

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PRODUÇÃO VEGETAL**

ARÊSSA DE OLIVEIRA CORREIA

**PROPAGAÇÃO E AVALIAÇÃO DE PASSIFLORÁCEAS SUBMETIDAS A
ESTRESSES BIÓTICOS E ABIÓTICOS**

ALEGRE - ES

2018

ARÊSSA DE OLIVEIRA CORREIA

**PROPAGAÇÃO E AVALIAÇÃO DE PASSIFLORÁCEAS SUBMETIDAS A
ESTRESSES BIÓTICOS E ABIÓTICOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal, na linha de pesquisa em Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas.

Doutoranda: Arêssa de Oliveira Correia.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Lopes.

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre.

Coorientador: Prof. Dr. Adésio Ferreira.

ALEGRE- ES

2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Sul da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Oliveira, Arêssa de, - 1988
O48p Propagação e avaliação de passifloráceas submetidas a estresses bióticos e abióticos / Arêssa de Oliveira. - 2018.
107 f. : il.

Orientador: José Carlos Lopes.

Coorientadores: Rodrigo Sobreira Alexandre e Adésio Ferreira.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Maracujá. 2. Plantas - Propagação. 3. Fisiologia vegetal. I. Lopes, José Carlos. II. Alexandre, Rodrigo Sobreira. III. Ferreira, Adésio. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 63

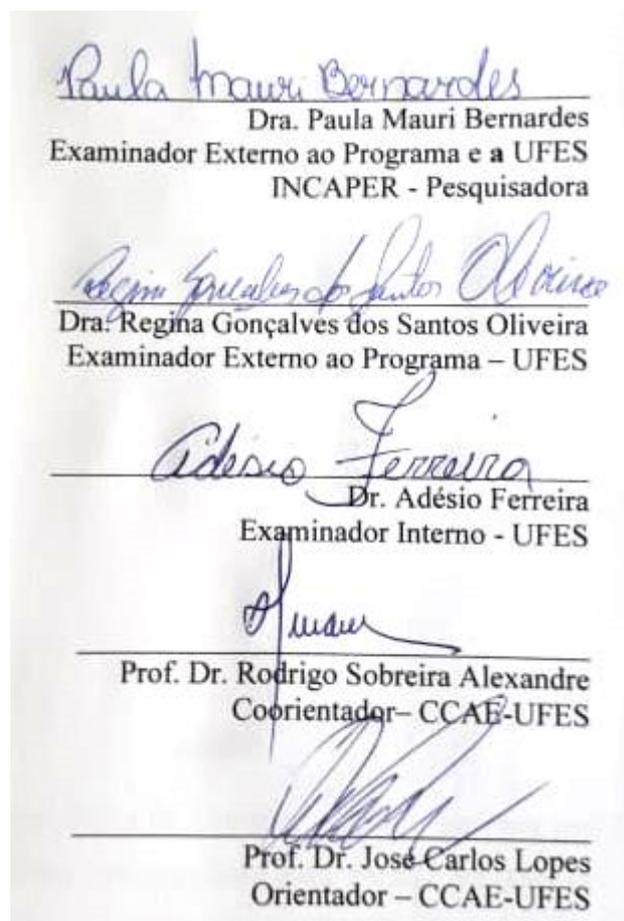
ARÊSSA DE OLIVEIRA CORREIA

PROPAGAÇÃO E AVALIAÇÃO DE PASSIFLORÁCEAS SUBMETIDAS A ESTRESSES BIÓTICOS E ABIÓTICOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal, na linha de pesquisa em Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas.

Aprovada em 26 de julho de 2018.

Comissão Examinadora:



Ofereço

A Deus, pela capacidade de realização, pelo cuidado e pela força interior capaz de superar momentos difíceis e pela oportunidade de desfrutar o sucesso de cada etapa da vida.

Dedico

À minha mãe Dalva de Oliveira Correia, ao meu pai Jovelino Antunes Correia e aos meus irmãos Naianna de Oliveira Correia e Leonardo de Oliveira Correia, que fazem sentido à minha existência, e que com pequenos gestos incentivaram e apoiaram esta realização.

EPÍGRAFE

"Buscai em primeiro lugar o Reino de Deus e a sua justiça e as coisas vos serão dadas em acréscimo. Não vos preocupeis, pois, com o dia de amanhã: o dia de amanhã terá as suas preocupações próprias. A cada dia basta seu cuidado."

Mt 6:33,34.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter-me horando e derramado toda sua misericórdia sobre mim e minha vida durante todo o processo de doutoramento.

À minha mãe Dalva de Oliveira Correia e ao meu pai Jovelino Antunes Correia, por todo amor, todo cuidado, todos os ensinamentos e por ter me ajudado na construção da minha personalidade e de tudo que o sou e que tenho, além do apoio e do incentivo na realização deste desejo, de me tornar uma doutora em ciências;

Aos meus irmãos Leonardo de Oliveira Correia e Naianna de Oliveira Correia, por serem minhas referências da primeira amizade e por existirem em minha vida. E aos demais familiares pelo estímulo e apoio emocional;

Agradeço à minha tia Neuzelita, pelo acolhimento em sua casa e por todo apoio a mim concedido. Ao meu orientador professor Dr. José Carlos Lopes, pelo apoio, pela paciência, pelos ensinamentos, sabedoria, pela dedicação e pela confiança depositada em mim e no meu trabalho;

Ao meu coorientador professor Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre, por ter acreditado no meu trabalho e no meu conhecimento tão rasteiro e limitado, e ter me cedido parte de seu material de pesquisa, além de dividir o conhecimento, dar apoio e colaboração em tudo que eu precisei para a realização da pesquisa que me foi confiada;

Ao professor Dr. Adésio, pela ajuda e direcionamento na área da estatística e por todo apoio durante esses seis anos como acadêmica de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharia da Universidade Federal do Espírito Santo – CCAE/UFES;

Aos colegas do Laboratório de Análise de Sementes - LAS, Allan, Lianna, Manoel, Melissa, Nathália, Nohora, Patrícia, Rafael, pelas ajudas, companheirismo e amizade durante toda a trajetória do curso, fazendo com que o dia a dia se tornasse mais leve e mais alegre;

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharia da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-E-UFES), pela oportunidade de realização do curso;

Ao Centro de Ciências Agrárias e Engenharias e Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade e por ceder espaço e todos os subsídios necessários para realização das pesquisas e trabalhos realizados;

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo e assim me ajudar a realizar todos as etapas do doutorado;

À secretária Madalena, por toda ajuda na organização das documentações necessárias, durante o tempo do doutorado;

A todos os meus amigos que me ajudaram direta ou indiretamente, em especial à Ana Carolina Ferreira Melo, Bruna Marcatti, Jéssica Mikaelly, Mácia Varela, Sara Maria Andrade Pereira, Terezinha de Jesus Soares e à Talita de Paoli, por todos os momentos em que cada uma esteve presente na construção e realização deste trabalho, de formas tão variadas, cada uma dando aquilo que os diversos momentos requisitaram.

BIOGRAFIA

Arêssa de Oliveira Correia, filha de Jovelino Antunes Correia e Dalva de Oliveira Correia, nasceu em Contagem - MG, em 23 de junho de 1983.

Em fevereiro de 2008, graduou-se em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR), em Porto Velho/RO, Brasil.

De 2010 a 2011, trabalhou como bióloga na empresa Zoom Pest Control Dedetizadora e Prestação de Serviços, ZPC, Brasil, como responsável técnica.

De 2011 a 2012, trabalhou como professora de ecologia na Faculdades Integradas de Ariquemes - FIAR, em Ariquemes/RO, Brasil.

De 2011 a 2012, trabalhou como bióloga na empresa HAZTEC - Tecnologia e Planejamento Ambiental S.A., como prestadora de serviço, em Porto Velho/RO, Brasil.

Em agosto de 2012, ingressou no Programa de Mestrado em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES, concentrando seus estudos na Área de Biotecnologia e Ecofisiologia do desenvolvimento de plantas, submetendo-se à defesa de dissertação em 30 de julho de 2014.

Em agosto de 2014, ingressou no Programa de Doutorado em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES, concentrando seus estudos na Área de Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas, submetendo-se à defesa de dissertação em 26 de julho de 2018.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2 – Estresses hídrico e salino em sementes de genótipos de *Passiflora mucronata* Lam. tratadas com nitroprussiato de sódio

- Figura 1. Qualidade fisiológica de sementes de *P. mucronata* submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por manitol (estresse hídrico): A - porcentagem de germinação (G); B - índice de velocidade de germinação (IVG); C - tempo médio de germinação (TMG) ** - ($p \leq 0,001$) 51
- Figura 2. Qualidade fisiológica de sementes de *P. mucronata* submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por manitol (estresse hídrico): A - comprimento da parte aérea (CPA); B - comprimento de raiz (CR); C - massa seca total (MST). ** - ($p \leq 0,001$); ns - não significativo..... 52
- Figura 3. Qualidade fisiológica de sementes de *P. mucronata* submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl (salinidade): A - porcentagem de germinação (G); B - índice de velocidade de germinação (IVG); C - tempo médio de germinação (TMG) ** - ($p \leq 0,001$) 56
- Figura 4. Qualidade fisiológica de sementes de *P. mucronata* submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl (salinidade): A - comprimento da parte aérea (CPA); B - comprimento de raiz (CR); C - massa seca total (MST). ** - ($p \leq 0,001$). ns - não significativo..... 57
- Figura 5. Qualidade fisiológica de sementes de *P. mucronata* submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl (salinidade): A - porcentagem de germinação (G); B - índice de velocidade de germinação (IVG); C - tempo médio de germinação; ** - ($p \leq 0,001$); ns - não significativo..... 60
- Figura 6. Qualidade fisiológica de sementes de *P. mucronata* submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl (salinidade): A - comprimento da parte aérea (CPA); B - comprimento de raiz (CR); C - massa seca da parte aérea

(MSPA); F - massa seca de raiz (MSR); ** - ($p \leq 0,001$); ns - não significativo..... 62

Capítulo 3 - Resistência de genótipos de *Passiflora mucronata* Lam. a fitopatógenos de solo

Figura 1. Processo de cultivo e propagação das plantas e inoculação de esporos de fitopatógenos de solo. A: Plantas matrizes em campo; B: Propagação vegetativa através do método de estaquia; C: Plantas propagadas; D: Muda; E: Raízes lavadas; F: Raízes feridas nas extremidades; G: Inoculação das plantas aos esporos de *Fusarium* spp, em agitação; H: Mudanças plantadas, após inoculação..... 72

Figura 2. Sintomas em plantas de maracujazeiro inoculadas com *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*. A: colo necrosado (CS); B, C: ponto de penetração do patógeno (PP); D, E e F: colonização do sistema vascular (CSV)..... 77

Figura 3. Porcentagem de plantas de genótipos de *P. mucronata* e cultivar Rubi *P. edulis* mortas (Morte), imunes (Imunidade) e suscetíveis (lesão interna) após 90 dias da inoculação a *Fusarium* spp..... 77

Figura 4. Sintomas em plantas de maracujazeiro inoculadas com *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*. A: Parte interna e externa do colo necrosado de planta de *P. mucronata* inoculada com esporos de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*; B: Parte interna do colo necrosado de planta de BRS Rubi inoculada com esporos de *F. solani*; C: Reisolamento dos isolados de *Fusarium* spp. e D: Colônia de fungos característicos do reisolamento de *Fusarium* spp..... 79

Figura 5. Diferenças no desenvolvimento de uma planta de *P. edulis* Sims sadia, quando comparada com uma planta que foi inoculada pela raça CML 2427 do fungo *F. oxysporum* f. *passiflorae* aos 90 dias de cultivo em casa de vegetação..... 83

Figura 6. Dendrograma obtido pelo método de agrupamento UPGMA, baseado na

distância euclidiana média entre 9 genótipos de <i>P. mucronata</i> e a cultivar Rubi.....	84
--	----

Capítulo 4 – Estádios de maturação de frutos de maracujazeiro: qualidade química da polpa e fisiológica de sementes

Figura 1 - Índices de cores a partir de avaliações de colorimetria do epicarpo de frutos de <i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> , em diferentes estádios de maturação. *Tabelas de cores da Carta de Munsell (1976) para os tecidos das plantas.....	95
--	----

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1 - Dormência de sementes de *Passiflora mucronata* Lam.

Tabela 2. Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de nove genótipos de <i>P. mucronata</i> submetidas a três métodos de superação de dormência.....	37
Tabela 3. Massa seca da parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) de sementes de nove genótipos de <i>P. mucronata</i> submetidas a três métodos de superação de dormência.....	38
Tabela 4. Comprimento da parte aérea (CPA) e de raiz (CR) de sementes de nove genótipos de <i>P. mucronata</i>	39
Tabela 5. Comprimento da parte aérea (CPA) e de raiz (CR) de sementes de <i>P. mucronata</i> submetidas a três métodos de superação de dormência.....	39
Tabela 6. Matriz de coeficientes de correlação de Pearson das variáveis: germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA) e de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) de sementes de <i>P. mucronata</i> submetidas a três métodos de superação de dormência.....	40

Capítulo 2 – Estresse hídrico e salino em sementes de genótipos de *Passiflora mucronata* Lam. tratadas com nitroprussiato de sódio

Tabela 2. Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) de sementes, comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e massa seca total (MST) de plântulas de genótipos de <i>P. mucronata</i> submetidos a diferentes potenciais osmóticos induzidos por manitol (estresse hídrico)	49
---	----

Tabela 3. Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) de sementes, comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e massa seca total (MST) de plântulas de genótipos de *P. mucronata* submetidos a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl..... 55

Tabela 4. Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) de sementes, comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e massa seca total (MST) de plântulas de genótipos de *P. mucronata* acondicionados sob condição de estresse hídrico no potencial osmótico de -1,2 MPa de NaCl, e submetidos a diferentes concentrações de nitroprussiato de sódio (SNP)..... 59

Capítulo 3 – Resistência de genótipos de *Passiflora mucronata* Lam. a fitopatógenos de solo

Tabela 2. Porcentagem de sobrevivência e lesão interna de plantas de *P. mucronata* e *P. edulis* Sims após a inoculação com os isolados CML 3427, CML 2724 e com a mistura de três isolados de *F. oxysporum* f. sp. *Passiflorae* (MIX FOP) e com o isolado CML 1346, CML 3252 e o com sete isolados de *F. solani* (MIX FS) e água (controle)..... 74

Tabela 3. Sintoma de infecção em plantas de *P. mucronata* e *P. edulis* Sims após a inoculação com os isolados CML 3427, CML 2724 e com a mistura de três isolados de *F. oxysporum* f. sp. *Passiflorae* (MIX FOP) e com o isolado CML 1346, CML 3252 e com sete isolados de *F. solani* (MIX FS) 76

Tabela 4. Comprimento da parte aérea e raiz e massa seca de parte aérea e de raiz de genótipos de *P. mucronata* e *P. edulis* Sims após a inoculação com os isolados CML 3427, CML 2724 e com a mistura de três isolados de *F. oxysporum* f. sp. *Passiflorae* (MIX FOP) e com o isolado CML 1346, CML 3252 e com sete isolados de *F. solani* (MIX FS) 81

Capítulo 4 – Estádios de maturação de frutos de maracujazeiro: qualidade química da polpa e fisiológica de sementes

Tabela 1. Peso de mil sementes (PMS), umidade de sementes (U), condutividade elétrica (CE) de sementes, lixiviação de potássio de sementes (Lix K), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) de plântulas de <i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> provenientes de frutos em diferentes estádios de maturação.....	96
Tabela 2. Coeficiente de correlação fenotípica para as variáveis biométricas dos frutos de <i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	98
Tabela 3. Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), ratio (SS/AT), ácido ascórbico (AA), pH, umidade (U), condutividade elétrica (CE) da polpa de <i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> em diferentes estádios de maturação.....	98
Tabela 4. Coeficiente de correlação fenotípica para as variáveis químicas dos frutos de <i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	100

