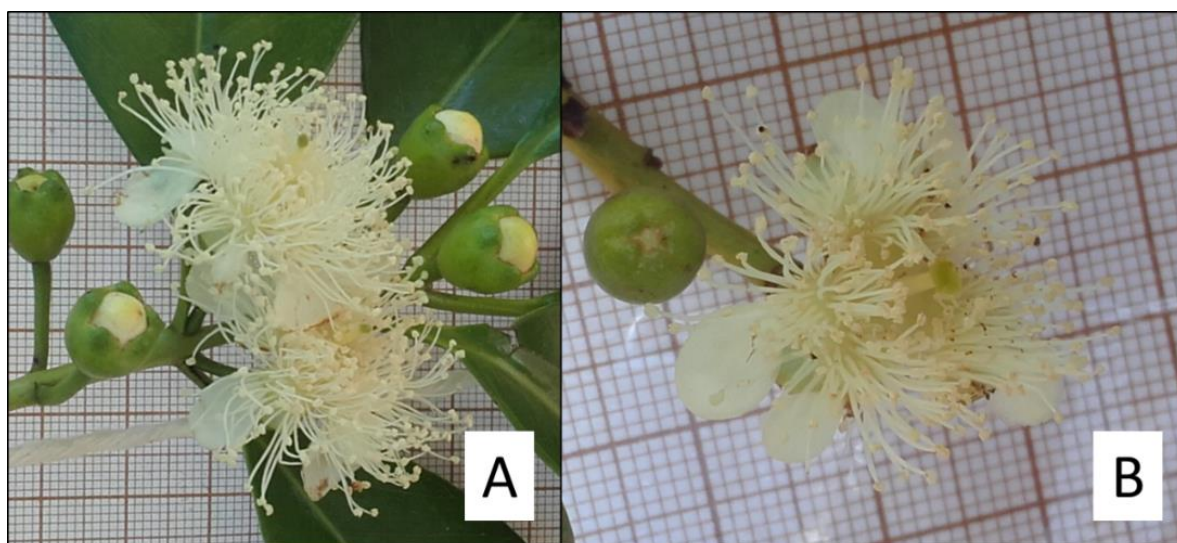
**Figura 25** – Flores de araçazeiro vermelho (A) e araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy* (B) em antese completa com a maioria dos estames totalmente expandidos e anteras claras.

Uma hora após a antese as flores, de ambos tipos de araçazeiro, se mostravam atrativas com intenso odor exalado pelas flores, adocicado, percebido a alguns metros da planta neste período e os estames continuavam com o processo de expansão. A aparência ainda continuava bem atrativas e totalmente expandidas, sendo possível observar que com afastamento das anteras círculo formado ao redor do pistilo (Figura 26).



**Figura 26** – Flores de araçazeiro vermelho totalmente expandidas, com as anteras mais internas afastadas do pistilo.

As anteras se apresentavam bronzeadas, com coloração acobreada, principalmente aquelas que sofreram incidência direta de radiação solar, aproximadamente duas horas após a antese para araçazeiro vermelho (Figura 27A) e três horas após antese para araçazeiro amarelo (Figura 27B), mas continuavam exalando forte odor com notas adocicadas. As flores de araçazeiro vermelho que estavam sombreadas, se apresentavam mais atrativas visualmente, quando comparadas as expostas ao sol.



**Figura 27** – Flores de araçazeiro vermelho (A) e araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy (B) totalmente expandidas com anteras em início de processo de oxidação.

O final da antese, segundo Matias e Consolaro (2014), é caracterizado pelas mudanças, como perda de brilho na coloração e murchamento da flor. Quatro horas após a antese as anteras de ambos tipos de araçazeiro estavam mais bronzeadas, com aparência menos atrativas, principalmente as que receberam insolação direta. As flores sombreadas de araçazeiro vermelho estavam ligeiramente mais claras, ambas exalando forte odor, permanecendo assim até cinco horas após a antese, quando as flores sombreadas também iniciaram processo de oxidação (Figura 28A). As flores de araçazeiro amarelo apresentaram o mesmo comportamento relatado para o tipo vermelho até às cinco horas após antese. Decorrido tal período, o odor encontrava-se muito fraco e as flores estavam pouco atrativas, com as anteras mais escuras (Figura 28B). Para *Anadenanthera colubrina*, a desidratação das pétalas, flacidez das estruturas reprodutivas, acompanhada da mudança de coloração (bege), conferindo aspecto de envelhecimento foi caracterizada como início da senescência floral (KIILL e SILVA, 2016). Para *M. dubia* o início da senescência das flores se dá

quatro horas após a antese, notada pela flacidez e mudança de coloração, nos estames passa a ser bege, aliado a abscisão e queda dos mesmos (MAUES e COUTURIER, 2002).



**Figura 28** – Flor de araçazeiro vermelho (A) e araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy (B) com anteras em processo oxidativo.

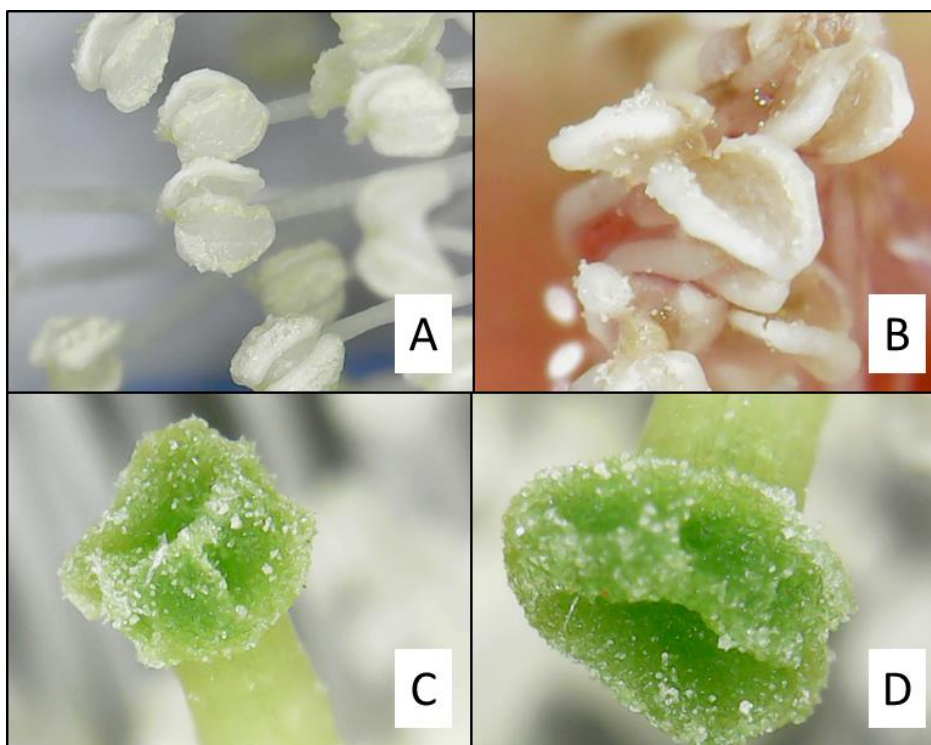
O odor diminuiu a intensidade seis horas após a antese nas flores de ambos araçazeiros, com as anteras apresentando coloração mais escura (Figura 29A), com queda dos estames quando tocados (Figura 29B), apenas para o tipo vermelho. No tipo amarelo as flores se mantiveram mais integras até o dia seguinte, observando-se os filetes expandidos, mas com processo oxidativo mais avançado (Figura 29C) com ausência de odor.



**Figura 29** – Flores de araçazeiro vermelho com anteras em processo avançado de oxidação (A) e deiscência de estames (B). Flor de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com anteras totalmente oxidadas no dia seguinte a antese.



Além de menos atrativas e com odor mais fraco (deve-se chegar muito próximo da flor para senti-lo) entre às nove e 11 horas após a antese, as anteras apresentavam poucos grãos de pólen (Figura 30A e Figura 30B) e os estigmas de araçazeiro vermelho apresentavam-se com grande quantidade de grãos de pólen aderidos, (Figura 30C e Figura 30D). Resultado da alta taxa de visitas realizadas pelos polinizadores (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017a).



**Figura 30** – Anteras de araçazeiro vermelho, com poucos grãos de pólen aderidos às tecas (A e B) e muitos grãos de pólen aderidos ao estigma (C e D), ao final do dia

Às 10 h após antese, foi possível visualizar quais balões estavam mais propensos a abertura no dia seguinte, pois apresentavam maior tamanho, maior exposição das pétalas e início da separação de sépalas (Figura 31). Esta diferenciação foi percebida facilmente com o araçazeiro vermelho, diferente do que ocorreu com o amarelo que foi dificultada, mas possível de ser realizada.



**Figura 31** – Ramos de araçazeiro vermelho com botões florais mais desenvolvidos propícios a antese no dia seguinte (indicados pelas setas).

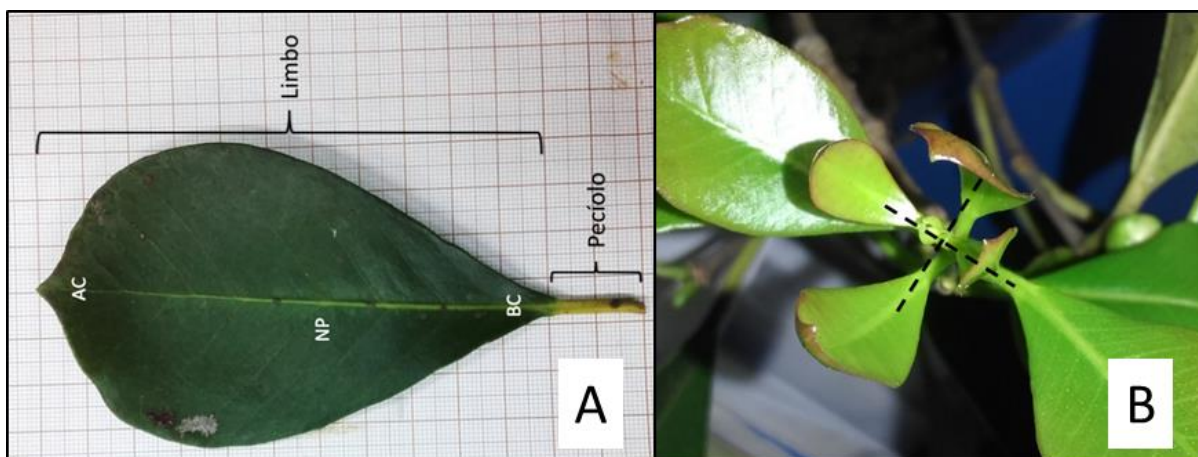
Estas características foram descritas para outras *Myrtaceae* o qual a duração da flor foi de apenas um dia (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017b), inclusive para esta espécie (SPERONI et al., 2012; SPERONI et al., 2015). A abertura das flores em *Myrtaceae*, de forma geral, ocorre usualmente no início da manhã (entre 4:00 h e 6:00 h) e a flor mantém-se integra apenas por um dia (GRESSLER et al., 2006), conforme observado em *E. involucrata* (REGO et al., 2006) e *M. dubia* (MAUÉS e COUTURIER, 2002), bem como para os araçazeiros no presente trabalho.

#### 4.4 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

##### 4.4.1 Folhas

As folhas de ambos os araçazeiros são simples (com limbo único, não dividido em folíolos); incompletas (pela falta de bainha ou estípula); pecioladas (presença de pecíolo); com limbo e margem inteiros (liso, sem deformidades ou divisões); nervuras perinérvea (nervura central com ramificação). Estas características também foram descritas por Raseira et al. (2004), Lisboa et al. (2011) e Silva e Mazine (2016). A base do limbo é acuminada ou cuneiforme (em forma de cunha, base de bordos retos e convergentes) (Figura 32A e Figura 33A), características descritas por Lorenzi (1992).

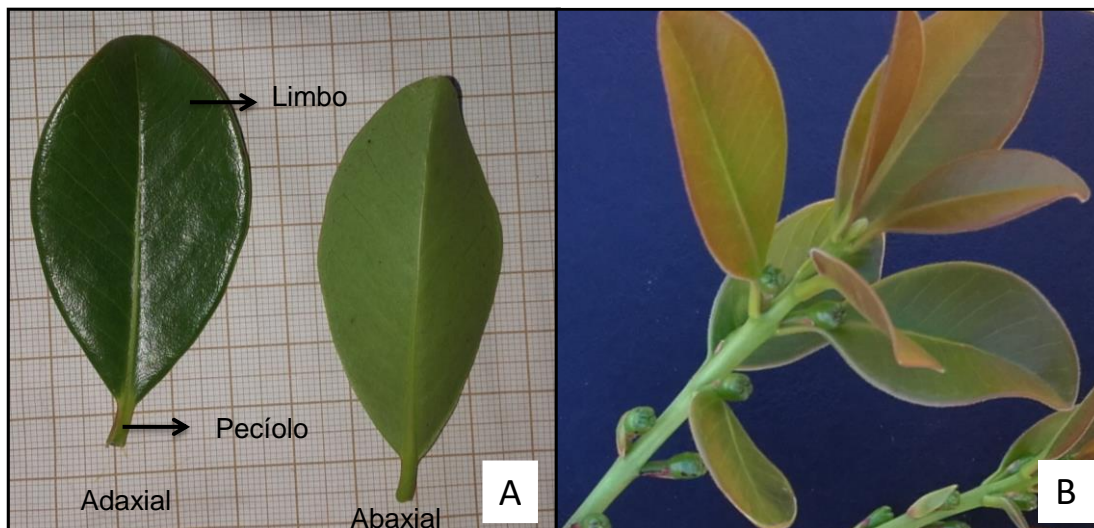
Quanto a fitotaxia (disposição das folhas no caule), são opostas cruzadas (os pares cruzam-se em ângulos retos com os pares seguintes) (Figura 32B e Figura 33B).



**Figura 32** – Folha madura de araçazeiro vermelho com ápice cuspiado (AC), base do limbo cuneiforme (BC) e nervuras perinérvea (NP) (A). Folhas opostas cruzadas de araçazeiro vermelho no caule (B).

Foram identificadas diferenças entre os tipos vermelho e amarelo. O araçazeiro vermelho apresenta forma obovada (forma ovada com a parte mais larga no ápice, ou seja, ovada invertida) (Figura 32A), com tamanho variando de 8-10 cm de comprimento por 5-8 cm de largura, diferente do relatado por Lorenzi (1992) para esta espécie. O ápice do limbo é levemente cuspiado (termina subitamente em ponta fina) em folhas completamente expandidas, assim como relatado por Silva e Mazine (2016) e por vezes obtusas (terminando em ângulo obtuso) em folhas que não estão completamente expandidas.

O araçazeiro amarelo apresenta folhas com forma elíptica de ápice obtuso (Figura 33A), características diferentes das descritas por Raseira et al. (2004) e Lisboa et al. (2011) para esta espécie. Os tamanhos das folhas de araçazeiro amarelo variam de 5-8 cm de comprimento e 3-5 cm de largura, valores que se enquadram na descrição de Lorenzi (1992), Raseira et al. (2004) e Silva e Mazine (2016).

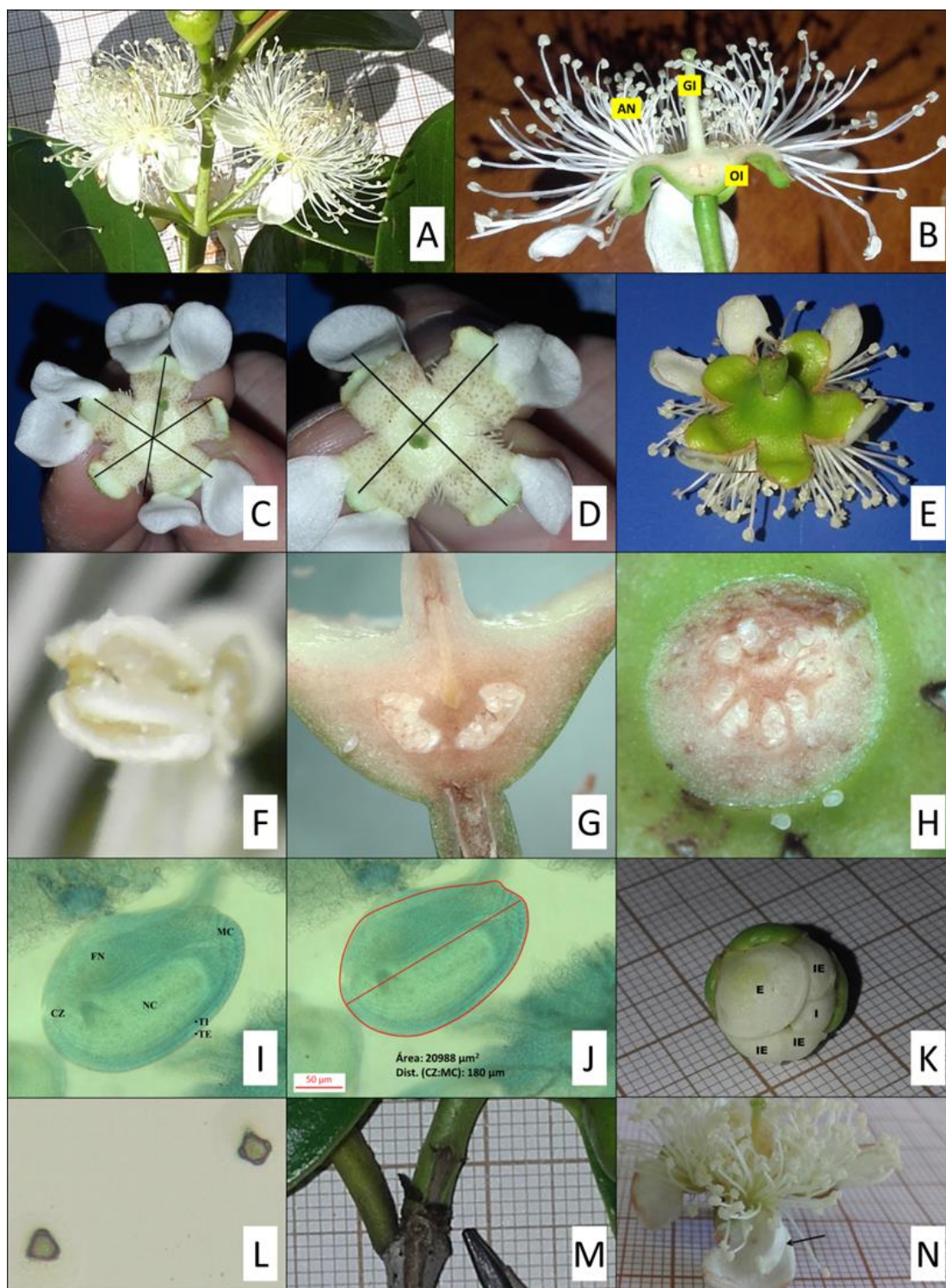


**Figura 33** – Folhas de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy* com face adaxial (esquerda) e abaxial (direita) e indicação do limbo foliar e pecíolo (A) e ramo com folhas dispostas de forma oposta cruzada (B).

#### 4.4.2 Flores

Ambos tipos de araçazeiro, vermelho e amarelo, apresentaram semelhanças como flores unifloras pedunculadas (uma flor na extremidade de cada pedúnculo), concordando com descrição de Raseira et al. (2004), Lisboa et al. (2011) e Silva e Mazine (2016), axilares (surgem das axilas foliares) (Figura 34), com peças florais em disposição cíclica (em círculos concêntricos no receptáculo formando verticilos). Diperiantada (com cálice e corola), heteroclamídea (pode ser diferenciada pétalas de coloração branca das sépalas verdes) (Figura 35B) características relacionadas por Raseira et al. (2004) e Lisboa et al. (2011) para a espécie.

As flores são hermafroditas (apresenta ambos os sexos) (Figura 35C), assim como a maioria das espécies arbóreas tropicais e subtropicais (FINKELDEY, 2005; LISBOA et al., 2011); polistêmone (apresenta número de estames muito superior ao de pétalas); epígina (receptáculo escavado concretescente com o ovário e demais verticilos acima do gineceu), denominado ovário ínfero (Figura 34B e Figura 35D) como descrito por Raseira et al. (2004).

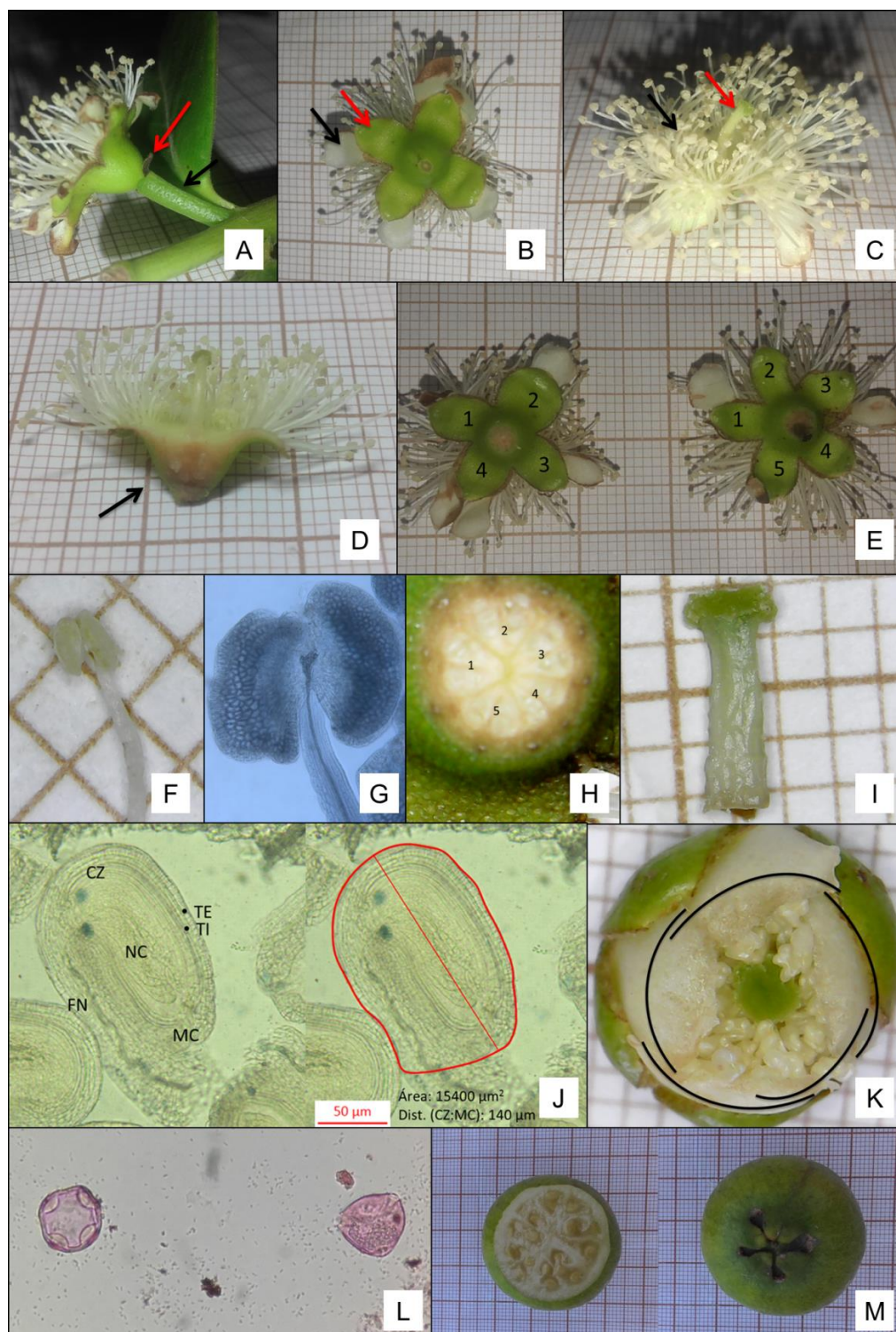


**Figura 34** – Caracterização morfológica de flores de araçazeiro vermelho. Flores pedunculadas axilares (A). Hermafrodita (gineceu – GI e androceu – AN), epígina (ovário ínfero - OI) (B) e actinomorfa (C e D). Sépalas verdes soldadas e pétalas brancas, livres entre si (E). Antera diteca de diescência rimosa (F). Corte vertical (G) e horizontal (H) em ovário plurilocular. Óvulo com indicação da Calaza (CZ), Nucelo (NC), Micrópila (MC), Funículo (FN), Tegumento Externo (TE) e Interno (TI) (I), área e comprimento entre Calaza e a Micrópila (J). Estivação valvar com pétalas externa (E), interna (I) e interna-externa (IE) (K). Grãos de pólen com três (esquerda) e quatro loculos (direita) (L). Brácteas inférteis (M). Pétala modificada (indicado pela seta) (N).

As flores são actinomorfas (de simetria radial, com vários planos passando pelo seu eixo central, formado pelas suas estruturas), assim como descrito por Costa et al. (2015), algumas vezes cruciformes (pétalas opostas) (Figura 34C e Figura 35E), ou por vezes rosáceas (Figura 34D e Figura 35E), com pétalas de limbo bem expandido, arredondado e unha ou unguícula curta ou pouco aparente de comprimento, pouco maior que o diâmetro (Figura 34C, Figura 34D e Figura 35E).

O cálice apresenta coloração verde, gamossépalo ou monossépalo (sépalas soldadas entre si, especialmente quando em pré-antese), as quais se dividem durante a antese formando bordos irregulares (Figura 34E), assim como previamente relatado por Lisboa et al. (2011) e Costa et al. (2015), tetrâmero ou pentâmero (sépalas presentes em número de quatro ou cinco), (Figura 34 e Figura 35E), assim como descrito por Silva e Mazine (2016), de simetria actinomorfa ou radial (com vários planos de simetria) e persistentes (continuam aderidas ao fruto durante seu desenvolvimento) (Figura 35M), assim como descrito por Lisboa et al. (2011) e Costa et al. (2015).

A corola do mesmo modo que o cálice tem distribuição actinomorfa, assim como descrito para araçazeiro vermelho por Costa et al. (2015), apresenta coloração branca, sendo dipétalas ou polipétala (livres entre si) (Figura 34E, Figura 35C e Figura 35D), pentâmeras, assim como relatado por Costa et al. (2015) ou tetrâmeras (em número de quatro ou cinco, ou seus múltiplos, podendo apresentar entre 8 e 10 pétalas), caducas (aderidas por poucas horas após a antese).



**Figura 35** – Caracterização morfológica de flores de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy com pedúnculo, bractéolas (setas) (A), pétala (brancas), sépalas (verdes) soldadas entre si (B), androceu, gineceu (C) e ovário ínfero (D). Flores com cálice tetrâmero (esquerda) e pentâmero (direita) (E). Filete com antera na região apical (F), antera diteca (G), ovário plurilocular (H) e carpelo (I), óvulo com Calaza (CZ), Nucelo (NC), Micrópila (MC), Funiculo (FN), Tegumento Externo (TE), Interno (TI), área e comprimento entre Calaza e a Micrópila (J). Estivação valvar simples das sépalas e imbricada das pétalas (K). Grãos de pólen com quatro (esquerda - arredondado) e três lobulos (direita - triangular) (L). Fruto (direita) com secção transversal (esquerda).

Androceu formado por estames com filete simples (haste filamentosa, sem ramificações, encimada pela antera), de comprimento médio de  $6\pm 2$  mm, para araçazeiro vermelho e  $5\pm 2$  mm para araçazeiro amarelo, acimado por antera diteca (porção dilatada com duas tecas onde são formados os grãos de pólen) e conectivo bem desenvolvido (tecido que une as tecas da antera) (Figura 34F, Figura 34G e Figura 35F) com inserção dorsifixa (inserção do filete na região dorsal da antera), com deiscência longitudinal ou rimosa (fenda longitudinal em cada teca), assim como ocorre em araçazeiro vermelho (COSTA et al., 2015), introrsa e extrorsa (abertura voltada tanto para dentro como para fora do eixo da flor). O tamanho dos estames é diferente, sendo classificados como heterodínamo (os próximos as pétalas apresentam tamanho maior que os mais próximos ao carpelo), assim como relatado para esta espécie por Costa et al. (2015), dialistêmone (estames livres entre si, sem soldadura ou junção entre eles), poliadelfo (filetes soldados em vários feixes), excertos (sobressaem a corola ou cálice) muito numerosos (Figura 34B) como descrito por Raseira et al. (2004), com quantidade média de  $209\pm 75$  para o araçazeiro amarelo e  $333\pm 48$  unidades para o araçazeiro vermelho.

Carpelo gamocarpelar sincárpico (gineceu constituído de carpelos concrecentes formando único pistilo e ovários com mais de um lóculo), com ovário plurilocular (parte basilar dilatada com mais de três lóculos) (Figura 34G, Figura 34H Figura 35H) de inserção terminal, com dimensões de  $8\pm 1$  mm de diâmetro e comprimento de 5 mm para araçazeiro vermelho. O diâmetro médio de  $6\pm 1$  mm e comprimento de 4 mm para o tipo amarelo e vários óvulos por lóculo, em número de  $140\pm 10$  por flor para araçazeiro vermelho e  $132\pm 28$  para o amarelo, valor pouco superior, mas muito próximo do descrito por Souza-Pérez E Speroni (2017), que contabilizou 120. São anátropos (micrópila aproxima-se da placenta ficando no extremo oposto ao da calaza, com funículo alongado com grande curvatura) de placentação axial (óvulos presos ao eixo central em ovário septado), assim como descrito por Souza-Pérez e Speroni (2017). Apresentam óvulos com  $177,5$   $\mu\text{m}$  de diâmetro polar, área aproximada de  $20.540$   $\mu\text{m}^2$  para o tipo vermelho (Figura 34I e Figura 34J) e  $140,0$   $\mu\text{m}$  de diâmetro polar, área aproximada de  $15.400$   $\mu\text{m}^2$  para o tipo amarelo (Figura 35J). Estilete cilíndrico (parte tubular que liga o ovário ao estigma), com comprimento médio de  $6\pm 1$  mm para o tipo vermelho e  $5\pm 1$  mm para o amarelo, de inserção terminal com espessura de 1 mm. O estigma apresentou-se indiviso com



forma variável, normalmente discoide lobado indiviso (em forma de disco com alguns lóbulos sem divisão aparente) (Figura 35I).