Anexo I

Tabela 1. Coordenadas geográficas da localização dos espécimes dos nove genótipos de <i>P. mucronata</i> , utilizados como material vegetal para a realização dos experimentos.....	107
---	-----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	17
2. REFERÊNCIAS.....	19
3. OBJETIVO	22
3.1. OBJETIVO GERAL	22
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	23
4.1. A ESPÉCIE <i>P. MUCRONATA</i> LAM.	23
4.1.1. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS	23
4.1.2. CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DAS PLANTAS.....	23
4.1.3. FRUTOS E SEMENTES	24
4.2. O CULTIVO DO MARACUJAZEIRO NO BRASIL	24
4.3. ESTRESSE OSMÓTICO NA GERMINAÇÃO.....	25
4.4. FITOPATÓGENOS DO SOLO.....	26
4.5. PROPAGAÇÃO SEMINÍFERA E VEGETATIVA	28
5. REFERÊNCIAS.....	29
CAPÍTULO 1 - DORMÊNCIA E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>PASSIFLORA MUCRONATA</i> LAM.	346
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4. CONCLUSÕES	411
5. AGRADECIMENTOS	411
6. REFERÊNCIAS.....	411
CAPÍTULO 2 – ESTRESSE HÍDRICO E SALINO EM SEMENTES DE GENÓTIPOS DE <i>PASSIFLORA MUCRONATA</i> LAM. TRATADAS COM NITROPRUSSIATO DE SÓDIO	444
1. INTRODUÇÃO	455
2. MATERIAL E MÉTODOS	46
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4. CONCLUSÃO	622
5. AGRADECIMENTOS	622
6. REFERÊNCIAS.....	622

CAPÍTULO 3 – RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE <i>PASSIFLORA MUCRONATA</i> LAM. A FITOPATÓGENOS DE SOLO	69
1. INTRODUÇÃO	700
2. MATERIAIS E MÉTODOS	711
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
4. CONCLUSÕES	84
5. AGRADECIMENTOS	84
6. REFERÊNCIAS.....	85
CAPÍTULO 4 – ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DE FRUTOS DE MARACUJAZEIRO: QUALIDADE QUÍMICA DA POLPA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.0
1. INTRODUÇÃO	911
2. MATERIAL E MÉTODOS	92
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	94
4. CONCLUSÕES	1000
5. AGRADECIMENTOS	100
6. REFERÊNCIAS.....	1011
CONSIDERAÇÕES FINAIS	10505
ANEXOS I.....	10707

1. INTRODUÇÃO GERAL

A família Passifloraceae pertence à ordem Violales, à classe Magnoliopsida e ao filo Magnoliophyta. É constituída por um grupo monofilético, bem sustentado por análises moleculares e pela presença de uma coroa bem desenvolvida nas flores (JUDD et al., 2009), e caracterizada por agrupar 18 gêneros e 630 espécies (OCAMPO et al., 2007). No Brasil há um total de 139 espécies, das quais 81 endêmicas, sendo o país um dos principais centros de diversidade genética (CERVI et al., 2010; CERVI, et al. 2012; BERNACCI et al., 2013).

Dentre as espécies comestíveis e comercializáveis no Brasil, o maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) é a espécie de maior importância dentro da família Passiflorácea. Do ponto de vista econômico, devido à qualidade dos frutos, do consumo *in natura* e do incentivo à agroindústria, com a finalidade de seu uso como matéria-prima para a fabricação de medicamentos e cosméticos em geral, sendo responsável por 95% da produção nacional, e aproximadamente 5% restantes são representados pelo maracujazeiro roxo (*Passiflora edulis* Sims.) e o maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) (BERNACCI et al., 2003; ALEXANDRE et al., 2009; IBGE, 2017).

O cultivo do maracujazeiro no Brasil, em escala comercial, teve início na década de 70, com a espécie *Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg. Vulgarmente conhecido como maracujá-amarelo, que vem apresentando grande potencial de expansão e ocupando um lugar de destaque na fruticultura tropical e no cenário agroindustrial, destacando-se como excelente opção de plantas cultivadas, com retorno econômico rápido, e que oferece a oportunidade de produção distribuída durante todas as estações do ano (LEÃO et al., 2006; MELETTI, 2011).

Os mecanismos de propagação e multiplicação de plantas superiores combinam inúmeras formas de conservar a continuidade das espécies, pela transmissão da informação genética que será expressa pelas progênes. Portanto, a formação de indivíduos novos, em diversas espécies de plantas capazes de florescer, pode ocorrer pelo processo sexuado, via fecundação e embriogênese, e assexuado, pela propagação vegetativa (MARCOS FILHO, 2015a).

A propagação sexuada é a principal forma pelo qual as plantas se reproduzem na natureza, sendo amplamente utilizada na propagação de plantas cultivadas e em muitas espécies florestais. Na fruticultura, as sementes são fortemente utilizadas, na obtenção de porta-enxerto para garantirem a produção de frutas (HARTMANN et al., 2011)

A propagação seminífera das espécies vegetais é constituída pelo seu processo natural de dispersão e perpetuação. Dentre os diversos tipos de plantas, a germinação de suas sementes pode apresentar-se tão logo sejam colocadas em condições de solo e ambiente adequado, enquanto outras, embora vivas, não germinam, mesmo quando submetidas às condições favoráveis (PECHE et al., 2016). Logo, as sementes que se encontram sob condições ambientais favoráveis e são conduzidas corretamente durante o processo de maturidade fisiológica, principalmente para a comercialização, estabelecem uma base concreta para o estabelecimento de plântulas no campo e da alta produtividade das culturas de interesse (MARCOS FILHO, 2015b).

Os testes de vigor, geralmente são realizados, principalmente para identificar alterações pertinentes ao comportamento de sementes em diferentes lotes, durante o armazenamento ou após a semeadura, buscando separar lotes com maior eficiência para o estabelecimento do estande sob ampla variação das condições de ambiente natural (MARCOS FILHO et al., 2009).

A propagação comercial é essencialmente feita por sementes, para originar plantas com crescimento, vigor, rendimento e qualidade de frutos variados, e variabilidade. Apesar de estudos apontarem que o melhor método de propagação é a sexuada, há dificuldades na conservação da viabilidade das sementes (OLIVEIRA et al., 2015).

As doenças de plantas causadas por fitopatógenos de solo são um dos principais fatores que ameaçam a expansão agrônômica e a produtividade das cultivares de maracujazeiros. A disseminação desses tipos de doenças vem aumentando devido ao avanço territorial da produção de maracujás no Brasil, conseqüentemente, vem ocorrendo redução de áreas viáveis para o cultivo, repercutindo na produção e no período de vida útil dos pomares brasileiros (FISCHER, 2005; PINTO et al., 2008; FISCHER et al., 2011).

O gênero *Passiflora* apresenta grande variabilidade entre as espécies que nele são agrupadas. A espécie *P. mucronata* destaca-se dentro do gênero, quando considerada a característica de resistência às doenças causadas pela infecção de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* Schlechtendahl emend. Snyder & Hansen e *Fusarium solani* (Martius) Appel & Wollenweber emend. Snyder & Hansen (BERNACCI et al., 2005).

A fusariose em maracujazeiros é de difícil erradicação em áreas já contaminadas, pois o fungo sobrevive no solo por muitos anos na forma de estruturas de resistência, denominados de clamidósporos. O patógeno penetra nas raízes das plantas pelos ferimentos, que em geral são causados, principalmente, por nematoides, irrigação, adubação e manejo do solo (LIBERATO; COSTA, 2001). Doenças como murcha de

Fusarium e podridão do colo necessitam de medidas de controle, tendo em vista que não existe controle químico, e ainda não foram desenvolvidas variedades resistentes a essas doenças (FISCHER et al., 2011).

2. REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, R. S.; BRUCKNER, C. H.; LOPES, J. C. **Propagação do maracujazeiro:** aspectos morfológicos, fisiológicos e genéticos. EDUFES, Vitória-ES, Brasil, 2009. 208p.

BERNACCI, L. C.; CERVI, A. C.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A.; NUNES, T. S.; IMIG, D. C.; MEZZONATO, A. C. 2015 *Passifloraceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB12506>>. Acesso em: 15 de Maio de 2018.

BERNACCI, L. C.; MELETTI, L. M. M.; SCOTT, M. D. S.; PASSOS, I. R. S.; JUNQUEIRA, N. T. V. Espécies de maracujá: caracterização e conservação da biodiversidade. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Org.). **Maracujá:** germoplasma e melhoramento genético. Planaltina - DF: EMBRAPA Cerrados, p. 559-586, 2005.

BERNACCI, L. C.; MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D. Maracujá-doce: o autor, a obra e a data da publicação de *Passiflora alata* (Passifloraceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 355-356. 2003.

FISCHER, I. H. Desenvolvimento, produtividade e sobrevivência de maracujazeiro amarelo enxertado e cultivado em área com histórico de morte prematura de plantas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 567-574, 2011.

FISCHER, I. H.; KIMATI, H.; REZENDE, J. A. M. Doenças do maracujazeiro. **In:** KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN-FILHO, A.; AMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia:** doenças das plantas cultivadas. 4ª ed., v. 2, São Paulo: Ceres, p. 467-474, 2005.

HARTMANN, H. T; KESTER, D. E; DAVIES JR, F. T; GENEVE, R. L. **Plant propagation:** principles and practices. 8. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 915 p.

IBGE, 2017. IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Banco de dados agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (2017) Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 10 de Junho de 2018.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, A. E.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 612p.

LIBERATO, J. R.; COSTA, H. Doenças fúngicas, bacterianas e fitonematóides. In: BRUCKNER, C.H.; PICANÇO, M.C. (Ed.). **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 243-245.

LEÃO, R. M. K.; PEIXOTO, J.R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RESENDE, R. O.; MATTOS, J. K. A.; MELO, B. Reação de progênies de maracujazeiro-azedo ao vírus do endurecimento do fruto (*Cowpea aphid-borne mosaic virus-CABMV*) em casa de vegetação. **Bioscience Journal**, v.22, n.2, p.87-92, 2006.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p. 83-91, 2011.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina: ABRATES, 2015a. 659 p.

MARCOS-FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015b.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.

OCAMPO, J. P.; COPPENS D'EECKENBRUGGE, G.; RESTREPO, M.; JARVIS, A.; SALAZAR, M.; CAETANO, C. Diversity of colombian *Passifloraceae*: biogeography and an updated list for conservation. **Biota Colombiana**, v. 8, n. 1, p. 1-45, 2007.

OLIVEIRA, J. A.; KOEFENDER, J. MANFIO, C. E.; GOLLE, D. P.; REIS, J. D. Tipos de estacas e uso de AIB na propagação vegetativa de fisális. **Revista Agro@mbiente Online**, v. 9, n. 3, p. 342-346, 2015.

PECHE, P. M.; BARBOSA, C. M. A.; PIO, R.; SOUSA, P. H. A.; VALLE, M. H.B. Estratificação das sementes, ácido giberélico e temperatura na obtenção de porta-enxertos de caquizeiros. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 387-392, 2016.

PINTO, P. H. D.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RESENDE, R. O.; MATTOS, J. K. A.; MELO, B. Reação de genótipos de maracujazeiro-azedo ao vírus do endurecimento do fruto (*Cowpea aphid-borne mosaic virus* - CABMV). **Bioscience Journal**, v.24, n.2, p.19-26, 2008.

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo geral

Estudar a propagação seminífera, vegetativa e a resistência a estresses biótico e abiótico de genótipos de *Passiflora mucronata* Lam.

3.2. Objetivos específicos

1. Obter maiores informações sobre métodos de propagação do maracujazeiro *Passiflora mucronata*;
2. Estudar a qualidade fisiológica das sementes de *P. mucronata*;
3. Verificar se há dormência e métodos para sua superação em sementes de *P. mucronata*;
4. Estudar a resistência de genótipos de *P. mucronata* aos estresses hídrico e salino induzidos com manitol e NaCl;
5. Analisar a resistência de genótipos de *P. mucronata* aos fungos *Fusarium oxysporum* f. sp *passiflorae* e *Fusarium solani*;
6. Analisar as características físico-químicas da polpa dos frutos e a qualidade fisiológica das sementes de *Passiflora. edulis* f. *flavicarpa* em diferentes estádios de maturação.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. A espécie *P. mucronata* Lam.

4.1.1. Características vegetativas

O gênero *Passiflora* é constituído de plantas trepadeiras herbáceas ou arbustivas, raramente eretas, caule cilíndrico ou quadrangular, ramificado, anguloso, apresentando gavinhas, com folhas alternadas simples, suberificado, glabro ou piloso com sementes ariladas (VANDERPLANK, 2000; TOKUORA, 2012).

Os frutos do maracujazeiro geralmente apresentam forma ovoide ou globosa, e raramente fusiforme, contendo uma polpa mucilaginosa, de coloração amarela, vermelha ou roxa, e a casca é coriácea, quebradiça e lisa, protegendo o mesocarpo, no interior do qual se encontram as sementes (BERNACCI et al., 2008).

A brotação e produção de folhas apresentam-se ininterruptas durante todo o ciclo da cultura. As folhas são simples, inteiras, ovadas a orbiculares e menores (5,0-10,5 x 4,0-8,5 cm) que as dos maracujás-amarelos (*P. edulis*). Apresentam um par de nectários próximo ao meio do pecíolo e estípulas ovado-lanceoladas, aristadas, com 1,5-2,5 x 1,0-1,5 cm. A planta possui folhas bem distribuídas, permitindo suficiente distribuição de luz no interior da planta durante o ano todo (CERVI, 1997).

4.1.2. Características reprodutivas das plantas

A espécie *P. mucronata* apresenta elevada quantidade de botões e flores, característica de destaque da espécie, associada ao longo período de florescimento durante todo o ano. Apresenta boa distribuição da folhagem, o que contribui para a taxa fotossintética das folhas internas e consequente manutenção de elevado número de botões e flores, em toda a cortina produtiva. A espécie apresenta uma flor por nó (axila da folha) envolvida por três brácteas (2x1,5 cm) verticiladas no botão, dispendo-se em posição ereta na antese. As flores são brancas, quase fosforescentes, destacando-se na massa de folhas, produzindo um efeito ornamental diferenciado (CERVI, 1997; MELETTI et al., 2011).

Quanto à antese floral, esta pode variar, entre os táxons ou formas, sendo que, no caso do maracujá-amarelo, as flores abrem-se após o meio-dia e fecham-se à noite, ou no início da manhã do dia seguinte (COBERT; WILLMER, 1980). No entanto, no *P. mucronata*, a antese pode correr a partir das 18h00min, cuja viabilidade polínica se mantém elevada, prolongando-se até o início da manhã seguinte. Estima-se que sejam produzidas cerca de 2000 flores por planta, ao longo do ano, nas condições estudadas (CERVI, 1997; MELETTI et al., 2011).

De acordo com Meletti et al. (2011), em testes de germinação do tubo polínico, para se avaliar a capacidade de fecundação dos grãos de pólen de flores de *P. mucronata*, observou-se emissão do tubo polínico até aproximadamente 12 horas após a antese, possibilitando a fecundação da flor durante um longo período e a produção de frutos, tanto resultante de polinização cruzada entre os diferentes acessos, quanto por ação dos polinizadores naturais.

É importante destacar que para a frutificação do *Passiflora mucronata* é fundamental a presença de mais de um indivíduo, de genótipos diferentes, porque existe expressiva autoincompatibilidade na espécie (MELETTI et al., 2011).

4.1.3. Frutos e Sementes

Os frutos do *Passiflora mucronata* são ovoides e pequenos, quando comparados ao padrão comercial atualmente vigente no mercado, podendo apresentar-se em média com 4,5x2,7 cm de diâmetro longitudinal e equatorial, respectivamente (variando de 2,1-6,6 x 1,2-4,6 cm), com massa média de 14,3 g, (variando de 1,6-38,6 g). Apresentam em média 136 sementes maduras por fruto (com um máximo de 321 sementes), podendo haver frutos vazios, sem nenhuma semente madura (abortadas). A casca dos frutos apresenta-se com coloração verde-opaco ou amarelo-canário, com menos de 3 mm de espessura, polpa pouco succulenta com o arilo aderido às sementes. A polpa não é ácida, embora menos doce em relação às polpas dos maracujás roxos (*Passiflora edulis*) e dos maracujás doces (*Passiflora alata*), apresentando sabor agradável (ALEXANDRE et al., 2009; MELETTI et al., 2011).

As sementes de *P. mucronata* são achatadas e de coloração marrom-enegrecida, e apresentam dormência, quando recém-colhidas, cuja germinação se distribui ao longo do tempo, e apresentam comportamento ortodoxo, com cerca de um ano de longevidade, quando armazenadas em condições de câmara seca e fria (MELETTI et al., 2002).