A perfloração ou estivação, que é a disposição das peças florais no botão, do tipo valvar simples para sépalas, já não se recobrem, apenas se tocam pelos bordos. As pétalas tem disposição do tipo imbricada, quando há peça completamente externa, isto é, com os dois bordos recobrendo-as, uma completamente interna, ou seja, com dois bordos cobertos e as demais interno-externa, apresentando um bordo cobrindo e outro coberto (Figura 34K e Figura 35K).

O pólen apresenta coloração amarelo claro a branco, já relatado para a espécie (COSTA et al., 2015); morfologia arredondada ou triangular, isolado ou simples (não se encontram agrupados). Quando triangulares apresentam três lóculos, quando arredondados quatro (Figura 34L e Figura 35L), de onde ocorre a emissão do tubo polínico (um por grão de pólen). Estes formatos de pólen já foram descritos anteriormente (HISTER e TEDESCO, 2016).

Estas características florais estão relacionadas à entomofilia, sendo características de flores polinizadas por diferentes grupos de insetos (FAEGRI e PIJL, 1979), ou seja, flores generalistas (DINIZ e BUSCHINI, 2016), porém a ausência de características fisiológicas como a dicogamia ou morfológicas como hercogamia e heteromorfia, juntamente com o pólen abundante e anteras rimosas favorecem a autopolinização (COSTA et al., 2015).

Os frutos são polispérmicos, com várias sementes de consistência, carnosa, com pericarpo espesso e suculento, indeiscentes já que permanecem fechados, classificados como fruto tipo baga (Figura 35M).

Existem diferenças entre os tipos de araçazeiros, principalmente referente aos tamanhos das peças florais. O pedúnculo apresenta dimensões de  $14 \pm 3$  e  $2 \pm 1$  mm no comprimento e diâmetro para araçazeiro vermelho, respectivamente e,  $10 \pm 3$  e  $1 \pm 1$  mm no comprimento e diâmetro para araçazeiro amarelo, respectivamente. Speroni et al. (2012) e Speroni et al. (2015) relataram diferença de tamanho existente entre os tipos amarelo e vermelho, mas em sua pesquisa, o tipo amarelo apresentava peças florais maiores e mais robustas, resultado controverso ao obtido neste trabalho.

As flores de araçazeiro vermelho apresentam dois tipos distintos de pétalas, as bem expandidas que, se encontram em número de quatro ou cinco e as pétalas subdesenvolvidas ou malformadas, que se assemelham muito com estames (apresentando em alguns casos estrutura semelhante com antera em formato

lanceolado), por vezes ausente ou em número de até cinco, mas raramente percebidas durante a antese. Estas pétalas apresentam unha mais longa e dimensões laterais mais estreitas ( $6\pm 1 \times 4\pm 1$  mm), diferente das pétalas bem desenvolvidas ( $7\pm 1 \times 8\pm 1$  mm). Pétalas modificadas aparecem em outra espécie do gênero *Psidium*, a *P. guajava*, em forma de colher (ALVES e FREITAS, 2007).

Outra diferença que ocorre entre os araçazeiros é a presença de bractéolas na extremidade do pedúnculo (Figura 35A) que aparece apenas em araçazeiro amarelo, enquanto que apenas o tipo vermelho apresenta brácteas na base de ramos novos (dois pares), mas estas são vazias, estéreis ou não férteis (Figura 34M).

As diferenças presentes em araçazeiros amarelos e vermelhos podem ter consequências não só na biologia reprodutiva e nos visitantes florais entre os tipos, mas também são importante fonte de caracteres taxonômicos que poderão vir a elucidar sobre a categoria taxonômica dos tipos amarelo e vermelho (SPERONI et al., 2012).

Em araçazeiro, análise comparativa de *P. cattleianum* sugerem que as diferenças entre os morfotipos amarelo e vermelho, juntamente com mais estudos na área botânica, devem ser contrastados, pois mesmo que sejam considerados o mesmo táxon, apresentam diferenças consideráveis (ROCHA et al., 2008) talvez para nova classificação.

#### 4.5 GRÃOS DE PÓLEN POR FLOR

O número de grãos de pólen obtidos com a metodologia de Petri (1976), foi de  $798\pm 222$  por antera e  $265.706\pm 73.904$  por flor em araçazeiro vermelho. Para araçazeiro amarelo foi de  $1.607\pm 547$  grãos de pólen por antera e  $335.924\pm 114.418$  por flor.

#### 4.6 PRODUÇÃO DE NÉCTAR

Flores dos araçazeiros, vermelho ou amarelo, são desprovidas de nectários, já que em observações no estereoscópio não foram identificadas tais estruturas, nem mesmo com a utilização de tubos micro capilares nos diferentes

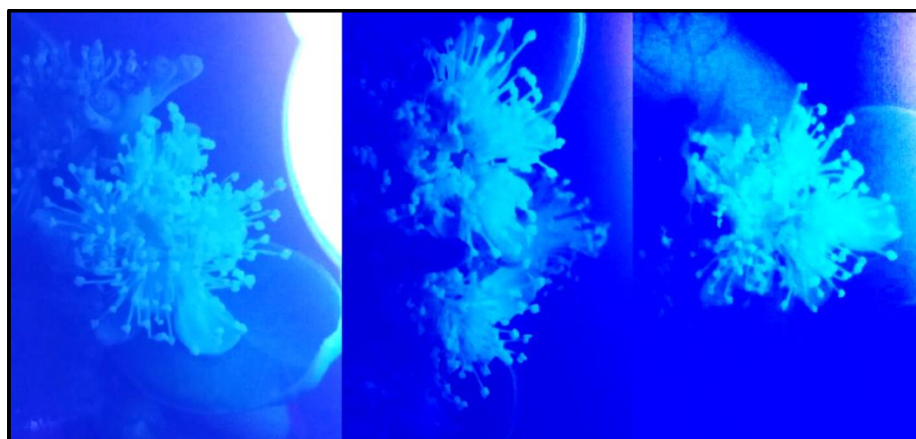
horários, concordando com Wolff et al. (2009) para a espécie e discordando de Speroni et al. (2012), que afirmam haver presença de néctar na região central da flor, na superfície interna do hipanto.

Outras espécies que não apresentam produção de néctar são *P. guajava* (SANTOS et al., 2006; BOTI et al., 2016), *E. uruguayensis*, *A. sellowiana* (WOLFF et al., 2009) e *C. hirtus* (SOUZA et al., 2018). Para algumas espécies de *Myrtaceae* o néctar pode ser encontrado, a exemplo de *M. dubia* (MAUÉS e COUTURIER, 2002), *C. adamantium* (NUCCI e ALVES-JUNIOR, 2017b), *E. involucrata*, *Eugenia rostrifolia* (batinga), *M. gigantea*, *M. pungens*, *C. xanthocarpa*, *Gomidesia palustris* (guamirim), *Myrceugenia euosma* (guamirim), *Myrcia glabra* (ubá), *Blepharocalyx salicifolius* (murta) *M. atropurpureum* e *E. uniflora* (WOLFF et al., 2009).

## 4.7 DETECÇÃO DE OSMÓFOROS

### 4.7.1 Teste de Luminescência

O teste de luminescência, para flores dos araçazeiros vermelho ou amarelo é inconclusivo, já que houve dificuldade em identificar diferenças na reflexão da luz UV pelas peças florais (Figura 36), devido a coloração branca de estames e pétalas que refletem de forma semelhante, devendo ser o fator responsável pela dificuldade. As anteras emitem reflexão diferenciada e pareceram se destacar pouco mais que os filetes ou pétalas.



**Figura 36** – Flores de araçazeiro vermelho em luz UV.

#### 4.7.2 Teste Olfativo

As peças florais que apresentaram liberação de odor foram as pétalas, que exalavam odor de intensidade muito suave a moderado, com notas florais e perfumadas. O odor liberado pelos estames foi mais intenso e descrito como adocicado, o mesmo foi relatado por Pires e Souza, 2011 e Costa et al. (2015) para esta espécie, além de floral, jasmim, narciso, anis, baunilha e mel. O odor foi semelhante ao relatado para outras *Myrtaceae*, a exemplo de *M. dubia* (MAUES e COUTURIER, 2002), *C. adamantium* (NUCCI e ALVES JÚNIOR, 2017b), *M. guianensis* e *M. laruotteana* (PIRES e SOUZA, 2011).

Os estames são os responsáveis pela liberação de odor em flores de araçazeiros, parecendo que ela foi responsável pela atração dos polinizadores. As sépalas e o ovário apresentaram odor fraco, muito sutil que lembrou cheiro de folhas verdes, erval, arbóreo e casca verde de plantas.

Plantas que dependem da melitofilia (polinização por abelhas) apresentam, entre outras características, antese diurna, quase sempre com flores chamativas, com guias de néctar ou de pólen e odor frequentemente presente, agradável ao olfato humano (FAEGRI e PIJL, 1979). Portanto, as flores de araçazeiros se enquadram nestas características.

#### 4.7.3 Teste de Coloração de Osmóforos

Os testes de coloração demonstraram que as regiões com maior atividade metabólica, durante o período de liberação de odor foram as anteras, já que apresentaram coloração vermelha intensa após submersas em solução de vermelho neutro, em ambos tipos de araçazeiro, enquanto que as demais estruturas não apresentaram o mesmo efeito, vindo a confirmar os dados obtidos pelo teste olfativo, apresentando maior precisão e concordando com relatos de Costa et al. (2015) para esta espécie.

Comportamento semelhante ao observado em araçazeiros foi relatado para plantas de *Eugenia*, tendo apenas nas anteras coloração com esta solução (SILVA e PINHEIRO, 2007). Em outras espécies, a exemplo da *C. hirtus*, os osmóforos também estavam presentes nas anteras (SOUZA et al., 2018), em *Cordia*

*macrophylla* (marmelada-espinho), a submersão de flores em solução de vermelho neutro identificou a presença de osmóforos nas pétalas (COBRA et al., 2015).

No teste olfativo acreditava-se que os filetes também poderiam exalar odor, mas por meio do teste colorimétrico percebeu-se que a antera é a estrutura responsável por atrair os polinizadores através do odor.

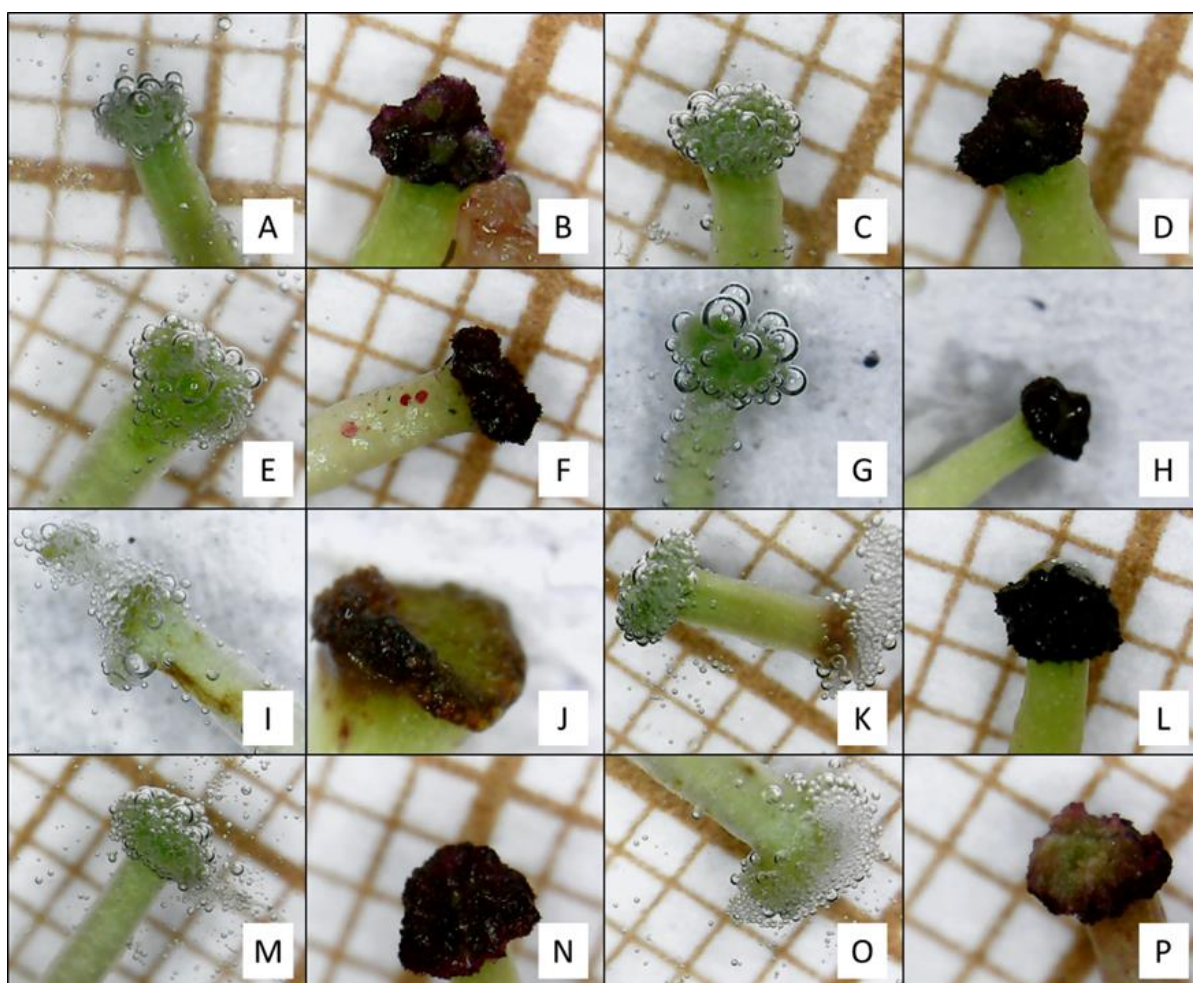
#### 4.8 RECEPTIVIDADE DE ESTIGMA

De acordo com Costa et al. (2015) até então não existiam estudos de receptibilidade de estigma para araçazeiro. Teste com peróxido de hidrogênio permitiu inferir que o estigma de flores de araçazeiros encontravam-se receptivas antes da antese, quando ainda em estágio de balão (Figura 37C e Figura 37K) na fase fenológica 4b (Tabela 2 e Tabela 3), permanecendo assim ao longo do dia, o que permite que cruzamentos dirigidos possam ser realizados com segurança ainda antes da antese. As bolhas de ar formadas eram maiores e apresentavam boa distribuição em todo o estigma ao longo do dia durante a fase fenológica 5a (Figura 37L, Tabela 2 e Tabela 3), como pode ser observado as três horas após antese (Figura 37E) e as oito horas após antese (Figura 37G), diferente do que ocorreu na fase fenológica 4a (Figura 37A), pela imaturidade do tecido, devido a fase fenológica 5b (Figura 37I e Figura 37M), ter passado o tempo de receptibilidade, os quais apresentavam bolhas menores e apenas em parte do estigma.

O peróxido de hidrogênio apresenta pouca confiabilidade para estimar a receptibilidade, já que pode apresentar falso positivo quando o tecido apresenta alguma lesão, conforme observado na região basal do estilete (Figura 37K) pela formação de bolhas. Porém, com observação mais acurada percebeu-se diferenças no tamanho das bolhas formadas, onde a não receptibilidade promoveu a formação de bolhas pequenas (Figura 37A e Figura 37M) e a receptibilidade do estigma promoveu formação de bolhas maiores (Figura 37K e Figura 37L). Estas bolhas foram formadas com a ação da enzima peroxidase que é produzida durante o período de maior receptibilidade do estigma (DAFNI, 1992).

O teste com solução de vermelho neutro vem a confirmar o que foi obtido no teste com peróxido de hidrogênio, com maior distinção das regiões de maior atividade metabólica pelo contraste que proporcionou, onde observou-se boa

coloração na fase fenológica 4b (Figura 37D, Figura 37N e Tabela 2) e 5a (Figura 37F, Figura 37H, Figura 37O, Tabela 2 e Tabela 3). Nas fases fenológicas 4a (Tabela 2) teve regiões de coloração menos intensa e sem colorir (Figura 37B), bem como, na fase 5b (Tabela 2 e Tabela 3), onde a região corada apresentou coloração mais oxidada com partes sem colorir (Figura 37J e Figura 37P).



**Figura 37** – Estigmas de arcazeiro vermelho provenientes de: botão floral (fase 4a) sob os testes de peróxido de hidrogênio (PH) (A) e vermelho neutro (VN) (B); balão floral (fase 4b) com PH (C) e VN (D); três horas após antese (fase 5a) com PH (E) e VN (F); oito horas após a antese (fase 5a) com PH (G) e VN (H) e 24 horas após antese (fase 5b) com PH (I) e VN (J). Estigmas de arcazeiro amarelo cv. Ya-Cy proveniente de: balão floral (fase 4b) com PH (K) e VN (L); após a antese (fase 5a) com PH (M) e VN (N) e 24 horas após antese (fase 5b) com PH (O) e VN (P).

Os testes de receptibilidade do estigma permitem inferir que nos arcazeiros ele se encontram receptivos apenas durante o dia em que a antese ocorre, mas existem relatos de que permanece receptivo por 72 h para o tipo vermelho e 32 h para o tipo amarelo (SPERONI et al., 2012). Porém a metodologia empregada por estes autores foi diferente da utilizada no presente trabalho.

Flores de araçazeiros permanecem viáveis por um dia, assim como relatado por Costa et al. (2015) e não apresentam separação temporal da maturação dos órgãos reprodutivos, em 90% do tempo em que encontravam-se receptivos, estando nestas condições tanto o estigma receptivo quanto o pólen disponível após antese completa da flor, permanecendo assim durante todo o dia. O mesmo foi reportado para o morfotipo vermelho (COSTA et al., 2015) e *C. hirtus* (SOUZA et al., 2018), o que pode propiciar a autopolinização, assim como muitas espécies hermafroditas que apresenta androceu e gineceu receptivos antes da antese (FINKELDEY, 2005).

## 4.9 VIABILIDADE POLÍNICA

### 4.9.1 Teste de Germinação In vitro

A viabilidade polínica pode variar muito entre os tipos amarelo e vermelho (SPERONI et al., 2012).

#### 4.9.1.1 Pólen de araçazeiro vermelho

Não houve interação entre o estágio de desenvolvimento da flor e a concentração de sacarose no meio de cultura. De forma isolada o fator estágio de desenvolvimento da flor apresentou efeito significativo. Enquanto que as concentrações de sacarose não influenciaram na germinação.

Foram obtidos valores muito baixos de germinação (menores que 1%). Porém mesmo com estes valores irrisórios, foram observadas diferenças significativas para os estádios de desenvolvimento da flor para coleta do pólen, com aqueles provenientes de pós antese apresentando maiores médias (Tabela 4). O mesmo ocorreu para *C. xanthocarpa* (FRANZON et al., 2006). Acredita-se que grãos de pólen coletados após a antese apresentam maior grau de maturidade, ou seja, melhores condições de germinação.

**Tabela 4** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 24 h em temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por cinco concentrações de sacarose e ágar 1%, incubados a 25°C por 24 h.

| Estádios de desenvolvimento da flor | Germinação (%)     |
|-------------------------------------|--------------------|
| Pré antese                          | 0,00 b*            |
| Pós antese                          | 0,35 a             |
| Sacarose (%)                        |                    |
| 0                                   | 0,00 <sup>ns</sup> |
| 5                                   | 0,00               |
| 10                                  | 0,50               |
| 20                                  | 0,25               |
| 30                                  | 0,13               |
| C.V.(%)                             | 250,17             |

\*Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ). ns: não significativo pelo teste F.

No teste para avaliar a germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho em função do estágio de desenvolvimento da flor e concentração de ácido bórico no meio de cultura, não houve interação significativa entre os fatores. Quando avaliados os fatores separadamente, ambos apresentam diferenças significativas entre seus níveis.

Para estágio de desenvolvimento, novamente o material coletado de flores após a antese apresentaram as maiores médias (Tabela 5), mesmo sendo estes valores muito baixos. A maturação é fundamental para manter a viabilidade e capacidade germinativa do pólen (FRANZON et al., 2006). Por isso, o estágio de desenvolvimento da flor ideal para coleta é de fundamental importância, propiciando assim garantia de material com melhores condições de germinação e probabilidade de sucesso.

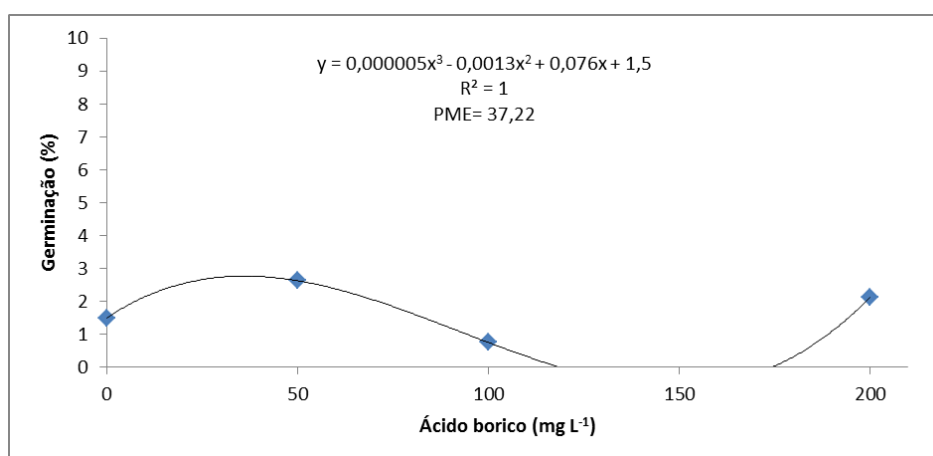
A porcentagem de germinação foi influenciada pela concentração de ácido bórico utilizado no meio de cultura. De acordo com a derivação da equação, o ponto de máxima eficiência técnica foi de aproximadamente 37,22 mg L<sup>-1</sup> de ácido bórico (Figura 38), com germinação de 2,78%. A resposta em relação ao boro é variável de acordo com a espécie. Com *C. xanthocarpa*, a adição deste elemento não influenciou na germinação dos grãos de pólen (FRANZON et al., 2006).



**Tabela 5** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 24 h em temperatura ambiente, em meio de cultura constituídos por sacarose 10% e ágar 1%, incubados a 25°C por 24 h.

| Estádios de desenvolvimento da flor | Germinação (%) |
|-------------------------------------|----------------|
| Pré antese                          | 0,50 b*        |
| Pós antese                          | 3,00 a         |
| C.V.(%)                             | 69,99          |

\*Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).



**Figura 38** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho desidratado por 24 h em temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de ácido bórico, sacarose 10% e ágar 1%, incubados a 25°C por 24 h, com equação e ponto de máxima eficiência técnica (PME).

Ambos os experimentos tiveram germinação com valores muito abaixo do aceitável (Tabela 4, Tabela 5 e Figura 38). Esta baixa germinação pode ter ocorrido pelo longo período de desidratação que foi excessivo, causando danos estruturais ou metabólicos irreversíveis. Com menor tempo de desidratação dos grãos de pólen, valores mais elevados foram obtidos nos demais experimentos. Houve interação entre os fatores estágio de desenvolvimento e ágar no meio de cultura (Tabela 6).

Novamente, o material coletado após antese apresentou maiores resultados quando comparados à pré-antese, independentemente do nível de ágar utilizado no meio de cultura, assemelhando-se apenas com 0,5% de ágar. Pólenes provenientes de flores em pré-antese mantiveram médias de germinação baixas em todas as concentrações de ágar utilizadas, não havendo destaques. No material coletado após a antese a maior concentração de ágar permitiu superioridade na germinação dos grãos de pólen, seguidos pela concentração de 1%. Acredita-se que

a maior concentração desse agente solidificante possibilitou maior consistência do meio de cultura, o que promoveu equilíbrio do potencial osmótico do meio e, assim, favoreceu a germinação dos grãos de pólen, sendo tal fato já descrito por Nogueira et al. (2015).

**Tabela 6** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h em temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de ágar e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h. Valores expressos em porcentagem.

| Ágar<br>(%) | Estádios de desenvolvimento da flor |          |
|-------------|-------------------------------------|----------|
|             | Pré                                 | Pós      |
| 0,5         | 0,25 aA*                            | 1,25 dA  |
| 1,0         | 0,00 aB                             | 11,25 bA |
| 2,0         | 0,25 aB                             | 8,00 cA  |
| 4,0         | 0,00 aB                             | 29,00 aA |
| C.V. (%)    | 28,28                               |          |

\*Letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

Mesmo apresentando maior germinação com 4% de ágar, os tubos polínicos observados eram muito pequenos e o meio de cultura apresentava-se espesso, de difícil diluição durante o preparo e quebradiço com o manuseio, dificultando também na leitura da germinação, por não ser tão translucido como os demais.

Houve interação significativa para temperatura de incubação x estágio de desenvolvimento da flor. Quando proveniente de pós antese, o pólen apresentou maior capacidade germinativa. Pólens de araçazeiro vermelho em pós antese germinaram melhor quando foram submetidos a temperaturas mais baixas de incubação (15 ou 20°C) (Tabela 7). O aumento da temperatura pode influenciar de forma negativa a germinação de grãos de pólen (FRANZON et al., 2006), visto que está diretamente relacionado ao metabolismo dos organismos, sendo sua exposição segundo esta condição interfere no desenvolvimento do tubo polínico (NOGUEIRA et al., 2016).

**Tabela 7** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h em temperatura ambiente, em meio de cultura constituídos por ágar 1% e sacarose 10%, incubados em diferentes temperaturas por 24 h. Valores expressos em porcentagem.

| Temperatura<br>(°C) | Estádios de desenvolvimento da flor |          |
|---------------------|-------------------------------------|----------|
|                     | Pré                                 | Pós      |
| 15                  | 0,00 aB*                            | 25,00 aA |
| 20                  | 1,00 aB                             | 26,00 aA |
| 25                  | 0,00 aB                             | 14,50 bA |
| 30                  | 0,25 aB                             | 12,75 bA |
| C.V. (%)            | 42,52                               |          |

\*Letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

Houve interação significativa entre o estágio de desenvolvimento x concentração de sacarose. Material coletado de flores após antese apresentaram resultados superiores ao de pré antese em qualquer concentração de sacarose utilizada no meio de cultura, exceto para concentração de 10%. As concentrações de sacarose exerceram influência diferenciada em pólenes de flores em pós antese, pois com 0 e 20% de sacarose propiciaram os maiores valores de germinação (Tabela 8). Para *Physalis* spp. e *Eriobotrya japonica* (nespereira) a germinação aumentou com a adição de sacarose, que tem como finalidade o fornecimento de energia metabólica e esqueleto carbônico para biossíntese de compostos orgânicos necessários para os processos envolvidos no crescimento, diferenciação e morfogênese celular (NOGUEIRA et al., 2015; SILVA et al., 2017).

Houve interação entre os fatores sacarose x estágio de desenvolvimento da flor. Pólenes coletados após antese se mostraram superiores à pré-antese em todos os níveis de ácido bórico utilizados, exceto na concentração de 0 mg L<sup>-1</sup>. A concentração de 200 mg L<sup>-1</sup> foi superior as demais, mas não diferiu estatisticamente de 50 mg L<sup>-1</sup>, mas em quaisquer das concentrações utilizadas melhorou a germinação, quando comparada a não utilização deste elemento (Tabela 9). Conforme descrito anteriormente, a resposta a este elemento é variável de acordo com a espécie (FRANZON et al., 2006), tanto a maturação dos grãos de pólen, como a adição de ácido bórico tem papel fundamental para propiciar melhores condições de germinação com a formação de complexos que reagem mais rapidamente com a membrana

celular, mantendo sua integridade e diminuindo a probabilidade de rompimento (NOGUEIRA et al., 2015).

**Tabela 8** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h em temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por cinco concentrações de sacarose e ágar 1%, incubados em 25°C por 24 h. Valores expressos em porcentagem.

| Sacarose<br>(%) | Estádios de desenvolvimento da flor |           |
|-----------------|-------------------------------------|-----------|
|                 | Pré                                 | Pós       |
| 0               | 0,00 aB*                            | 20,00 aA  |
| 5               | 0,00 aB                             | 9,00 bcA  |
| 10              | 0,00 aA                             | 5,25 cA   |
| 20              | 0,50 aB                             | 23,25 aA  |
| 30              | 0,00 aB                             | 15,00 abA |
| C.V. (%)        | 79,97                               |           |

\*Letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0.05$ )

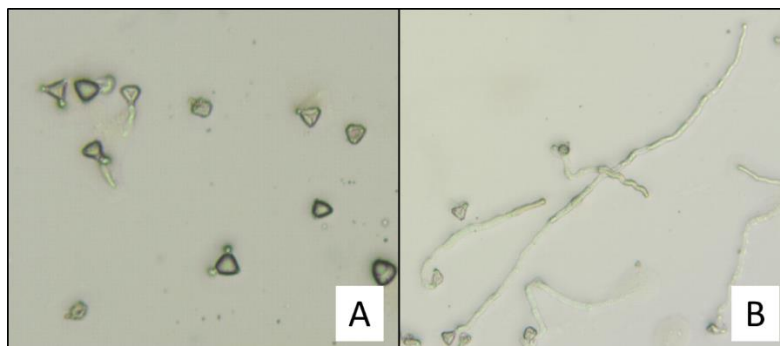
**Tabela 9** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de ácido bórico, sacarose 10% e ágar 1%, incubados sob 25°C por 24 h. Valores expressos em porcentagem.

| Ácido bórico<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | Estádios de desenvolvimento da flor |           |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------|
|                                       | Pré                                 | Pós       |
| 0                                     | 1,50 aA*                            | 1,00 cA   |
| 50                                    | 2,75 aB                             | 15,75 abA |
| 100                                   | 0,25 aB                             | 11,25 bA  |
| 200                                   | 0,00 aB                             | 18,50 aA  |
| C.V. (%)                              | 49,08                               |           |

\*Letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ )

Durante as avaliações foi observado que os tubos polínicos do tratamento 200 mg L<sup>-1</sup> de ácido bórico eram muito menores (Figura 39A) quando comparados aos demais tratamentos (Figura 39B). O excesso do ácido bórico no meio

de cultura pode ter causado fitotoxidez, prejudicando o crescimento dos tubos polínicos.