4.2. O cultivo do maracujazeiro no Brasil

O maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) é a espécie de maior importância dentro da família Passiflorácea, do ponto de vista econômico; devido à qualidade dos frutos, ao consumo *in natura* e do incentivo à agroindústria, com a finalidade de seu uso como matéria-prima para a fabricação de medicamentos e cosméticos em geral (BERNACCI et al., 2003).

A cultura vem apresentando grande potencial de expansão e ocupando um lugar de destaque na fruticultura tropical e no cenário agroindustrial, destacando-se como excelente opção de plantas cultivadas, com retorno econômico rápido, e que oferece a oportunidade de produção distribuída durante todas as estações do ano (LEÃO et al., 2006; MELETTI, 2011).

Com uma produção de 703.489 toneladas, obtidas em uma área de 49.889 hectares, o Brasil aparece como o principal produtor e consumidor mundial de maracujá. Todas as regiões brasileiras são produtoras da fruta, destacando-se o Nordeste, com 489.898 toneladas, seguido pelas regiões Sudeste, com 98.821 toneladas, e região Norte, com 54.604 toneladas (IBGE, 2017).

O maior conhecimento da espécie *P. mucronata* indica que ela possui atributos significativos para fins ornamentais. A intensidade de florescimento e o amplo período em que ele ocorre representam vantagens para a comercialização da espécie, quando comparada a outras plantas, inclusive outras espécies de *Passiflora*, especialmente aquelas que apresentam período restrito de florescimento. Embora a polpa seja pouco sucosa, possui sabor agradável, e os saborosos frutos são uma recompensa adicional ao caráter ornamental da espécie. As plantas apresentam grande longevidade e aparente resistência às pragas e doenças mais comuns aos maracujazeiros. A possibilidade de armazenamento das sementes permite a formação de lotes para a produção de mudas em diferentes ocasiões (MELETTI, 2011).

4.3. Estresse abiótico na germinação

Os estresses abióticos em plantas, decorrentes da deficiência hídrica e da salinidade do solo, têm sido um dos fatores de maior impacto na produtividade de inúmeras espécies de plantas. Um dos métodos mais difundidos para a determinação da tolerância das plantas aos estresses salinos é a observação da capacidade germinativa das sementes nessas condições (LARCHER, 2006).

O ajuste osmótico é um mecanismo fisiológico das plantas que é ativado em resposta às condições adversas ao seu metabolismo. Ele se mostra eficaz na manutenção da turgescência celular, sob condições de baixo potencial hídrico no solo e confere proteção por curtos períodos de tempo de estresse, quando as condições não tardam a se normalizar (PINTÓ-MARIJUAN; BOSCH, 2013).

O estabelecimento do ajuste osmótico mediante estresse provoca um acúmulo de solutos compatíveis no vacúolo ou no citosol, que contribuem para a manutenção do

equilíbrio hídrico e a preservação da integridade de proteínas, enzimas e membranas celulares (ASHRAF et al., 2011; PINTÓ-MARIJUAN; BOSCH, 2013). O aminoácido prolina é o soluto compatível mais estudado sob condições de estresse, como observado em plântulas de *Cajanus cajan*, em que a prolina foi considerada um osmólito indicador bioquímico e fisiológico dos efeitos dos estresses hídricos e salinos (MONTEIRO et al., 2014). Na espécie invasora *Ailanthus altissima*, como estratégia de sobrevivência, verificaram que houve maior acúmulo de prolina, quando mantidas sob estresse salino de 150 e 300 mmol L⁻¹ (FILIPPOU et al., 2014). Constitui-se em um soluto envolvido na função osmoprotetora contra subprodutos tóxicos formados pelo metabolismo celular em plantas mantidas sob estresse hídrico. Condição em que o teor de prolina pode aumentar em até 100 vezes, em relação às plantas cultivadas sob condições normais, acúmulo que fornece um importante parâmetro para a seleção de plantas resistentes (TROVATO et al., 2008; VERBRUGGEN; HERMANS, 2008; ASHRAF et al., 2011).

A espécie *P. mucronata* é caracteristicamente encontrada em regiões de restinga, mas, há relatos que elas preferencialmente ocupariam regiões mais afastadas das áreas litorâneas, por apresentar uma baixa tolerância à salinidade, pois de acordo com Lourenço Junior et al. (2007), esta espécie não tolera níveis superiores a 200 mM de NaCl. Todavia, são necessários estudos para averiguar os níveis de tolerância aos solutos presentes em solos de regiões de restinga, assim como analisar a germinação e o vigor de sementes de *P. mucronata* submetidas a diferentes concentrações e tipos de solutos que podem causar estresses hídricos e salinos, dificultando o desenvolvimento de plântulas normais.

4.4. Fitopatógenos do solo

As doenças de plantas causadas por patógenos de solo são um dos principais fatores que ameaçam a expansão agrônômica e a produtividade das cultivares de maracujazeiros. Algumas doenças podem chegar a causar prejuízos a ponto de inviabilizar economicamente algumas áreas de cultivo e, conseqüentemente, diminuir a produção de maracujás (FISCHER et al., 2011). A disseminação de doenças em cultivares de maracujazeiros teve seu aumento devido ao avanço territorial da produção de maracujás no Brasil. Isso vem causando a perda de áreas viáveis para o cultivo, reduzindo assim, a produção e o período de vida útil dos pomares brasileiros (FISCHER, 2005; PINTO et al., 2008).

Doenças como murcha de Fusarium e podridão do colo, causadas, respectivamente por *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *F. solani* necessitam de medidas de controle, tendo

em vista que não existe controle químico, e ainda não foram desenvolvidas variedades resistentes a essas doenças (FISCHER et al., 2011).

Inicialmente, a doença se espalha, colonizando os vasos do xilema, e a sua difusão no interior da planta ocorre principalmente através de conídios, que são transportados passivamente pelo fluxo da seiva bruta, durante a transpiração da planta. Os sintomas de murcha de *Fusarium* iniciam-se com o murchamento dos ramos ponteiros, após a murcha inicial, ocorre murcha generalizada das folhas, que permanecem aderidas aos ramos e conseqüentemente há morte prematura da planta, o que contribui para a diminuição da produtividade (SANTOS FILHO; SANTOS, 2003).

A podridão do colo inicia-se com a infecção de *F. solani* pela raiz principal até atingir o colo da planta, assim como pode ocorrer de forma inversa. É uma doença que se espalha e causa o escurecimento na lesão da casca, o rompimento celular e o desprendimento do tecido do colo e do sistema radicular, ocasionando conseqüentemente murcha, amarelecimento e seca das folhas (VIANA et al., 2003).

A resistência de um hospedeiro a um determinado patógeno é definida como a capacidade da planta de atrasar ou evitar a entrada e/ou a subseqüente atividade de um patógeno em seus tecidos (ATHAYDE SOBRINHO et al., 2005).

A importância da variabilidade genética dentro do gênero *Passiflora*, considerando as características de resistência às doenças causadas pelos fungos, é uma vantagem que se tornou necessária para estudos e um melhor entendimento de como a espécie *P. mucronata* reage às infecções de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *F. solani* (BERNACCI et al., 2005).

A resistência pode ser caracterizada como resistência vertical, quando é controlada por um gene dominante, representada por gene semidominante ou recessivo (oligogênico), ou como resistência horizontal representada por um grupo de genes menores (poligênicos). Quando a característica que confere resistência é representada por genes dominantes únicos, esses podem ser facilmente introduzidos em cultivares comerciais (GUIMARÃES et al., 2007).

Os genes únicos, quando presentes, codificam e dominam intensamente a característica de resistência para o melhoramento de plantas, e isso pode influenciar e promover pressão de seleção para a evolução de novas raças de patógenos. Quando a resistência vertical está disponível, muitos agricultores são propensos a ignorar a possibilidade da investigação da resistência horizontal (RABINOWITCH; COHEN, 2012).

4.5. Propagação seminífera e vegetativa

No estágio final da maturação das sementes, o embrião entra **em** uma fase quiescente em resposta à dessecação, e o reinício destas atividades, com o retorno do crescimento do embrião, caracteriza o processo germinativo. Na fase de maturação, a máxima qualidade das sementes é adquirida, pois coincide com as transformações morfológicas, fisiológicas e funcionais que sucedem no óvulo fertilizado e culmina com o máximo de vigor das sementes, com o máximo acúmulo de massa seca (POPINIGIS, 1985; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). De acordo com Delouche (1981), deve-se proceder à etiquetagem das flores na antese e à colheita periódica das sementes para acompanhamento das modificações morfológicas e fisiológicas como: teor de água, tamanho, forma, cor, conteúdo de massa fresca e seca, capacidade germinativa e vigor. De acordo com Lopes et al. (2005), dentre outras variáveis, o tamanho dos frutos e a coloração das sementes são bons indicadores do ponto de maturação fisiológica, e deve-se determinar o ponto ideal para a colheita das sementes, em virtude da variação que pode ocorrer no estabelecimento de alguns parâmetros denominados índices de maturação (EDWARDS, 1980).

A germinação das sementes quiescentes tem início com a absorção de água por embebição, porém, há necessidade de que a semente alcance um nível adequado de hidratação, o qual permite a reativação dos seus processos metabólicos, que tem início com a reidratação (BEWLEY; BLACK, 1994). No entanto, os resultados obtidos nem sempre são satisfatórios para a definição do método para a germinação das sementes em geral, principalmente pelas dificuldades de padronização e reprodutibilidade das condições em que elas germinaram, dos métodos utilizados para o teste de germinação, o substrato e a temperatura em que foram desenvolvidos. O substrato tem a função de fornecer umidade e proporcionar condições adequadas à germinação das sementes, para posterior desenvolvimento das plântulas (FIGLIOLIA et al., 1993). Considerando a temperatura para a germinação, para a maioria das espécies, o intervalo ótimo de germinação é entre 20 e 30 °C, sendo a máxima entre 35 e 40 °C (BEWLEY; BLACK, 1994).

A utilização de sementes é uma prática comum na produção de mudas das espécies comerciais do gênero *Passiflora*, o que confere alta variabilidade genética exigida na produção de frutos, já que apresentam como característica a autoincompatibilidade. Mas, a estaquia é um método amplamente utilizado para a propagação vegetativa de espécies cultivadas, e que pode ser influenciada por diversos fatores, que podem melhorar os resultados, destacando-se a presença de folhas na estaca, utilização de câmara com nebulização intermitente, reguladores de crescimento, estágio de desenvolvimento da

planta-matriz e do próprio ramo, além da época do ano em que as estacas são coletadas. A juvenilidade, período em que a planta se apresenta incapaz de florescer e produzir, é uma característica importante na propagação via estaquia, pois plantas neste estágio, em sua maioria, apresentam maior capacidade de enraizamento, pela maior emissão de raízes adventícias (KOMISSAROV, 1968; HARTMANN et al., 2011).

Visando à obtenção de porta-enxertos para maracujazeiros comerciais, Alexandre et al. (2014) estudaram o enraizamento de estacas de *P. mucronata* utilizando-se o regulador de crescimento AIB, e observaram aumento no número e comprimento de raízes das estacas tratadas com doses crescentes do fitormônio. Esse método pode contribuir para o desenvolvimento de mudas de *P. mucronata*, livres de patógenos, com potencial de porta-enxertos para espécies de maracujazeiro susceptível a doenças. A enxertia é uma técnica que une duas plantas, uma fornecendo com o sistema radicular, sendo denominada cavalo ou porta-enxerto, e outra fornecendo com a parte aérea, denominada cavaleiro ou enxerto e, conseqüentemente da qual se obtém a frutificação (LIMA; CUNHA, 2004). No entanto, além de possibilitar a união de mais de um genótipo, combina as características desejáveis de ambos em uma planta composta, e sendo utilizados porta-enxertos resistentes a doenças causadas por fungos de solo, irá prolongar a vida útil da planta, preservando as qualidades do material de plantio e da área cultivada (LIMA; CUNHA, 2004; PIO et al., 2008;).

A minienxertia em espécies do gênero *Passiflora* tem sido estudada com o uso de inúmeros porta-enxertos para a prevenção de doenças relacionadas com o sistema radicular, como a fusariose e a podridão do colo (FISCHER et al., 2010; NAVE et al., 2010). É uma metodologia inovadora que foi desenvolvida pela inserção de um ápice caulinar da espécie *P. edulis* f. *flavicarpa*, no epicótilo, por meio da incisão em forma de janela na proximidade da região apical de uma plântula da mesma espécie (RIBEIRO et al., 2008; ALEXANDRE et al., 2013). Em trabalho recente, realizado por Alexandre et al. (2013), com o uso do método de microenxertia de *P. edulis* f. *flavicarpa* sobre porta-enxertos de *P. mucronata*, evidenciaram que as espécies são compatíveis e demonstraram facilidade de pegamento (80%).

5. REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, R. S.; BRUCKNER, C. H.; LOPES, J. C. **Propagação do maracujazeiro: aspectos morfológicos, fisiológicos e genéticos**. EDUFES, Vitória-ES, Brasil, 2009. 208p.

ALEXANDRE, R. S.; COSTA, P. R.; CHAGAS, K.; MAYRINCK, L.G.; DETON, J. L.; SCHMILDT, E. R. Enraizamento adventício de estacas do maracujazeiro silvestre *Passiflora mucronata* Lam.: forma de veiculação e concentrações do ácido indol-3-butírico. **Revista Ceres**, v. 61, p. 567-571, 2014.

ALEXANDRE, R. S. LOPES, J. C.; TIRADENTES, A. T.; BRUCKNER, C. H.; OTONI, W. C. Metodologia de minienxertia em maracujazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n.1, p. 329-332, 2013.

ASHRAF, M.; AKRAM, N. A.; ALQURAINY, F.; FOOLAD, M. R. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. **Advances in Agronomy**, v.111, p.249-296, 2011.

ATHAYDE SOBRINHO, C.; FERREIRA, P. T.; CAVALCANTI, L. S. Indutores abióticos. In: CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; VILELA DE RESENDE, M. L.; ROMEIRO, R. S. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. FEALQ, v. 13, p. 51-80, 2005.

BERNACCI, L. C.; SOARES-SCOTT, M. D.; JUNQUEIRA, N. T. V.; PASSOS, I. R. S.; MELETTI, L. M. M. Revision *Passiflora edulis* Sims: the correct taxonomic way to cite the yellow passion fruit (and of others colors). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p.566-576, 2008.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds**. Physiology of development and germination. 2 ed, New York, Plenum Press, 1994. 445 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. FUNEP: 2012. 590p.

CERVI, A. C. **Passifloraceae do Brasil: estudo do gênero *Passiflora* L. subgênero *Passiflora***. Fontqueria, n. 45, p. 1-92. 1997.

COBERT, S. A.; WILLMER, P. G. Pollination of the yellow passionfruit: nectar, pollen and carpenter bees. **Journal of Agricultural Science**, v. 95, p. 655-666, 1980.

DELOUCHE, J.C. Metodologia de pesquisa em sementes: III. Vigor, envigoramento e desempenho no campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 3, n. 2, p. 57-64, 1981.

EDWARDS, D. G. W. Maturity and quality of tree seeds. **Seed Science and Technology**, v.8, p.625-657, 1980.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 137-174.

FILIPPOU, P.; BOUCHAGIER, P.; SKOTTI, E.; FOTOPOULOS, V. Proline and reactive oxygen/nitrogen species metabolism is involved in the tolerant response of the invasive plant species *Ailanthus altissima* to drought and salinity. **Environmental and Experimental Botany**, v.97, p.1-10, 2014.

FISCHER, I. H. Desenvolvimento, produtividade e sobrevivência de maracujazeiro amarelo enxertado e cultivado em área com histórico de morte prematura de plantas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 567-574, 2011.

FISCHER, I. H.; ALMEIDA, A. M. de; FILETI, M. S.; BERTANI, R. M. de A.; ARRUDA, M. C.; BUENO, C. J. Avaliação de passifloráceas, fungicidas e *Trichoderma* para o manejo da podridão-do-colo do maracujazeiro, causada por *Nectria haematococca*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.3, p.709-717, 2010.

FISCHER, I. H.; KIMATI, H.; REZENDE, J. A. M. Doenças do maracujazeiro. **In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN-FILHO, A.; AMARGO, L. E. A. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 5ª ed., v. 2, São Paulo: Agronômica Ceres, 2016. 820 p**

GUIMARÃES, E. P.; RUANE, J.; SCHERF, B. D.; SONNINO, A.; DARGIE, J. D. **Marker-assisted selection: current status and future perspectives in crops, livestock, forestry and fish**. FAO Working Group on Biotechnology, 2007. 471 p.