**Figura 39** – Grãos de pólen de araçazeiro vermelho com emissão de tubos polínicos curtos e mal formados sob meio de cultura com  $200 \text{ mg L}^{-1}$  de ácido bórico (A) e tubos polínicos longos e bem desenvolvidos em meio de cultura com  $50 \text{ mg L}^{-1}$  de ácido bórico (B).

Foi observada interação significativa para estágio de desenvolvimento x sulfato de magnésio no meio de cultura. Materiais obtidos em pós antese apresentaram resultados superiores aos de pré antese. A utilização de sulfato de magnésio no meio de cultura não melhorou a germinação (Tabela 10).

**Tabela 10** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de sulfato de magnésio, sacarose 10% e ágar 1%, incubados sob  $25^\circ\text{C}$  por 24 h. Valores expressos em porcentagem.

| Sulfato de magnésio<br>( $\text{mg L}^{-1}$ ) | Estádios de desenvolvimento da flor |          |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------|----------|
|                                               | Pré                                 | Pós      |
| 0                                             | 0,00 aB*                            | 12,50 aA |
| 50                                            | 0,25 aB                             | 3,75 cA  |
| 100                                           | 0,00 aB                             | 7,75 bA  |
| 200                                           | 0,00 aB                             | 5,25 cA  |
| C.V. (%)                                      | 35,87                               |          |

\*Letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ )

A utilização da menor concentração de sulfato de magnésio ao meio de cultura, propiciaram os melhores resultados de germinação para pólen de *Ricinus*

*communis* (mamona). As maiores concentrações deste nutriente prejudicam a germinação (DIAMANTINO et al., 2016). Provavelmente o sulfato de magnésio é elemento tóxico para pólen de araçazeiro vermelho, devendo ser evitada sua utilização ou testada em concentrações diferentes das utilizadas neste trabalho.

Não houve interação significativa entre os fatores estágio de desenvolvimento x concentração de persulfato de potássio. O persulfato de potássio não afetou a germinação de pólen de araçazeiro vermelho. O estágio de desenvolvimento da flor para coleta afetou assim como descrito anteriormente, em pós antese obteve-se os maiores resultados (Tabela 11).

**Tabela 11** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de persulfato de potássio, sacarose 10% e ágar 1%, incubados sob 25°C por 24 h.

| Estádios de desenvolvimento da flor          | Germinação pólen (%) |
|----------------------------------------------|----------------------|
| Pré                                          | 0,38 b*              |
| Pós                                          | 3,13 a               |
| Persulfato de potássio (mg L <sup>-1</sup> ) |                      |
| 0                                            | 3,38 <sup>ns</sup>   |
| 50                                           | 1,63                 |
| 100                                          | 1,13                 |
| 200                                          | 0,88                 |
| C.V.(%)                                      | 123,44               |

\*Letras distintas diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), ns: não significativo pelo teste F.

Persulfato de potássio não interferiu, de maneira positiva ou negativa, na germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho. Portanto, esse elemento não se faz necessário nos testes de germinação.

O mesmo resultado relatado para persulfato de potássio foi observado para nitrato de cálcio (Tabela 12), onde novamente o elemento adicionado ao meio não afetou de maneira significativa para germinação. O mesmo foi observado em *R. communis*, onde o acréscimo nas concentrações cálcio não promoveu maior germinação (DIAMANTINO et al., 2016). Assim como para persulfato de potássio, a

adição de nitrato de cálcio ao meio de cultura não influenciou na germinação do pólen de araçazeiro vermelho. Portanto, não são necessários para a composição do meio.

**Tabela 12** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de nitrato de cálcio, sacarose 10% e ágar 1%, incubados sob 25°C por 24 h.

| Estádio de desenvolvimento da flor      | Germinação pólen (%) |
|-----------------------------------------|----------------------|
| Pré                                     | 0,00 b*              |
| Pós                                     | 3,00 a               |
| Nitrato de cálcio (mg L <sup>-1</sup> ) |                      |
| 0                                       | 1,62 <sup>ns</sup>   |
| 50                                      | 0,88                 |
| 100                                     | 1,00                 |
| 200                                     | 2,50                 |
| C.V.(%)                                 | 81,08                |

\*Letras distintas diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), ns: não significativo pelo teste F.

Houve interação significativa entre estágio de desenvolvimento x concentração de sulfato de zinco ao meio de cultura. Todavia, este elemento causou efeito negativo na germinação, já que sua adição resultou em menores valores de germinação quando comparados a não utilização do mesmo. O zinco é requerido para crescimento generativo e viabilidade polínica sendo altamente dependente de adequado suprimento deste nutriente na planta durante a microsporogênese (SHARMA et al., 1990), mas sua adição ao meio de cultura pode causar fitotoxicidade como ocorreu com adição de sulfato de magnésio (Tabela 10). Novamente flores em pós antese propiciam maiores resultados em comparação a pré-antese (Tabela 13).

Os valores obtidos até o momento são considerados insatisfatórios, visto que não foram atingidos valores superiores a 50% (SCORZA e SHERMAN, 1995; FRANZON e RASEIRA, 2006). Mas com os resultados preliminares obtidos, foi observado que os ambientes e os constituintes do meio afetaram a germinação, visto que são vários os fatores que podem interferir no processo germinativo. Com todos os resultados obtidos, pode-se concluir que pólenes coletados de flores após antese apresentam-se mais apropriados para avaliação de viabilidade.

**Tabela 13** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de sulfato de zinco, sacarose 10% e ágar 1%, incubados sob 25°C por 24 h. Valores expressos em porcentagem.

| Sulfato de zinco<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | Estádios de desenvolvimento da flor |         |
|-------------------------------------------|-------------------------------------|---------|
|                                           | Pré                                 | Pós     |
| 0                                         | 0,25 aB*                            | 8,50 aA |
| 50                                        | 0,25 aA                             | 1,00 bA |
| 100                                       | 0,00 aA                             | 0,75 bA |
| 200                                       | 0,00 aA                             | 0,25 bA |
| C.V. (%)                                  | 102,85                              |         |

\*Letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

Não foi avaliado o tempo de desidratação do pólen, mas nos primeiros testes (Tabela 4, Tabela 5 e Figura 38), o pólen utilizado foi desidratado por 24 horas após coletado, período inferior ao descrito na literatura para aquele de espécies da mesma família (FRANZON e RASEIRA, 2006). Porém, os resultados obtidos também foram muito baixos (menores que 4%). Nos demais experimentos, utilizando alguns dos fatores testados anteriormente, mas com tempo menor de desidratação (10 horas), os resultados obtidos tiveram médias numericamente maiores (Tabela 6; Tabela 7; Tabela 8; Tabela 9 e Tabela 10). Portanto, este pólen pode ter comportamento recalcitrante, motivo pelo qual os pólenes utilizados no delineamento a seguir foram desidratados por seis horas.

Nos meios de cultura contendo ágar 1% + ácido bórico 0 mg L<sup>-1</sup> ou ágar 4% + ácido bórico 50 mg L<sup>-1</sup>, independente da concentração de sacarose adicionada ao meio de cultura, propiciou aumento de germinação, quando comparado a ausência deste elemento. Meios de cultura contendo ágar 1% + ácido bórico 50 mg L<sup>-1</sup>, ou ágar 4% + ácido bórico 0 mg L<sup>-1</sup>, a resposta da adição da sacarose apresentou grande distinção, visto que as concentrações medianas (10 e 20%) se destacaram positivamente, enquanto que, a dose mais elevada (30%) ou à não adição de sacarose, apresentaram resultados inferiores (Tabela 14).



**Tabela 14** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em flores após antese e desidratado por seis horas sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de sacarose, duas de ágar e duas de ácido bórico, incubados sob 20°C por 24 h. Valores expressos em porcentagem.

| Sacarose | Ágar 1%              |                       | Ágar 4%              |                       |
|----------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
|          | Ácido bórico         |                       | Ácido bórico         |                       |
|          | 0 mg L <sup>-1</sup> | 50 mg L <sup>-1</sup> | 0 mg L <sup>-1</sup> | 50 mg L <sup>-1</sup> |
| 0        | 16,77 bB(b)*         | 55,45 cA(a)           | 41,32 cB(a)          | 61,50 bA(a)           |
| 10       | 27,49 aB(b)          | 83,95 aA(a)           | 66,97 aB(a)          | 91,23 aA(a)           |
| 20       | 28,51 aB(b)          | 85,22 aA(a)           | 61,89 aB(a)          | 84,47 aA(a)           |
| 30       | 29,60 aB(b)          | 67,61 bA(b)           | 49,23 bB(a)          | 82,98 aA(a)           |
| C.V.(%)  | 4,80                 |                       |                      |                       |

\*Letras distintas (minúsculas na coluna indicam a comparação de médias de sacarose dentro de cada nível de ácido bórico x ágar; maiúscula a comparação de médias de ácido bórico em cada nível de ágar x de sacarose; minúscula entre parênteses a comparação de médias de ágar em cada nível de sacarose e de ácido bórico), indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

Em qualquer combinação de ágar (1 e 4%) com sacarose (0, 10, 20 e 30%), a adição de 50 mg L<sup>-1</sup> de ácido bórico mostrou superioridade estatística em relação a não utilização deste elemento (Tabela 14). Portanto, a utilização de ácido bórico mostra-se de grande importância, já que eleva os valores de germinação, provavelmente, isso se dá pela formação do complexo açúcar-borato, auxiliando na manutenção e crescimento do tubo polínico (PFAHLER, 1967).

A germinação foi considerada elevada quando encontrados valores superiores a 60%, já que, os relatos na literatura descrevem como ótima germinação quando atingidos valores superiores a 50% (SCORZA e SHERMAN, 1995), assim como descrito por Franzon e Raseira (2006) que obtiveram 58,3% de germinação e consideraram valor elevado.

Em todos os níveis de sacarose (0, 10, 20, e 30%) com adição ou não de ácido bórico (0 e 50 mg L<sup>-1</sup>), a utilização de ágar 4% resultou em valores superiores, porém, na combinação 0, 10 e 20% de sacarose e ácido bórico 50 mg L<sup>-1</sup>, não houve diferenças estatísticas (Tabela 14).

Os meios de cultura que apresentaram altos valores de germinação (SCORZA e SHERMAN, 1995) e superioridade estatística, foram nas combinações de sacarose 10 ou 20% + ágar 1 ou 4% e ácido bórico 50 mg L<sup>-1</sup>. Todavia, a utilização de

menores concentrações dos constituintes do meio de cultura, apresentaram os mesmos resultados, sendo então preferíveis por otimizar a utilização destes, além de diminuir os custos. Com isso a utilização de sacarose 10% + ágar 1% + ácido bórico 50 mg L<sup>-1</sup> é indicada.

Em outro teste, o pólen desidratado por 72 h a frio apresentou valores superiores de germinação, em todos os níveis de ágar ou sacarose utilizados, mas não diferiu de seis horas de desidratação quando foi utilizado 1% de ágar e 20% de sacarose para constituir o meio de cultura (Tabela 15). Em grãos de pólen, o efeito de baixas temperaturas está relacionado com redução do metabolismo celular, propiciando-lhes maior longevidade (CUCHIARA et al., 2012). Com isso, provavelmente a retirada de parte da água desse organismo não prejudicou a integridade de suas membranas, mantendo sua viabilidade.

Utilizando ágar 1% e pólen desidratado por 72 horas a frio obteve-se as melhores médias com sacarose 10%. Provavelmente, a maior concentração de sacarose pode ter alterado o potencial osmótico do meio de cultura (STANLEY e LINSKENS, 1974), resultando na diferença de germinação, detectada pelo teste de Duncan. Com 4% de ágar ou pólen proveniente de seis horas de desidratação, não houve diferenças significativas entre as médias dos níveis de sacarose testados, já que foram obtidos valores altos de germinação. O teste estatístico utilizado não identificou diferenças entre as médias, sendo assim, podem ser utilizadas ambas concentrações sacarose para tal avaliação.

Pólen desidratado por 72 horas a frio combinados com sacarose 10% apresentou maiores médias com utilização de ágar 1%. Com sacarose 20% não houve diferenças significativas entre as médias obtidas nas concentrações de ágar, ou seja, o potencial osmótico propiciado pela concentração de ágar no meio de cultura (NOGUEIRA et al., 2015) não foi prejudicial para a germinação dos grãos de pólen. Usando o pólen desidratado por seis horas, médias estatisticamente diferentes entre as concentrações de ágar, foram observadas apenas quando o meio foi acrescido de sacarose 20% e a superioridade foi obtida com ágar 1%, provavelmente a mudança no potencial osmótico gerado pela alta concentração de sacarose (STANLEY e LINSKENS, 1974) acrescido da alta concentração de ágar (NOGUEIRA et al., 2015) tenha resultado em ambiente com condições mais adversas a expressão da total germinação dos grãos de pólen.

**Tabela 15** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em flores após antese e desidratado por seis horas em temperatura ambiente ou 72 h a frio, em meios de cultura constituídos por duas concentrações de sacarose e duas de ágar, incubados sob 20°C por 24 h. Valores expressos em porcentagem.

| Desidratação | Ágar 1%      |              | Ágar 4%      |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|              | Sacarose 10% | Sacarose 20% | Sacarose 10% | Sacarose 20% |
| 72 h frio    | 84,75 aA(a)* | 75,25 aB(a)  | 78,25 aA(b)  | 79,00 aA(a)  |
| 6 horas      | 75,00 bA(a)  | 79,50 aA(a)  | 73,00 bA(a)  | 72,50 bA(b)  |
| C.V.(%)      | 4,65         |              |              |              |

\*Letras distintas (minúsculas na coluna indicam comparação de médias de desidratação em cada nível de sacarose e de ágar; maiúscula na linha a comparação de médias de sacarose em cada nível de ágar e de sacarose; minúscula entre parênteses a comparação de médias de ágar dentro de cada nível de sacarose e desidratação), indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

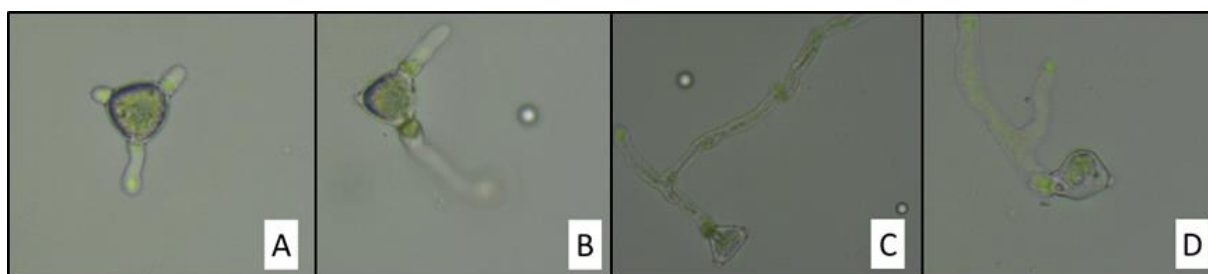
Na literatura é relatado baixa viabilidade, quase nula, dos grãos de pólen para araçazeiro vermelho (SPERONI et al., 2012), devido a problemas durante a formação e desenvolvimento dos grãos de pólen (SPERONI et al., 2015), resultado muito diferente do observado neste trabalho, que alcançou altos índices de germinação.

Pólens desidratados por seis horas e 72 h a frio não apresentaram germinação após um mês de armazenamento, tanto em nitrogênio líquido ou freezer (dados não apresentados). Provavelmente, a desidratação não tenha sido suficiente para reduzir os níveis de umidade a ponto de evitar ruptura das membranas com o congelamento ou o processo de descongelamento pode ter sido realizado de maneira incorreta, acarretando na perda de viabilidade.

Todavia, quando armazenado em geladeira, os pólenes desidratados por seis horas apresentaram 30,67% de germinação, reduzindo-se tal valor a zero a partir do segundo mês de armazenamento. De acordo com Speroni et al. (2012) o araçazeiro apresenta pólen com baixa longevidade. O efeito de baixas temperaturas está relacionado com a redução do metabolismo celular, propiciando-lhes maior longevidade (CUCHIARA et al., 2012), que no caso de araçazeiro vermelho foi mantida por apenas um mês, já que o metabolismo não cessa totalmente, as reservas provavelmente se esgotaram.

Alguns grãos de pólen apresentaram crescimento anormal, com surgimento de mais de um tubo polínico (Figura 40A e Figura 40B), surgindo dos poros

do grão de pólen e bifurcação do tubo polínico durante o crescimento (Figura 40C e Figura 40D). Tais anomalias foram observadas em diversos meios de cultura, mas principalmente naqueles com maiores concentrações de sacarose (30%). Isto pode ter ocorrido devido ao excesso de sacarose, componente responsável pelo fornecimento de energia metabólica e formação do esqueleto carbônico e biossíntese de compostos orgânicos necessários para os processos envolvidos no crescimento, diferenciação e morfogênese celular (NOGUEIRA et al., 2015; SILVA et al., 2017), o que pode ter propiciado este crescimento anormal e bifurcação de alguns tubos polínicos.



**Figura 40** – Grãos de pólen de araçazeiro vermelho com germinação anormal, com surgimento de mais de um tubo polínico (A e B) ou tubo polínico bifurcado (C e D).

#### 4.9.1.2 Pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*

Nos primeiros experimentos realizados para analisar a viabilidade polínica de araçazeiro amarelo não foram obtidos resultados maiores que 2% de germinação, mesmo utilizando meios constituídos de diferentes concentrações de sacarose, ágar, ácido bórico, sulfato de magnésio, persulfato de potássio, nitrato de cálcio, sulfato de zinco ou variando à temperatura de incubação (dados não apresentados). Observou-se que o meio não conseguiu observar a viabilidade dos pólenes, o que pode estar relacionado aos cuidados tomados anteriormente à aplicação de tais testes, pois supõe-se que período de desidratação (48 horas) não foi adequado. Porém, o mesmo período de tempo para desidratação é utilizado com sucesso para outra espécie da mesma família botânica, *E. involucrata* (FRANZON e RASEIRA, 2006). Para pólen de araçazeiro vermelho, foi observado que menor tempo de desidratação propiciou maiores valores de germinação, indicando certo grau de recalcitrância destes, provavelmente o mesmo ocorre com araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*.

Avaliando-se o estágio de desenvolvimento da flor, temperatura do ambiente para desidratação dos grãos de pólen e tempo de desidratação foi observada interação significativa entre eles (Tabela 16).

**Tabela 16** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, coletados após antese controlada, desidratados em nove períodos em duas temperaturas, em meio de cultura constituído por sacarose 10% e ágar 1%, incubados a 25°C por 24 h.

| Desidratação (h) | Temperatura para desidratação |         |
|------------------|-------------------------------|---------|
|                  | 5°C                           | 25°C    |
| 0                | 6,46 cA*                      | 5,22 aA |
| 1                | 8,41 bcA                      | 2,81 bB |
| 3                | 10,90 abA                     | 6,45 aB |
| 5                | 2,16 deA                      | 0,00 cB |
| 7                | 7,09 cA                       | 0,00 cB |
| 9                | 13,13 aA                      | 0,00 cB |
| 12               | 1,46 eA                       | 0,00 cB |
| 24               | 3,66 dA                       | 0,06 cB |
| 48               | 1,93 deA                      | 0,00 cB |
| C.V.(%)          | 24,68                         |         |

\*Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

Independente da temperatura e do tempo de desidratação, os pólenes provenientes de pré-antese não apresentaram germinação (Tabela 16), tendo nos de pós-antese valores superiores. Acredita-se que antes da antese, os grãos de pólen não atingiram maturidade suficiente para expressar sua germinação. É fundamental coletar o pólen em estágio adequado de maturação, para manter viabilidade e capacidade de germinar (FRANZON et al., 2006), o que foi obtido apenas em material coletado após antese controlada em araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*.

Em todos os tempos de desidratação, a baixa temperatura propiciou melhores condições para manter a viabilidade de pólen, apresentando superioridade estatística (Tabela 16). O efeito de baixas temperaturas está relacionado com redução do metabolismo celular (CUCHIARA et al., 2012), acarretando no menor consumo de energia e melhores condições para manter a viabilidade dos grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, assim como foi observado para araçazeiro vermelho.

A desidratação de pólen de araçazeiro amarelo, coletado de flores após antese, durante nove horas em temperatura baixa propiciou as maiores germinações, mas ainda foram considerados baixos para recomendar o uso de tal protocolo. Períodos superiores de desidratação resultam em valores muito baixos de germinação. O aumento gradativo dos períodos de desidratação não é acompanhado pelo incremento ou decréscimo da germinação como era esperado (Tabela 16). Quando desidratados em temperatura mais elevada e em períodos superiores as três horas observou-se ausência de germinação, resultado da inviabilidade polínica (Tabela 16).

Para chegar ao meio de cultura ideal, recomendado para analisar a viabilidade de pólen de araçazeiro amarelo, a concentração de ágar no meio de cultura foi avaliado entre cinco genótipos e apresentou distintos comportamentos em seus resultados (Tabela 17), sendo tal condição estatisticamente significativa.

Todos os genótipos apresentaram resultados superiores em meio de cultura constituído por ágar 4% (Tabela 17), sendo que um dos genótipos não houve distinção estatística significativa entre as médias, em dois essa concentração de ágar diferiu das demais, outro genótipos diferiu das concentrações menores (0,5 e 1%) e uma diferiu apenas da menor concentração (0,5%). Meios de cultura com menores concentrações de ágar (0,5 e 1%) permitiram o destaque apenas de um dos genótipos (G4), na concentração de 2% de ágar quatro dos genótipos apresentaram superioridade estatística e com a concentração mais elevada de ágar (4%) três dos genótipos testados se mostraram superiores.

**Tabela 17** – Teste de germinação de grãos de pólen de cinco genótipos (G) de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy, coletados após antese e desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de ágar e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h.

| Ágar (%) | Genótipos |          |          |         |          |
|----------|-----------|----------|----------|---------|----------|
|          | G1        | G2       | G3       | G4      | G5       |
| 0,5      | 0,25 bC*  | 2,36 cB  | 0,00 dC  | 7,91 aA | 2,69 bB  |
| 1        | 1,40 abB  | 2,16 cB  | 1,25 cB  | 6,16 aA | 2,96 bB  |
| 2        | 2,89 aB   | 6,41 bA  | 5,15 bAB | 7,79 aA | 5,98 aA  |
| 4        | 1,00 abC  | 11,97 aA | 12,34 aA | 7,50 aB | 8,72 aAB |
| C.V.(%)  | 24,2      |          |          |         |          |

\*Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

Os resultados obtidos foram muito baixos, mas demonstraram que a germinação de pólen pode ser influenciada pela escolha do genótipo e que maiores concentrações de ágar são preferidas para germinação de pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*. Provavelmente, houve equilíbrio do potencial osmótico do meio, favorecendo a germinação dos grãos de pólen (NOGUEIRA et al., 2015) de araçazeiro amarelo, espécie que, de acordo com os resultados obtidos, apresentou melhor germinação em meios de cultura mais sólidos.

Em relação a temperatura de incubação para a germinação de pólen de araçazeiro amarelo, os genótipos apresentaram comportamentos distintos (Tabela 18), porém os valores obtidos foram baixos, portanto, inconclusivos.

Em quatro dos genótipos avaliados, a temperatura que permitiu resultados estatisticamente superiores foi de 20°C. Outro genótipo apresentou médias superiores quando incubados à 15 e 25°C de incubação. A incubação em temperatura de 15°C permitiu que os genótipos G2 e G4 apresentassem médias superiores de germinação. Em 20°C apenas o G3, com 25°C quatro dos genótipos (G2, G3, G4 e G5) e usando 30°C apenas o genótipo G3 foram superiores. Percebe-se também que existe diferença nas respostas dos genótipos em relação a temperatura do teste de germinação.

**Tabela 18** – Teste de germinação de grãos de pólen de cinco genótipos de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, coletados após antese e desidratados por cinco horas, em meio de cultura constituído por ágar 1% e sacarose 10%, incubados em quatro temperaturas por 24 h.

| Temperatura<br>(°C) | Genótipos |          |          |          |         |
|---------------------|-----------|----------|----------|----------|---------|
|                     | G1        | G2       | G3       | G4       | G5      |
| 15                  | 0,06 cC*  | 5,16 aA  | 2,96 cB  | 4,13 bAB | 2,96 bB |
| 20                  | 1,22 aD   | 3,17 bC  | 13,50 aA | 8,48 aB  | 6,49 aB |
| 25                  | 0,37 bB   | 4,35 abA | 3,66 cA  | 4,43 bA  | 3,24 bA |
| 30                  | 0,00 cC   | 0.06 cC  | 5,70 bA  | 3,24 bB  | 2,23 bB |
| C.V.(%)             | 19,3      |          |          |          |         |

\*Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

Estes resultados evidenciaram que temperaturas entre 20 e 25°C foram mais adequadas para avaliar a germinação de araçazeiro amarelo. Talvez o araçazeiro amarelo não tolere o aumento de temperatura nesta fase de

desenvolvimento, já que temperaturas elevadas podem influenciar de forma negativa na germinação de grãos de pólen (FRANZON et al., 2006) por interferir no metabolismo dos organismos (NOGUEIRA et al., 2016). Ressalta-se que cada espécie tem sua faixa ideal de temperatura para germinação, a exemplo da *C. xanthocarpa*, *Myrtaceae*, tendo como temperatura ideal para germinação de grãos de pólen 25°C (FRANZON et al., 2006), podendo haver variação em função dos genótipos de uma mesma espécie (PHAM et al., 2015), o que claramente ocorre em araçazeiro amarelo.

A avaliação da concentração de sacarose no meio de cultura apresentou valores muito baixos de germinação e comportamentos distintos entre os genótipos avaliados (Tabela 19). Os genótipos G1 e G4, nas concentrações de sacarose 5, 10 e 20% possibilitaram obtenção de médias estatisticamente superiores. Os genótipos G3 e G5 mostraram resultados superiores nas concentrações 0, 5, 10 e 20%. O genótipo G2 demonstrou superioridade estatística apenas nas concentrações 0 e 5% de sacarose. Três dos genótipos (G2, G3 e G4) receberam destaque na ausência de sacarose no meio de cultura, com 5, 10 e 30% o genótipo G4 se destacou entre os demais. A utilização de 20% de sacarose permitiu a identificação de superioridade estatística novamente para o genótipo G4 bem como para o G3. Diversos fatores podem comprometer a viabilidade polínica (FRANZON et al., 2006; SEZERINO e ORTH, 2015; NOGUEIRA et al., 2015), inclusive a composição do meio de cultura ou o genótipo a ser avaliado.

**Tabela 19** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy, coletados após antese de cinco genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por cinco concentrações de sacarose e ágar 1%, incubados a 25°C por 24 h.

| Sacarose<br>(%) | Genótipos |          |          |          |         |
|-----------------|-----------|----------|----------|----------|---------|
|                 | G1        | G2       | G3       | G4       | G5      |
| 0               | 0,00 bC*  | 4,39 aAB | 6,71 aA  | 4,04 bAB | 3,63 aB |
| 5               | 0,13 abC  | 3,63 aB  | 3,92 aB  | 7,49 aA  | 3,74 aB |
| 10              | 0,73 aC   | 0,37 bC  | 5,45 aB  | 8,81 aA  | 3,94 aB |
| 20              | 0,06 abD  | 0,92 bC  | 6,94 aAB | 8,44 aA  | 4,24 aB |
| 30              | 0,00 bC   | 0,92 bB  | 0,00 bC  | 3,61 bA  | 1,21 bB |
| C.V.(%)         | 29,1      |          |          |          |         |

\*Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).



Com isso, percebeu-se que a utilização de meio de cultura com 5, 10 ou 20% de sacarose, foram as que mais se aproximam da ideal para o araçazeiro amarelo até então, pois provavelmente foram as que propiciou as melhores condições de potencial osmótico (STANLEY e LINSKENS, 1974) e energia para germinação e, de formação de esqueleto carbônico para o crescimento do tubo polínico (NOGUEIRA et al., 2015; SILVA et al., 2017).

O ácido bórico quando adicionado aos meios de cultura, em qualquer concentração, proporcionou efeito significativo na germinação de pólen de araçazeiro amarelo de três dos genótipos (G1, G3 e G5). O genótipo G2 apresentou resultados superiores nas concentrações de 50 e 100 mg L<sup>-1</sup> e no G4 não foram obtidas diferenças significativas entre as concentrações de ácido bórico utilizadas.

**Tabela 20** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy, coletados após antese de cinco genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de ácido bórico, sacarose 10% e ágar 1%, incubado a 25°C por 24 h.

| Ácido bórico<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | Genótipos |          |           |          |          |
|---------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|
|                                       | G1        | G2       | G3        | G4       | G5       |
| 0                                     | 0,57 bB*  | 2,50 cA  | 2,35 bA   | 4,51 aA  | 2,83 bA  |
| 50                                    | 1,78 aD   | 36,04 aA | 16,97 aB  | 7,00 aC  | 15,70 aB |
| 100                                   | 2,66 aC   | 24,69 aA | 18,03 aAB | 4,96 aC  | 12,73 aB |
| 200                                   | 2,83 aC   | 7,24 bB  | 22,97 aA  | 5,16 aBC | 9,36 aB  |
| C.V.(%)                               | 17,6      |          |           |          |          |

\*Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

Na ausência de ácido bórico apenas o genótipo G1 apresentou média estatisticamente inferior aos demais, com 50 mg L<sup>-1</sup>. O genótipo G2 apresentou resultado superior aos demais, com 100 mg L<sup>-1</sup>. Os genótipos G2 e G3 e com 200 mg L<sup>-1</sup> apenas o genótipo G3. Até então não foram encontrados resultados tão promissores com a variação dos demais elementos (Tabela 17 e Tabela 19) ou condições (Tabela 16 e Tabela 18) para germinação de pólen de araçazeiro amarelo. Essa resposta superior foi provavelmente em decorrência da formação do complexo açúcar-borato, que favoreceu o crescimento do tubo polínico (PFAHLER, 1967). Os valores obtidos para araçazeiro amarelo, neste teste preliminar com ácido bórico (Tabela 20), apresentou valores mais elevados de germinação quando comparados

aos primeiros testes com este elemento em araçazeiro vermelho (Figura 38), mas nas demais avaliações de araçazeiro vermelho o ácido bórico se mostrou essencial (Tabela 9 e Tabela 14).

Observou-se também que a utilização de sulfato de magnésio no meio de cultura não favoreceu a germinação de pólen de araçazeiro amarelo, visto que os valores encontrados foram muito baixos, mas houve diferentes respostas às concentrações e em relação ao genótipo utilizado (Tabela 21).

A ausência de sulfato de magnésio no meio de cultura permitiu expressão de resultado superior para o genótipo G1. No genótipo G2 os melhores resultados foram alcançados com adição de 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>. No genótipo G3, além destas concentrações, a de 50 mg L<sup>-1</sup> também apresentou média estatisticamente semelhante a 100 e 200 mg L<sup>-1</sup>. Para o genótipo G4 a utilização de 100 mg L<sup>-1</sup> prejudicou a germinação e o genótipo G5 não apresentou diferença significativa entre as concentrações utilizadas. Na ausência ou utilização de 50 mg L<sup>-1</sup> de sulfato de magnésio o genótipo G4 demonstrou superioridade estatística em relação aos demais. Nas outras concentrações utilizadas (100 mg L<sup>-1</sup> e 200 mg L<sup>-1</sup>) apenas o genótipo G1 teve a germinação prejudicada.

**Tabela 21** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy, coletados após antese de genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de sulfato magnésio, ágar 1% e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h.

| Sulfato de magnésio<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | Genótipos |          |          |          |         |
|----------------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|---------|
|                                              | G1        | G2       | G3       | G4       | G5      |
| 0                                            | 2,77 aB*  | 2,92 bB  | 2,13 bB  | 6,30 abA | 3,61 aB |
| 50                                           | 0,56 bC   | 2,69 bB  | 3,84 abB | 7,88 aA  | 3,74 aB |
| 100                                          | 0,00 cB   | 5,70 aA  | 3,61 abA | 4,59 bA  | 3,66 aA |
| 200                                          | 0,00 cB   | 3,92 abA | 5,14 aA  | 6,45 abA | 4,24 aA |
| C.V.(%)                                      | 22,6      |          |          |          |         |

\*Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

A adição deste elemento ao meio de cultura reduziu a porcentagem de germinação de pólen de outra fruteira, *C. papaya* (MUNHOZ et al., 2008). Por apresentar comportamento muito controverso e médias muito baixas de germinação,

este elemento não é recomendado para a elaboração de meio de cultura de araçazeiro amarelo, assim como ocorre em araçazeiro vermelho.

Os resultados obtidos com variação de persulfato de potássio no meio de cultura, além de apresentar resultados muito baixos, foram inconsistentes entre as avaliações. Quando adicionado ao meio de cultura apresentou comportamentos distintos entre os genótipos (Tabela 22), já que alguns apresentaram resultados superiores na ausência deste elemento (G1), com 50 mg L<sup>-1</sup> (G3), 100 e 200 mg L<sup>-1</sup> (G4), 200 mg L<sup>-1</sup> (G2) e aquele que não apresentou diferença significativa entre as médias obtidas (G5). Para araçazeiro vermelho, o persulfato de potássio não apresentou influência na germinação de pólen.

**Tabela 22** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy, coletados após antese de cinco lotes (Av.), desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de persulfato de potássio, ágar 1% e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h.

| Persulfato de potássio (mg L <sup>-1</sup> ) | Genótipos |          |          |           |          |
|----------------------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|
|                                              | G1        | G2       | G3       | G4        | G5       |
| 0                                            | 2,69 aB*  | 1,08 cB  | 2,92 bAB | 5,84 bA   | 3,19 aAB |
| 50                                           | 0,06 bC   | 3,41 bB  | 10,42 aA | 4,56 bB   | 4,72 aB  |
| 100                                          | 0,37 bC   | 1,66 bcC | 4,98 bB  | 11,40 abA | 4,72 aB  |
| 200                                          | 0,00 bB   | 9,22 aA  | 5,34 bA  | 8,20 aA   | 5,68 aA  |
| C.V.(%)                                      | 26,22     |          |          |           |          |

\*Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

A avaliação do genótipo em cada concentração de persulfato de potássio também demonstrou comportamentos muito distintos, mas percebe-se que o genótipo G1 apresentou médias estatisticamente inferiores aos demais em qualquer concentração deste elemento (Tabela 22). Na ausência deste componente ao meio de cultura três genótipos se destacaram (G3, G4 e G5) com 50 mg L<sup>-1</sup> apenas o genótipo G3, com 100 mg L<sup>-1</sup> o genótipo G4 e com 200 mg L<sup>-1</sup> todos os genótipos exceto o G1.

Entre as avaliações realizadas para averiguar a germinação de pólen do araçazeiro amarelo, foram observados efeitos significativos nas interações entre as concentrações do nitrato de cálcio e genótipos (Tabela 23), mas o comportamento observado foi muito discrepante. Avaliando-se as concentrações de nitrato de cálcio em cada genótipo, foi observado que o genótipo G1 apresentou médias superiores na

ausência deste elemento, não diferindo da concentração de 200 mg L<sup>-1</sup>, o genótipo G2 apenas na concentração de 200 mg L<sup>-1</sup>, o genótipo G3 em qualquer quantidade de nitrato de cálcio utilizada, o genótipo G4 na ausência deste elemento, mas não diferiu significativamente de 50 ou 200 mg L<sup>-1</sup> e o genótipo G5 não apresentou diferença significativa entre a presença ou ausência deste elemento no meio de cultura. Na ausência de nitrato de cálcio, o genótipo G4 apresentou média estatisticamente superior aos demais, com 50 mg L<sup>-1</sup> os genótipos G3 e G4, com 100 mg L<sup>-1</sup> apenas o genótipo G3 e em 200 mg L<sup>-1</sup> apenas o genótipo G2.

**Tabela 23** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy, coletados após antese de cinco genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de nitrato de cálcio, ágar 1% e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h.

| Nitrato de cálcio<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | Genótipos |          |          |          |         |
|--------------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|---------|
|                                            | G1        | G2       | G3       | G4       | G5      |
| 0                                          | 1,08 aC*  | 3,48 bB  | 6,01 bB  | 11,16 aA | 5,72 aB |
| 50                                         | 0,06 bC   | 5,20 bB  | 12,47 aA | 8,74 Aab | 6,95 aB |
| 100                                        | 0,00 bC   | 5,72 bB  | 13,12 aA | 4,26 bB  | 5,74 aB |
| 200                                        | 0,25 abC  | 14,91 aA | 8,47 abB | 9,13 aB  | 8,43 aB |
| C.V.(%)                                    | 22,5      |          |          |          |         |

\*Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

Pela divergência encontrada e pela baixa porcentagem de germinação, o nitrato de cálcio não se mostra necessário para a germinação de pólen de araçazeiro amarelo, assim como para araçazeiro vermelho. Em outras espécies, *R. communis*, o acréscimo de cálcio também não promoveu maior germinação (DIAMANTINO et al., 2016).

Assim como nas avaliações anteriores (Tabela 16, 17, 18, 19 21 e 22), para sulfato de zinco a germinação de pólen de araçazeiro amarelo apresentou-se baixa, mas não houve interação entre os fatores (Tabela 24).

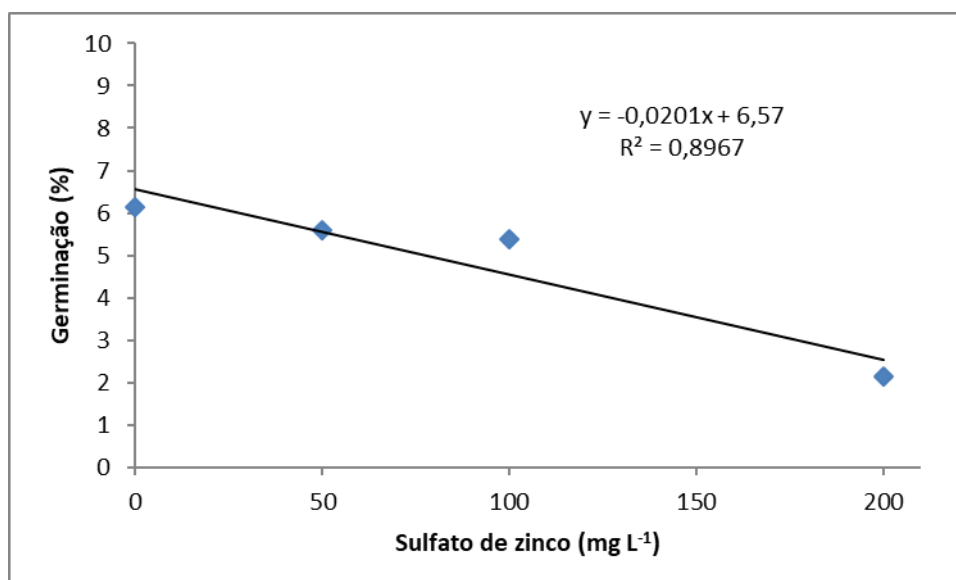
O genótipo que demonstrou superioridade estatística em relação aos demais foi o G4, demonstrando novamente que a germinação pode ser afetada por fatores endógenos, referente aos grãos de pólen, não apenas aos fatores ambientais.

O constituinte sulfato de zinco apresentou resposta linear decrescente de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo, quando adicionado ao meio de cultura (Figura 41).

**Tabela 24** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy, coletados após antese de cinco genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por sulfato de zinco, ágar 1% e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h.

| Genótipos | Germinação |
|-----------|------------|
| G1        | 0,88 c*    |
| G2        | 4,97 b     |
| G3        | 5,43 b     |
| G4        | 8,64 a     |
| G5        | 5,42 b     |
| C.V.(%)   | 32,8       |

\*Letras distintas diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).



**Figura 41** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy, desidratado por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de sulfato de zinco, ágar 1% e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h.

Este elemento se mostrou prejudicial para a germinação de pólenes de araçazeiro amarelo, já que o aumento em sua concentração declinou a porcentagem de germinação (Figura 41).

As adições de persulfato de potássio, nitrato de cálcio ou sulfato de zinco aos meios de cultura, não propiciaram para maior germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo, mesmo mostrando interação tripla significativa (Tabela 25). Tal afirmação deve-se ao fato de que as médias não mostraram valores superiores à 10%.

**Tabela 25** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, coletados após antese, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por duas concentrações de sulfato de zinco, duas de nitrato de cálcio, duas de persulfato de potássio, ágar 2% e sacarose 5%, incubados a 25°C por 24 h.

| Persulfato de Potássio | Nitrato de Cálcio    |                        |                        |                        |
|------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                        | 0 mg L <sup>-1</sup> |                        | 200 mg L <sup>-1</sup> |                        |
|                        | Sulfato de Zinco     |                        | Sulfato de Zinco       |                        |
|                        | 0 mg L <sup>-1</sup> | 200 mg L <sup>-1</sup> | 0 mg L <sup>-1</sup>   | 200 mg L <sup>-1</sup> |
| 0 mg L <sup>-1</sup>   | 8,50 aA(a)*          | 2,25 aB(a)             | 3,50 aA(b)             | 2,00 aA(a)             |
| 200 mg L <sup>-1</sup> | 0,50 bA(a)           | 0,25 bA(a)             | 0,00 bA(a)             | 0,00 bA(a)             |
| C.V.(%)                | 64,08                |                        |                        |                        |

\*Letras distintas indicam diferença estatística (minúsculas entre níveis de persulfato de potássio dentro de sulfato de zinco x nitrato de cálcio; maiúscula entre níveis de sulfato de zinco dentro de persulfato de potássio x nitrato de cálcio e minúscula entre parênteses entre os níveis de nitrato de cálcio dentro de persulfato de potássio x sulfato de zinco), pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

Nos demais experimentos não foi obtida interações significativas entre os fatores testados (Tabela 26). Contudo, de forma isolada houve efeito significativo dos fatores nos experimentos realizados 1 e 2.

A utilização da menor concentração de ágar no meio de cultura propiciou resultados com médias superiores de germinação em ambos experimentos (Tabela 26). A utilização da maior concentração de sacarose testada no experimento 1 apresentou superioridade estatística em suas médias, enquanto que no segundo, as médias nas concentrações utilizadas não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 26). Todavia, faz-se ressalva que numericamente tais médias foram maiores no último experimento em relação ao primeiro, sendo percebido que pólen o de araçazeiro amarelo precisa de concentrações mais elevadas de sacarose na composição do meio de cultura, para auxiliar na formação do esqueleto carbônico durante o crescimento do tubo polínico.

As concentrações de ácido bórico e a temperatura de incubação não apresentaram médias com diferenças significativas para germinação em ambos experimentos (Tabela 26). Percebeu-se que no experimento 2, os valores de germinação obtidos foram superiores ao experimento 1. Provavelmente, o pólen foi coletado em estágio de maturação que permitiu maior expressão de sua viabilidade ou alguma condição ambiental entre os dias de coleta de material, tais como, temperatura, umidade, radiação ou fatores de ordem genética, que não avaliados neste experimento, podem ter variado, acarretando na diferença de viabilidade observada, já que de acordo com diversos fatores, a viabilidade polínica pode ter sido comprometida (FRANZON et al., 2006; SEZERINO e ORTH, 2015; NOGUEIRA et al., 2015).

**Tabela 26** – Teste de germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, coletados após antese, de dois lotes em dias distintos (Ex.), desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por duas concentrações ágar, quatro de sacarose, três de ácido bórico, incubados em duas temperaturas por 24 h.

| Ágar (%)                           | Ex. 1               | Ex. 2               |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|
| 2                                  | 14,95 a*            | 26,40 a             |
| 4                                  | 11,78 b             | 22,92 b             |
| Temperatura (°C)                   |                     |                     |
| 20                                 | 13,02 <sup>ns</sup> | 25,60 <sup>ns</sup> |
| 25                                 | 13,72               | 23,71               |
| Sacarose (%)                       |                     |                     |
| 0                                  | 8,69 b              | -                   |
| 5                                  | 18,05 a             | -                   |
| 10                                 | -                   | 24,69 <sup>ns</sup> |
| 20                                 | -                   | 24,63               |
| Ácido bórico (mg L <sup>-1</sup> ) |                     |                     |
| 25                                 | -                   | 25,06 <sup>ns</sup> |
| 50                                 | 13,59 <sup>ns</sup> | 25,16               |
| 100                                | 13,14               | 23,5                |
| C.V.(%)                            |                     |                     |
|                                    | 26,9                | 20,09               |

\*Letras distintas diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ). ns: não significativo pelo teste F. - nível não utilizado no delineamento deste experimento.

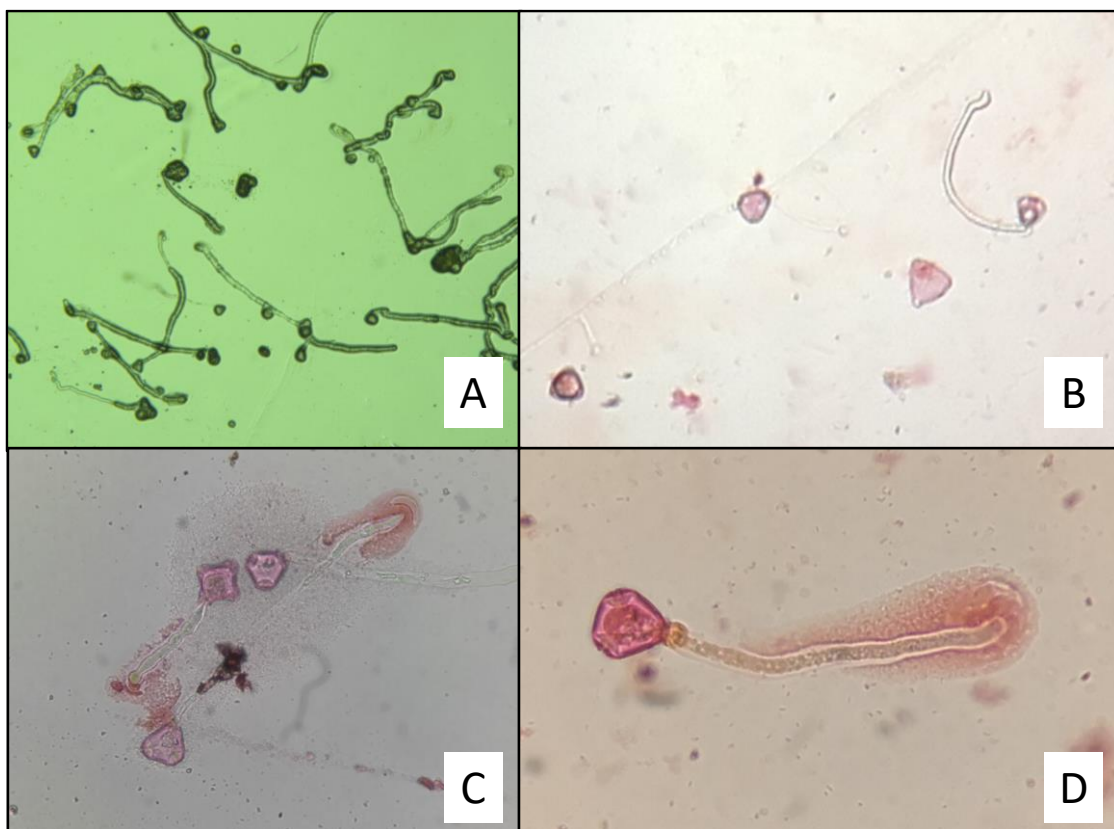
A viabilidade de araçazeiro amarelo foi descrita anteriormente, chegando a valores maiores que 40% (SPERONI et al., 2012), resultado muito superior ao encontrado nos testes de germinação, mas isso pode ser explicado pelo teste utilizado pelos autores, que foi o tetrazólio, corante que não demonstrou-se confiável no presente trabalho.

A germinação dos pólenes de araçazeiro amarelo, antes do armazenamento, foi de 23,40%. Na primeira avaliação, ocorrida uma semana após o início do armazenamento, não se obteve germinação em nenhum dos pólenes, mesmo mantidos em geladeira, freezer ou nitrogênio líquido. Tal resultado se confirmou nas outras três avaliações realizadas com 15, 30 e 45 dias de armazenamento. A manutenção da capacidade de germinação do pólen depende, além das características intrínsecas da espécie, das condições de armazenamento que tem como principal propósito manutenção da viabilidade (FRANZON e RASEIRA, 2006; DAMASCENO JUNIOR et al., 2008) e são diretamente afetados pela temperatura durante o armazenamento e teor de umidade do material (DAMASCENO JUNIOR et al., 2008).

A avaliação da germinação dos grãos de pólen de araçazeiro amarelo pode ser dificultada pela sua distribuição sobre o meio (Figura 42A), sendo necessário utilizar objetiva de 10 vezes, dando visão mais clara dos mesmos, ficando muitas vezes melhor quando associados a utilização de corantes (Figura 42B). Utilizando duas técnicas, a da emissão de tubo polínico (DAFNI, 1992; FRANZON e RASEIRA, 2006; FRANZON et al., 2006; PHAM et al., 2015; NOGUEIRA et al., 2016; SILVA et al., 2017) e de coloração (GALLETTA, 1983; DAFNI, 1992; HISTER e TEDESCO, 2016; JESUS et al., 2018), quando combinadas, propiciaram melhor distinção e contraste para avaliar a germinação de grãos de pólen muito pequenos.

O formato dos grãos de pólen não interferiu na germinação do mesmo, visto que, mesmo em menor quantidade, os grãos com quatro poros germinaram tanto quanto os de três (Figura 42C). A emissão do tubo polínico ocorreu sempre de um dos poros do grão de pólen (Figura 42D).





**Figura 42** – Grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy germinados e não germinados sem utilização de corante (A), germinado e não germinados corados (B), grãos de pólen com três e quatro poros corados e germinados (C) e grãos de pólen com três loculos e emissão de tubo polínico (D).

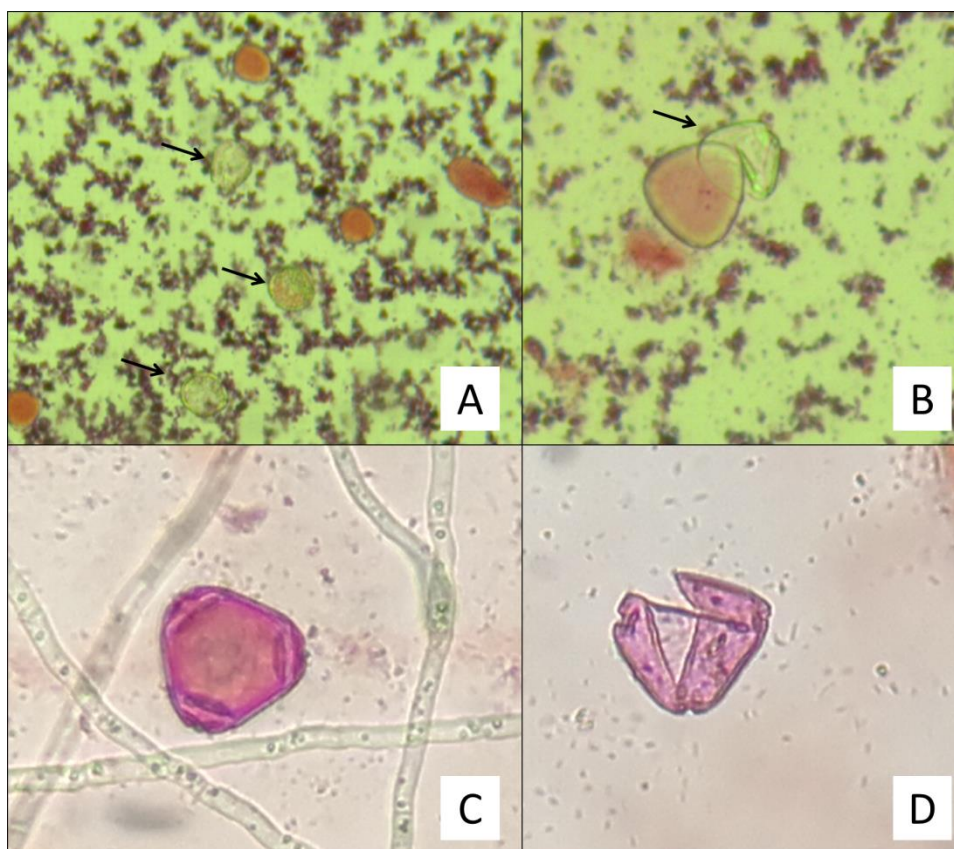
#### 4.9.2 Teste de Coloração

A leitura de germinação de grãos de pólen dos araçazeiros foi dificultada com a utilização de tetrazólio, visto que grande parte destes apresentou coloração intermediária, corados de rosa, o que significa imprecisão do método. Este resultado manteve-se nas demais repetições, mostrando ineficácia do método para avaliar a viabilidade de pólen desta espécie. Esta técnica requer mais cuidados que as demais técnicas de coloração, como exposição ao oxigênio, temperatura de incubação e maior tempo de contato para atingir a coloração (FERREIRA et al., 2007), detalhes que não foram exigidos para os demais corantes.

Há relatos de viabilidade praticamente nula para grãos de pólen de araçazeiro, com a utilização do teste de tetrazólio (SPERONI et al., 2012), reforçando

a hipótese que este teste não é indicado para avaliação da real viabilidade dos grãos de pólen desta espécie.

Os corantes carmim acético e vermelho neutro permitiram boa coloração dos grãos de pólen (Figura 43), até mesmo aqueles com a parede rompida coloriram com utilização de vermelho neutro (Figura 43D), os quais claramente não apresentavam condição de germinar, mas como foram corados, devem ser considerados viáveis. Além disso, foi percebido que em lotes de grãos de pólen frescos e naqueles desidratados por longos períodos, processo no qual os inviabilizaram, houve coloração em níveis elevados.



**Figura 43** – Grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy* corados com carmim acético (A e B) e vermelho neutro de parede íntegra (C) e parede rompida (D), as setas indicam grãos de pólen inviáveis.

Com obtenção de valores muito elevados em todas as condições testadas e corantes utilizados (superiores a 90%) (Tabela 27), valores distintos dos testes de germinação, acredita-se que esse método superestimou a viabilidade polínica dessa espécie, já que foram obtidos valores muito inferiores nos testes de germinação. O uso de corantes, apesar de ser método mais rápido, pode superestimar

esta viabilidade, pois, muitas vezes, grãos de pólen inviáveis podem ainda corar, por possuir quantidade suficiente de enzimas, amido, ou ainda outras substâncias (GALLETTA, 1983; HISTER e TEDESCO, 2016; JESUS et al., 2018). Outros corantes, a exemplo daorceína acética, também não permitem discriminar satisfatoriamente a viabilidade polínica de *P. cattleianum* (HISTER e TEDESCO, 2016).

**Tabela 27** – Viabilidade polínica utilizando corantes vermelho neutro e carmim acético em pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy* e araçazeiro vermelho.

| Corantes        | <i>Ya-Cy</i>        | Vermelho            |
|-----------------|---------------------|---------------------|
| Vermelho neutro | 92,20 <sup>ns</sup> | 91,70 <sup>ns</sup> |
| Carmim acético  | 94,10               | 90,70               |
| C.V.(%)         | 5,74                | 3,88                |

ns: não significativo pelo teste F.

O corante carmim acético pode dificultar a leitura das lâminas, já que ficam manchadas com muitas impurezas (Figura 43A), diferentes das lâminas feitas com o vermelho neutro (Figura 43C). A coloração obtida com carmim acético (Figura 43A e Figura 43B) ou vermelho neutro (Figura 43C e Figura 43D) foi avermelhada para grãos de pólen considerados viáveis e não houve coloração para aqueles inviáveis. Estes corantes podem ser empregados para identificar a integridade cromossômica dos grãos de pólen, assim como sugerido por Munhoz et al. (2008) através da coloração do citoplasma (BRITO, 2013), mas não são confiáveis para atestar a viabilidade de araçazeiro.

#### 4.10 CRESCIMENTO DO TUBO POLÍNICO NO PISTILO

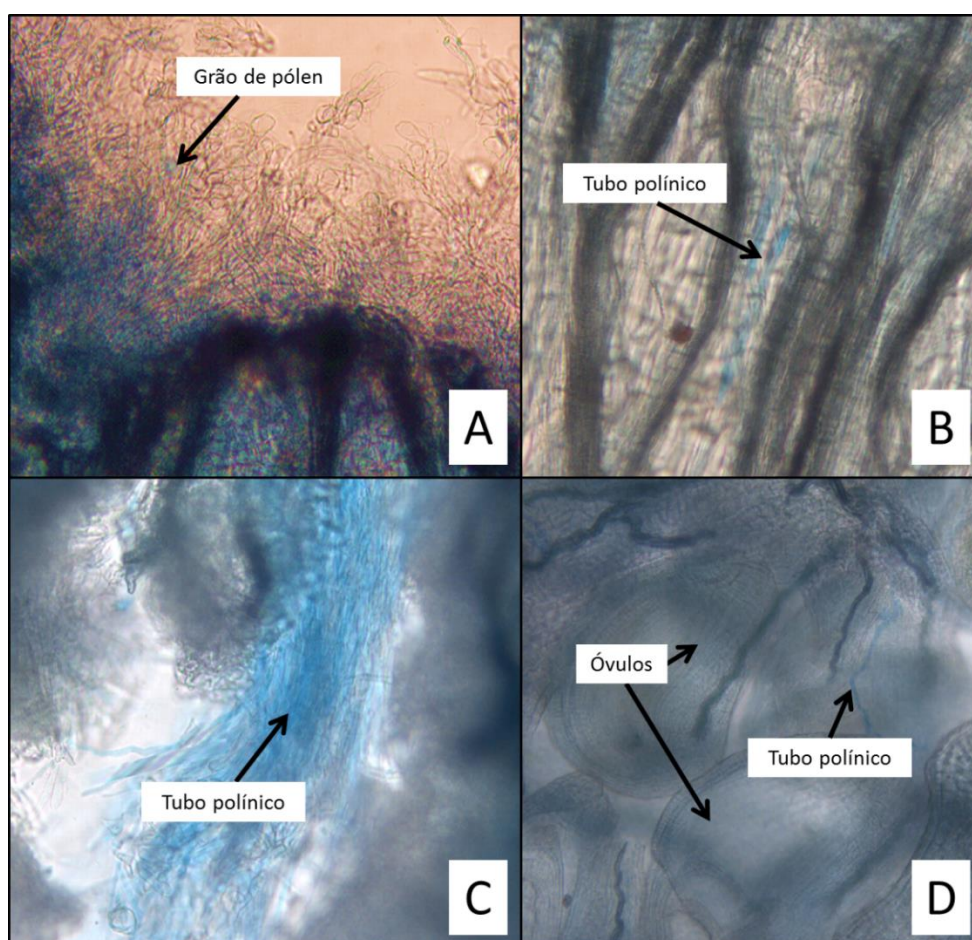
##### 4.10.1 Teste em Condições de Laboratório

Nas flores de araçazeiro vermelho ou araçazeiro amarelo, mantidos nos ramos fixados em espuma fenólica umedecida, em condições de laboratório, não foi observada fixação de grãos de pólen no estigma das flores, além de que todas as flores foram abortadas no dia seguinte a polinização, demonstrando que possivelmente o manuseio do material possa ter causado injúrias, ou o estresse causado pelo desligamento do ramo da planta matriz possa ter induzido a produção

do etileno, hormônio do estresse, que se acumulando na atmosfera ao redor dos tecidos, acelera o murchamento e senescência (SONEGO e BRACKMANN, 1995), que pode ter evitado a germinação do pólen no estigma, resultando no abortamento e consequentemente não permitindo a fertilização das flores.