HARTMANN, H. T; KESTER, D. E; DAVIES JR, F. T; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 915 p.

IBGE, 2017. IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Banco de dados agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (2017) Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 10 de Junho de 2018.

KOMISSAROV, D. A. **Biological basics for the propagation of wood plants by cuttings**. Jerusalem: IPST Press, 1968. 250p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Trad. C.H.B.A. Prado. São Carlos: Rima, 2006. 531p.

LIBERATO, J. R.; COSTA, H. Doenças fúngicas, bacterianas e fitonematóides. In: BRUCKNER, C.H.; PICANÇO, M.C. (Ed.). **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes. 2001. p. 243-245,

LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. **Maracujá: Produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, 2004. 396p.

LOPES, J. C.; DIAS, P. C.; PEREIRA, M. D. Maturação fisiológica de sementes de quaresmeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.8, p.811-816, 2005.

LOURENÇO JUNIOR, J.; CUZZUOL, G. R. F.; ZAMBOM, O; SOUZA, R. L. F. A salinidade como fator de zonação em plantas de restinga. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 981-983, 2007.

NAVE, N.; KATE, E.; CHAYUT, N.; GAZIT, S.; SAMACH, A. Flower development in the passion fruit *Passiflora edulis* requires a photoperiod-induced systemic graft-transmissible signal. **Plant, Cell & Environment**, v.33, n.12, p.2065-2083, 2010.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p. 83-91, 2011.

MELETTI, L. M. M.; FURLANI, P. R.; ÁLVARES, V.; SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C.; AZEVEDO FILHO, J. A. Novas tecnologias melhoram a produção de mudas de maracujá. **O Agrônomo**, v. 54, n. 1, p. 30-33, 2002.

MONTEIRO, J. G.; CRUZ, F. J. R.; NARDIN, M. B.; SANTOS, D. M. M. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p.18-25, 2014.

RABINOWITCH, H. D.; COHEN, R. Genetics and breeding for resistance and grafting for protection against *Fusarium oxysporum* wilts. In: Gullino M.L., Katan J., Garibaldi A.

(eds). ***Fusarium Wilts of Greenhouse Vegetable and Ornamental Crops***. APS Press, p. 83-100, 2012.

SANTOS FILHO, H. P.; SANTOS, C. C. F. Doenças causadas por fungos. In: SANTOS FILHO, H. P.; JUNQUEIRA, N. T. V. (Ed.). **Frutas do Brasil: maracujá fitossanidade**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2003. p. 12-21.

TOKUOKA, T. Molecular Phylogenetic analysis os Passifloraceae sensu lato (Malpighiales) based on plastid and nuclear DNA sequences. **Plant Research**, v. 125, p. 487-497, 2012.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. **Amino Acids**, v.35, p.753-759, 2008.

VIANA, F.M.P.; COSTA, A. F. Doenças do maracujazeiro. In: FREIRE, F.C.O.; CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P. **Doenças de fruteiras tropicais de interesse agroindustrial**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2003. p. 270-291.

VANDERPLANK, J. **Passion flowers**. 3^a ed. Cambridge: The MIT Press, 2000. 224p.

CAPÍTULO I

DORMÊNCIA E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Passiflora mucronata* LAM.

RESUMO: A propagação das espécies do gênero *Passiflora* é feita, principalmente, por sementes, cuja germinação é baixa e desuniforme, devido ao fenômeno da dormência, fenômeno comum nas sementes de passifloráceas. Objetivou-se, com esse trabalho, estudar a germinação e o efeito dos métodos de superação de dormência de semente de *P. mucronata*. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições para a análise da qualidade fisiológica, em esquema fatorial 9x3, sendo nove genótipos (G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8 e G9) e três métodos de superação de dormência (SE - sem escarificação; EM - escarificação mecânica; e ET - escarificação térmica). Para o estudo da qualidade fisiológica das sementes foram analisados: germinação; IVG; TMG; comprimento da parte aérea e de raiz; e massa seca da parte aérea e raiz. Conclui-se que os genótipos 2 e 6 apresentaram maior germinação; os genótipos 2; 5; 6; 8 e 9 apresentaram maior vigor; há menor germinação e vigor com o uso de sementes sem realizar o tratamento para superação da dormência; as sementes de *Passiflora mucronata* apresentam maior germinação e vigor com tratamento térmico; o melhor tratamento para superação da dormência de sementes de *Passiflora mucronata* é o térmico.

Palavras-chave: maracujá de restinga, escarificação, mecânica, térmica.

1. INTRODUÇÃO

O maracujazeiro é uma espécie frutífera pertencente à família Passifloraceae, formada por plantas trepadeiras, com ampla distribuição nas regiões tropicais e temperadas (JUDD et al., 2009). O gênero *Passiflora* apresenta aproximadamente 450 espécies, com cerca de 200 nativas do Brasil. Em vegetações predominantemente arbustivas, de restinga, dos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, foi detectada a presença da espécie *P. mucronata* Lam. (SOUZA et al., 2008; CERVI et al., 2010; MAGNAGO et al., 2011).

As sementes das espécies do gênero *Passiflora* apresentam germinação irregular, podendo ocorrer por até três meses (KUHNE, 1968). De forma geral, apresentam baixa germinação e desuniforme, com conseqüente produção de mudas de baixa qualidade, acarretando problemas para os produtores (SOUZA; MELETTI, 1997; PEREIRA; DIAS, 2000). Os fatores como temperatura, luz, balanço de substâncias fitoreguladoras, tempo e condições de armazenamento e genética pode contribuir e influenciar a germinação e/ou dormência da semente de espécies de *Passifloras* (ALEXANDRE et al., 2009).

Para que aconteça o estabelecimento e a produção da cultura do maracujazeiro via sementes, conhecer a qualidade física e fisiológica das sementes é indispensável. Assim, estudar e avaliar o processo germinativo e a viabilidade das sementes são importantes para que se obtenha uma produção de plantas vigorosas e uniformes (MAROSTEGA et al., 2015).

A superação da dormência pode ser realizada utilizando-se escarificação mecânica, térmica ou química (FERREIRA et al., 2009). A escarificação mecânica consiste no uso de lixa, estilete, faca, canivete ou bisturi para a remoção da cobertura impermeável à água e aos gases nas sementes, sendo que há grande dificuldade na homogeneização da escarificação em todo tegumento e, portanto, algumas sementes podem manter-se impermeáveis e outras serem danificadas. A escarificação térmica consiste no uso do calor para promover uma retração do tegumento, sendo que o tempo e a temperatura utilizados irão depender da espécie (PEREZ, 2004).

Estudos associados aos fatores que afetam a viabilidade e o vigor das sementes apresentam grande importância para definir os procedimentos a serem adotados nos testes para a avaliação do potencial fisiológico das sementes (PÁDUA et al., 2011). Diante do exposto e da importância de potencializar a germinação e a qualidade de sementes, objetivou-se com este trabalho, estudar a germinação e o efeito de métodos de superação de dormência em sementes de *P. mucronata*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes de nove genótipos da espécie vegetal *P. mucronata*, provenientes da Fazenda Cedro, localizada no município de Jaguaré, região norte do estado do Espírito Santo, e cultivados em espaldeira, na área experimental do CCAE-UFES nas coordenadas geográficas de 20° 45`S e 41° 30`W, com altitude média de 250 m. As coordenadas geográficas de cada planta matriz estão apresentadas na Tabela 1, no Anexo 1. O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES).

Os frutos foram seccionados paralelamente ao seu eixo equatorial e a polpa removida com a técnica da cal extinta. As sementes permaneceram durante 72 horas, a sombra, para retirada do excesso de umidade até a umidade atingir níveis próximos de 12% (BRASIL, 2009).

Para a superação da dormência das sementes, as mesmas foram submetidas aos seguintes tratamentos: escarificação mecânica (EM): em todas as sementes realizou-se um desgaste tergumentar com o auxílio de uma lixa número 120, na extremidade oposta ao eixo hipocótilo-radícula; e escarificação térmica (ET): as sementes foram imersas em água destilada a 55 °C durante cinco minutos. Para constituir o controle, nenhum tipo de procedimento mecânico, físico ou hormonal para superação de dormência foi realizado nas sementes.

Após o processo de escarificação, as semente dos nove genótipos foram desinfestadas, colocando-as em álcool 70% (v/v) por um minuto com posterior lavagem em água destilada e, em seguida, em solução de hipoclorito de sódio comercial (NaOCl) a 2,5% (v/v) por cinco minutos com posterior lavagem em água destilada. Posteriormente, foram colocadas em solução com fungicida Orthocide a 2,5%.

Para o estudo da qualidade fisiológica das sementes foram avaliados: **germinação (%)** - foi conduzido com quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento, semeadas em rolos de papel tipo germitest, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco, mantidos em câmara de germinação com alternância de temperatura (20-30 °C), sob ausência de luz, por 40 dias; **índice de velocidade de germinação (IVG)** - foi realizado de acordo com Maguire (1962), conduzido concomitante com o teste de germinação, computando-se diariamente o número de sementes que apresentaram protrusão da raiz primária com dimensão ≥ 2 mm, sendo a contagem feita até o 40º dia; **tempo médio de germinação (TMG - dias)** - foi calculado de acordo com Labouriau

(1983), obtido através de contagens diárias das sementes germinadas até o 40º dia após a semeadura; comprimento da parte aérea e de raiz (cm) – foram determinados no final do teste de germinação (BRASIL, 2009); **massa seca da parte aérea e raiz (g)** - foram determinadas no final do teste de germinação, em balança analítica (0,0001 g), em que as plântulas foram acondicionadas em sacolas de papel tipo Kraft, mantidas em estufa e submetidas à secagem em estufa de circulação de ar forçada, com temperatura de 70 °C, por 72 horas.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições para a análise da qualidade fisiológica, em esquema fatorial 9x3, sendo nove genótipos (G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8 e G9) e três métodos de superação de dormência (SE, EM e ET). Os métodos para a superação da dormência das sementes: SE – sem escarificação (controle); EM – escarificação mecânica; e ET – escarificação térmica.

Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias foi realizada utilizando-se o teste de Dunnett em nível de 5% de probabilidade. A seguir, foi estimada a matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre as características analisadas, e a significância verificada pelo teste t de Student em nível de 5% de probabilidade. Foi utilizado o software R (TEAM, 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de germinação, IVG e TMG das sementes de *P. mucronata* de todos os genótipos estudados foi superior quando submetidas ao método de escarificação térmica (ET), quando comparado, estatisticamente, aos demais tratamentos (Tabela 2), o que permite afirmar que este tratamento facilitou a germinação das sementes de maracujá.

Tanto para massa seca da parte aérea quanto de raiz observaram-se maiores valores para a escarificação térmica das sementes de *P. mucronata* para os nove genótipos (Tabela 3).

A massa seca da parte aérea das sementes sem escarificação apresentou maiores valores (0,03 mg) nos genótipos 3; 4; 7; 8 e 9; na escarificação mecânica nos genótipos 3; 4; 7; 8 e 9, com valor de 0,04 mg; e na escarificação térmica nos genótipos 4; 8 e 9, com valores de 0,06 mg. No entanto, a massa seca da raiz das sementes sem escarificação apresentou maior valor (0,010 mg) no genótipo 5; na escarificação mecânica não se observou diferença entre os genótipos, com valores de 0,010 a 0,011 mg; e na escarificação térmica nos genótipos 5; 6; 8 e 9, com valores de 0,011 a 0,012 mg (Tabela 2).

Tabela 2. Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de nove genótipos de *P. mucronata* submetidas a três métodos de superação de dormência.

Genótipo	G (%)			IVG			TMG (dias)		
	SE	EM	ET	SE	EM	ET	SE	EM	ET
1	49aC*	62bB	73aA	0,50bC	0,72cB	1,11cA	28,79bC	26,64cB	22,43cA
2	51aC	66aB	72aA	0,63aC	0,77bB	1,06cA	28,43bC	23,76aB	19,18aA
3	53aC	59bB	71aA	0,54bC	0,67cB	0,92dA	30,67cC	25,13bB	19,68aA
4	54aB	61bA	62bA	0,55bC	0,78bB	1,08cA	30,63cC	25,15bB	20,27aA
5	50aC	62bB	73aA	0,54bC	0,92aB	1,30aA	21,83aB	22,56aB	18,99aA
6	49aC	65aB	70aA	0,44cC	0,87aB	1,07cA	28,43bC	24,66bB	18,42aA
7	52aC	58bB	69aA	0,62aC	0,77bB	1,18bA	30,36cB	29,24dB	23,05cA
8	53aC	61bB	69aA	0,68aC	0,88aB	1,04cA	26,86bC	24,87bB	20,97bA
9	53aC	61bB	70aA	0,61aC	0,78bB	1,11cA	29,53cC	26,02bB	19,61aA
CV (%)	4,48			5,27			5,02		

*Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Dunnet, em nível de 5% de probabilidade; sem escarificação (SE), escarificação mecânica (EM) e escarificação térmica (ET).

Tabela 3. Massa seca da parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) de sementes de nove genótipos de *P. mucronata* submetidas a três métodos de superação de dormência.

Genótipo	MSPA (mg)			MSR (mg)		
	SE	EM	ET	SE	EM	ET
1	0,02bC*	0,03bB	0,04cA	0,007bB	0,010aA	0,011bA
2	0,02bC	0,04bB	0,05bA	0,007bC	0,010aB	0,011bA
3	0,03aC	0,04aB	0,05bA	0,007bC	0,011aB	0,011bA
4	0,03aC	0,04aB	0,06aA	0,006bC	0,011aB	0,012bA
5	0,02bC	0,04bB	0,04cA	0,010aB	0,010aB	0,012aA
6	0,02bC	0,04bB	0,05bA	0,006bC	0,011aB	0,011aA
7	0,03aC	0,04aB	0,05bA	0,008bC	0,010aB	0,012bA
8	0,03aC	0,04aB	0,06aA	0,007bC	0,010aB	0,012aA
9	0,03aC	0,04aB	0,06aA	0,007bC	0,011aB	0,012aA
CV (%)	5,72			8,46		

*Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Dunnet, em nível de 5% de probabilidade; sem escarificação (SE), escarificação mecânica (EM) e escarificação térmica (ET).

A superação da dormência com o uso de tratamento térmico influenciou na velocidade e uniformidade de germinação, podendo influenciar na velocidade de absorção de água e, também, nas reações bioquímicas do processo germinativo (GARCIA; BASEGGIO, 1999).

O tratamento térmico para superação da dormência apresentou-se adequado também para outra espécie de maracujá, *Passiflora edulis*, obtendo-se 75% de germinação nas sementes imersas em água à temperatura de 40 °C por 15 minutos, também ocorreu aumento do número de plântulas normais (WELTER et al., 2011).

Nas sementes sem o tratamento da escarificação não se observou diferença estatística entre os nove genótipos para a porcentagem de germinação, com valores de 49 a 54%; com o tratamento das sementes por escarificação mecânica maiores porcentagens de germinação foram observadas nos genótipos 2 e 6, com valores de 66 e 65%,

respectivamente; e na escarificação térmica apenas o genótipo 4 apresentou menor porcentagem de germinação comparado aos demais (62%) (Tabela 2).

A avaliação do comprimento da parte aérea evidenciou que apenas as sementes dos genótipos 3 e 7 apresentaram menores valores (9,72 e 9,70 cm, respectivamente). O comprimento da raiz foi maior para os genótipos 2; 4; 6 e 9, com valores de 3,12 a 3,25 cm (Tabela 4).

Tabela 4. Comprimento da parte aérea (CPA) e de raiz (CR) de sementes de nove genótipos de *P. mucronata*.

Genótipo	CPA (cm)	CR (cm)
1	10,49a	2,98b
2	10,34a	3,21a
3	9,72b	3,02b
4	10,33a	3,12a
5	10,48a	2,96b
6	10,33a	3,25a
7	9,70b	3,07b
8	10,33a	2,98b
9	10,31a	3,17a
CV (%)	5,30	6,39

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Dunnet, em nível de 5% de probabilidade.