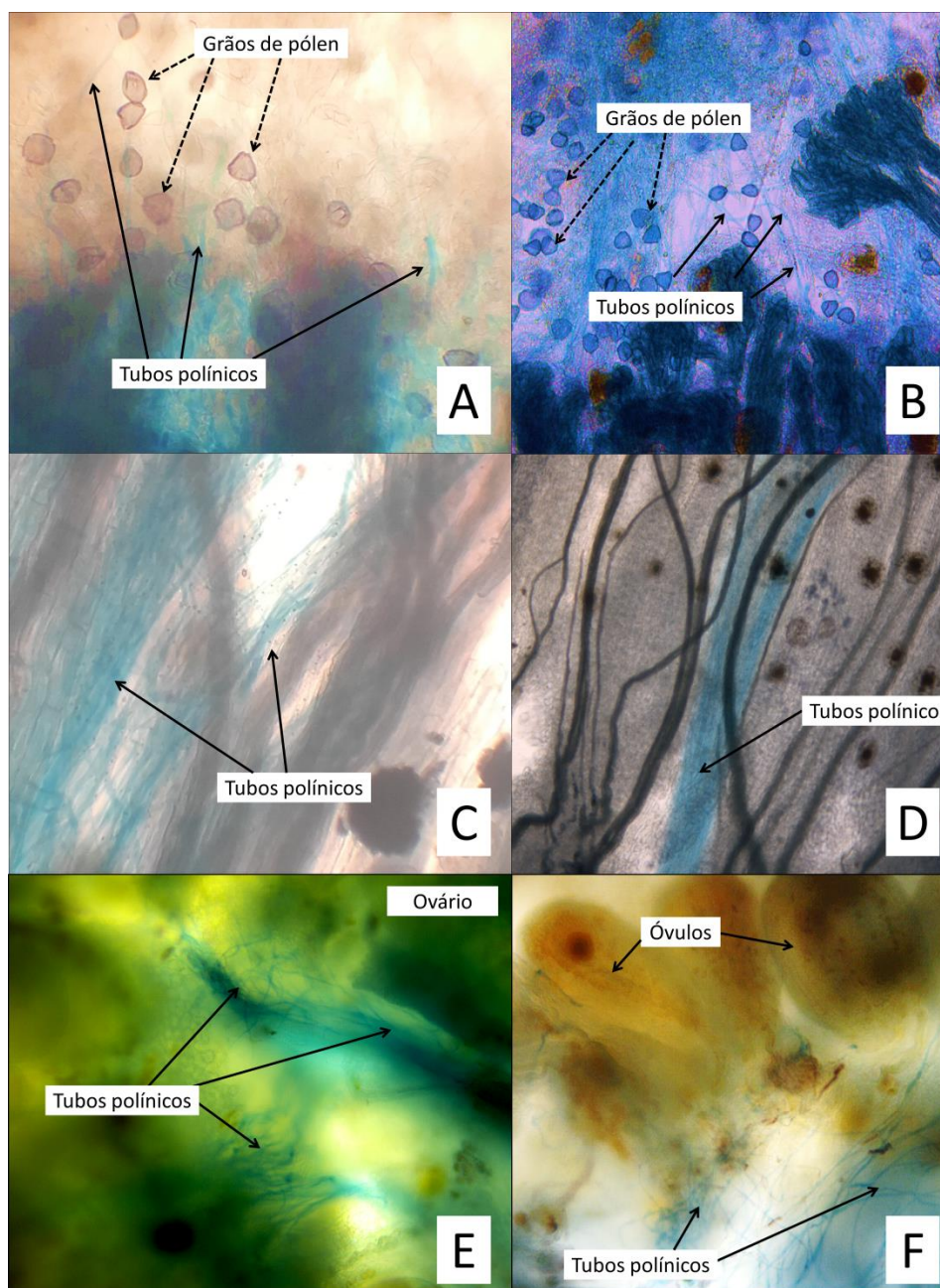
#### 4.10.2 Teste em Condições de Campo

No experimento seguinte, com os ramos mantidos na planta matriz, em ambos tipos de araçazeiro houve germinação de grãos de pólen no estigma, independente da origem do pólen, ou seja, nos tratamentos de autopolinização e polinização cruzada.



**Figura 44** – Crescimento do tubo polínico no estigma de flores de araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy, com grão de pólen aderido ao estigma (A), tubo polínico no estilete (B), tubos polínicos na entrada do ovário (C) e tubos polínicos próximos aos óvulos (D) (apontados pelas setas).

Em araçazeiro amarelo, 24 horas após a polinização foram observados grãos de pólen aderidos ao estigma (Figura 44A) e alguns tubos polínicos na região superior do estilete (1/4 do comprimento) (Figura 44B), mas apenas depois de 48 horas, foram observados tubos polínicos na entrada do ovário (4/4 do comprimento) (Figura 44C) e dos óvulos (Figura 44D) de araçazeiro amarelo.



**Figura 45** – Grãos de pólen (apontado pelas setas tracejadas) e tubos polínicos (apontados pelas setas) no estigma de araçazeiro vermelho (A e B), tubos polínicos (apontados pelas setas) no estilete (corados de azul) (C e D) e tubos polínicos (apontados pelas setas) alcançando o ovário (E) e óvulos (apontados pelas setas) (F).

Em araçazeiro vermelho, foram encontrados grãos de pólen germinados no estigma das flores, após seis horas da polinização (Figura 45A e Figura 45B). As 12 horas após polinização foram encontrados tubos polínicos no terço superior do estilete nas 24 horas após a polinização os tubos polínicos alcançaram 3/5 do estilete (Figura 45C e Figura 45D) e após 36 horas o tubo polínico atingiu o ovário (Figura 45E e Figura 45F).

A germinação de grãos de pólen no estigma é indicativo de que não houve autoincompatibilidade esporofítica, já que esta ocorre no estigma, mais precisamente nas células das papilas, que é reação rápida e precoce impedindo a germinação de grãos de pólen (HARTMANN et al., 2002; SCHIFINO-WITTMANN e DALL´AGNOL, 2002; FINKELDEY, 2005).

A autoincompatibilidade é mecanismo utilizado pelas espécies arbóreas para evitar a autopolinização (FINKELDEY, 2005), sendo a gametofítica a mais comum entre as plantas, supondo-se que seja o sistema mais primitivo de autoincompatibilidade. Neste tipo de autoincompatibilidade só irá ocorrer fecundação do óvulo se o alelo presente no grão de pólen não estiver presente no tecido diploide do estilete. O grão de pólen germina e a reação de incompatibilidade ocorre entre o tubo polínico e o estilete. Portanto, os cruzamentos compatíveis só ocorrerão quando o alelo S do pólen for diferente de qualquer alelo presente no estilete diploide (HARTMANN et al., 2002; SCHIFINO-WITTMANN; DALL´AGNOL, 2002; FINKELDEY, 2005). Em ambos araçazeiros isso não foi observado, já que os tubos polínicos germinaram no estigma e chegaram até o ovário.

## 4.11 ESTRATÉGIA REPRODUTIVA

### 4.11.1 Relação Pólen/Óvulo

A relação existente entre o número de grãos de pólen e óvulos por flor reflete diretamente no sistema reprodutivo da espécie, podendo apresentar cleistogamia, autogamia obrigatória, autogamia facultativa, xenogamia facultativa ou xenogamia (CRUDEN, 1977).

Na relação pólen:óvulo, foram obtidos valores de 6.642 pólenes por óvulo, para araçazeiro vermelho, o que indicou xenogamia, ou seja, se reproduz através de

polinização cruzada. O araçazeiro amarelo apresentou relação de 2.551 pólenes por óvulo, indicou que a classificação, de acordo com Cruden (1977), como entre xenogamia facultativa e xenogâmica, ou seja, se reproduz principalmente através de polinização cruzada. Ainda de acordo com o mesmo autor, embora algumas espécies permitam também autopolinização, a preferência ocorra pela polinização cruzada. Na polinização cruzada há produção de descendentes com maior variabilidade genética (SOUZA et al., 2018), o que é preferível por grande parte das angiospermas (MORRAN et al., 2009), aumentando a variabilidade genética das progênies. Tanto para araçazeiro amarelo, como para araçazeiro vermelho, a xenogamia parece ser a estratégia reprodutiva adotada.

#### 4.11.2 Polinização Controlada

Foram obtidos valores elevados para todas as estratégias reprodutivas testadas em araçazeiro vermelho e valores inferiores para araçazeiro amarelo (Tabela 28), exceto para o tratamento de apomixia, que em ambos araçazeiros ocorreu aborto de todos os botões emasculados e não apresentou frutificação efetiva (dados não expressos). Esta abscisão foi relatada para araçazeiro vermelho (COSTA et al., 2015), *C. adamantium* (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017b) e *P. riparium* (COSTA et al., 2017) submetidos a esta mesma técnica. Para haver fixação do fruto é necessário desenvolvimento de número mínimo de sementes que assegurem a produção de hormônios indispensáveis para o desenvolvimento do fruto (ALVES e FREITAS, 2007).

Com os valores próximos de frutificação efetiva não houve diferença significativa entre os tratamentos para araçazeiro vermelho (Tabela 28), indicando que pode utilizar polinização aberta, cruzada ou até a autopolinização para perpetuar-se, mostrando-se extremamente versátil. Assim como relatado por Costa et al. (2015), para o araçazeiro vermelho, tanto a autopolinização como a polinização espontânea apresentaram valores numericamente superiores a polinização aberta. Os valores de frutificação efetiva encontrados na literatura, para espécies da mesma família botânica, foram inferiores aos encontrados neste estudo, a exemplo da *E. uniflora* com 38,4% (FRANZON, 2008), *Plinia* sp. entre 8 e 58,4% (DANNER et al., 2011) e *C. adamantium* 65% (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017b).

**Tabela 28** – Frutificação efetiva, índices de autoincompatibilidade (IAI), autopolinização espontânea (IAE) e eficácia reprodutiva (ER) dos araçazeiros vermelho e amarelo cv. Ya-Cy, submetido a estratégias reprodutivas.

| Estratégia reprodutiva     | Araçazeiro amarelo | Araçazeiro vermelho |
|----------------------------|--------------------|---------------------|
| Autopolinização            | 54 abB*            | 81 aA               |
| Autopolinização espontânea | 16 cB              | 75 aA               |
| Polinização cruzada        | 32 bcB             | 67 aA               |
| Polinização aberta         | 64 aA              | 69 aA               |
| C.V. (%)                   | 26,7               |                     |
| IAI                        | 1,69               | 1,21                |
| IAE                        | 0,30               | 0,93                |
| ER                         | 2,00               | 1,03                |

\*Letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ).

As flores de araçazeiro amarelo apresentaram baixa capacidade de transferir pólen das anteras para o estigma da mesma flor, já que o tratamento de autopolinização espontânea apresentou resultado inferior aos demais (Tabela 28), mas mesmo assim foi capaz de produzir frutos na ausência dos polinizadores, característica, que de acordo com Barbosa e Souza (2016) a caracteriza como auto compatível.

Os valores entre os tratamentos polinização aberta e autopolinização, foram superiores aos demais em araçazeiro amarelo, o que permitiu inferir que o papel do vetor é importante para transferência do pólen da própria flor para o estigma. A polinização cruzada apresentou valores baixos de frutificação efetiva (50% do valor obtido na polinização aberta), mas ainda assim foi superior ao da autopolinização espontânea (Tabela 28), demonstrando que os polinizadores apresentam papel significativo na transferência do pólen (BARBOSA e SOUZA 2016; NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017b) de araçazeiro amarelo.

Os araçazeiros apresentam-se extremamente versáteis em relação as estratégias reprodutivas testadas, já que foram obtidos frutos de todos os tratamentos utilizados (com exceção do tratamento para avaliar a apomixia que não apresentou frutificação). Por esse motivo pode-se entender por que é espécie invasora altamente agressiva, causando problemas para ecossistemas onde não é natural (HUENNEKE e VITOUSEK, 1990; HARRINGTON e EWEL, 1997). Os valores encontrados na



literatura, para espécies da mesma família botânica, foram inferiores aos obtidos neste estudo, como exemplo têm-se a *E. uniflora* com 38,4% (FRANZON, 2008) e *Plinia* spp. entre 8 e 58,4% (DANNER et al., 2011).

Os araçazeiros são planta autocompatíveis (COSTA et al., 2015), como pode ser observado pela produção de frutos nos tratamentos de autopolinização e autopolinização espontânea, comprovado também com os altos valores encontrados para IAI (Tabela 28), já que valores menores que 0,25 caracteriza incompatibilidade (OLIVEIRA e GIBBS, 2000). Em outras espécies da família *Myrtaceae* são autoincompatíveis, a exemplo da *C. adamantium* (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017b). A uniformidade de desenvolvimento dos óvulos e média de formação de frutos em espécies autocompatíveis é maior quando comparadas a espécies autoincompatíveis (SCHIFINO-WITTMANN e DALL'AGNOL, 2002; FINATTO et al., 2011).

Não houveram indícios de autoincompatibilidade tardia, para ambos araçazeiros, já que em todos os tratamentos apresentaram formação e maturação dos frutos. As flores do araçazeiro amarelo não apresentam características morfológicas que impeça a autopolinização. Com isso, juntamente com a abundância de pólen, esse processo é favorecido (COSTA et al., 2015). As flores de *P. riparium* não apresentam nenhuma característica morfológica que evite a autopolinização, pelo contrário, é propiciada (COSTA et al., 2017).

Houve divergência no IAE entre os araçazeiros vermelho e amarelo. Valor elevado de IAE foi obtido para araçazeiro vermelho, demonstrando que apresentou boa capacidade de autopolinização, o que pode também ser observado na morfologia floral, que não apresentou heterostilia, dicogamia ou mecanismos de autoincompatibilidade gametofítica ou esporofítica. Já o araçazeiro amarelo apresentou valor inferior de IAE, o que demonstrou baixa capacidade de autopolinização, mesmo sem apresentar heterostilia, dicogamia ou mecanismos de autoincompatibilidade gametofítica ou esporofítica.

A ER de ambos araçazeiros foi alta (Tabela 28), indicando boa eficiência dos agentes polinizadores na transferência do pólen viável ao estigma da flor, assim como ocorre em *C. adamantium* (NUCCI e ALVES-JUNIOR 2017a; NUCCI e ALVES-JUNIOR 2017b). De acordo com Speroni et al. (2015) ambos araçazeiros precisam de vetor para polinização para que a frutificação ocorra, sem importar a origem do pólen, se é da mesma planta (autógama) ou de outra planta da mesma variedade (xenogamia) ou de outra forma taxonômica, mas não foi isso que observamos no presente trabalho,

pois houve formação de frutos nos tratamentos em que o vetor estava impossibilitado de fazer contato com a flor em antese.

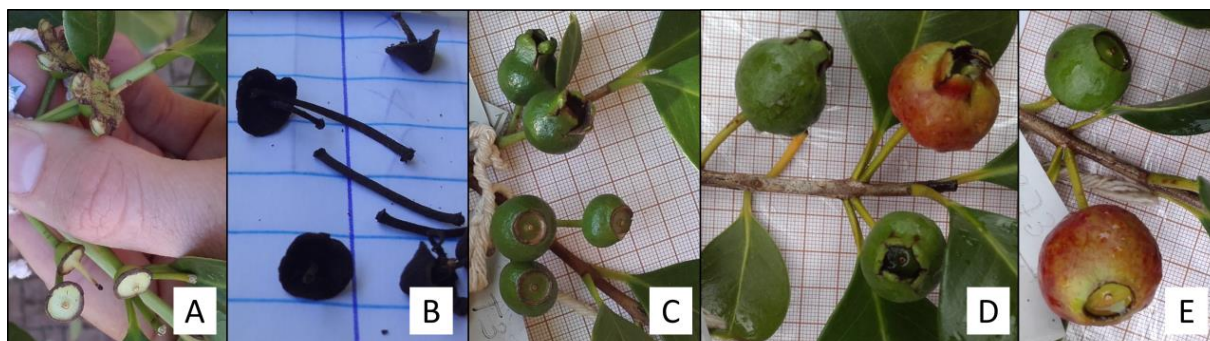
Nos tratamentos para verificar a apomixia não houve frutificação, sendo descartada a apomixia autônoma (sem necessidade de polinização) (SPERONI et al., 2015), mesmo resultado obtido no presente trabalho.

Dentre os tipos de apomixia existentes, pode-se afirmar que *P. cattleianum* não apresenta apomixia esporofítica, gametofítica apospórica ou embrionia adventícia (SOUZA-PÉREZ e SPERONI, 2017), que de acordo com Naumova (1981), esta última é a mais comum em angiospermas, resultando em múltiplos embriões, que dividem o mesmo endosperma gerando semente com embrião sexual e múltiplos embriões assexuais (DIJK e DAMME, 2000; HARTMANN et al., 2002). Como sementes de araçazeiro vermelho não apresentam poliembrionia, este tipo de apomixia não ocorre.

Na apomixia gametofítica diplospórica, o megásporo não sofre ou completa a meiose, mas apenas três mitoses consecutivas, formando saco embrionário com oito núcleos diploides ( $2n$ ), tendo mesmo arranjo que um saco embrionário sexual, sofrendo divisões espontâneas ou partenogênicas para formar o embrião sem pelo gameta masculino (GAUER e CAVALLI-MOLINA, 2000; HARTMANN et al., 2002; FINKELDEY, 2005; ALVES, 2007). Com o experimento realizado, apenas este tipo de apomixia poderia ter sido identificado. Para outras *Myrtaceae*, a ausência de polinização não permite a formação de frutos, descartando-se a hipótese de apomixia, para *C. adamantium* (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017b) e *Plinia* spp. (VILELA et al., 2012), porém, esta afirmativa pode ser errônea, devido aos outros tipos de apomixia que podem estar presentes, como a pseudogamia (apomixia com necessidade de polinização) (SPERONI et al., 2015).

Foi levantada a hipótese de que o ferimento causado pela emasculação pudesse ter sido o fator limitante para o tratamento de apomixia, causando o aborto da estrutura, porém na polinização cruzada também foi realizado tal procedimento, sem afetar a formação dos frutos (Figura 46). A apomixia pode ocorrer em araçazeiros, mas é necessário que ocorra polinização para formação do endosperma com a junção da célula  $1n$  do pólen e  $2n$  dos núcleos polares formando endosperma triploide, enquanto que o embrião pode vir a ser apomítico. Para algumas espécies, o embrião somático depende da fecundação do óvulo para a formação do endosperma que irá nutri-lo. Portanto, nem sempre há exclusão da reprodução sexual nas espécies

apomíticas (ALVES, 2007; ARAÚJO, 2015). Se houver mesmo apomixia nesta espécie, poderia ser explicada a invasividade desta espécie com rápida colonização (SOUZA-PÉREZ e SPERONI, 2017). Todavia, isto só pode ser comprovado com estudos na área da genética, identificando realmente se o material é idêntico a planta matriz (clone) ou oriundo de hibridação.



**Figura 46** – Flores de araçazeiro vermelho após a retirada do saco de papel (A); flores abortadas provenientes do tratamento apomixia (B); frutos de araçazeiro vermelho submetidos à autopolinização e polinização cruzada (superior e inferior respectivamente) em desenvolvimento (C); frutos de polinização aberta em maturação (D) e frutos de polinização cruzada em maturação (E).

#### 4.11.3 Características dos frutos das estratégias reprodutivas

As características físicas dos frutos de araçazeiros não sofreram influência em função do método de reprodução, demonstrando uniformidade dos frutos independente da estratégia reprodutiva que o originou, mas apenas o número de sementes apresentou diferença estatística significativa (Tabela 29). Foi obtida maior produção de sementes no tratamento de polinização aberta para araçazeiro vermelho. Para o tipo amarelo, o tratamento que propiciou a autopolinização apresentou maior produção de sementes, mas não diferiu significativamente de polinização aberta. Pôde-se observar que o araçazeiro amarelo produziu duas vezes mais sementes que o araçazeiro vermelho, mesmo apresentando maior número de óvulos e maior viabilidade do pólen. O araçazeiro vermelho produziu menor número de sementes que o tipo amarelo, mas em contrapartida o tipo amarelo produz maior quantidade de pólen, o que pode ter contribuído para atingir tal resultado.

Acredita-se que a maior quantidade de sementes produzida no tratamento polinização aberta se deu, pois, os insetos não encontraram impedimento

para chegar as flores, realizando assim maior transferência de pólen até o estigma. Fato este que provavelmente não ocorreu nos demais tratamentos em quantidade suficiente para promover maior fecundação dos óvulos.

**Tabela 29** – Diâmetro polar (DP) e equatorial (DE), massa fresca (MF), número de sementes (NS) e sólidos solúveis (SS) de frutos de araçazeiro vermelho e araçazeiro amarelo cv. Ya-Cy, provenientes de diferentes estratégias reprodutivas.

| Araçazeiro vermelho        |                    |                    |                    |          |                     |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------|---------------------|
| Estratégia reprodutiva     | DP (mm)            | DE (mm)            | MF (g)             | NS       | SS (°Brix)          |
| Polinização aberta         | 2,11 <sup>ns</sup> | 2,50 <sup>ns</sup> | 8,16 <sup>ns</sup> | 23,36 a* | 11,75 <sup>ns</sup> |
| Polinização cruzada        | 2,02               | 2,36               | 6,75               | 14,50 b  | 12,07               |
| Autopolinização            | 2,02               | 2,39               | 6,91               | 14,40 b  | 11,96               |
| Autopolinização espontânea | 1,91               | 2,16               | 5,46               | 11,70 b  | 10,92               |
| Araçazeiro amarelo         |                    |                    |                    |          |                     |
| Polinização aberta         | 1,86 <sup>ns</sup> | 2,08 <sup>ns</sup> | 4,92 <sup>ns</sup> | 46,50 ab | 11,51 <sup>ns</sup> |
| Polinização cruzada        | 1,98               | 2,22               | 5,92               | 32,02 bc | 11,43               |
| Autopolinização            | 1,92               | 2,16               | 5,88               | 48,75 a  | 11,41               |
| Autopolinização espontânea | 2,13               | 2,20               | 5,87               | 27,31 c  | 11,91               |
| C.V.(%)                    | 9,5                | 8,3                | 16,7               | 6,9      | 8,1                 |

\*Médias acompanhadas por letras distintas diferem significativamente pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) em cada tipo de araçazeiro. ns: não significativo pelo teste F.

Os araçazeiros apresentam grande versatilidade para produção dos frutos, pois percebeu-se que mesmo na ausência de polinizadores, houve frutificação, como pode ser observado na autopolinização espontânea. Mas os frutos apresentaram menores quantidades de sementes, demonstrando menor eficiência na transferência de pólen para o estigma da própria flor, que pode ter ocorrido devido a aplicação dos tratamentos apenas uma vez por flor, o que não ocorre na polinização aberta, onde várias são as vezes que o estigma é tocado com pólen. Em relação a plantios comerciais, o fato de não necessitar de genótipos polinizadores, pode evitar a incompatibilidade de sincronia durante a floração. Com a autopolinização espontânea foram observados os menores valores para produção de sementes,

acreditando ser devido a ineficiência na transferência do pólen das anteras da própria flor para seu estigma na ausência de vetores.

#### 4.11.4 Vigor de sementes provenientes das estratégias reprodutivas

O teste de germinação foi observada interação significativa entre os fatores avaliados na primeira contagem de germinação (Tabela 30), onde o araçazeiro amarelo mostrou superioridade estatística em relação ao vermelho, e não diferiu entre as estratégias reprodutivas avaliadas. Já o araçazeiro vermelho, apresentou maiores médias nos tratamentos que avaliaram a polinização aberta e autopolinização.

**Tabela 30** – Primeira (PC) e última contagem (UC) de germinação e comprimento total (CT) de plântulas de araçazeiro vermelho e amarelo cv. *Ya-Cy* com diferentes estratégias reprodutivas.

| Estratégia reprodutiva     | PC (%)   | UC (%)   | CT     |
|----------------------------|----------|----------|--------|
| Vermelho                   |          |          |        |
| Polinização aberta         | 11,42 aB | 73,00 a  | 5,19 a |
| Polinização cruzada        | 3,27 bB  | 66,52 a  | 4,86 a |
| Autopolinização            | 11,32 aB | 76,04 a  | 5,07 a |
| Autopolinização espontânea | 2,28 bB  | 50,90 b  | 4,13 b |
| Amarelo                    |          |          |        |
| Polinização aberta         | 40,98 aA | 65,18 a  | 5,14 a |
| Polinização cruzada        | 40,76 aA | 55,42 ab | 5,31 a |
| Autopolinização            | 37,95 aA | 53,58 b  | 5,25 a |
| Autopolinização espontânea | 55,46 aA | 60,30 ab | 4,47 b |
| C.V.(%)                    | 20,7     | 12,66    | 8,7    |

\*Médias acompanhadas de letras distintas diferem pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) em cada tipo de araçazeiro. ns: não significativo pelo teste F.

Na última contagem de germinação, em araçazeiro vermelho, foi observada superioridade estatística no tratamento polinização aberta, mas não diferiu significativamente de autopolinização e de polinização cruzada (Tabela 30). Na avaliação do vigor das sementes, as provenientes de polinização aberta, autopolinização e polinização cruzada foram superiores a autopolinização espontânea, para o comprimento da plântula, demonstrando melhor qualidade de sementes em

ambos tipos de araçazeiros. A polinização aberta permite a troca de gametas entre diferentes indivíduos, o que resulta em maior variabilidade genética (AMICO et al., 2014), conferindo assim maior vigor das sementes formadas.

Para araçazeiro amarelo a última contagem da germinação os valores foram superiores para as sementes provenientes de polinização aberta, autopolinização espontânea e polinização cruzada (Tabela 30). Em todos os tratamentos, os valores obtidos foram elevados, com mais de 50% de germinação. Acredita-se que a expressão do vigor em araçazeiro amarelo, avaliado com a germinação, não se apresentou como ferramenta confiável para afirmar qual das estratégias realmente apresenta maior vigor. Testes posteriores com as plantas provenientes destes cruzamentos devem ser realizados para acompanhar seu crescimento e desenvolvimento.

Supõe-se que os melhores resultados obtidos em polinização aberta podem ser decorrentes de melhor eficiência dos vetores em levar o pólen até o estigma, fato que não ocorreu para autopolinização espontânea, mostrando a clara necessidade de vetor para transferência de pólen até o estigma. Com os vetores visitando outras plantas, pode estar ocorrendo troca de material genético entre os indivíduos, resultando em maior vigor das progênies. Além disso, com a manipulação das peças florais nos demais tratamentos, o processo de germinação de pólen e fecundação dos óvulos em polinização aberta ocorreu naturalmente, portanto melhor formação de embriões, sendo em parte comprovado pela germinação e número de sementes.

O comprimento de plantas apresentou comportamento semelhante em araçazeiro vermelho e amarelo (Tabela 30). Sementes provenientes do tratamento autopolinização espontânea apresentaram o menor comprimento de plântulas, significativamente diferente das demais, provavelmente a qualidade do pólen transferido, ou a quantidade, não permitiram o correto desenvolvimento do embrião ou reservas das sementes, por diferenças na carga hormonal produzida.

No caso de polinização aberta e polinização cruzada esta característica pode ser resultado do aumento na variabilidade genética, conferido pela recombinação gênica de diferentes indivíduos, obtido pela polinização cruzada, que é mecanismo da natureza responsável por incrementar a variabilidade genética, reduzindo-se chances de depressão endogâmica, além de auxiliar na adaptação populacional às mudanças ambientais (MORRAN et al., 2009).

#### 4.12 VISITANTES FLORAIS DE ARAÇAZEIROS

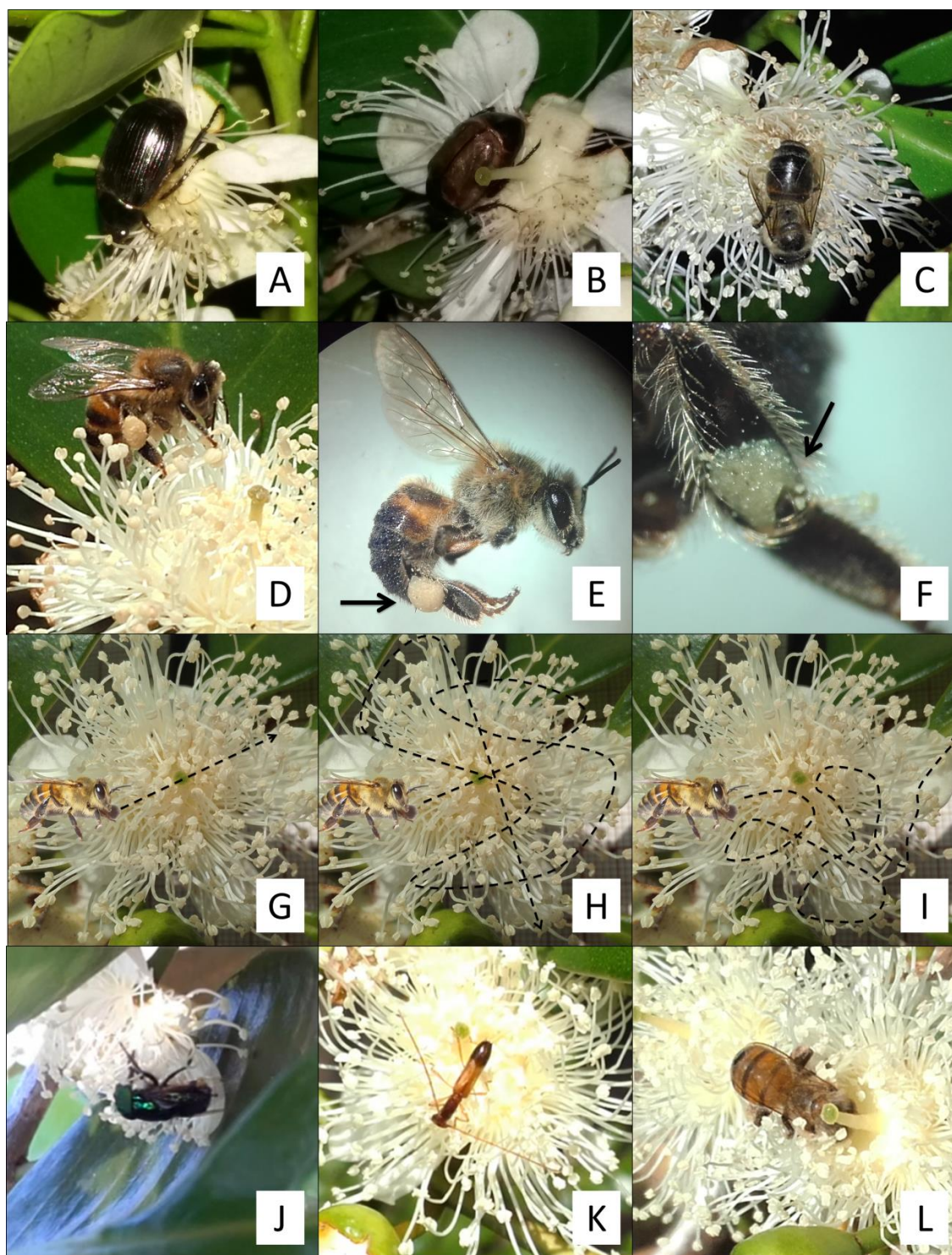
A maior parte das espécies florestais de regiões tropicais e subtropicais são polinizadas por insetos (FINKELDEY, 2005). Em araçazeiro vermelho, coleópteros se alimentaram de partes de flores senescentes durante a madrugada (Figura 47A e Figura 47B), com desaparecimento ainda antes da alvorada.