As sementes tratadas com escarificação térmica (Tabela 5) apresentaram os maiores comprimentos da parte aérea e de raiz. Pelos resultados observados nas Tabelas 2; 3 e 4, os genótipos 2 e 6 apresentaram maior germinação e os genótipos 2; 5; 6; 8 e 9 apresentaram maior vigor.

Neste estudo observou-se que a escarificação térmica foi eficiente para aumentar a porcentagem de germinação das sementes de maracujá de *P. mucronata*, o que pode estar associado ao fato de que sementes de espécies de maracujás silvestres germinam sob alta temperatura e, portanto, durante os meses mais frios as sementes apresentam-se dormentes, com início da germinação com o aumento da temperatura (PÁDUA et al., 2011).

Tabela 5. Comprimento da parte aérea (CPA) e de raiz (CR) de sementes de *P. mucronata* submetidas a três métodos de superação de dormência.

Superação da Dormência	CPA (cm)	CR (cm)
SE	8,49c	2,28c
EM	10,33b	3,21b
ET	11,86a	3,80a
CV (%)	5,30	6,39

* Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Dunnet, em nível de 5% de probabilidade; sem escarificação (SE), escarificação mecânica (EM) e escarificação térmica (ET).

Outros trabalhos com sementes de espécies silvestres apresentaram comportamento semelhante, como em sementes de *Passiflora cincinnata*, que apresentaram maiores

índices de velocidade de emergência, com as sementes submetidas à secagem a sombra e aquecimento em banho-maria por 5 minutos, a 50 °C (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2010); em sementes de *Passiflora foetida* L. foi observada a superação de dormência com tratamento térmico, sendo imersas em água destilada a 30 °C por 15 minutos ou a 50 °C por 5 minutos (MAROSTEGA et al., 2013).

Entretanto, os tratamentos de sementes com água quente devem se restringir a uma temperatura de 45 a 60 °C por até 60 minutos, de acordo com a espécie (GRONDEAU; SAMSON, 1994), principalmente, porque a sensibilidade pode ser diferente em cada espécie, cultivar e, algumas vezes, em cada lote (MAROSTEGA et al., 2013).

Observou-se, nas Tabelas 2; 3 e 5, que as sementes tratadas com escarificação mecânica apresentaram resultados inferiores àquelas tratadas com escarificação térmica, no entanto, os valores foram superiores aos observados nas sementes que não receberam tratamento de escarificação (controle). A escarificação mecânica está entre os métodos de superação da dormência que se apresenta como simples, de baixo custo e eficaz para aumentar a porcentagem de germinação.

O coeficiente de correlação de Pearson foi determinado entre as variáveis estudadas e considerou-se a correlação significativa entre as variáveis com dependência linear acima de 0,50 (Tabela 6). As correlações observadas reafirmam os resultados obtidos neste estudo.

Tabela 6. Matriz de coeficientes de correlação de Pearson das variáveis: germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA) e de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) de sementes de *P. mucronata* submetidas a três métodos de superação de dormência.

	G	IVG	CPA	CR	MSPA	MSR
G	-	0,74**	0,44 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,18*
IVG		-	0,30 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,14 ^{ns}
CPA			-	0,40 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}
CR				-	0,40 ^{ns}	0,63**
MSPA					-	0,60*
MSR						-

^{ns} não significativo; **, * significativo em nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

A porcentagem de germinação apresentou correlação linear diretamente proporcional ao IVG ($r=0,74$), em que se objetiva obter uma germinação rápida e uniforme e um crescimento de plântulas normais, a partir de sementes com maior vigor. O comprimento de raiz apresentou correlação positiva com a CR e MSR ($r=0,63$) e correlação positiva também foi observada entre a MSPA e MSR ($r=0,60$). Portanto, pode-

se observar que o crescimento de raiz assim como a massa seca de raiz foram positivamente influenciados um pelo outro.

4. CONCLUSÕES

- Sementes *Passiflora mucronata* sem realizar o tratamento para superação da dormência apresentam baixa porcentagem de germinação e vigor;

- As sementes de *Passiflora mucronata* apresentam maior germinação e vigor com tratamento térmico.

5. AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de pós-graduação e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão de bolsa de incentivo à pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, R. S.; LOPES, J. C.; BRUCKNER, C. H.; DIAS, D. C. F. S. Propagação seminífera do maracujazeiro. ALEXANDRE, R.S.; BRUCKNER, C.H.; LOPES, J. C. **Propagação do maracujazeiro: aspectos morfológicos, fisiológicos e genéticos**. Editora: EDUFES, 1ed. 2009, p. 25-72.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 399 p.

CERVI, A. C.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A.; BERNACCI, L. C. Passifloraceae. In: FORZZA, R. F. et al. (eds.) **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. v. 2, p.1432-1436, 2010.

FERREIRA, M. G. R.; SANTOS, M. R. A.; SILVA, E. O.; GONÇALVES, E. P.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A. Superação de dormência em sementes de biribá (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 4, p. 95-99, 2009.

GARCIA, E. N., BASEGGIO, J. Poder germinativo de sementes de *Desmodium inccanum* DC. (Leguminosae). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.5, p.199-202, 1999.

GRONDEAU, C.; SAMSON, R. A review of thermotherapy to free plant materials from pathogens, especially seeds from bacteria. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.13, n.1, p.57-75. 1994.

IBGE, 2017. IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Banco de dados agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (2017) Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 10 de Junho de 2018.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P.F.; DONOGHUE, M.J. **Sistemática vegetal**: um enfoque filogenético. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed. 2009. 632p.

KUHNE, F. A. Cultivation of granadillas. **Farming in South Africa**, v.43, n.11, p.29-32, 1968.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: OEA, 1983. 174p.

MAGNAGO, L. F. S.; MARTINS, S.V.; PEREIRA, O.J. Heterogeneidade florística das fitocenoses de restingas nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. **Revista Árvore**, n.35, p.245-254, 2011.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MAROSTEGA, T. N.; CUIABANO, M. N.; RANZANI, R. E.; LUZ, P. B.; SOBRINHO, S. P. Efeito de tratamento térmico na superação de dormência de sementes de *Passiflora suberosa* L. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 2, p. 445-450, 2015.

MAROSTEGA, T. N.; FERRAZ, A. C. L.; ARAÚJO, L. M.; LUZ, P. B.; SOBRINHO, S. P.; NEVES, L. G. Superação de dormência em sementes de *Passiflora foetida* L. **Perspectiva**, v. 37, n. 139, p. 57-64, 2013.

McDONALD, M. B.; COPELAND, L. O. **Seed production:** principles and practices. New Jersey: Chapman & Hall, 1997. 749p.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.33, n.1, p.83-91, 2011.

OLIVEIRA JUNIOR, M.X.; SÃO JOSÉ, A.R.; REBOUÇAS, T.N.H.; MORAIS, O.M.; DOURADO, F.W.N. Superação de dormência de maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata* MAST.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.584-590, 2010.

PÁDUA, J. G.; SCHWINGEL, L. C.; MUNDIM, R. C.; SALOMÃO, A. N.; ROVERIJOSÉ, S. C. B. Germinação de sementes de *Passiflora setacea* e dormência induzida pelo armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.1, p.80-85, 2011.

PEREIRA, K. J. C.; DIAS, D. C. F. S. Germinação e vigor de sementes de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* forma *flavicarpa* Deg.) submetidas a diferentes métodos de remoção de mucilagem. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, p.288-291, 2000.

PEREZ, S. C. J. G. A. Envoltórios. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação:** do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed. 2004. p.126-134.

SANTOS, T. M.; FLORES, P. S.; OLIVEIRA, S. P.; SILVA, D. F. P.; BRUCKNER, C. H. Tempo de armazenamento e métodos de quebra de dormência em sementes do maracujá-de-restinga. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.2, p.26-31, 2012.

SOUZA, J. S. I.; MELETTI, L. M. M. **Maracujá:** espécies, variedades e cultivo. Piracicaba: FEALQ, 1997. 179p.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

WELTER, M. K.; SMIDERLE, O. J.; UCHÔA, S. C. P. CHANG, E. P. M. Germinação de sementes de maracujá amarelo azedo em função de tratamentos térmicos. **Revista Agro@ambiente**, v.5, n.3, p.227-232. 2011.

CAPÍTULO II

ESTRESSES HÍDRICO E SALINO EM SEMENTES DE GENÓTIPOS DE *Passiflora mucronata* LAM. TRATADAS COM DOADOR DO ÓXIDO NÍTRICO

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho estudar a qualidade fisiológica de sementes de *Passiflora mucronata* sob estresse hídrico e salino tratadas com doador de óxido nítrico. Foram conduzidos dois experimentos: no experimento 1, o estresse hídrico foi induzido utilizando-se o agente osmótico manitol, e o estresse salino utilizando-se NaCl, nos potenciais osmóticos de 0,0; -0,4; -0,6; -0,8; -1,2 e -1,6 MPa. No experimento 2, as sementes foram previamente submetidas a diferentes concentrações do doador de óxido nítrico nitruprussiato sódio, nas concentrações de 0,0; 5,0; 7,5 e 12,5 mg L⁻¹, durante 120 minutos. Foram realizadas as seguintes análises: a) porcentagem de germinação; b) índice de velocidade de germinação; c) tempo médio de germinação; d) comprimento da parte aérea; e) comprimento de raiz e f) massa seca total. Os potenciais mais críticos durante o estresse hídrico, foram de -0,8 e -1,2 MPa. Ao comparar os genótipos entre si, para todas as características estudadas, os genótipos 2 e 5 foram tolerantes aos potenciais de -0,4 e -0,8 MPa de NaCl. Ao utilizar o SNP, observou-se aumento na germinação, principalmente na concentração de 7,5 mg L⁻¹, destacando-se os genótipos 2 e 5. Conclui-se que as sementes dos genótipos 2 e 5 de *P. mucronata*, quando expostas à restrição hídrica e salinidade, são tolerantes quando submetidas aos potenciais osmóticos de -0,4 MPa de manitol e -0,4 e -0,8 MPa de NaCl, respectivamente. O nitroprussiato de sódio na concentração de 7,5 mg L⁻¹ promove a germinação, o vigor e minimiza os efeitos do estresse salino em sementes de *P. mucronata*, quando submetidas ao potencial osmótico de -1,2 MPa de NaCl.

Palavras-chave: Maracujazeiro; genótipos; óxido nítrico; potencial osmótico; manitol; NaCl.

1. INTRODUÇÃO

A família Passifloraceae é composta por 12 gêneros e mais de 500 espécies (RODRIGUEZ-AMAYA, 2012). No Brasil, há cerca de 142 espécies de passifloráceas aceitas, sendo 83 endêmicas (BERNACCI et al., 2015).

O elevado número de espécies silvestres com potenciais agronômicos, farmacêuticos e ornamentais tem despertado interesse em novos estudos, destacando-se a espécie *Passiflora mucronata* Lamarck, que é nativa da Mata Atlântica, ocorrendo do litoral sul da Bahia até o litoral norte de São Paulo (BERNACCI et al., 2003), detectada predominantemente em vegetações arbustivas de restinga, nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, Brasil (MAGNAGO et al., 2011; GARBIN et al., 2012).

A espécie *P. mucronata* vem apresentando elevado interesse devido à resistência a algumas doenças e, portanto, torna-se uma alternativa como porta-enxerto sob *P. edulis* f. *flavicarpa* (OLIARI et al., 2016), além do potencial para uso ornamental, com flores brancas que se abrem à noite em decorrência da visitação do agente polinizador (morcego), e de se mostrar tolerante ao frio, com produção ininterrupta o ano todo (MELETTI et al., 2011).

A salinização dos solos aráveis está aumentando em todo o mundo, e isso tem ameaçado a produtividade da maioria das espécies de plantas cultivadas nessas áreas (FAROOQ et al., 2017). O alto nível de estresse hídrico e salino (especialmente induzido por NaCl) tem sido o fator ambiental mais importante, limitando a produção de plantas em aproximadamente 20% das áreas de cultivo irrigadas em todo o mundo (SYTAR et al., 2017).

A germinação de sementes é influenciada pelo meio ambiente estressor, em função da salinidade e dos períodos de déficit hídrico (ARNOLD et al., 2014; CAVALLARO et al., 2014). A salinidade impõe o estresse osmótico e a toxicidade iônica às plantas, que exercem efeitos negativos sobre o seu estabelecimento, crescimento e desenvolvimento (FAROOQ et al., 2017).

O ajuste osmótico é um mecanismo fisiológico das plantas que é ativado em resposta às condições adversas ao seu metabolismo. Ele se mostra eficaz na manutenção da turgescência celular, sob condições de baixo potencial hídrico no solo e confere proteção por curtos períodos de tempo de estresse, quando as condições não tardam a se normalizar (PINT -MARIJUAN; BOSCH, 2013).

O estabelecimento do ajuste osmótico mediante estresse provoca um acúmulo, no vacúolo ou no citosol, de solutos compatíveis que contribuem para a manutenção do

equilíbrio hídrico e a preservação da integridade de proteínas, enzimas e membranas celulares (ASHRAF et al., 2011; PINTÓ-MARIJUAN; BOSCH, 2013). O aminoácido prolina é o soluto compatível mais estudado, em razão de sua sensibilidade de resposta a condições de estresse. Esse tipo de soluto contribui ainda, para a função osmoprotetora contra subprodutos tóxicos do metabolismo, resultantes do estresse hídrico. O teor de prolina pode aumentar em até 100 vezes em relação às plantas cultivadas sob condições normais. Esse acúmulo fornece um importante parâmetro para a seleção de plantas resistentes (TROVATO et al., 2008; VERBRUGGEN; HERMANS, 2008; ASHRAF al., 2011).

A espécie *P. mucronata* é caracteristicamente encontrada em regiões de restinga, no entanto, há relatos que elas preferencialmente ocupariam regiões mais afastadas das áreas litorâneas, por apresentarem uma provável baixa tolerância à salinidade, pois de acordo com Lourenço Junior et al. (2007), esta espécie não tolera níveis superiores a 200 mM de NaCl. Entretanto, são necessários estudos para averiguar os níveis de tolerância aos solutos presentes em solos de regiões de restinga, assim como analisar a germinação e o vigor de sementes de *P. mucronata* submetidas a diferentes concentrações e tipos de solutos que podem causar estresses hídricos e salinos, dificultando o desenvolvimento de plântulas normais.

O óxido nítrico é uma pequena molécula de gás, água e lipídico solúvel, e tem sido evidenciado como uma importante molécula de sinalização, envolvida em muitos processos fisiológicos das plantas, como germinação de sementes, fechamento dos estômatos, processo de maturação e senescência em resposta à morte celular programada e a estresses bióticos e abióticos (ASGHER et al., 2017).

Objetivou-se com este trabalho estudar a qualidade fisiológica de sementes e diversidade fenotípica de *Passiflora mucronata* sob estresse hídrico e salino e desempenho de óxido nítrico sob estresse salino.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Sementes (LAS), do Centro de Ciências Agrárias e Engenharia da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), localizado no município de Alegre, no estado do Espírito Santo, Brasil.

Foram utilizados nove genótipos da espécie vegetal *P. mucronata*, provenientes da Fazenda Cedro, localizada no município de Jaguaré, região norte do estado do Espírito

Santo, e cultivados em espaldeira, na área experimental do CCAE-UFES nas coordenadas geográficas de 20° 45`S e 41° 30`W, com altitude média de 250 m. As coordenadas geográficas de cada planta matriz estão apresentadas na Tabela 1, no Anexo 1.

Frutos maduros foram colhidos, seccionados paralelamente ao seu eixo equatorial e, as sementes, juntamente com restos placentários, arilo e o suco, foram transferidos para béqueres. Posteriormente, com auxílio de uma colher esterilizada, foi removida a polpa com a técnica da cal extinta, sobre uma peneira, lavadas e mantidas sobre papel tipo Germitest® a sombra por 72 horas, para secagem até a umidade atingir níveis próximos de 12%.

Para a desinfestação, as sementes foram submersas em álcool 70% (v/v) por um minuto em Germinação (G) e, em seguida, em solução de hipoclorito de sódio comercial (NaClO) a 2,5 % (v/v) por cinco minutos, e foram lavadas cinco vezes em água destilada.

Caracterização dos estresses hídrico e salino induzidos durante o processo de germinação: em laboratório, sementes de nove genótipos de *P. mucronata* foram submetidas a diferentes níveis de potenciais osmóticos durante a germinação: 0,0; -0,4; -0,6; -0,8; -1,2 e -1,6 MPa, induzidos por solução de manitol (C₆H₁₄O₆) e solução de cloreto de sódio (NaCl). O cálculo do potencial osmótico foi feito de acordo com a equação de Van't Hoff (SALISBURY; ROSS, 1992).

Para analisar a qualidade fisiológica das sementes foram utilizados os seguintes testes e/ou determinações:

Germinação (G) - conduzida com quatro repetições de 25 sementes. A semeadura foi feita em rolos de papel tipo Germitest® umedecido com as soluções no volume equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco, acondicionados em câmara de germinação, com alternância de temperatura (20-30 °C), sob ausência de luz, por 40 dias. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais obtidas no 40º dia após a semeadura (BRASIL, 2009); **índice de velocidade de germinação (IVG)** - foi conduzido concomitante com o teste de germinação, computando-se diariamente o número de sementes que apresentaram protrusão da raiz primária com dimensão ≥ 2 mm, e calculado de acordo com Maguire (1962); **tempo médio de germinação (TMG)** - calculado de acordo com Labouriau (1983); **comprimento da parte aérea (CPA) e de comprimento raiz (CR)** - foram analisados após 40 dias da semeadura, medindo-se as plântulas normais da extremidade da raiz ao coleto, para obtenção do comprimento radicular e do coleto ao ápice da parte aérea, com o auxílio de uma régua graduada em mm, para obtenção do comprimento da parte aérea; massas secas das plântulas - foram determinadas após 40 dias

da semente, em balança analítica (0,0001 g). **Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR)** - pesagem foi realizada após a medição das plântulas, que foram acondicionadas em sacolas de papel tipo Kraft, mantidas em estufa de convecção a 72 °C por 72 horas. Decorrido esse período, as amostras foram armazenadas em dessecador com sílica gel, e posteriormente pesadas em balança analítica (0,0001 g) e os resultados expressos em mg plântula⁻¹.

Delineamento experimental e análise estatística: Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições de 25 sementes por tratamento, totalizando 45 tratamentos, sendo os eles 9 genótipos e 5 potenciais osmóticos. A análise dos dados foi realizada de forma independente para cada condição de estresse, sendo realizada análise de regressão e adotados os modelos de regressão ($p \leq 0,005$), com a análise da significância dos betas, assim como a ordem betas em que ele se apresentaram, e a significância do R^2 , utilizando-se o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018).

Desempenho germinativo e vigor de sementes de genótipos de *P. mucronata* sob estresse salino em função de doador de óxido nítrico (SNP), o potencial fisiológico dos nove genótipos, foi submetido a diferentes concentrações de SNP, visando analisar o desempenho e reparos de danos causados pelo estresse salino. As sementes dos nove genótipos, já desinfestadas, foram imersas em soluções de SNP nas concentrações de 0,0; 5,0; 7,5 e 12,5 mg L⁻¹, durante 120 minutos, e submetidas ao teste de germinação, utilizando-se quatro repetições de 25 sementes distribuídas em rolos de papel umedecidos com água destilada para o controle, e para indução do estresse salino foi utilizada, solução de NaCl, com potencial osmótico de -1,2 MPa, na proporção equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco (BRASIL, 2009). Em seguida, foram mantidas em câmara tipo B.O.D., com alternância de temperatura (20-30 °C) e ausência de luz. Foram analisadas as características de G, IVG, TMG, CPA, CR e MST.

Delineamento experimental e análise estatística: o experimento foi conduzido em um DIC, com quatro repetições de 25 sementes por tratamento. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Scott Knott ($p \leq 0,005$), utilizando-se o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018). Para a identificação do genótipo de maior desempenho sob estresse foi calculado o seu desempenho relativo, representado pelo aumento ou pela redução em relação ao controle, considerando o controle como valor absoluto (100%).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da germinação de genótipos de *P. mucronata* induzidos por estresse hídrico e salino

Durante a indução do estresse pela restrição hídrica, quando o potencial osmótico foi negativo, ocorreu diminuição na germinação de sementes e vigor de plântulas de *P. mucronata*. Dentre os genótipos estudados (Tabela 2) houve diferença em todas as características analisadas, de acordo com o agrupamento das médias feito pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,005$).

Tabela 2. Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) de sementes, comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e massa seca total (MST) de plântulas de genótipos de *Passiflora mucronata* submetidos a diferentes potenciais osmóticos induzidos por manitol (estresse hídrico).

Genótipos	Germinação (%)					Índice de velocidade de germinação				
	0,0	-0,4	-0,8	-1,2	-1,6	0,0	-0,4	-0,8	-1,2	-1,6
1	49b ⁽¹⁾	27d	14d	9c	0c	0,50d	0,22c	0,15d	0,08c	0,00c
2	56a	54a	43a	31a	22a	0,67a	0,60a	0,45a	0,25a	0,16a
3	50b	51a	26b	17b	15b	0,54c	0,46b	0,27c	0,14b	0,08b
4	49b	31c	25b	0d	0c	0,55c	0,15d	0,12d	0,00d	0,00c
5	58a	56a	45a	35a	21a	0,54c	0,51a	0,46a	0,28a	0,13a
6	50b	37b	27b	34a	0c	0,44e	0,45b	0,32b	0,25a	0,00c
7	52b	37b	20c	0d	0c	0,62b	0,22c	0,12d	0,00d	0,00c
8	52b	24e	13d	10c	0c	0,68a	0,21c	0,11d	0,07c	0,00c
9	52b	28d	15d	11c	0c	0,61b	0,21c	0,13d	0,08c	0,00c
CV (%)	3,0					8,84				
Genótipos	Tempo médio de germinação (dias)					Comprimento da parte aérea (cm)				
1	29a	34a	32b	39a	0c	8,0b	7,7c	5,4c	2,5b	0,0c
2	28a	23c	28c	29c	30a	8,8a	8,7a	7,7a	3,7a	2,0a
3	31a	32a	32b	38a	38b	8,1b	7,3c	5,1c	2,2c	1,3b
4	31a	24c	33b	0d	0c	8,0b	6,7d	4,6d	0,0d	0,0c
5	22b	23c	27c	28c	29a	8,9a	8,8a	7,5a	3,4a	1,9a
6	28a	33a	37a	38a	0c	8,7a	8,2b	5,8b	2,7b	0,0c
7	30a	29b	33a	0d	0c	8,1b	8,1b	5,9b	0,0d	0,0c
8	27a	29b	26c	33b	0c	8,7a	5,5f	4,5d	1,9c	0,0c
9	30a	24c	34b	32b	0c	8,6a	5,7e	5,2c	1,9c	0,0c
CV (%)	3,62					3,44				
Genótipos	Comprimento de raiz (cm)					Massa seca da total (mg)				
1	2,3a	1,1c	0,8b	0,5a	0,0b	0,03b	0,02b	0,02b	0,01b	0,00c
2	2,3a	2,3a	1,2a	0,6a	0,7a	0,04a	0,04a	0,03a	0,02a	0,02a
3	2,2a	2,0a	0,8b	0,5a	0,5b	0,04a	0,04a	0,02b	0,01b	0,01b
4	2,3a	1,4b	0,7c	0,0b	0,0b	0,03b	0,02b	0,01c	0,00	0,00c
5	2,3a	2,4a	1,3a	0,5a	0,7a	0,04a	0,04a	0,03a	0,02a	0,02a
6	2,3a	1,5b	0,9b	0,6a	0,0b	0,02c	0,02b	0,02b	0,01b	0,00c
7	2,2a	1,6b	0,9b	0,0b	0,0b	0,03b	0,02b	0,01c	0,00c	0,00c
8	2,2a	1,1c	0,5d	0,4a	0,0b	0,04a	0,02b	0,01c	0,01b	0,00c
9	2,3a	1,1c	0,5d	0,5a	0,0b	0,04a	0,02b	0,01c	0,01b	0,00c
CV (%)	6,8					6,82				

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,005$).

As respostas das características analisadas quando submetidas aos potenciais osmóticos induzidos com manitol e NaCl, foram ajustadas aos modelos lineares e

quadráticos de regressão de acordo com o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018) (Figuras 1 e 2).

As sementes dos genótipos submetidas ao potencial osmótico de $-0,4$ MPa, sobressaíram-se com maior capacidade de germinação, maior velocidade de germinação, comprimento de parte aérea e raiz, e de massa seca total, os genótipos 2 (54%) e 5 (56%), seguidos pelo genótipo 3 (51%), quando comparados ao controle com 56,50 e 58% de germinação, respectivamente. Este comportamento evidencia as sementes desses três genótipos como resistentes ao potencial osmótico de $-0,4$ MPa de manitol, pois não apresentaram redução na capacidade germinativa e no vigor. As sementes estão constantemente expostas a fatores ambientais como temperaturas extremas, seca e estresse salino, portanto, sob essas condições a germinação pode ser inibida ou retardada e o estágio de crescimento das plântulas, afetado (ASHRAF, FOOLAD, 2005; MASONDO et al., 2018).

No entanto, a partir do potencial osmótico de $-0,8$ MPa, as taxas germinativas decresceram em aproximadamente 50% entre os genótipos 3; 4; 6 e 7, e 75% entre os genótipos 1; 8 e 9 (Tabela 2). Além disso, para as características referentes ao vigor, como no acúmulo de massa seca e crescimento das plântulas, similarmente houve redução, afetando a taxa de sobrevivência e o estande, evidenciando os estádios de germinação e crescimento inicial como as fases mais críticas para as plantas mantidas sob estresse, corroborando com as afirmativas de Ashraf e Foolad (2005), sob o comportamento da maioria das espécies cultivadas sob estresse abiótico. Nessas etapas de desenvolvimento e crescimento das plantas, o percentual de sobrevivência de boa parte das espécies, sob condições de estresse ambiental, pode ser reduzido significativamente, afetando severamente os rendimentos econômicos (MASONDO et al., 2018).

O estresse hídrico pode ser ocasionado pela ausência de irrigação ou por impedimento durante a absorção da água disponível, induzido por agentes osmóticos dissolvidos, como é o caso do manitol. Com isso, o aumento de partículas do agente osmótico na água disponível, afeta principalmente a absorção de água pelo tegumento e, conseqüentemente, a embebição das sementes é prejudicada, devido ao menor potencial osmótico no substrato, levando a uma dormência forçada osmoticamente. Isso pode ser uma estratégia adaptativa de sementes para prevenir a germinação sob ambiente estressante, assegurando o restabelecimento da germinação, quando as condições ideais forem retomadas (GILL et al., 2003; MASONDO et al., 2018).

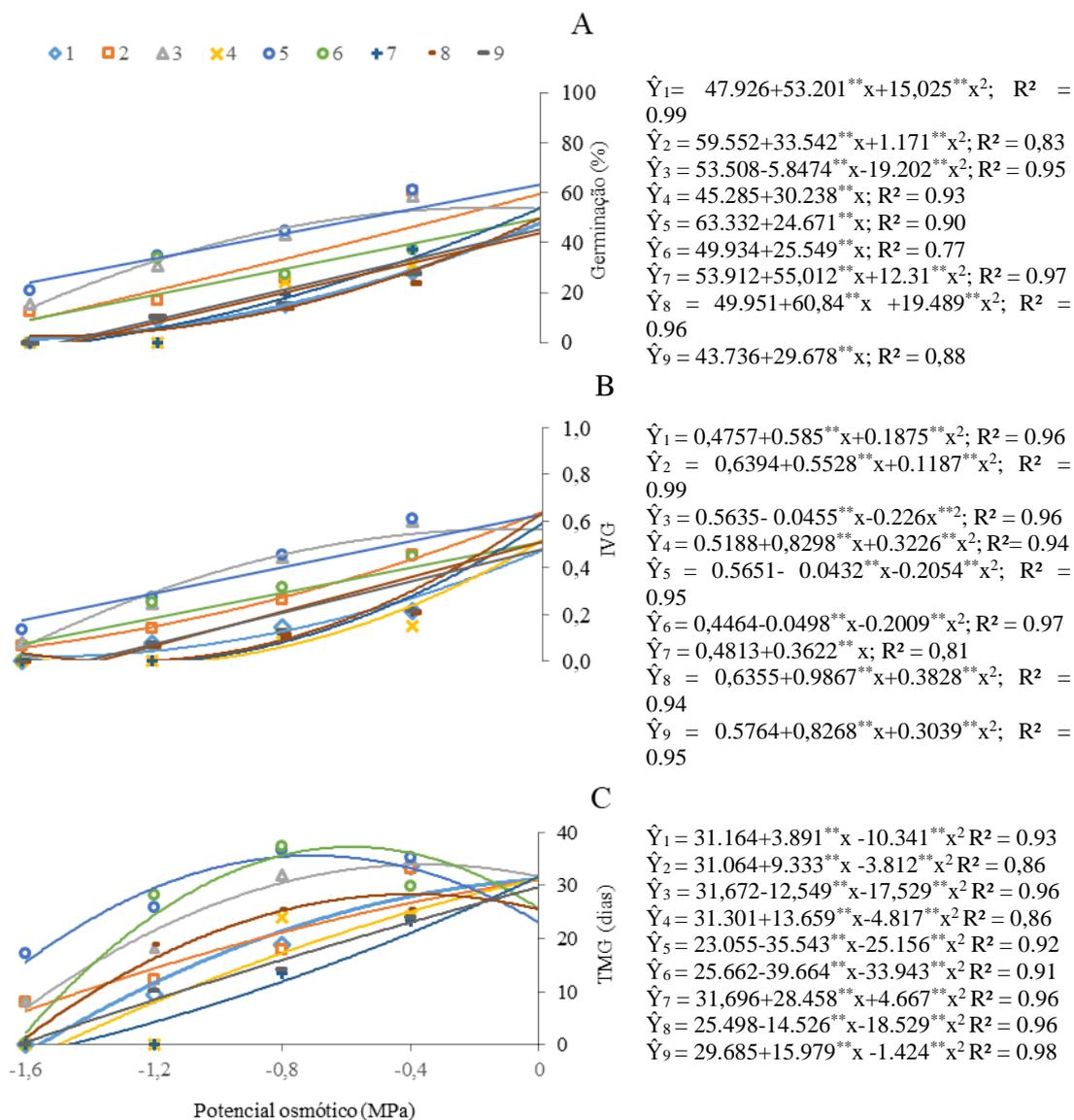


Figura 1. Qualidade fisiológica de sementes de *Passiflora mucronata* submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por manitol (estresse hídrico): A - porcentagem de germinação (G); B - índice de velocidade de germinação (IVG); C - tempo médio de germinação (TMG) ** - ($p \leq 0,001$).

A redução da absorção de água nas sementes sob estresse resultou em menor porcentagem de germinação, o que pode ser atribuída à dormência forçada osmoticamente e aos efeitos deletérios provocados pelo estresse hídrico, que são ocasionados pela indução do estresse osmótico e o desequilíbrio da absorção da água, que são muitas vezes expressados pela eficiência do uso da água (MERWAD et al., 2018).

A plasticidade fenotípica das plantas está fortemente relacionada à capacidade que elas têm em adaptar-se ao meio ambiente. Portanto, é importante entender como essa

adaptação se dá. Sendo que, quanto maior a plasticidade, maior será a habilidade da planta em habituar-se a ambientes heterogêneos (ZHUO et al., 2014).

Ao comparar as características analisadas durante a submissão das sementes nos diferentes potenciais osmóticos, observou-se que ocorreu redução da germinação no potencial osmótico de -0,4 MPa, sendo ainda mais acentuada nos potenciais -0,8 e -1,2 MPa, e no potencial osmótico mais negativo (-1,6 MPa), praticamente em todos os genótipos não ocorreu geminação das sementes. No entanto, destacaram-se os genótipos 2 e 5, que foram os mais resistentes aos danos fisiológicos causados aos tecidos vegetais, pela restrição hídrica (Figura 1). A velocidade com que as sementes germinaram sob estresse, também foi menor do que as sementes que não foram submetidas às soluções de manitol, e conseqüentemente, aumentou o tempo médio de germinação (TMG) (Figura 1).