Em araçazeiro vermelho a presença de insetos ocorreu somente a partir das 6:30 h, com apenas *A. mellifera*, forrageando principalmente flores de um dia após a antese (Figura 47C). Neste momento, a quantidade de insetos foi pequena, com pouco interesse durante as visitas, não mais que um inseto por flor.

Com araçazeiro amarelo, pouco antes das 10:00 h, haviam apenas dípteros sobre as folhas, pertencentes ao gênero *Palpada* (Figura 48A) e da família *Sarcophagidae* (Figura 48B), sem interesse pelas flores, ao contrário de algumas unidades de coleópteros *D. speciosa* em pequeno número. Até a antese não foram observadas *A. mellifera* no araçazeiro amarelo, mas nas plantas espontâneas apresentavam elevada atividade (Figura 48C).

A partir da antese completa de grande parte das flores do tipo vermelho, aproximadamente as 7:00 h, houve aumento no número de *A. mellifera* (algumas dezenas), que passavam bastante tempo sobre as flores ( $\approx 30$  a 90s) e pareciam buscar apenas pólen, já que procuram as anteras durante a visita, mostrando pouco interesse nas partes mais internas da flor, esfregando o corpo nas anteras (Figura 47D), trazendo pólen até as patas traseiras que apresentavam grande acúmulo deste (Figura 47E e Figura 47F). *A. mellifera* realizavam caminho linear, passando normalmente uma vez pelo estigma (Figura 47G) e todas as direções e sentidos na flor, passando mais de uma vez sobre o estigma (Figura 47H), tocando-o com o abdômen, ambas caracterizadas como visitas como legítimas, comportamento já relatado para *A. mellifera* em *P. guajava* (ALVES e FREITAS, 2006).

Após antese completa das flores de araçazeiro amarelo, aproximadamente 10:30 h, abelhas nativas da família *Halictidae* realizaram visitas (Figura 48E, Figura 48H e Figura 48I), insetos pequenos que exploram as anteras das flores (Figura 48H), passando próximo ou sobre o estigma durante suas visitas, com deposição de pólen no abdômen (Figura 48I), região de contato direto com o estigma durante a maioria das visitas, caracterizando as visitas como legítimas.



**Figura 47** – Visitantes florais de araçazeiro vermelho. Coleópteros (*Scarabaeidae*) se alimentando de peças florais (A e B). *Apis mellifera* em flores um dia após antese (C). *Apis mellifera* forrageando (D), com acúmulo de pólen nas patas traseiras (indicado pela seta) (E e F). *A. mellifera*, com indicação de caminho linear (G), explorando diversas partes da flor (H) e forrageamento na região lateral da flor (I). Mosca varejeira (*Calliphoridae*) (J), besouro de antenas longas (*Cerambycidae*) (K) e mosca (*Sarcophagidae*) (L). *Apis mellifera* forrageando as anteras centrais e tocando no estigma com os pêlos dorsais (L).

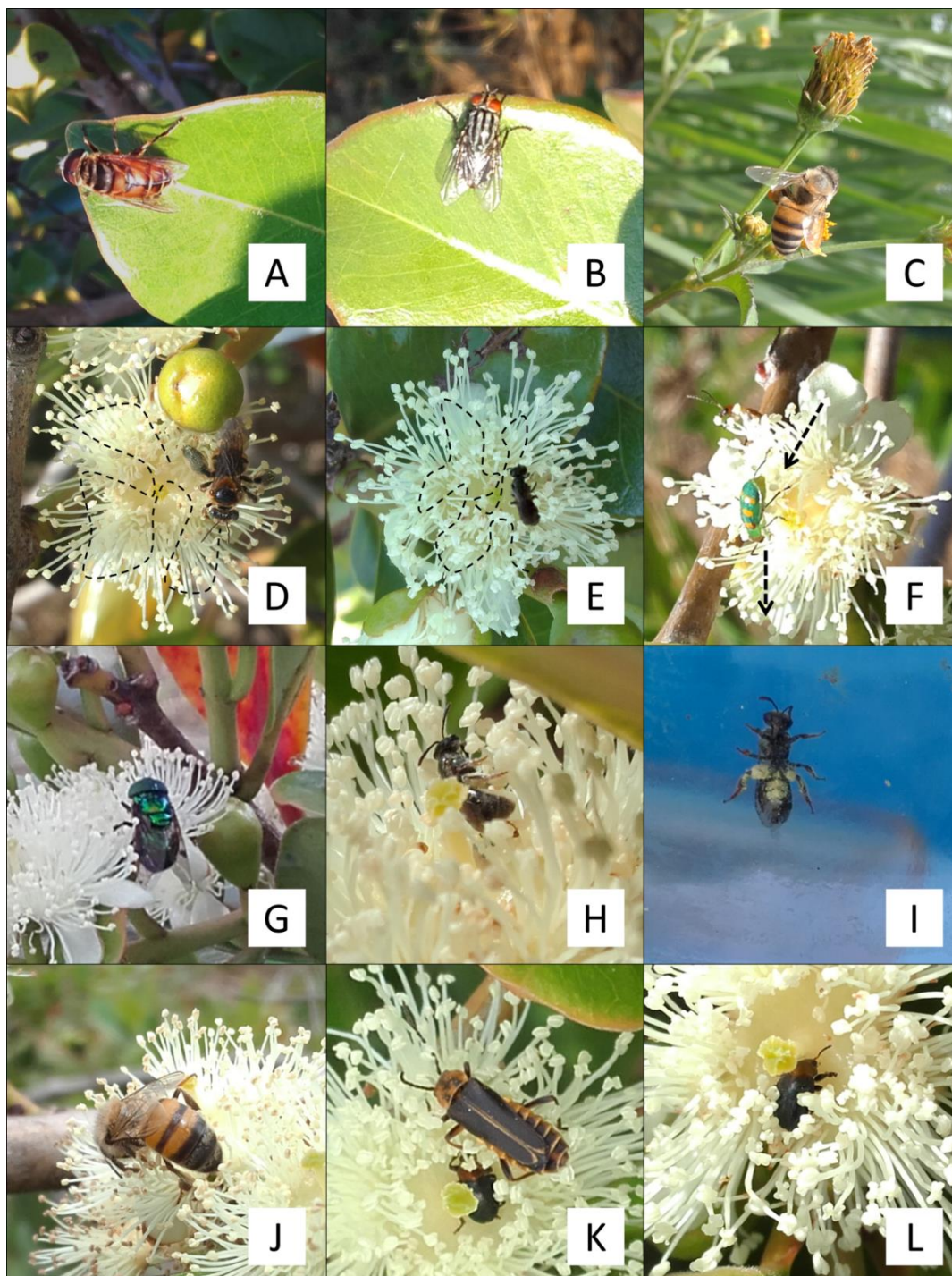


Visitas realizadas logo após a abertura das flores podem levar a melhores índices de polinização (ALVES e FREITAS, 2006), em araçazeiro vermelho *A. mellifera* foi o primeiro e mais abundante visitante, no tipo amarelo foram abelhas da família *Halictidae*. Mesmo sendo descritos como mesma espécie produtora de frutos amarelos ou vermelhos, estas plantas apresentaram polinizadores distintos. Esse comportamento pode estar relacionado a evolução reprodutiva da espécie, com atração de determinado polinizador de acordo com o hábito de forrageamento.

Aproximadamente uma hora após a antese houve aumento significativo no número de *A. mellifera* em araçazeiro vermelho, com zumbido audível a alguns metros da planta, devido à alta atividade dos insetos, que derrubavam peças florais de flores senescentes, causando “chuva de pétalas e estames”. A maior parte das flores comportava apenas um inseto. As visitas eram prolongadas ( $\approx 30$  à  $70$ s), nas flores em antese completa e os insetos buscavam explorar as anteras individualmente, passando menos vezes pelo centro da flor (Figura 47I). Verificou-se que nas flores menos abertas a visita foi rápida ( $\approx 3$ s) e sem interesse neste horário.

Ainda uma hora após antese, em araçazeiro vermelho, dípteros da família *Calliphoridae* (Figura 47J), exploravam as anteras, bem como, coleópteros da família *Cerambycidae* (Figura 47K) se alimentando destas. Ambos tocavam o estigma durante a visita, mas foram considerados polinizadores ocasionais pelo número reduzido de exemplares e ausência de locais com aderência de pólen no corpo.

Em araçazeiro amarelo, aproximadamente uma hora após a antese completa, abelhas nativas da família *Halictidae* estavam presentes em grande número, com permanência alta (30 s) e exploravam as anteras, resultando no acúmulo de pólen em seu abdômen (Figura 48I), passando várias vezes pelo estigma ou próximo dele (Figura 48E). Também foram observadas abelha nativa *Exomalopsis* sp. (Figura 48D), de ritmo mais frenético, com pólen aderido por todo o corpo, principalmente no abdômen. As grandes patas traseiras varriam o pólen aderido, acumulando-o durante as visitas. Maior número de *D. speciosa* forrageando as flores foram observadas explorando anteras e passando pelo estigma, tocando-o com o abdômen ao passar de uma flor para outra, demonstrando comportamento de exploração menos eficiente, quando comparadas às visitas das abelhas (Figura 48D e Figura 48E), com caminho percorrido no sentido linear (Figura 48F). Por não apresentar aderência de pólen ao corpo, *D. speciosa* foi considerada polinizadora ocasional.

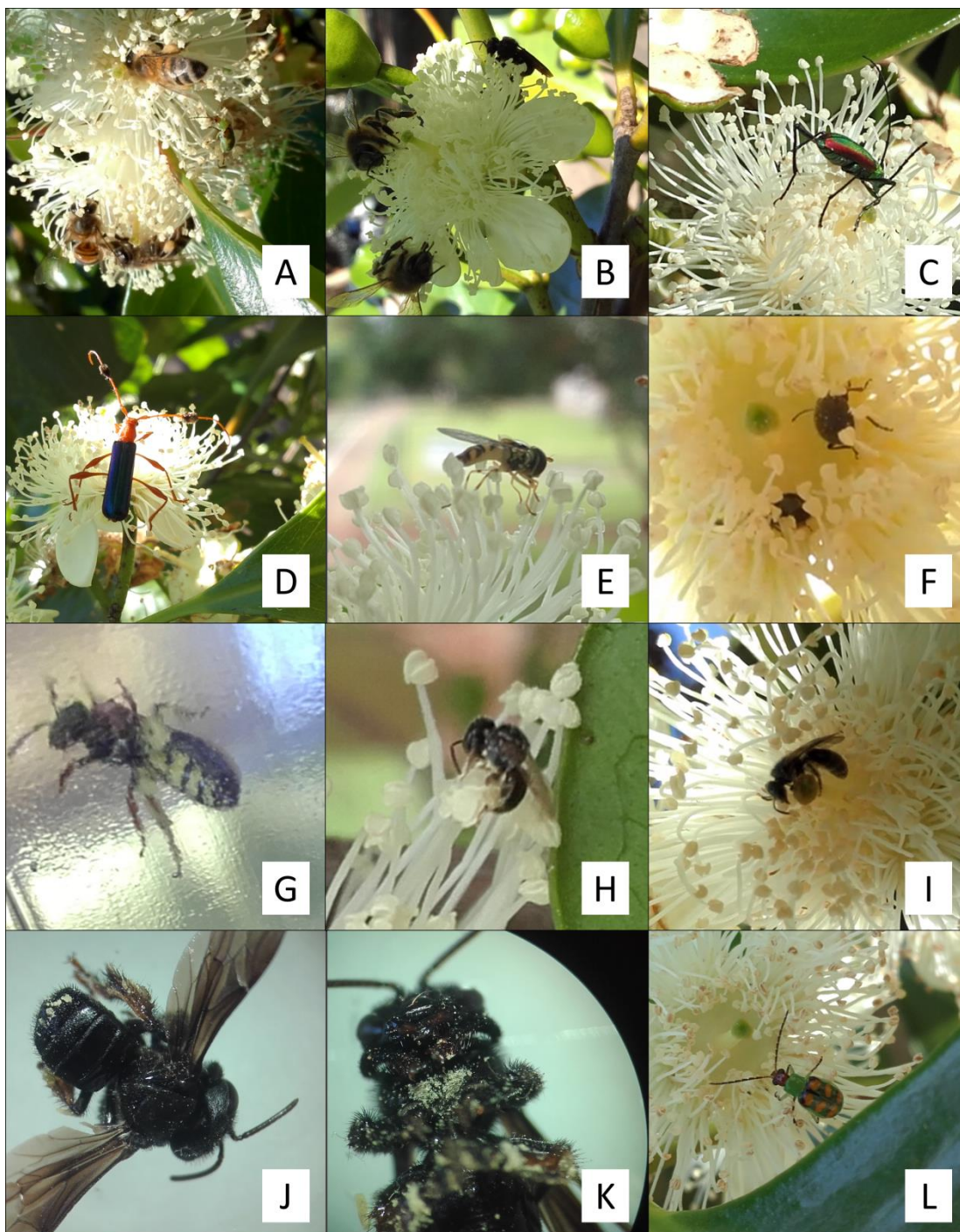


**Figura 48** – Visitantes florais de araçazeiro amarelo. Dipteros do gênero *Palpada* (A) e da família *Sarcophagidae* (B) nas folhas. *Apis mellifera* em flores de *Bidens pilosa* (C). Caminho percorrido (linha tracejada) por *Exomalopsis* sp. (D) e da família Halictidae (E). *Diabrotica speciosa* realizando visitas com movimento no sentido linear (linha tracejada) (F). Moscas varejeiras (*Calliphoridae*) (G). Abelha nativa da família Halictidae explorando anteras, próximo ao estigma (H) e com pólen aderido ao abdômem (I). *Apis mellifera* realizando visitas legítimas (J). Coleópteros do gênero *Nisotra* (interior da flor) e família Lampyridae (maior tamanho) (K). Besouros *Nisotra* sp. explorando interior das flores (L).

Apenas alguns exemplares de *A. mellifera* foram observados realizando visitas às flores de araçazeiro amarelo, explorando também as anteras e passando eventualmente pelo estigma durante as visitas (Figura 48J), diferente de araçazeiro vermelho, que apresenta elevada atividade desta espécie. *A. mellifera* pode ser considerada polinizadora ocasional para araçazeiro amarelo, pelo baixo número de exemplares observados. Moscas varejeiras (*Calliphoridae* sp.) se fizeram presentes realizando visitas legítimas (Figura 48G) e devido ao grande tamanho quando comparada a flor de araçazeiro amarelo, tocavam o estigma durante a visita, sendo consideradas polinizadores ocasionais. Nas flores senescentes, foram observados muitos coleópteros (*Nisotra* sp.) (Figura 48L), bem como, nas flores em antese.

Aproximadamente 1:30 h após antese de araçazeiro vermelho, as flores recebiam até cinco visitas por minuto, na sua grande maioria de *A. mellifera*, buscando estames centrais das flores com pouso sobre ou próximo ao estigma. Devido ao tamanho dos estames nesta região, ao curvar-se em busca de recursos florais, as *A. mellifera* tocavam o estigma com os pêlos dorsais (Figura 47L).

As duas horas após antese, muitas flores de araçazeiro vermelho apresentaram mais de um inseto (Figura 49A e Figura 49B), com longos períodos de forrageamento das *A. mellifera* ( $\approx 20$  a 120s) e movimentos rápidos para todas as direções nas flores, mas com maior foco na região central da flor. Na região superior da planta haviam mamangavas, que pousaram em poucas flores e saíram das proximidades da planta, comportamento que pode propiciar transferência de pólen a longas distâncias. Abelhas nativas *T. spinipes* (Figura 49B, Figura 49J e Figura 49K), passaram menos vezes próximo ao estigma, mas permanecendo por período prolongado (120s). *Trigona* é relatada como causadora de danos em algumas culturas, mas em *P. guajava* foi a espécie predominante (STUART et al., 2004). Outra abelha nativa da família *Halictidae* estava presente (Figura 49G, Figura 49H e Figura 49I), cujo tamanho era menor que a antera, parecia buscar apenas pólen, passando poucas vezes sobre o estigma, mas permaneciam por grandes períodos nas flores ( $\approx 60$ s). Estes pequenos insetos, que colhem pólen sem tocar o estigma, apresentaram comportamento pilhador (COSTA et al., 2015). Mas por passar ocasionalmente pelo estigma, ambas abelhas podem ser consideradas polinizadores ocasionais.



**Figura 49** – Visitantes florais de araçazeiro vermelho. Presença abundante de *A. mellifera* (A). *Apis mellifera* e abelha Arapuá (*Trigona spinipes*) (B), besouro verde (*Chrysoprasis*) (C). Besouro guitarrista (*Compsocerus violaceus*) (D). *Allograpta obliqua* (E). Coleopteros predando peças florais (F). Representantes da família *Halictidae*. Com pólen aderido ao abdômen e tocando o estigma durante a visita. (G, H e I). Abelhas Arapuá (*Trigona spinipes*) com acúmulo de pólen nas patas traseiras (J) e pólen aderido a parte superior do abdômen (K). Vaquinha verde amarela (*Diabrotica speciosa*) (L).

Neste mesmo horário ainda, observou-se o besouro guitarrista (Figura 49D) realizando visitas legítimas, passando de uma flor para outra caminhando, não voando como as *A. mellifera*, transferindo pólen apenas para as flores da mesma planta, propiciando principalmente a autopolinização. *Diabrotica speciosa* (vaquinha verde e amarela ou brasileirinha) estavam claramente pilhando, mas passavam ocasionalmente pelo estigma, bem como, alguns coleópteros de maior tamanho, besouro verde (*Chrysoprasis*) (Figura 49C). Muitas espécies de besouros preferem se alimentar de flores ou parte delas durante as visitas (FINKELDEY, 2005). Estes faziam pilhagem de pólen, mesmo tocando o estigma durante as visitas, mas foram considerados pilhadores, pois não foi percebido adesão de pólen ao corpo. Algumas vespas estavam presentes nas flores.

Pelo comportamento e quantidade de insetos observados, as duas horas após a antese, foi considerado pico de visitação para ambos araçazeiros. O mesmo ocorre para *E. uniflora* (DINIZ e BUSCHINI, 2016), já que grande variedade e número de insetos foi encontrado. As visitas de insetos ocorrem principalmente nas primeiras horas após a antese, apresentando padrão decrescente ao longo do dia assim como relatado para *P. guajava* (STUART et al., 2004).

Os insetos mais numerosos as duas horas após antese em araçazeiro amarelo, foram as abelhas nativas da família *Halictidae*, polinizadora efetiva (Figura 48E, Figura 48H e Figura 48I) e *D. speciosa*, polinizadores ocasionais (Figura 48F). Foram também encontradas *A. mellifera*, como polinizadores ocasionais (Figura 48J), abelhas nativas *Exomalopsis* sp., polinizadores efetivos (Figura 48D), coleópteros de pequeno tamanho do gênero *Nisotra* sp. (Figura 48L) e coleópteros maiores da família *Lampyridae*, como pilhadores (Figura 48K). Para *E. uniflora* o pico de visitas ocorreu nas horas mais quentes do dia (DINIZ e BUSCHINI, 2016), assim como para o araçazeiro amarelo no presente estudo.

Em araçazeiro vermelho, as três horas após antese estavam presentes *A. mellifera* em menor número, mas ainda foi o inseto predominante, com visitas rápidas ( $\approx 20$ s) mamangavas, mas apenas em poucas flores, abelhas nativas *Halictidae* e *Exomalopsis* com visitas legítimas, *Allograpta obliqua* (Figura 49E), apenas pilhando pólen das anteras. Parecia que os insetos não encontravam mais recurso, mas continuava procurando, principalmente nas flores sombreadas do interior da copa. Após este período houve diminuição no número de abelhas, que procuravam apenas as flores abrigadas da radiação solar com diminuição no tempo de

permanência nas flores ( $\approx 15s$ ) e aumento no número de coleópteros predando ou realizando polinização ocasionalmente, no caso de *D. speciosa*.

Neste mesmo período, em araçazeiro amarelo houve diminuição no número de insetos realizando visitação. Os principais visitantes observados foram abelhas nativas da família *Halictidae*, pouquíssimas unidades de *A. mellifera*, abelhas *Exomalopsis* sp e moscas varejeiras da família *Calliphoridae* realizavam visitas legítimas. A abelha nativa *Exomalopsis* sp., não diminuíram seu ritmo frenético, visitando muitas flores com curto período de tempo. Esta abelha nativa foi descrita como polinizadora de *C. adamantium*, pois ao coletarem o pólen, tocavam em suas estruturas reprodutivas favorecendo a polinização (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017a) assim como, observou-se em araçazeiro amarelo. O número de *D. speciosa* e coleópteros do gênero *Nisotra* encontravam-se em maior número, mas podem ser considerados como polinizadores ocasionais e pilhadores, respectivamente.

Para ambos araçazeiros foi observado diminuição significativa dos visitantes florais. Em araçazeiro vermelho restavam apenas algumas dezenas de *A. mellifera*, somente em flores abrigadas do sol, já *T. spinipes* estavam presentes nas flores, mais que uma por flor, apresentavam grande quantidade de pólen aderido nas patas traseiras e região dorsal do abdômen (Figura 49J) ao corpo que apresentava-se salpicado de branco (Figura 49K), coleópteros na região mais central das flores (Figura 49F) e outros maiores, como o besouro guitarrista (*Compsocerus violaceus*) (Figura 49D) e besouro da roseira (*Rutela lineola*) que são pilhadores, se alimentando das anteras, mas por passarem esporadicamente pelas peças florais foram considerados polinizadores ocasionais. Acredita-se que o grande número de *A. mellifera* nas primeiras horas após a antese, em araçazeiro vermelho, impactou diretamente no número e na diversidade de outros visitantes florais, pois de acordo com Diniz e Buschini (2016) o recurso floral fica escasso e a redução do número de visitantes se deve à ausência de pólen nas anteras (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017a).

O final das visitações para araçazeiro vermelho iniciou cinco horas após antese, estando presentes algumas *D. speciosa* (Figura 49L), seis horas após antese, as visitas de *A. mellifera* praticamente foram inexistentes, assim como algumas unidades de *Tetragonisca* sp. (abelha jataí) nas anteras, mas não no estigma e os coleópteros continuavam no interior das flores, bem como, algumas vespas papel nas folhas. Esta baixa quantidade de visitantes estendeu-se até as nove horas após

antese, quando os únicos insetos presentes foram pequenos coleópteros predando as flores.

Araçazeiro amarelo apresentou comportamento semelhante, cinco horas após a antese, apenas os coleópteros do gênero *Nisotra* e *D. speciosa* permaneciam em grande número. Abelha nativa *Exomalopsis* sp., apesar de estar em menor número, se mostrou muito ativa. O final das visitas da maioria dos insetos ocorreu seis horas após a antese, quando não foram observados visitantes florais, além de coleópteros do gênero *Nisotra* e *D. speciosa*.

Os araçazeiros apresentam cornucópia, já que sua floração permite a polinização por diversos grupos de organismos com diferentes estratégias de forrageamento, estratégia predominante em árvores tropicais (RECH et al., 2014), associada a melitofilia (FAEGRI e PIJL, 1979), pela intensa atividade de abelhas nesta espécie. Pelo fato de todos os visitantes florais serem da classe Insecta, com diversidade de espécies de diferentes ordens e famílias, apresenta polinização entomófila e generalista (SPERONI et al., 2012; PERLEBERG, 2017).

A família *Hymenoptera* é o grupo mais importante em florestas tropicais e de clima temperado e as abelhas, são um grupo rico, as quais visitam grande variedade de espécies florestais, mas a maioria dos voos são entre diferentes flores de uma mesma planta (FINKELDEY, 2005). Costa et al. (2015) relatam a ordem *Hymenoptera* como a mais abundante dentre os visitantes florais, para *P. cattleianum*, com destaque para as abelhas. *A. mellifera* é o polinizador principal de várias espécies da família *Myrtaceae*, a exemplo da *C. adamantium* (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017a), *M. guianensis* e *M. laruotteana* (PIRES e SOUZA, 2011), *P. guajava* (ALVES e FREITAS, 2007) e *E. involucrata* (REGO et al., 2006), bem como para o araçazeiro vermelho no presente trabalho.

Nas *Myrtaceae*, o pólen costuma ser o principal recurso oferecido aos polinizadores (GRESSLER et al., 2006). O principal recurso oferecido aos visitantes florais de araçazeiros foi o pólen, assim como já descrito para a espécie (ALVES e FREITAS, 2006; FREITAS e ALVES, 2008; SPERONI et al., 2012; SPERONI et al., 2015) bem como para *C. adamantium* (NUCCI e ALVES-JÚNIOR, 2017a), *E. uniflora* (DINIZ e BUSCHINI, 2016) e *M. dubia*, (MAUÉS e COUTURIER, 2002), atraindo grande quantidade de visitantes, o que rapidamente limitou sua disponibilidade nas flores. Além de pólen, outros recursos florais, procurado principalmente pelos pilhadores, foram peças florais como anteras, filetes e pétalas, assim como já relatado

por Costa et al. (2015), ocasionada por coleópteros, o que pode afetar a atratividade das flores. Os pilhadores, além de não favorecer a polinização, pode reduzir a quantidade de pólen disponível (COSTA et al., 2015).

Muitos dos visitantes florais são comuns para ambos araçazeiros (SPERONI et al., 2012), mas é evidente o nível de importância de cada espécie, primeiramente a *A. mellifera* que apresenta grande importância para o tipo vermelho. Stuart et al. (2004) relataram baixa atividade de *A. mellifera* em *P. guajava* devido a agressividade de outras espécies. Em araçazeiro amarelo houve baixa atividade de *A. mellifera*, porém não em função da agressividade de outros insetos, mas pelo interesse por suas flores. As abelhas *Halictidae* são o principal polinizador em araçazeiro amarelo, mas no tipo vermelho está presente em pequena quantidade. Em ambos araçazeiros são considerados polinizadores ocasionais as moscas varejeiras e as *D. speciosa*, e pilhadores comuns para os araçazeiros apenas o coleóptero *Nisotra*.

O pico de visitação ocorre duas horas após antese, tanto em araçazeiro amarelo como no tipo vermelho e o final da visitação aproximadamente seis horas após a antese. Comportamento semelhante já foi reportado para *P. guajava*, onde o pico de visitação se dá uma hora após o início da antese. O final das visitas ocorreu por volta das 12:00 h, sem visitas no turno vespertino (ALVES e FREITAS, 2006; FREITAS e ALVES, 2008).



## 5 CONCLUSÕES

O crescimento vegetativo do araçazeiro vermelho tem início em julho, prolongando-se até novembro. A floração inicia-se em outubro e vai até novembro. A maturação dos frutos inicia no final de dezembro com término em início de março.

O araçazeiro amarelo apresenta três ciclos de produção. O crescimento vegetativo do araçazeiro amarelo ocorre entre julho e outubro e entre janeiro a abril. A floração ocorre entre setembro e novembro e, janeiro a março. Já a maturação dos frutos entre dezembro e fevereiro e, de abril a setembro.

No que se refere a fenologia, o araçazeiro vermelho produziu em apenas única vez ao ano, enquanto que o araçazeiro amarelo apresentou surtos de produção três vezes ao ano.

As fenologias de ambos araçazeiros foram divididas em 11 fases.

A floração e maturação dos frutos de araçazeiros acompanham as oscilações de fatores abióticos de precipitação e temperatura.

As flores de araçazeiro têm duração de um dia, com liberação de odor na antese completa, a partir das 7:30 h para araçazeiro vermelho e 10:30 h para amarelo.

As flores de araçazeiros são generalistas e atraem grande variedade de visitantes.

As flores de araçazeiros apresentam grande quantidade de pólen, superiores a 250 mil e 300 mil grãos de pólen por flor, de araçazeiro vermelho e amarelo, respectivamente.

Não há produção de néctar em flores de araçazeiros.

A luminescência não apresenta resultado claro para identificação de osmóforos nos araçazeiros.

O recurso floral oferecido por ambos araçazeiros é o pólen. O odor e a coloração branca das flores, em contraste com o verde das folhas, são os responsáveis pela atração dos polinizadores a longa e curta distância.

O sistema reprodutivo feminino já está receptivo antes da antese, mas o pólen só está maduro após a antese, mais precisamente quando ocorre a liberação de odor, que por sua vez, é muito agradável e adocicado.

As anteras são responsáveis pela liberação de odor.

Os testes de coloração e peróxido de hidrogênio são efetivos na identificação da receptibilidade do estigma.

Os araçazeiros vermelho e amarelo apresentam estigma receptivo antes da antese e liberação de pólen com a antese completa.

Os corantes superestimam a viabilidade polínica dos araçazeiros.

O pólen deve ser coletado após a antese.

O pólen deve ser desidratado por no máximo seis horas e em ambiente refrigerado.

Para germinação do pólen de araçazeiro vermelho o meio deve ser constituído de ágar 1%, sacarose 10% e ácido bórico 50 mg L<sup>-1</sup> e deve ser incubado em temperatura entre 15 e 20°C.

Para germinação de pólen de araçazeiro amarelo o meio deve ser constituído de ágar 2%, sacarose 10% e ácido bórico 50 mg L<sup>-1</sup>, incubados a 20 ou 25°C.

Em araçazeiro vermelho o tubo polínico alcançou o ovário entre 24 e 36 horas após a polinização e no araçazeiro amarelo entre 24 e 48 horas.

Ocorre autopolinização espontânea em altos níveis para araçazeiro vermelho e baixos níveis para amarelo.

Araçazeiros são auto compatíveis, mas oferecem recursos tróficos para atrair polinizadores.

Os polinizadores apresentam importante papel na fertilização de flores de araçazeiro amarelo.

*Apis mellifera* é o polinizador efetivo de araçazeiro vermelho.