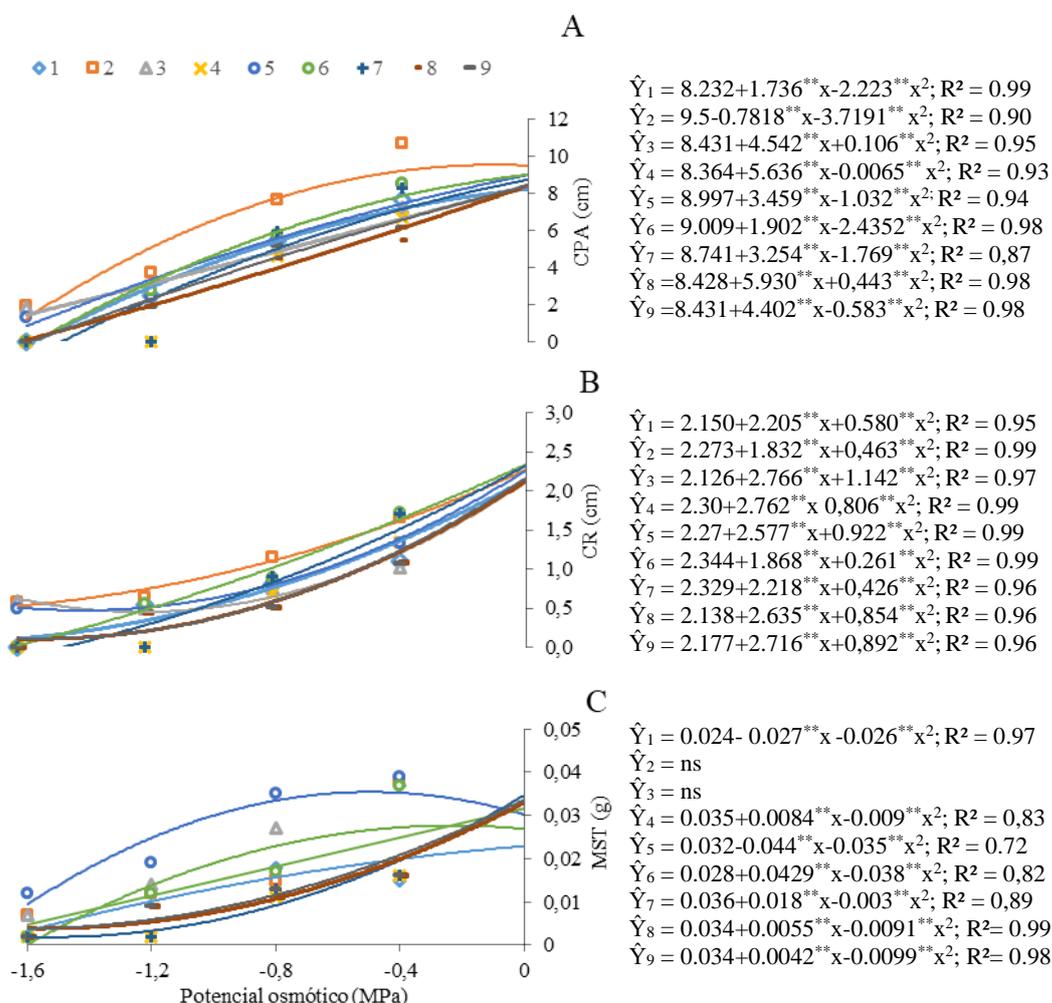


Figura 2. Qualidade fisiológica de sementes de *Passiflora mucronata* submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por manitol (estresse hídrico): A - comprimento da parte aérea (CPA); B - comprimento de raiz (CR); C - massa seca total (MST). ** - ($p \leq 0,001$); ns - não significativo.

O estresse hídrico diminui a taxa de assimilação de CO₂ e, portanto, a taxa de redução da produção de energia, torna-se maior do que a taxa de seu uso no ciclo de Calvin. O acúmulo destes redutores na cadeia de transporte de elétrons inicia uma produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs), como os ânions superóxido (O₂^{•-}), peróxido de hidrogênio (H₂O₂), hidroxila (OH[•]) e oxigênio singlete (¹O₂). Estas EROs podem reagir com lipídios, membranas celulares, proteínas e ácidos nucleicos, resultando em peroxidação lipídica, danos à membrana, desnaturação de proteínas e alteração de moléculas de DNA em células vegetais (REDDY et al., 2004; KHANNA-CHOPRA; SELOTE, 2007).

Durante os primeiros estádios do estresse, a enzima catalase (CAT) é ativada, enquanto nos estágios posteriores do estresse, são ativadas as enzimas superóxido dismutase (SOD) e peroxidases (POD), que são eficazes na eliminação das EROs. Portanto, durante o período em que as plantas estão sob a influência de estresse hídrico, é necessária uma maior atividade da SOD, para que ocorra a eliminação das EROs, e a proteção das biomoléculas contra associação com os radicais superóxidos (O₂^{•-}) disponíveis no meio intracelular (BANO et al., 2012), sendo que cada enzima relacionada ao estresse hídrico, atua ao longo do intervalo de tempo do período em que a planta está sob déficit hídrico (HABIBI, 2014).

Ao analisar as características de CPA e CR, pode-se observar uma redução no crescimento das plântulas, quando submetidas aos potenciais osmóticos negativos induzidos com manitol, o que culminou em menor acúmulo de massa seca total (MST) de plântulas. Essa redução ocorreu em todos os genótipos, no entanto, os genótipos 2 e 5 apresentaram-se com maior capacidade de superação aos efeitos do estresse (Tabela 2, Figura 2).

Estas reduções de crescimento são muitas vezes atribuídas a reduções na água dos tecidos vegetais, sugerindo menor absorção e disponibilidade de água para células de crescimento (SEHRAWAT et al., 2013; GARG; BHANDARI, 2016). Embora as enzimas sejam responsáveis por diminuir o estresse e a dissipação de energia dos sistemas capazes de regular a formação e desintoxicação das EROs, a produção de EROs pode ser expressiva quando as plantas estão sob condições severas de estresse, limitando o crescimento normal e a produtividade (ABID et al., 2018).

Verifica-se que a restrição hídrica provocada por soluções de manitol com potencial osmótico abaixo de -0,8 MPa resulta em condições de estresse durante a germinação de sementes de *P. mucronata*. Esses fatos podem, de acordo com Bewley e Black (1994),

serem explicados pela diminuição no metabolismo das sementes em função da menor disponibilidade de água para a digestão das reservas e translocação dos produtos metabolizados.

O estresse por déficit de água foi um fator limitante em plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), na fase inicial de crescimento e estabelecimento, causando, nesse período, defeitos e distúrbios de todos os aspectos morfológicos, fisiológicos, bioquímicos e anatômicos (MERWAD et al., 2018). Nesse caso, o acúmulo significativo de prolina no feijão-caupi, em resposta ao estresse hídrico, sugeriu o importante ajuste desse osmolyte, quando as condições não estão favoráveis (MERWAD et al., 2018).

Estresse salino

A fisiologia e a germinação das sementes de *P. mucronata*, sob estresse salino induzido pelo agente osmótico NaCl, ao longo de 40 dias após a semeadura, quando se aumentou o potencial osmótico produziu redução significativa da germinação e baixo vigor das plântulas. No entanto, as sementes mantiveram a germinação alta, nos potenciais osmóticos de -0,4 e -0,8 MPa, quando comparadas com as sementes tratadas com água destilada (Tabela 3).

Os genótipos 2 (54%) e 5 (57%) apresentaram maior porcentagem de germinação, quando mantidos no potencial osmótico de -0,4 MPa, resultados similares aos apresentados em -0,8 MPa, que foram 53 e 55% de germinação, respectivamente. Comportamento que evidencia que o estresse salino afeta negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas e que as sementes desses genótipos, mesmo em meio a um ambiente estressante, conseguiram manter um índice germinativo relativamente alto, quando comparados aos demais genótipos (Tabela 3). Estes resultados corroboram com Liang et al. (2014), que a indução de estresse salino, inibi a germinação de sementes, comprimento da parte aérea e da raiz e a frutificação da planta.

Em solos salinos o estresse osmótico é o primeiro fator estressante para a planta, seguido da toxicidade iônica, que ocorre mais tarde, quando os níveis de sal são mais elevados e a planta não consegue manter a homeostase de íons, afetando o crescimento (MUNNS et al., 2008; HORIE et al., 2011).

Considerando a velocidade de germinação (IVG) (Tabela 3 e Figura 3B), o NaCl provocou uma redução nesta variável e isso fez com que o tempo médio de germinação (TMG) fosse maior em relação a concentração de 0,0, tornando o processo germinativo mais lento. Os genótipos 2 e 5 apresentaram maior velocidade de germinação em todos os

potenciais osmóticos estudados, quando comparados com os demais genótipos. O mesmo não aconteceu para o tempo médio de germinação, que se apresentou relativamente alto em todas as condições em que as sementes foram submetidas, não havendo diferença significativa entre os genótipos 2 e 5 (Tabela 3 e Figura 3B, C).

Tabela 3. Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) de sementes, comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e massa seca total (MST) de plântulas de genótipos de *Passiflora mucronata* submetidos a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl.

Genótipos	Germinação (%)					Índice de velocidade de germinação				
	0,0	-0,4	-0,8	-1,2	-1,6	0,0	-0,4	-0,8	-1,2	-1,6
1	49b ⁽¹⁾	37c	24e	19c	0c	0,50d	0,32c	0,25d	0,11d	0,00c
2	65a	54a	53a	31a	32a	0,70a	0,68a	0,55a	0,44a	0,11b
3	65a	51b	36c	27b	25b	0,54c	0,56b	0,37c	0,35b	0,11b
4	49b	41c	35c	0d	0c	0,55c	0,25d	0,22d	0,00e	0,00c
5	64a	57a	55a	35a	31a	0,72a	0,64a	0,55a	0,40a	0,24a
6	50b	47b	42b	34a	0c	0,44e	0,55b	0,42b	0,35b	0,00c
7	52b	47b	30d	0d	0c	0,62b	0,27d	0,22d	0,00e	0,00c
8	52b	34c	24e	20c	0c	0,63b	0,31c	0,21d	0,11d	0,00c
9	52b	38c	25e	21c	0c	0,61b	0,31c	0,23d	0,11d	0,00c
CV (%)	7,68					7,72				
Genótipos	Tempo médio de germinação (dias)					Comprimento da parte aérea (cm)				
1	10b	24a	29a	29a	0b	9,7c	8,0b	7,4c	4,5b	0,0b
2	10b	23a	28a	31a	18a	12,7a	8,8a	9,7a	5,7a	3,9a
3	17b	25a	31a	32a	18a	9,5c	8,1b	7,1c	4,2b	3,9a
4	14b	14a	31a	0c	0b	8,7d	8,0b	6,6d	0,0d	0,0b
5	25a	27a	22b	26b	19a	12,5a	8,5a	9,5a	5,4a	3,8a
6	20a	27a	28a	28b	0b	10,5b	8,7a	7,8b	4,7b	0,0b
7	11b	13a	30a	0c	0b	10,3b	8,1b	7,9b	0,0d	0,0b
8	15b	16a	27a	33a	0b	7,5f	8,7a	6,5d	3,7c	0,0b
9	11b	14a	30a	30a	0b	8,1e	8,6a	7,2c	3,9c	0,0b
CV (%)	7,47					6,08				
Genótipos	Comprimento de raiz (cm)					Massa seca total (mg)				
1	2,1c	2,3a	1,3b	0,7a	0,0b	0,029c	0,032b	0,032b	0,020b	0,000b
2	2,7a	2,3a	2,2a	0,8a	0,8a	0,052a	0,041a	0,044a	0,023a	0,018a
3	2,0c	2,2a	1,2b	0,6a	0,8a	0,051a	0,030b	0,028c	0,019b	0,019a
4	2,4b	2,3a	1,1b	0,0b	0,0b	0,029c	0,031b	0,030b	0,000d	0,000b
5	2,3b	2,3a	1,1b	0,7a	0,7a	0,052a	0,033b	0,048a	0,023a	0,017a
6	2,7a	2,3a	0,9c	0,8a	0,0b	0,051a	0,028c	0,031b	0,022a	0,000b
7	2,7a	2,2a	0,9c	0,0b	0,0b	0,029c	0,034b	0,026c	0,000d	0,000b
8	2,1c	2,2a	0,7d	0,6a	0,0b	0,038b	0,041a	0,026c	0,015c	0,000b
9	2,1c	2,3a	0,7d	0,7a	0,0b	0,037b	0,040a	0,027c	0,016c	0,000b
CV (%)	8,6					8,57				

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,005$).

Nas características de CPA, CR e MST (Tabela 3, Figura 3), as estruturas vegetativas das plântulas, tornaram-se mais sensíveis às condições de estresse salino e apesar da sensibilidade da radícula e hipocótilo, as sementes dessa espécie responderam positivamente quando submetidas aos potenciais osmóticos de -0,4 e -0,8 MPa de NaCl, sendo que a partir dessa concentração ocorreu redução na germinação e conseqüentemente,

redução do comprimento da parte aérea e raiz, assim como da massa seca total. Essa redução na germinação e demais estruturas analisadas estão associadas às alterações das funções das enzimas e hormônios envolvidos no processo de germinação, em função de alterações na disponibilidade e absorção de água nas fases de divisão celular, culminando com redução no comprimento da plúmula e da raiz, conforme observado por Younis et al. (2008). Com relação a CR, no potencial osmótico de -0,4 MPa, entre os genótipos não houve diferença estatisticamente significativa. Entretanto, os valores de crescimento de raiz (Figura 4B), para o genótipo 2, nos potenciais osmóticos de -0,4 e -0,8 MPa foram de 2,4 e 2,3 cm, respectivamente. Isso sugere maior resistência das plântulas ao estresse salino em relação ao CR das sementes sem tratamento (2,5 cm).

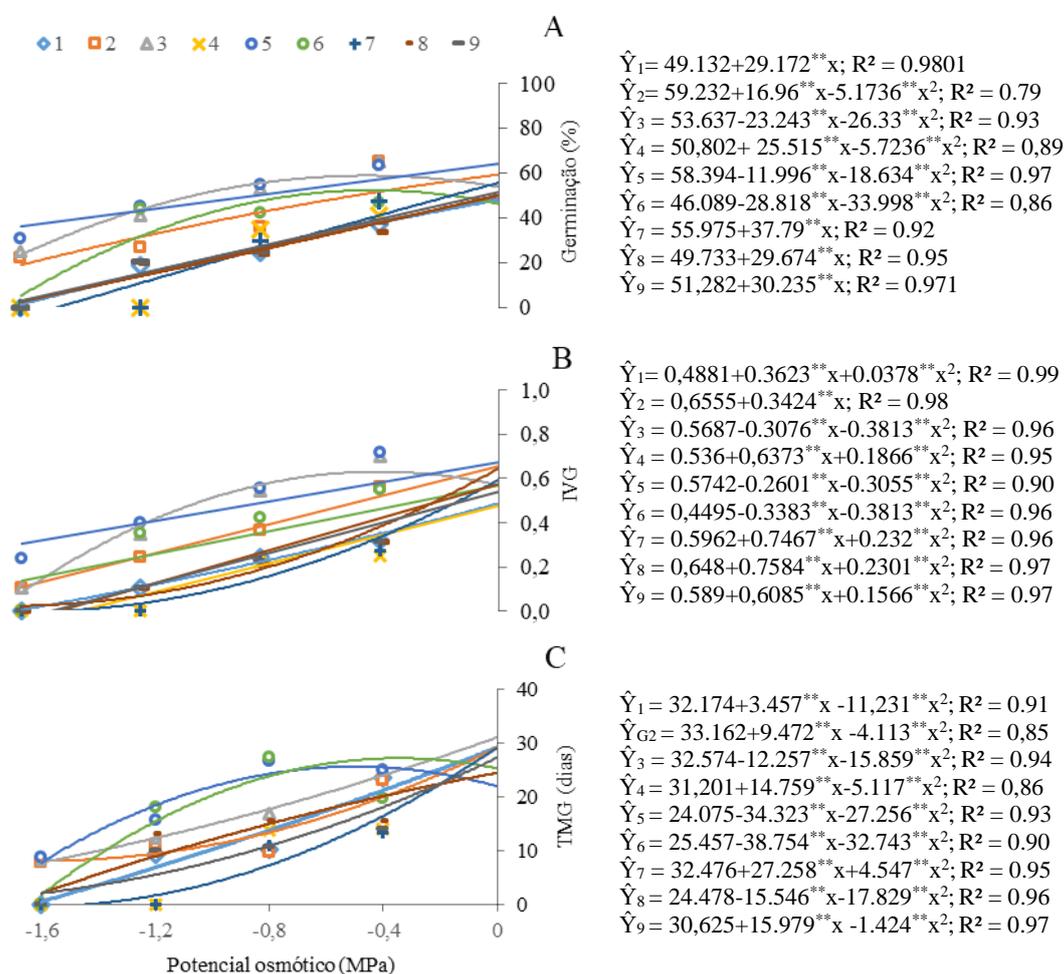


Figura 3. Qualidade fisiológica de sementes de *Passiflora mucronata* submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl (salinidade): A - porcentagem de germinação (G); B - índice de velocidade de germinação (IVG); C - tempo médio de germinação (TMG) ** - ($p \leq 0,001$).