Abelhas nativas da família *Halictidae* e *Exomalopsis* sp. são os polinizadores efetivos de araçazeiro amarelo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não só a coloração dos frutos, mas o porte das plantas, fenologia, floração, formato das folhas e polinização demonstraram diferenças entre os araçazeiros.

Os araçazeiros, vermelho e amarelo, tem comportamento distinto durante a antese, no que se refere aos horários de abertura floral, liberação de odor, atração dos polinizadores e espécies de insetos que realizam a polinização.

Com a elaboração da escala fenológica com imagens e descrição detalhada da fenologia de ambos araçazeiros, trabalhos posteriores com esta espécie serão facilitados. A elaboração de escala fenológica, dividindo as fases de acordo com as características durante o desenvolvimento, será de grande valia para trabalhos visando relacionar tratos culturais e manejo da cultura com a fase que se encontra, servindo-se de parâmetro importante para decisão do fruticultor.

Os araçazeiros não apresentam barreiras físicas que impeçam a deposição de pólen da própria flor no estigma, são plantas extremamente versáteis em relação a estratégia reprodutiva, já que para a produção de frutos, não há necessidade de outros genótipos nem de polinizadores, mas a presença de ambos aumenta consideravelmente a frutificação efetiva, tamanho de frutos e número de sementes por frutos.

É espécie auto compatível, já que foi observado crescimento do tubo polínico até o ovário e não foi observada autoincompatibilidade tardia.

Os dados obtidos com esta pesquisa trazem grande conhecimento a respeito do comportamento reprodutivo, interações com o ambiente e com a fauna polinizadora, servindo de base para muitas pesquisas mais aprofundadas.

Os araçazeiros não apresentam apomixia esporofítica ou gametofítica, mas deve-se realizar estudos com avaliação do perfil genético de progênies para fazer tal afirmativa.

Foi possível gerar protocolo de germinação de grãos de pólen para ambos tipos de araçazeiros, mas acredita-se que para araçazeiro amarelo ainda pode ser aprimorado. Os corantes não são eficazes para avaliar a viabilidade polínica em araçazeiros, pois superestimam a mesma corando grãos de pólen inviáveis.

Não foi possível manter a viabilidade do pólen durante o armazenamento, que foi dificultada pela natureza recalcitrante dos grãos de pólen dos araçazeiros, já que cuidados devem ser tomados para retirar a água, para evitar a formação de cristais de gelo, além de tomar cuidado para retirar apenas o necessário para não os inviabilizem.

Era esperado ampla gama de espécies visitantes florais, pelas características das flores, mas acreditava-se que os polinizadores efetivos seriam os mesmos para os araçazeiros, o que não ocorreu. Pelas características e comportamento observado, esta espécie se enquadra na síndrome da melitofilia. São flores generalistas, que não evoluíram para a especialização de uma ou poucas espécies de polinizadores, mas sim pela ampla diversidade, com investimento na produção de muitos grãos de pólen, em flores muito perfumadas e chamativas.

O tamanho das flores de araçazeiros varia entre os morfotipos amarelo e vermelho, bem como tamanho e forma das folhas, indicando que se tratam de plantas muito diferentes, o que exige nova classificação botânica, pois acredito que se trata de espécies diferentes.

Esta espécie é pouco explorada, principalmente pela falta de conhecimento, mas apresenta potencial. Acredita-se que com os dados providos com esta pesquisa, grande avanço no entendimento do comportamento vegetativo, reprodutivo e interações com polinizadores foram elucidados, e serão úteis para elaboração de trabalhos posteriores, bem como divulgação de conhecimento para exploração desse recurso nacional negligenciado e formar pomares comerciais, domesticando esta espécie.

## REFERÊNCIAS

- ABRAFRUTAS. Fruticultura – Setor em expansão. Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. 2018a. Disponível em <<http://abrafrutas.org/2018/08/14/fruticultura-setor-em-expansao/>>.
- ABRAFRUTAS. Fruticultura quer ampliar mercado. Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. 2018b. Disponível em <<http://abrafrutas.org/2018/11/28/fruticultura-quer-ampliar-mercado/>>.
- ALEGRETTI, A. L., WAGNER JÚNIOR, A., BORTOLINI, A., HOSSEL, C., ZANELA, J., CITADIN, I. Armazenamento de sementes de cerejeiras-do-mato (*Eugenia involucrata*) DC. submetidas ao recobrimento com biofilmes e embalagem a vácuo. Comunicação. Revista Ceres. v. 26, n. 01, p. 124-127. 2015.
- ALVARENGA, C. A. G., PASSAGLIA, K. A., CIABOTTI, S., JESUS, E. J., PERINI, T. F. Avaliação da fruta de *Eugenia uvalha* Cambes sob estádios de desenvolvimento. Global Science and Technology. v. 07, n. 01, p. 67-75. 2014.
- ALVES, E. R. Localização da expressão de genes durante o desenvolvimento de ovários de plantas de *Brachiaria brizantha* sexual e apomítica. Universidade de Brasília. 164 p. 2007.
- ALVES, J. E., FREITAS, B. M. Comportamento de pastejo e eficiência de polinização de cinco espécies de abelhas em flores de goiabeira (*Pisidium guajava* L.). Revista Ciência Agronômica. v. 37, n. 2, p. 216-220. 2006.
- ALVES, J. E., FREITAS, B. M. Requerimentos de polinização da goiabeira. Ciência Rural. v. 37, n. 5, p. 1281-1286. 2007.
- AMICO, G. C., VIDAL-RUSSELL, R., AIZEN, M. A., NICKRENT, D. Genetic diversity and population structure of the mistletoe *Tristerix corymbosus* (Loranthaceae). Plant Systematics and Evolution. v. 300, p. 153-162. 2014.
- ANDRADE, R. N. B., FERREIRA, A. G. Germinação e armazenamento de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Camb.) – Myrtaceae. Revista brasileira de sementes. v. 22, n. 02, p. 118-125. 2000.
- ARAÚJO, N. A. V. Embriologia, apomixia e poliembrião em *Inga Laurina* (Sw.) Willd (Fabaceae – Mimosoideae). Universidade Federal de Uberlândia. 120 p. 2015.
- ARAÚJO, R., GOEDERT, W. J., LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 31, n. 05, p. 1099-1108. 2007.

- BARBOSA, M. V., SOUZA, E. M. L. Biologia floral, ecologia da polinização e eficiência na produção de sementes de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em sistemas agrícolas. *Gaia Scientia*. v. 10, n. 04, p. 272-283. 2016.
- BENEZAR, R. M. C., PESSONI, L. A. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Byrsonima coccolobifolia* (Kunth) em uma savana amazônica. *Acta amazônica*. v. 36, n. 02, p. 159-168. 2006.
- BEZERRA, E. L. S., MACHADO, I. C. Biologia floral e sistema de polinização de *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae) em remanescente de mata atlântica, Pernambuco. *Acta botânica brasileira*. v. 17, n. 02, p. 247-257. 2003.
- BOTI, J. B., MADALON, F. Z., OLIVEIRA, B. R., HADDADE, I. R. Insetos provocadores de danos em folhas, flores e frutos de goiabeira (*Psidium guajava* L., Myrtaceae) nos pomares conduzidos em sistema de cultivo convencional e orgânico, no município de Santa Teresa-ES. *Natureza*. v. 14, n. 1, p. 40-44. 2016.
- BRACK, P., KINUPP, V. F., SOBRAL, M. E. G. Levantamento preliminar de espécies frutíferas de árvores e arbustos nativos com uso atual ou potencial do Rio Grande do Sul. *Revista brasileira de agroecologia*. v. 02, n. 01, p. 1769-1772. 2007.
- BRANDÃO, D. S., MENDES, A. D. R., SANTOS, R. R., ROCHA, S. M. G., LEITE, G. L. D., MARTINS, E. R. Biologia floral e sistema reprodutivo da erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.). *Revista brasileira de plantas medicinais*. v. 17, n. 04, p. 562-569. 2015.
- BRASIL. Regras para análise de sementes. Ministério da agricultura e reforma agrária. Secretária Nacional da Defesa Agropecuária. Brasília. 398 p. 2009.
- BRITO, A. C. Biologia reprodutiva de macaúba: floração, polinizadores, frutificação e conservação de pólen. Universidade Federal de Viçosa. 59 p. 2013.
- BRUCKNER, C. H.; PICANÇO, M. C. Maracujá tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado. Ed. Cinco Continentes, 471 p. 2001.
- BUAINAIN, A. M., BATALHA, M. O. Cadeia produtiva de frutas. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de política agrícola. Instituto internacional de cooperação para a agricultura. Brasília – DF. v. 07, 102 p. 2007.
- BULLOCK, S. H. Breeding systems in the flora of a tropical deciduous forest. *Biotropica*. v. 17, n. 01, p. 287-301. 1985.
- CASTILHOS, T. F., NORONHA, A. H., MOLINA, A. R., GOMES, G. C., ESPINDOLA, V. S., GUARINO, E. S. G. Fabaceae e Myrtaceae arbustivas e arbóreas do bioma Pampa: restauração ecológica e usos econômicos. *Cadernos de Agroecologia*. v. 13, n. 01, p. 01-07. 2018.

CETAP. Frutas Nativas: alimentos locais, sabores e ingredientes especiais. Passo Fundo: CETAP – Agricultura e Tecnologia (Centro de Tecnologias Alternativas Populares). 22 p. 2015.

CHAGAS, E. A., PIO, R., CHAGAS, P. C., PASQUAL, M., BETTIOL NETO, J. E. Composição de meio de cultura e condições ambientais para germinação de grãos de pólen de porta-enxertos de pereira. *Ciência Rural*. v. 40, n. 02, p. 261-266. 2010.

CITADIN, I., VICARI, I. J., SILVA, T. T., DANNER, M. A. Qualidade de frutos de jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora*) sob influência de duas condições de cultivo: sombreamento natural e pleno sol. *Revista Brasileira de Agrociências*. v. 11, n. 03, p. 373-375. 2005.

CLEMENT, C. R. Melhoramento de espécies nativas. In: Recursos genéticos e melhoramento – Plantas. Fundação de apoio à pesquisa agropecuária de Mato Grosso – Fundação MT. p. 423-441. 2001.

COBRA, S. S. O., NASCIMENTO, F., ANTONIAZZI, S. A., KRAUSE, W., SILVA, C. A. Biologia reprodutiva de *Cordia macrophylla* (K. Schum.) Kuntze (Rubiaceae), espécie dioica da região sudoeste do Estado de Mato Grosso, Brasil. *Revista Ceres*. v. 62, n. 06, p. 516-523. 2015.

CORDEIRO, J. M. P., SOUZA, B. I., FELIX, L. P. Florística e fitossociologia em floresta estacional decidual na Paraíba, Nordeste do Brasil. *Gaia scientia*. v. 11, n. 01, p. 1-16. 2017.

CORREA, Y. S. B., ALPUÍN, C. G. P. Caracterización de frutos y biología de semillas de poblaciones silvestres de *Psidium cattleianum* Sabine, "Arazá" (Myrtaceae). Tese. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Agronomía. 65 p. 2014.

COSTA, C. C. F., KRUPKEK, R. A., KRAWCZYK, A. C. D. B. Diversidade de visitantes florais e biologia reprodutiva do Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) em fragmento de mata e área urbana. *Bioikos*. v. 29, n. 02, p. 11-18. 2015.

COSTA, N. C. F., STEDILLE, L. I. B., FERREIRA, P. I., GOMES, J. P., MANTOVANI, A. Dispersão e caracterização de frutos de *Myrceugenia euosma* em floresta ombrófila mista no Sul do Brasil. *Floresta e Ambiente*. v. 24, n. 01, p. 01-11. 2017.

CRUDEN, R. W. Pollen-Ovule Ratios: A Conservative Indicator of Breeding Systems in Flowering Plants. *Evolution*. v. 31, n. 01, p. 32-46. 1977.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*. v. 35, n. 03, p. 271-276. 2013.

CUCHIARA, C. C., SILVA, S. D. A., BOBROWSKI, V. L. Conservação de grãos de pólen de mamoneira a baixas temperaturas. *Revista Ceres*. v. 59, n. 01, p. 82-87. 2012.

DAFNI, A. Pollination Ecology – A practical approach. Institute of Evolution Haifa University. Haifa – Israel. 250 p. 1992.

DAMASCENO JUNIOR, P. C., PEREIRA, T. N. S., PEREIRA, N. G., SILVA, F. F. Conservação de pólen de mamoeiro (*Carica papaya* L.). v. 55, n. 05, p. 433-438. 2008.

DANNER, M. A. Diagnóstico ecogeográfico e caracterização morfogenética de jabuticabeiras. Dissertação (mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco – PR. 130 p. 2009.

DANNER, M. A., CITADIN, I., SASSO, S. A. Z., SACHET, M. R., AMBRÓSIO, R. Fenologia da floração e frutificação de mirtáceas nativas da floresta com araucária. Comunicação científica. Revista brasileira de fruticultura. v. 32, n. 01, p. 291-295. 2010.

DANNER, M. A., CITADIN, I., SASSO, S. A. Z., SACHET, M. R., MALAGI, G. Modo de reprodução e viabilidade de pólen de três espécies de jabuticabeira. Revista Brasileira de Fruticultura. v. 33, n. 02, p. 345-352. 2011.

DEGENHARDT, J., FRANZON, R. C., COSTA, R. R. Cerejeira-do-mato (*Eugenia involucrata*). Pelotas: Embrapa clima temperado (Documentos, 211). 22 p. 2007.

DEGENHARDT, J., ORTH, A. I., GUERRA, M.P., DUCROQUET, J-P., NODARI, R. O. Morfologia floral da goiabeira serrana (*Feijoa sellowiana*) e suas implicações na polinização. Comunicação científica – Revista brasileira de fruticultura. v. 23, n. 03, p. 718-721. 2001.

DENARDI, L., MARCHIORI, J. N. C., FERREIRA, M. R. Anatomia da madeira de *Plinia rivularis* (Camb.) Rotman. Balduinia. v. 01, n. 03, p. 21-25. 2005.

DIAMANTINO, M. S. A. S., COSTA, M. A. P. C., SOARES, T. L., MORAIS, D. V., SILVA, S. A., SOUZA, E., H. Morphology and viability of castor bean genotypes pollen grains. Acta Scientiarum Agronomy. v. 38, n. 01, p. 77-83. 2016.

DIJK, P. V., DAMME, J. V. Apomixis technology and the paradoxo f sex. Trends in Plant Science. v. 5, p. 81-84. 2000.

DINIZ, M, BUSCHINI, M. Diversity of flower visiting bees of *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) in fragments of Atlantic Forest in South Brazil. Sociobiology. v. 63, n. 03, p. 982-990. 2016.

DONATO, A. M., MORRETES, B. L. Morfo-anatomia foliar de *Myrcia multiflora* (Lam.) DC. – Myrtaceae. Revista brasileira de plantas medicinais. v. 13, n. 01, p. 43-51. 2011.

FACHINELLO, J. C., PASA, M. S., SCHMTIZ, J. D., BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. Revista brasileira de fruticultura. v. especial, p. 109-120. 2011.



FAEGRI, K. PIJL, L. V. D. The principles of pollination ecology. Pergamon press. 3 ed. 244 p. 1979.

FELIPPI, M. Morfologia da flor, do fruto e da plântula; ontôgenese e germinação da semente de *Chrysophyllum gonocarpum* (mart. & eichl.) engl. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, PR. Curitiba – PR. 71 p. 2006.

FERREIRA, C. A., PINHO, E. V. R. V., ALVIM, P. O., ANDRADE, V., SILVA, T. T. A., CARDOSO, D. L. Conservação e determinação da viabilidade de grão de pólen de milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo. v. 06, n. 02, p. 159-173. 2007.

FERRI, M. G., MENEZES, N. L., MONTEIRO, W. R. Glossário ilustrado de botânica. Nobel. 197 p. 1981.

FINATTO, T., SANTOS, K. L., STEINER, N., BIZZOCCHI, L., HOLDERBAUM, D. F., DUCROQUET, J. P. H. J., GUERRA, M. P., NODARI, R. O. Late-acting self-incompatibility in *Acca sellowiana* (Myrtaceae). Australian Journal of Botany. v. 59, n. 01, p. 53–60. 2011.

FINKELDEY, R. An introduction to tropical forest genetics. Institute of forest genetics and forest tree breeding. 231 p. 2005.

FRANCESCATTO, P. Desenvolvimento das estruturas reprodutivas da macieira (*Malus domestica* Borkh.) sob diferentes condições climáticas – da formação das gemas à colheita dos frutos. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC. 239 p. 2014.

FRANZON, R. C. Caracterização de mirtáceas nativas do sul do Brasil. Dissertação (Mestrado). Fruticultura de Clima Temperado. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS. 228 p. 2004.

FRANZON, R. C., CAMPOS, L. Z. O., PROENÇA, C. E. B., SOUZA-SILVA, J. C. Araças do gênero *Psidium*: principais espécies, ocorrência, descrição e usos. Embrapa Cerrados. Planaltina – DF. 48 p. 2009.

FRANZON, R. C., RASEIRA, M. C. B. Germinação *in vitro* e armazenamento do pólen de *Eugenia involucrata* DC (Myrtaceae). Revista brasileira de fruticultura. v. 28, n. 01, p. 18-20. 2006.

FRANZON, R. C. Propagação vegetativa e modo de reprodução da pitangueira (*Eugenia uniflora* L.). Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pelotas. 100 p. 2008.

FRANZON, R. C., RASEIRA, M. C. P., WAGNER JÚNIOR, A. Germinação *in vitro* de pólen de guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* berg). Revista Ceres. v. 53, n. 305, p. 129-134. 2006.

FRANZON, R. C., RASEIRA, M. C. P., WAGNER JÚNIOR, A. Teste de germinação in vitro e armazenamento de pólen de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.). *Acta scientiarum*. v. 29, n. 01, p. 251-255. 2007.

FREITAS, B. M., ALVES, J. E. Efeito do número de visitas florais de abelha melífera (*Apis mellifera* L.) na polinização da goiabeira (*Psidium guajava* L.) cv. Paluma. *Revista Ciência Agronômica*. v. 39, n. 1, p. 148-154. 2008.

GALLETTA, G. J. Pollen and seed management. In: MOORE, J. N.; JANICK, J. *Methods in fruit breeding*. Indiana: Purdue University Press. p. 23-47. 1983.

GAUER, L., CAVALLI-MOLINA, S. Apomixia: um método alternativo para a produção de sementes em plantas. *Pesquisa agropecuária gaúcha*. v. 06, n. 01, p. 157-170. 2000.

GIARETTA, A., TULER, A. C., SOUZA, M. C., VALDEMARIN, K. S., MAZINE, F. F., PEIXOTO, A. L. Diversidade de Myrtaceae na reserva Natural Vale. In: ROLIM, S. G., MENEZES, L. F. T., SRBEK-ARAUJO, A. C. *Floresta Atlântica de Tabuleiro: diversidade e endemismo na reserva Natural Vale*. Belo Horizonte. 496 p. 2016.

GONÇALVES, E. G. *Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares*. 2. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 512 p. 2011.

GRESSLER, E., PIZO, M. A., MORELLATO, P. C. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. *Revista brasileira botânica*. v. 29, p. 509-530. 2006.

HARRINGTON, R. A., EWEL, J. J. Invasibility of tree plantations by native and non-indigenous plant species in Hawaii. *Forest Ecology and Management*. v. 99, n. 1-2, p. 153-162. 1997.

HARTMANN, H. T., KESTER, D. E., DAVIES JUNIOR, F. T., GENEVE, R. L. *Plant propagation: principles and practices*. 7. ed. New Jersey: Prentice Hall, 880 p. 2002.

HEINZMANN, B. M., BARROS, F. M. C. Potencial das plantas nativas brasileiras para o desenvolvimento de fito medicamentos tendo como exemplo a *Lippia alba* L (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae). *Saúde*. v. 33, n. 01, p. 43-48. 2007.

HERRERO, M. Male and female synchrony and the regulation of mating in flowering plants. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological sciences*, London. v. 358, p. 1019-1024. 2003.

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 medicinais*. v. 18, n. 01, p. 135-141. 2016.

HUENNEKE, L. F., VITOUSEK, P. M. Seedling and clonal recruitment of the invasive tree *Psidium cattleianum*: Implications for management of native Hawaiian forests. *Biological Conservation*. v. 53, n. 3, p. 199-211. 1990.

JESUS, L. G. A., SILVA, R. N. O., GOMES, M. F. C., VALENTE, S. E. S., GOMES, R. L. F., LOPES, A. C. A., COSTA, M. F. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*. v. 08, n. 02, p. 77-82. 2018.

JOHRI, B. M., SRIVASTAVA, P. S., SINGH, N. Reproductive biology of angiosperms. In: JOHRI, B. M., SRIVASTAVA, P. S. *Reproductive biology in plants*. New Delhi: Narosa publishing house, p. 237-272. 2001.

JUSTEN, J. G. K., MULLER, J. J. V., TORESAN, L. Levantamento socioambiental. In: VIBRANS, A. C., SEVEGNANI, L., GASPER, A. L., LINGNER, D. V. (eds.) *Inventário florístico de Santa Catarina. Diversidade e conservação dos remanescentes florestais*. Edifurb. v. 1, p. 242-259. 2012.

KIILL, L. H. P., SILVA, T. A. Fenologia e Biologia Floral de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (Fabaceae) no Município de Petrolina, PE. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 128. Embrapa Semiárido. 25 p. 2016.

KIILL, L. H. P., MARTINS, C. V. D., SILVA, P. P. Biologia reprodutiva de *Sideroxylon obtusifolium* (Roem. e Schult.) T.D. Penn. (Sapotaceae) na região Semiárido da Bahia. *Revista Árvores*. v. 38, n. 06, p. 1015-1025. 2014.

KIILL, L. H. P., SIMÃO-BIANCHINI, R. Biologia reprodutiva e polinização de *Jacquemontia nodiflora* (Desr.) G. Don (Convolvulaceae) em Caatinga na região de Petrolina, PE, Brasil. *Hoehnea*. v. 38, n. 04, p. 511-520. 2011.

KOHAMA, S., MALUF, A. M., BILIA, D. A. C., BARBEDO, C. J. Secagem e armazenamento de sementes de *Eugenia brasiliensis* Lam. (grumixameira). *Revista brasileira de sementes*. v. 02, n. 01, p. 72-78. 2006.

LAMARCA, E. V., SILVA, C. V., BARBEDO, C. J. Limites térmicos para a germinação em função da origem de sementes de espécies de *Eugenia* (Myrtaceae) nativas do Brasil. *Acta botânica brasileira*. v. 25, n. 02, p. 293-300. 2011.

LANDRUM, L. R., KAWASAKI, M. L. The genera of Myrtaceae in Brazil: an illustrated synoptic treatment and identification keys. *Brittonia*. v. 49, n. 04, p. 508-536. 1997.

LISBOA, G. N., KINUPP, V. F., BARROS, I. B. I. *Psidium cattleianum* arca. In: CORADIN, L., SIMINSKI, A., REIS, A. *Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial. Plantas para o futuro – Região Sul*. Ministério do Meio Ambiente. p. 205-2008. 2011.

LORENZI, H. *Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. Editora Plantarum. Nova Odessa – SP. 385 p. 1992.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Editora Plantarum. Nova Odessa – SP. v. 01, 4ª ed., 281 p. 2002.

MANICA, I. Frutas nativas, silvestres e exóticas 1: técnicas de produção e mercado: abiu, amora-preta, araçá, bacuri, biribá, carambola, cereja-do-rio-grande, jaboticaba. Porto Alegre – RS. Cinco Continentes. 327 p. 2000.

MAPA. Plano Nacional de Desenvolvimento da Fruticultura. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 43 p. 2018.

MARCELLÁN, O. N., CAMADRO, E. L. The viability of asparagus pollen after storage at low temperatures. *Scienc Horticulture*. Amsterdam. v. 67, n. 01, p. 101-104, 1996.

MARIN, R., PIZZOLI, G., LIMBERGER, R., APEL, M., ZUANAZZI, J. A. S., HENRIQUES, A. T. Propriedades nutracêuticas de algumas espécies frutíferas nativas do sul do Brasil. In: RASEIRA, M. C. B., ANTUNES, L. E. C., TREVISAN, R., GONÇALVES, E. D. Espécies frutíferas nativas do sul do Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, (Documentos, 129). p. 107-122. 2004.

MARIOT, A., MANTOVANI, A., BITTENCOURT, R., REIS, M. S. Aspectos da biologia reprodutiva de *Drimys brasiliensis* Miers (Winteraceae) em floresta ombrófila mista, sul do Brasil. *Ciência Florestal*. v. 24, n. 4, p. 877-888. 2014.

MATIAS, R., CONSOLARO, H. Pollination biology of *Geissomeria pubescens* Nees (Acanthaceae) in a forest remnant in central Brazil. *Botany*. v. 92, n. 01, p. 215-222. 2014.

MAUÉS, M. M., COUTURIER, G. Biologia floral e fenologia reprodutiva do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh, Myrtaceae) no Estado Pará, Brasil. *Revista brasileira botânica*. v. 25, n. 04, p. 441-448. 2002.

MEDEIROS, A. C. S., ABREU, D. C. A. Instruções para testes de germinação de sementes florestais nativas da mata atlântica. Comunicado técnico 151. Embrapa. 05 p. 2005.

MEIER, U. Estadios de las plantas mono y dicotyledóneas - BBCH monografia. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura. 2 ed. 149 p. 2001.

MIRANDA, P. A., CLEMENT, C. R. Germination and storage of pejibaye (*Bactris gasipaes*) Palmae pollen. *Revista Biologica Tropical*. v. 38, n. 01, p. 29-33. 1990.

MORETTO, S. P., NODARI, E. S., NODARI, R. O. A Introdução e os usos da Feijoa ou Goiabeira Serrana (*Acca sellowiana*): A perspectiva da história ambiental. *Fronteiras: Journal of social, technological and environmental science*. v. 03, n. 02, p. 67-79. 2014.

MORRAN, L. T., PARMENTER, M. D., PHILLIPS, P. C. Mutation load and rapid adaptation favour outcrossing over self-fertilization. *Nature*. v. 462, p. 350-352. 2009.

MUNHOZ, M., LUZ, C. F. P., MEISSNER FILHO, P. E., BARTH, O. M., REINERT, F. Viabilidade polínica de *Carica papaya* L.: uma comparação metodológica. Revista brasileira botânica. v. 31, n. 02, p. 209-214. 2008.

NAUMOVA, T. N. Nucellar and integumentary embryony in angiosperms. Acta societatis botanicorum poloniae. v. 50, n. 01, p. 213-216. 1981.

NOGUEIRA, P. V., SILVA, D. F., PIO, R., SILVA, P. A. O., BISI, R. B., BALBI, R. V. Germinação de pólen e aplicação de ácido bórico em botões florais de nespereiras. Bragantia, v. 74, n. 01, p. 09-15. 2015.

NOGUEIRA, P. V., COUTINHO, G., PIO, R., SILVA, D. F., ZAMBON, C. R. Establishment of growth medium and quantification of pollen grains and germination of pear tree cultivars. Revista de ciências agrárias. v. 47, n. 02, p. 380-386. 2016.

NUCCI M, ALVES-JUNIOR A. V. Behavior and diversity of floral visitors to *Campomanesia adamantium* (Myrtaceae). Revista Colombiana de Entomologia. v. 43, n. 01, p. 106-112. 2017a.

NUCCI, M., ALVES, V. V. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Campomanesia adamantium* (cambess.) o. berg - myrtaceae em área de cerrado no sul do Mato Grosso do Sul, Brasil. Interciencia. v. 42, n. 02, p. 127-131. 2017b.

NUNES, M. Z., BOFF, M. I. C., SANTOS, R. S. S., ROSA, J. M., FRANCO, C. R. Fruticultura orgânica: Avaliação de parâmetros para o escaneamento de frutos de pereira. Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia. Caderno de Agroecologia. v. 06, n. 02, p. 01-04. 2011.

OLIVEIRA P. E., GIBBS P. E. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. Flora. v. 195, n. 01, p. 311-329. 2000.

PEREIRA, A. C., SANTOS, E. R. Frutas nativas do Tocantins com potencial de aproveitamento econômico. Agri-environmental Science. v. 01, n. 01, p. 22-37. 2015.

PEREIRA, D. A. BRASILEIRO, B. P. AMARAL, C. L. F. Termos da biologia da polinização aplicados à fruticultura. Biotemas. v. 22, n. 01, p. 141-146. 2009.

PERLEBERG, T. D. Conservação ex situ e biologia reprodutiva da espinheirasanta (*Maytenus ilicifolia*, Celastraceae). Tese. Universidade Federal de Pelotas. 89 p. 2017.

PETINARI, R. A., TERESO, M. J. A., BERGAMASCO, S. M. P. P. A importância da fruticultura para os agricultores familiares da região de Jales – SP. Revista Brasileira de Fruticultura. v. 30, n. 02, p. 356-360. 2008.

PETRI, J. L., PAQUAL, M., PELLEGRIN, M. Estudo da quantidade de pólen em diversos cultivares de macieira (*Malus* sp.). Anais do III Congresso Brasileiro de Fruticultura. v. 02, n. 01, p. 467-471. 1976.

PFAHLER, P. L. In vitro germination and pollen tube growth of maize (*Zea mays* L.) pollen: calcium e boron effects. *Canadian Journal of Botani.* v. 45, n. 01, p. 839-845, 1967.

PHAM, V. T., HERRERO, M., HORMAZA, J. I. Effect of temperature on pollen germination and pollen tube growth in longan (*Dimocarpus longan* Lour.). v. 197, n. 01, p. 470-475. 2015.

PIO, L. A. S., RAMOS, J. D., PASQUAL, M., JUNQUEIRA, K. P., SANTOS, F. C., RUFUNI, J. C. M. Viabilidade do pólen de laranjas doces em diferentes condições de armazenamento. *Ciência e Agrotecnologia.* v. 31, n. 01, p. 147-153. 2007.

PIRES, M. M. Y., SOUZA, L. A. Morfoanatomia e aspectos da biologia floral de *Myrcia guianensis* (Aublet) A. P. de Candolle e de *Myrcia laruotteana* Cambesse (Myrtaceae). *Acta Scientiarum Biological Sciences.* v. 33, n. 3, p. 325-331. 2011.

PIROLA, K. Caracterização fisiológica e conservação de sementes de oito fruteiras nativas do Bioma Floresta com Araucária. Dissertação (mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco – Paraná. 129 p. 2013.

POLATTO L. P., ALVES-JUNIOR V. V. Sistema reprodutivo de *Sparattosperma leucanthum* (Vell.) K. Schum. (Bignoniaceae). *Revista Árvore.* v. 33, n. 01, p. 289-296. 2009.

POLL, H., KIST, B. B., SANTOS, C. E., REETZ, E. R., CARVALHO, C., SILVEIRA, D. N. Anuário Brasileiro de Fruticultura 2013. Santa Cruz do Sul – RS. Editora Gazeta Santa Cruz. 136 p. 2013.

PORTO, A. H., WAGNER JÚNIOR, A., KOSERA NETO, C., SILVA, M., STEFENI, A. R., FABIANE, K. C. Giberelina e substratos na produção e qualidade de mudas de araçazeiros amarelo e vermelho. *Colloquium Agrariae.* v. 14, n. 01, p. 35-48. 2018.

RAMOS, M. O., CRUZ, F. T., COELHO-DE-SOUZA, G., KUBO, R. R. Amazônica: Revista de Antropologia. v. 09, n. 01, p. 98-131. 2017.

RASEIRA, M. C. B., ANTUNES, L. E. C., TREVISAN, R., GONÇALVES, E. D. Espécies frutíferas nativas do sul do Brasil. Embrapa clima temperado. 124 p. 2004.

RASEIRA, M. C. B., RASEIRA, A. Contribuição ao estudo do araçazeiro (*Psidium cattleyanum*). Pelotas: EMBRAPA/CPACT. 95 p. 1996.

RECH, A. R., AGOSTINI, K., OLIVEIRA, P. E. G. M., MACHADO, I. C. S. Biologia da polinização. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro. 524 p. 2014.

REGO, G. M., LAVORANTI, O. J., ASSUPÇÃO NETO, A. Monitoramento dos estádios fenológicos reprodutivos da Cerejeira-do-mato. Comunicado técnico 171. Embrapa florestas. 1ª ed. 5 p. 2006.

REIS, C. V. S., MOREIRA, T. B. S., CUNHA, G. H. M. O efeito marginal do capital humano na agricultura familiar. *Revista Espacios*. v. 38, n. 12, p. 1-8. 2017.

REYNOLDS, J. D., DASHEK, W. V. Cytochemical analysis of callose localization in *lilium longiflorum* pollen tubes. *Annals of Botany*. v. 40, n. 03, p. 409–416. 1976.

ROCHA, L. D., PREUSSLER, K. H., PEGORINI, F., FARIAS, V., MARANHO, L. T. Estudo anatômico comparativo da casca do caule do araçá-amarelo e araçá-vermelho, *Psidium cattleianum* Sabine, Myrtaceae. *Acta botânica brasileira*. v. 22, n. 04, p. 1115-1122. 2008.

SANTOS, C. M. R. Desenvolvimento estrutural associado à biologia reprodutiva de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg (Myrtaceae). Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 206 p. 2013.

SANTOS, K. L., LENZI, M., CAPRESTANO, C. A., DANTAS, A. C. M., DUCROQUET, J. P. H. J., NODARI, R. O., ORTH, A. I., GUERRA, M. P. Evidência da atuação do sistema de auto-incompatibilidade tardia em *Acca Sellowiana* (berg) burret. (Myrtaceae). *Revista Brasileira de Fruticultura*. v. 29, n. 01, p. 120-123. 2007.

SANTOS, R. F., KIILL, L. H. P., ARAÚJO, J. L. P. Levantamento da flora melífera de interesse apícola no município de Petrolina-PE. *Revista Caatinga*. v. 19, n. 33, p. 221-227. 2006.

SÃO JOSÉ, A. R., PIRES, M. M., SILVA, M. D. V., MORAES, M. O. B. Fruteiras tropicais não tradicionais. XXII Congresso brasileiro de fruticultura. Bento Gonçalves – RS. 2012.

SCHIFINO-WITTMANN, M. T.; DALL´AGNOL, M. Auto-incompatibilidade em plantas. *Ciência Rural*. v. 32, n. 06, p. 1083–1090. 2002.

SCORZA, R., SHERMAN, W. B. Peaches. In: JANIK J., MOORE, J. N. *Fruit breeding*. New York: John e Sons. p. 325-440. 1995.

SEAB. Análise da conjuntura agropecuária, safra 2016/17, Fruticultura. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento - Departamento de Economia Rural. 9 p. 2017.

SEBRAE. Agronegócio. Fruticultura. Boletim de inteligência. 5 p. 2015.

SEZERINO, A. A., ORTH, A. I. Polinização da pereira-portuguesa em Bom Retiro-SC, Brasil. *Revista brasileira de fruticultura*. v. 37, n. 04, p. 943-951. 2015.

SHARMA, P. N., CHATTERJEE, C., AGARWALA, S. C., SHARMA, C. P. Zinc deficiency and pollen fertility in maize (*Zea mays*). v. 124, n. 01, p. 221-225. 1990.

SILVA, A. L. G., PINHEIRO, M. C. B. Biologia floral e da polinização de quatro espécies de *Eugenia* L. (Myrtaceae). *Acta botânica brasileira*. v. 21, n. 01, p. 235-247. 2007.

SILVA, A. L. G., PINHEIRO, M. C. B. Reproductive success of four species of *Eugenia* L. (Myrtaceae). *Acta botânica brasileira*. v. 23, n. 02, p. 526-534. 2009.

SILVA, A. T., MAZINE, F. F. A família Myrtaceae na Floresta Nacional de Ipanema, Iperó, São Paulo, Brasil. *Rodriguésia*. v. 67, n. 1, p. 203-223. 2016.

SILVA, D. F., PIO, R., NOGUEIRA, P. V., SILVA, P. A. O., FIGUEIREDO, A. L. Viabilidade polínica e quantificação de grãos de pólen em espécies de fisális. *Revista ciência agrônômica*. v. 48, n. 02, p. 365-373. 2017.

SILVA, F. A. M., ASSAD, E. D., STEINKE, E. T., MULLER, A. G. Clima do bioma Cerrado. In: ALBUQUERQUE, A. C. S., SILVA, A. G. *Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Utilização sustentável dos recursos naturais*. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica. v. 2, p. 93-148. 2008.

SILVA, T. M. T., LIMA, W. L., RANGEL, O. J. P., FERRARI, J. L., OLIVEIRA, F. L. Panorama da fruticultura no Espírito Santo – Brasil. *Revista Verde*. v. 08, n. 05, p. 81-89. 2013.

SINIMBU NETO, F. A., MARTINS, A. B. G., BARBOSA, J. C. Viabilidade "*in vitro*" de grãos de pólen de bacurizeiro - Clusiaceae. *Revista Brasileira de Fruticultura*. v. 33, n. 02, p. 593-600. 2011.

SOARES, T. L., SILVA, S. O., COSTA, M. A. P. C., SANTOS-SEREJO, J. A., SOUZA, A. S., LINO, L. S. M., SOUZA, E. H., JESUS, O. N. In vitro germination and viability of pollen grains of banana diploids. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. v. 08, n. 01, p.111-118. 2008.

SOBREVILA, C., ARROYO, M. T. K. Breeding systems in a montane tropical cloud forest in Venezuela. *Plant systematics and evolution*. v. 140, n. 01, p. 19-37. 1982.

SOBUCKI, L., BETEMPS, D. L., RAMOS, R. F., LEDUR, C. L., ROHRIG, B. Caracterização físico-química de diferentes espécies de mirtáceas na cidade de Cerro Largo – RS. *Cadernos de agroecologia*, v. 10, n. 03, p. 01-05. 2015.

SONEGO, G., BRACKMANN, A. Conservação pós colheita de flores. *Ciência rural*. v. 25, n. 03, p. 473-479. 1995.

SOUZA, J. G. R., NASCIMENTO, V. T., RIBAS, J. M. Biologia floral e reprodutiva de *Corchorus hirtus* L. (Malvaceae) uma espécie de Mata Seca do Cerrado. *Gaia Scientia*. v. 12, n. 01, p. 158-171. 2018.



SOUZA, V. A., SCHEMBERG, E. A., AGUIAR, A. V. Germinação in vitro do pólen de jerivá (*Syagrus romanzoffiana* (S.) Cham). *Scientia forestalis*. v. 38, n. 86, p. 147-151. 2010.

SOUZA, M. A. D. Biologia reprodutiva de onze espécies de Myrtaceae em floresta de terra firme na Amazônia central. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 76 p. 1996.

SOUZA-PÉREZ, M., SPERONI, G. New apomictic pathway in Myrtaceae inferred from *Psidium cattleianum* female gametophyte ontogeny. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. v. 234, n. 01, p. 34-40. 2017.

SPERONI, G., MAZZELLA, C., PRITSCH, C., BONIFACINO, M., VAIO, M., SOUZA-PÉREZ, M., VÁZQUEZ, S., GONZÁLEZ, S., MILLÁN, C., TRUJILLO, C., BORGES, A., VIGNALE, B., CABRERA, D. Avances en los estudios sobre arazá. 7º encuentro nacional sobre frutos nativos. INIA La Estanzuela. n. 745, p. 1-7. 2015.

SPERONI, G., MAZZELLA, C., VIGNALE, B., PRITSCH, C., CABRERA, D., BONIFACINO, M., QUEZADA, M., SILVA, M. P., JOLOCHIN, G., TARDÁGUILA, A., GAIERO, P., MILLÁN, C., TRUJILLO, C. Estudios biológicos y taxonómicos en la especie frutal nativa *Psidium cattleianum* (myrtaceae). In: GARCIA, M., ZERBINO, P., BENTANCUR, A., IRIGOYEN, R. M. 6º Encuentro Nacional sobre Frutos Nativos. INIA Las Brujas. p. 23-35. 2012.

STANLEY, R. G., LINSKENS, H. F. Pollen - biology, biochemistry and management. New York: Springer-Verlag. 308 p. 1974.

STUART, R. M., LAMAS, C., PIMENTEL, I. C. *Trigona* sp. como visitante floral e vetor de esporos fúngicos para goiabeira (*Psidium guajava* L. – Myrtaceae). *Revista Estudos de Biologia*. v. 26, n. 55, p. 19-23. 2004.

TONIN, J., POESTER, G. C., ANDRIOLLI, E. M., PELISSARI, J. C., GIRALDO, P. E. C., IGNACE, A. D. Cadeia Solidária das Frutas Nativas: algumas reflexões a respeito da Segurança Alimentar e Nutricional. *Revista Brasileira de Extensão Universitária*. v. 8, n. 1, p. 49-56. 2017.

TULER, A. C., CARRIJO, T. T., FERRERIA, M. F. S., PEIXOTO, A. L. Flora of Espírito Santo: *Psidium* (Myrtaceae). *Rodriguésia*. v. 68, n. 5, p. 1791-1805. 2017.

VERSIEUX, L. M., ACOSTA, A. L., JORDÃO, A. L., ZIDKO, A., MAIA, U. M. Floral biology, morphology and ecological niche modelling of *Caraipa grandifolia* (Calophyllaceae), an important Amazonian floodplain tree. *Boletim do Museu Paranaense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*. v. 09, n. 03, p. 465-479. 2014.

VIBRANS, A. C., SEVEGNANI, L., GASPER, A. L., LINGNER, D. V. Inventário florístico florestal de Santa Catarina. *Floresta Ombrófila Mista*. v. 3, 448 p. 2013.

VIDAL, W. N., VIDAL, M. R. R. Botânica - Organografia: Quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos. 4. ed. revisada e ampliada. Viçosa, MG. UFV- Universidade Federal de Viçosa. 124 p. 2000.

VILELA, R. C. F., ASSIS, J. G. A., NÓBREGA FILHO, L., VIANA, B. F. Sistema reprodutivo e diversidade genética de quatro espécies de *Myrciaria* (Myrtaceae, jabuticabeiras). Acta botânica brasílica. v. 26, n. 04, p. 727-734. 2012.

WOLFF, L. F., GOMES, G. C., RODRIGUES, W. F. Fenologia da vegetação arbórea nativa visando a apicultura sustentável para a agricultura familiar da metade sul do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agroecologia. v. 4, n. 2, p. 554-558. 2009.

WILSON, P. G., O'BRIEN, M. M., GADEK, P. A., QUINN, C. J. Myrtaceae revisited: a reassessment of infrafamilial groups. American journal of botany. v. 88, n. 11, p. 2013-2025. 2001.

ZAPATA, T. R., ARROYO, M. T. K. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest. Biotropica. v. 10, n. 03, p. 221-230. 1978.

ZERBIELLI, L., NIENOW, A. A., DALACORTE, L., JACOB, R., DARONCH, T. Diversidade físico-química dos frutos de jabuticabeiras em um sítio de ocorrência natural. Revista brasileira de fruticultura. v. 38, n. 01, p. 107-116. 2016.

ZONTA, E. P., MACHADO, A. A. Sanest – Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores. UFPel. Pelotas – RS. 75 p. 1984.

## APÊNDICES

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio das variáveis germinação de pólen de araçazeiro vermelho de dois estádios de desenvolvimento da flor, desidratado por 10 e 24 h em temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por cinco concentrações de sacarose e ágar 1%, incubados a 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>24h</b>  | <b>10h</b>     |
|---------------------------|-------------|-------------|----------------|
| Estádio                   | 1           | 1,2250000*  | 2073,6000000** |
| Sacarose                  | 4           | 0,3500000ns | 115,9125000*   |
| Est. X Sac.               | 4           | 0,3500000ns | 107,1625000*   |
| Resíduo                   | 30          | 0,1916667   | 34,0833333     |
| Total                     | 39          |             |                |
| C.V. (%)                  |             | 250,170     | 79,974         |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio das variáveis germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 e 24 h em temperatura ambiente, em meio de cultura constituídos por quatro concentrações de ácido bórico, sacarose 10% e ágar 1%, incubados a 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>24h</b>   | <b>10h</b>    |
|---------------------------|-------------|--------------|---------------|
| Estádio                   | 1           | 50,0000000** | 882,0000000** |
| Ac. Borico                | 3           | 5,2500000*   | 132,2500000** |
| Est. X Ac. Bor.           | 3           | 2,0833333ns  | 110,5833333** |
| Resíduo                   | 24          | 1,5000000    | 9,7916667     |
| Total                     | 31          |              |               |
| C.V. (%)                  |             | 699,85       | 49,085        |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho desidratado por 24 h em temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de ácido bórico, sacarose 10% e ágar 1%, incubados a 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>  |
|---------------------------|-------------|--------------|
| Reg. Linear               | 1           | 0,1285714ns  |
| Reg. Quadratica           | 1           | 1,1112013ns  |
| Reg. Cubica               | 1           | 14,5102273** |
| Resíduo                   | 24          | 15.000.000   |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h em temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de ágar e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>    |
|---------------------------|-------------|----------------|
| Estádio                   | 1           | 1200,5000000** |
| Ágar                      | 3           | 275,2500000**  |
| Est. X Ágar               | 3           | 285,5833333**  |
| Resíduo                   | 24          | 3,1250000      |
| Total                     | 31          |                |
| C.V. (%)                  |             | 28,284         |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio das variável germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h em temperatura ambiente, em meio de cultura constituídos por ágar 1% e sacarose 10%, incubados em diferentes temperaturas por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>    |
|---------------------------|-------------|----------------|
| Estádio                   | 1           | 2964,5000000** |
| Temperatura               | 3           | 102,1250000**  |
| Est. X Temp.              | 3           | 89,5000000**   |
| Resíduo                   | 24          | 17,8541667     |
| Total                     | 31          |                |
| C.V. (%)                  |             | 42,520         |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de sulfato de magnésio, sacarose 10% e ágar 1%, incubados sob 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>   |
|---------------------------|-------------|---------------|
| Estádio                   | 1           | 420,5000000** |
| Sulf. Magnésio            | 3           | 28,2083333**  |
| Est. X Mag.               | 3           | 30,5833333**  |
| Resíduo                   | 24          | 1,7500000     |
| Total                     | 31          |               |
| C.V. (%)                  |             | 35,875        |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de persulfato de potássio, sacarose 10% e ágar 1%, incubados sob 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>  |
|---------------------------|-------------|--------------|
| Estádio                   | 1           | 60,5000000** |
| Pers. Potássio            | 3           | 10,1666667ns |
| Est. X Pot.               | 3           | 5,6666667ns  |
| Resíduo                   | 24          | 4,6666667    |
| Total                     | 31          |              |
| C.V. (%)                  |             | 123,443      |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de nitrato de cálcio, sacarose 10% e ágar 1%, incubados sob 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>  |
|---------------------------|-------------|--------------|
| Estádio                   | 1           | 72,0000000** |
| Nitr. Cálcio              | 3           | 4,4166667ns  |
| Est. X Cálc.              | 3           | 4,4166667ns  |
| Resíduo                   | 24          | 1,4791667    |
| Total                     | 31          |              |
| C.V. (%)                  |             | 91,081       |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em dois estádios de desenvolvimento da flor e desidratado por 10 h sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de sulfato de zinco, sacarose 10% e ágar 1%, incubados sob 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>  |
|---------------------------|-------------|--------------|
| Estádio                   | 1           | 50,0000000** |
| Sulf. Zinco               | 3           | 32,3333333** |
| Est. X Zinc.              | 3           | 29,5000000** |
| Resíduo                   | 24          | 2,0000000    |
| Total                     | 31          |              |
| C.V. (%)                  |             | 102,852      |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de grãos de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em flores após antese e desidratado por seis horas sob temperatura ambiente, em meios de cultura constituídos por quatro concentrações de sacarose, duas de ágar e duas de ácido bórico, incubados sob 20°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>  |
|---------------------------|-------------|--------------|
| Ágar                      | 1           | 29,5365046** |
| Sacarose                  | 3           | 4,2197170**  |
| Ac. Borico                | 1           | 99,3296651** |
| Ag. X Sac.                | 3           | 1,4579794**  |
| Ag. X Ac. Bor.            | 1           | 14,5558204** |
| Sac. X Ac. Bor.           | 3           | 1,3119799**  |
| Ag. X Sac. X Ac. Bor.     | 3           | 2,0696259**  |
| Resíduo                   | 48          | 0,1306962    |
| Total                     | 63          |              |
| C.V. (%)                  |             | 4,800        |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de pólen de araçazeiro vermelho, coletados em flores após antese e desidratado por seis horas em temperatura ambiente ou 72 h a frio, em meios de cultura constituídos por duas concentrações de sacarose e duas de ágar, incubados sob 20°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>   |
|---------------------------|-------------|---------------|
| Desidratação              | 1           | 148,7812500** |
| Ágar                      | 1           | 69,0312500*   |
| Sacarose                  | 1           | 11,2812500ns  |
| Des. X Ág.                | 1           | 19,5312500ns  |
| Des. X Sac.               | 1           | 81,2812500*   |
| Ág. X Sac.                | 1           | 13,7812500ns  |
| Des. X Ág. X Sac.         | 1           | 116,2812500** |
| Resíduo                   | 24          | 12,8437500    |
| Total                     | 31          |               |
| C.V. (%)                  |             | 4,645         |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, coletados após antese controlada, desidratados em nove períodos em duas temperaturas, em meio de cultura constituído por sacarose 10% e ágar 1%, incubados a 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>    |
|---------------------------|-------------|----------------|
| Desidratação              | 8           | 196,9805600**  |
| Ambiente                  | 1           | 1528,9584596** |
| Des. X Amb.               | 8           | 68,9766355**   |
| Resíduo                   | 54          | 4,8688220      |
| Total                     | 71          |                |
| C.V. (%)                  |             | 24,675         |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de grãos de pólen de cinco genótipos de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, coletados após antese e desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de ágar e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>   |
|---------------------------|-------------|---------------|
| Genótipos                 | 4           | 202,5144288** |
| Ágar                      | 3           | 301,7733629** |
| Gen. X Ága.               | 12          | 56,1782953**  |
| Resíduo                   | 60          | 7,7863500     |
| Total                     | 79          |               |
| C.V. (%)                  |             | 24,161        |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de grãos de pólen de cinco genótipos de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, coletados após antese e desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por ágar 1% e sacarose 10%, incubados em quatro temperaturas por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>   |
|---------------------------|-------------|---------------|
| Genótipos                 | 4           | 310,1296796** |
| Temperatura               | 3           | 175,7144519** |
| Gen. X Temp.              | 12          | 34,8330461**  |
| Resíduo                   | 60          | 3,6890732     |
| Total                     | 79          |               |
| C.V. (%)                  |             | 19,286        |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, coletados após antese de cinco genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por cinco concentrações de sacarose e ágar 1%, incubados a 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>   |
|---------------------------|-------------|---------------|
| Genótipos                 | 4           | 461,7982641** |
| Sacarose                  | 4           | 124,7975056** |
| Gen. X Sac.               | 16          | 41,9572396**  |
| Resíduo                   | 75          | 6,8792216     |
| Total                     | 99          |               |
| C.V. (%)                  |             | 29,075        |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, coletados após antese de cinco genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de ácido bórico, sacarose 10% e ágar 1%, incubado a 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b> |
|---------------------------|-------------|-------------|
| Genótipos                 | 4           | 6,5900793** |
| Ac. Borico                | 3           | 6,9585271** |
| Gen. X Ac. Bor.           | 12          | 0,8674653** |
| Resíduo                   | 60          | 0,1311648   |
| Total                     | 79          |             |
| C.V. (%)                  |             | 17,641      |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, coletados após antese de genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de sulfato magnésio, ágar 1% e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>   |
|---------------------------|-------------|---------------|
| Genótipos                 | 4           | 264,4057243** |
| Sulf. Magnésio            | 3           | 4,0640275ns   |
| Gen. X Mag.               | 12          | 30,2077301**  |
| Resíduo                   | 60          | 5,3756794     |
| Total                     | 79          |               |
| C.V. (%)                  |             | 22,612        |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, coletados após antese de cinco genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de persulfato de potássio, ágar 1% e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>   |
|---------------------------|-------------|---------------|
| Genótipos                 | 4           | 344,5218378** |
| Per. Potássio             | 3           | 19,0948809ns  |
| Gen. X Pot.               | 12          | 66,3339200**  |
| Resíduo                   | 60          | 8,5331849     |
| Total                     | 79          |               |
| C.V. (%)                  |             | 26,222        |



Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de grãos de pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, coletados após antese de cinco genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de nitrato de cálcio, ágar 1% e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>   |
|---------------------------|-------------|---------------|
| Genótipos                 | 4           | 625,0384876** |
| Nit. Cálcio               | 3           | 38,5366490**  |
| Gen. X Cálcl.             | 12          | 47,9749729**  |
| Resíduo                   | 60          | 9,1762914     |
| Total                     | 79          |               |
| C.V. (%)                  |             | 22,451        |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, coletados após antese de cinco genótipos, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de sulfato de zinco, ágar 1% e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>   |
|---------------------------|-------------|---------------|
| Genótipos                 | 4           | 294,6025088** |
| Sulf. Zinco               | 3           | 149,4885186** |
| Gen. X Zinc.              | 12          | 23,3584022ns  |
| Resíduo                   | 60          | 16,7194937    |
| Total                     | 79          |               |
| C.V. (%)                  |             | 32,814        |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, desidratado por cinco horas, em meios de cultura constituído por quatro concentrações de sulfato de zinco, ágar 1% e sacarose 10%, incubados a 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>   |
|---------------------------|-------------|---------------|
| Reg. Linear               | 1           | 393,6594996** |
| Reg. Quadrática           | 1           | 48,7030346ns  |
| Reg. Cubica               | 1           | 6,1031881ns   |
| Resíduo                   | 60          | 167.194.937   |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável germinação de pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, coletados após antese, desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por duas concentrações de sulfato de zinco, duas de nitrato de cálcio, duas de persulfato de potássio, ágar 2% e sacarose 5%, incubados a 25°C por 24 h.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>   |
|---------------------------|-------------|---------------|
| Pers. Potássio            | 1           | 120,1250000** |
| Nit. Cálcio               | 1           | 18,0000000**  |
| Sulf. Zinco               | 1           | 32,0000000**  |
| Pot. X Cálc.              | 1           | 10,1250000*   |
| Pot. X Zinc.              | 1           | 28,1250000**  |
| Cálc. X Zinc.             | 1           | 12,5000000*   |
| Pot. X Cálc. X Zinc.      | 1           | 10,1250000*   |
| Resíduo                   | 24          | 1,8541667     |
| <b>Total</b>              | <b>31</b>   |               |
| <b>C.V. (%)</b>           |             | <b>64,079</b> |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio das variáveis germinação de pólen de araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, coletados após antese, de dois lotes (Ex.), desidratados por cinco horas, em meios de cultura constituído por concentrações de ágar, sacarose e ácido bórico, incubados em duas temperaturas por 24 h.

| <b>Causas de variação</b>      | <b>G.L.</b> | <b>Ex1.</b>    | <b>G.L.</b> | <b>Ex2.</b>   |
|--------------------------------|-------------|----------------|-------------|---------------|
| Ágar                           | 1           | 321,9453125**  | 1           | 290,5104167** |
| Temperatura                    | 1           | 15,8203125ns   | 1           | 86,2604167ns  |
| Sacarose                       | 1           | 2803,1328125** | 1           | 0,0937500ns   |
| Ác. Borico                     | 1           | 6,5703125ns    | 2           | 19,7812500ns  |
| Ágar X Temp.                   | 1           | 15,8203125ns   | 1           | 19,2604167ns  |
| Ágar X Sac.                    | 1           | 21,9453125ns   | 1           | 11,3437500ns  |
| Ágar X Ác. Bor.                | 1           | 35,0703125ns   | 2           | 30,1979167ns  |
| Temp. X Sac.                   | 1           | 6,5703125ns    | 1           | 0,2604167ns   |
| Temp. X Ác. Bor.               | 1           | 46,3203125ns   | 2           | 43,8229167ns  |
| Sac. X Ác. Bor.                | 1           | 21,9453125ns   | 2           | 25,7187500ns  |
| Ágar X Temp. X Sac.            | 1           | 21,9453125ns   | 1           | 5,5104167ns   |
| Ágar X Temp. X Ác. Bor.        | 1           | 0,3828125 ns   | 2           | 15,9479167ns  |
| Ágar X Sac. X Ác. Bor.         | 1           | 6,5703125ns    | 2           | 21,2187500ns  |
| Temp. X Sac. X Ác. Bor         | 1           | 21,9453125ns   | 2           | 24,3854167ns  |
| Ágar X Temp. X Sac. X Ác. Bor. | 1           | 39,3828125ns   | 2           | 54,5104167ns  |
| Resíduo                        | 112         | 12,9319196     | 72          | 24,5451389    |
| <b>Total</b>                   | <b>127</b>  |                | <b>95</b>   |               |
| <b>C.V. (%)</b>                |             | <b>26,902</b>  |             | <b>20,094</b> |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio da variável frutificação efetiva dos araçazeiros vermelho e amarelo cv. *Ya-Cy*, submetidos a estratégias reprodutivas.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>Q.M.</b>    |
|---------------------------|-------------|----------------|
| Tipo                      | 1           | 7906,5312500** |
| Estrat. Reprod.           | 3           | 1042,8645833*  |
| Tipo X Estrat. Reprod.    | 3           | 1002,8645833*  |
| Resíduo                   | 24          | 233,3645833    |
| <b>Total</b>              | <b>31</b>   |                |
| <b>C.V. (%)</b>           |             | <b>26,669</b>  |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio das variáveis diâmetro polar (DP) e equatorial (DE) e massa fresca (MF) de frutos de araçazeiro vermelho e araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, provenientes de diferentes estratégias reprodutivas.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>DP</b>    | <b>DE</b>    | <b>MF</b>     |
|---------------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
| Tipo                      | 1           | 0,00017104ns | 0,0258314ns  | 0,1955354ns   |
| Estrat. Reprod.           | 3           | 0,0004173ns  | 0,0019677ns  | 0,0197586ns   |
| Tipo X Estrat. Reprod.    | 3           | 0,0086538ns  | 0,0070543ns  | 0,0852696ns   |
| Resíduo                   | 24          | 0,0108335    | 0,0095256    | 0,1089081     |
| <b>Total</b>              | <b>31</b>   |              |              |               |
| <b>C.V. (%)</b>           |             | <b>9,496</b> | <b>8,269</b> | <b>16,744</b> |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio das variáveis número de sementes (NS) e sólidos solúveis (SS) de frutos de araçazeiro vermelho e araçazeiro amarelo cv. *Ya-Cy*, provenientes de diferentes estratégias reprodutivas.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>NS</b>    | <b>SS</b>    |
|---------------------------|-------------|--------------|--------------|
| Tipo                      | 1           | 5,7725937**  | 0,1000161ns  |
| Estrat. Reprod.           | 3           | 0,5097660**  | 0,1623244ns  |
| Tipo X Estrat. Reprod.    | 3           | 0,098937ns   | 1,1257241ns  |
| Resíduo                   | 24          | 0,0498317    | 0,8758243    |
| <b>Total</b>              | <b>31</b>   |              |              |
| <b>C.V. (%)</b>           |             | <b>6,917</b> | <b>8,052</b> |

Análise de variância com causas de variação, graus de liberdade (G.L.) e quadrado médio das variáveis primeira (PC) e última contagem (UC) de germinação e comprimento total (CT) de plântulas de araçazeiro vermelho e amarelo cv. *Ya-Cy* com diferentes estratégias reprodutivas.

| <b>Causas de variação</b> | <b>G.L.</b> | <b>PC</b>     | <b>UC</b>     | <b>CT</b>    |
|---------------------------|-------------|---------------|---------------|--------------|
| Tipo                      | 1           | 28,0858269**  | 449,4794149*  | 0,4231921ns  |
| Estrat. Reprod.           | 3           | 0,6860391ns   | 299,4345332** | 1,4155397**  |
| Tipo X Estrat. Reprod.    | 3           | 1,3748053*    | 350,3523547** | 0,0941273ns  |
| Resíduo                   | 24          | 0,3480319     | 632.932.049   | 0,1835399    |
| <b>Total</b>              | <b>31</b>   |               |               |              |
| <b>C.V. (%)</b>           |             | <b>20,668</b> | <b>12,655</b> | <b>8,697</b> |