O fato de os genótipos responderem positivamente aos potenciais osmóticos de -0,4 e -0,8 MPa, para as características estudadas, pode estar relacionado com a origem do

habitat natural de *P. mucronata*, pois, por ser uma espécie que vive em área de restinga, com solos naturalmente mais salinos devido à proximidade com o oceano, suportam mais os prejuízos causados pela salinidade.

Por conseguinte, notou-se que para todas as características estudadas (Tabela 3 e Figuras 3 e 4), o potencial osmótico a partir de -1,2 MPa prejudicou o processo germinativo e o vigor das sementes.

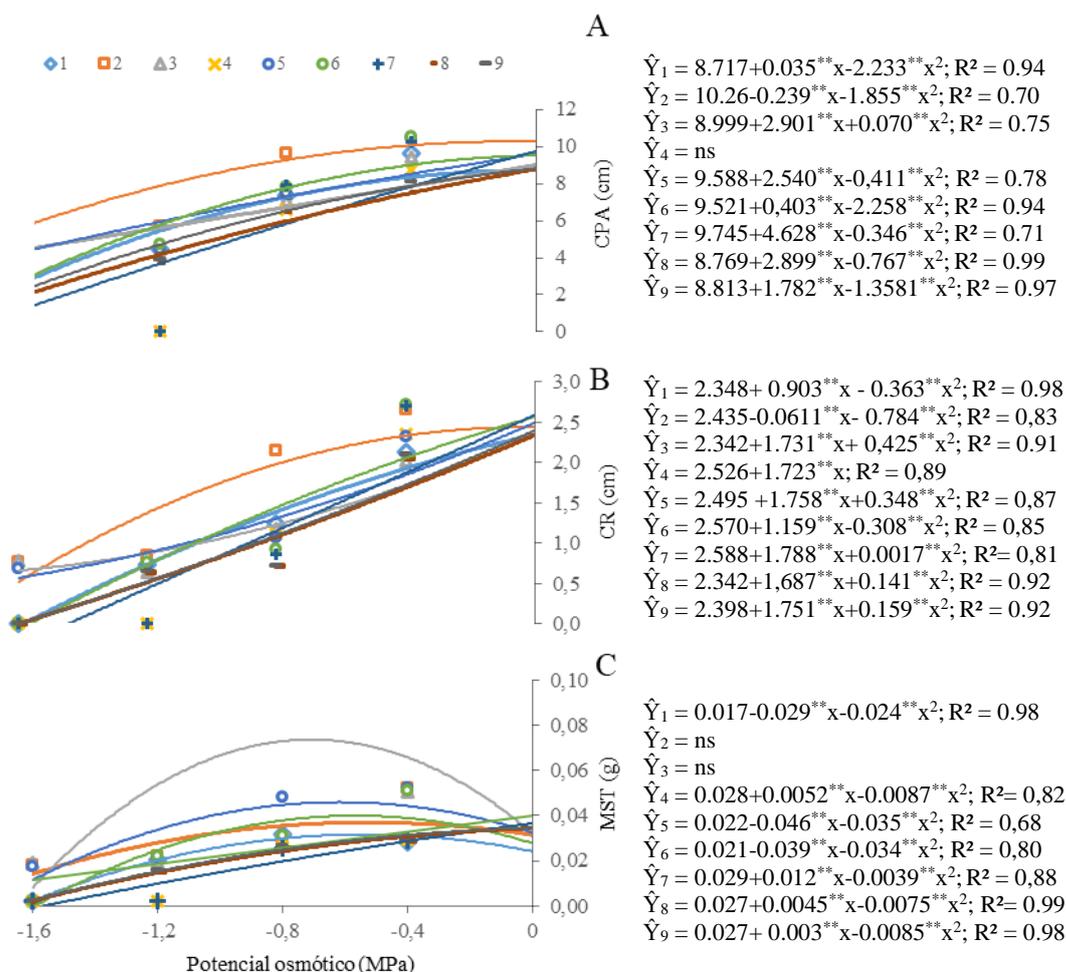


Figura 4. Qualidade fisiológica de sementes de *Passiflora mucronata* submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl (salinidade): A - comprimento da parte aérea (CPA); B - comprimento de raiz (CR); C - massa seca total (MST). ** - ($p \leq 0,001$). ns - não significativo.

Portanto, durante o processo que resulta no estresse salino, a germinação é afetada por ocorrer a inibição da absorção de água e, conseqüentemente é provocado o efeito tóxico dos íons Na^+ durante o desenvolvimento do embrião e processo germinativo (FAROOQ et al., 2015). O surgimento do radical Na^+ é principalmente devido a uma diminuição do gradiente de potencial de água entre a semente e o ambiente externo (MUNNS; JAMES, 2003). Ao restringir a absorção de água no primeiro passo da

germinação, a salinidade inibe o crescimento do eixo embrionário interrompendo a mobilização do amido, pois ocorre um desequilíbrio na ativação das enzimas envolvidas na hidrólise de reservas alimentares e o início do metabolismo da germinação (FAROOQ et al., 2017). O efeito adverso causado pela toxicidade em células da planta ocorre quando o íon de Na^+ modifica a relação K^+/Na^+ . Assim, os íons de sódio (Na^+) podem influenciar negativamente no conteúdo intracelular dos íons de potássio (K^+), gerando distúrbios metabólicos causados pelo acúmulo de Na^+ em células saudáveis, pela competição pelos sítios ativos das enzimas e dos ribossomos do K^+ (GHASSEMI-GOLEZANI; NIKPOUR-RASHIDABAD, 2017).

O efeito nocivo da toxicidade de Na^+ é manifestado em toda colheita e aparece em todas as fases de desenvolvimento e crescimento da planta, incluindo a germinação, estádios de emergência e crescimento vegetativo (KAYA et al., 2013; LIN et al., 2017).

O alto nível de Na^+ pode causar ainda o aumento nas EROs, levando a uma mudança no metabolismo redox celular. Assim, a exposição extrema das culturas à toxicidade de Na^+ pode levar ao aumento de $\text{O}_2^{\cdot-}$ (radical superóxido), H_2O_2 (peróxido de hidrogênio), $\cdot\text{OH}$ (radical hidroxilo) e $^1\text{O}_2$ (oxigênio singlete), gerando processos tóxicos como a peroxidação lipídica, modificação na estrutura da molécula de DNA e a degradação de proteína. As plantas têm um mecanismo de defesa antioxidante para eliminar EROS com antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos (FAROOQ et al., 2015; SEWELAM et al., 2016). O excesso da produção de EROS durante o estresse salino é desarmado por sistemas enzimáticos antioxidantes, como catalase (CAT), peroxidase (POX), superóxido dismutase (SOD), peroxidase de ascorbato (APX) e polifenol oxidase (PPO) (MITTLER et al., 2004).

A osmorregulação é uma forma de adaptação à salinidade da maioria das plantas que crescem em um ambiente salino, nesse processo acumulam no citossol metabólitos solúveis em água de baixo peso molecular, como a prolina (REJEB et al., 2014; FARHANGI-ABRIZ; TORABIAN, 2017), que atua como um componente antioxidante não enzimático, e que quando acumulado pode auxiliar o sistema de defesa das plantas no combate a EROS, durante o estresse salino (REJEB et al., 2014). De acordo com Farhangi-Abriz et al. (2018), a salinidade aumentou o conteúdo de glicina, betaína, prolina, açúcares solúveis, proteínas e atividades de peroxidase, catalase, superóxido dismutase, ascorbatoperoxidase e a quantidade de malondialdeído e íons de sódio das folhas de soja.

Segundo Vicente et al. (2016), o acúmulo de prolina é uma resposta fisiológica que acontece normalmente em muitas plantas cultivadas em diferentes ambiente que possuem

estresses abióticos. Sugerindo-se, este fato, como um indicativo de resistência ao estresse abiótico.

Desempenho germinativo e vigor de sementes de genótipos de *P. mucronata* sob estresse salino, em função de doador de óxido nítrico

A aplicação do óxido nítrico nas sementes sob estresse (Tabela 4), além de minimizar os danos causados pelo estresse salino, atuou como um estimulador da germinação, principalmente na concentração de 7,5 mg L⁻¹, destacando-se o genótipo 2, que apresentou porcentagem de germinação de 64%.

Tabela 4. Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) de sementes, comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e massa seca total (MST) de plântulas de genótipos de *Passiflora mucronata* acondicionados sob condição de estresse hídrico no potencial osmótico de -1,2 MPa de NaCl, e submetido a diferentes concentrações de nitroprussiato de sódio (SNP).

Genótipos	Germinação (%)				Índice de velocidade de germinação			
	SNP (mg L ⁻¹)				SNP (mg L ⁻¹)			
	0,0	5,0	7,5	12,5	0,0	5,0	7,5	12,5
1	49a ⁽¹⁾	40c	66c	38c	0,501a	1,230c	1,280c	1,150d
2	54a	76a	85a	80a	0,632a	1,521a	1,575a	1,548a
3	51a	48b	58c	52b	0,537a	1,226c	1,254c	1,360b
4	49a	55c	61c	56b	0,554a	1,175c	1,380b	1,060d
5	57a	70a	76a	74a	0,536a	1,506a	1,580a	1,570a
6	50a	61b	66b	52b	0,444a	1,450a	1,480a	1,200c
7	52a	53d	60c	52b	0,617a	1,075d	1,360b	1,120d
8	53a	59b	64b	52b	0,679a	1,413b	1,440a	1,270c
9	52a	54c	67c	53b	0,614a	1,350b	1,440a	1,310b
CV (%)	3,57				7,31			
Genótipos	Tempo médio de germinação (dias)				Comprimento da parte aérea (cm)			
1	27a	16c	18b	18c	8,0a	10,6d	11,8c	12,5a
2	29a	24a	22a	26a	8,8a	13,8a	14,8a	13,0a
3	31a	18b	11c	19b	8,1a	10,8d	13,2a	10,5b
4	31a	15c	11c	17c	8,0a	12,9b	14,9a	13,0a
5	32a	24a	22a	25a	8,5a	13,9a	11,8b	10,8b
6	28a	22a	11c	26a	8,7a	12,4b	13,8a	10,5b
7	30a	21a	20b	21b	8,1a	11,5c	11,2b	9,6b
8	27a	22a	22a	24a	8,7a	12,2b	13,4a	12,9a
9	30a	15c	14c	20b	8,6a	12,1b	14,0a	12,1a
CV (%)	3,61				2,41			
Genótipos	Comprimento de raiz (cm)				Massa seca total (mg)			
1	2,3a	3,0b	3,6a	3,1a	0,018b	0,030e	0,044a	0,033b
2	2,3a	3,7a	3,7a	2,9a	0,030a	0,056a	0,046a	0,037a
3	2,2a	1,7d	2,5b	3,0a	0,027a	0,034d	0,037b	0,026c
4	2,3a	2,9b	3,7a	2,8a	0,028a	0,032d	0,038b	0,039a
5	2,3a	3,5a	3,4a	2,4a	0,028a	0,050a	0,045a	0,037a
6	2,3a	1,4d	2,3b	2,8a	0,017b	0,036c	0,044a	0,031b
7	2,2a	2,6c	3,4a	2,5a	0,028a	0,027e	0,041a	0,032b
8	2,2a	1,3d	3,6a	3,0a	0,028a	0,036c	0,043a	0,031b
9	2,3a	2,4c	3,1a	2,6a	0,029a	0,040b	0,044a	0,033b
CV (%)	7,68				7,92			

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott (p≤0,005).

Resultado similar foi observado em todos os genótipos estudados, o que pode ser atribuído à função desempenhada pelo doador de óxido nítrico na proteção dos processos celulares, pela sua capacidade em regular o nível e a toxicidade das espécies reativas de oxigênio (EROs) (SÍROVÁ et al., 2011). Visto que, quando foi induzido o estresse salino em sementes de *P. mucronata* pelo agente osmótico NaCl, houve redução na capacidade germinativa e no vigor das plântulas.

Entre os genótipos, para cada potencial fisiológico, pode-se observar que ocorreu aumento da velocidade em que ocorreu a germinação das sementes, e diminuição do tempo médio para a germinação das sementes. Para as características de CPA, CR e MST (Tabela 4, Figuras 5 e 6), o aumento do crescimento e acúmulo de massa seca ocorreram principalmente na concentração de 7,5 mg L⁻¹ de SNP, para todos os genótipos, destacando-se os genótipos 2 e 5, que além de atenuar os efeitos do estresse, promoveram um incremento significativo.

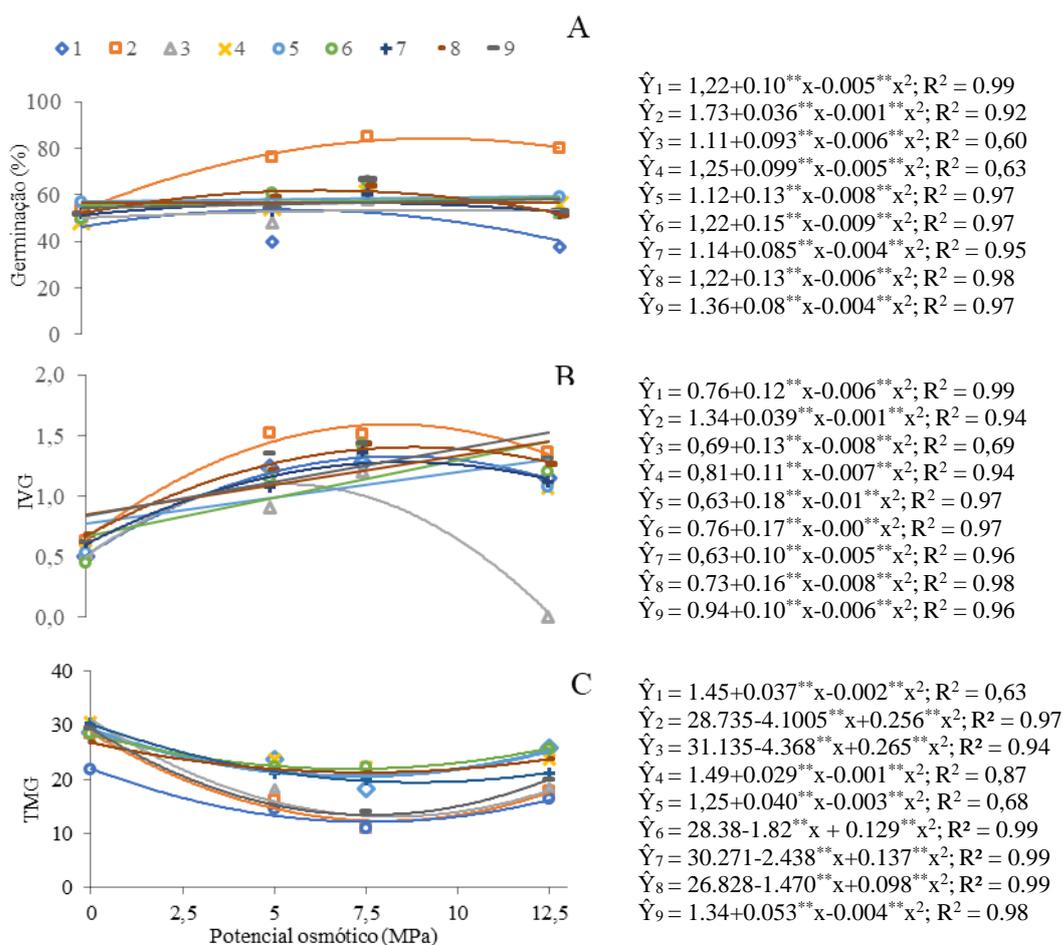


Figura 5. Qualidade fisiológica de sementes de *Passiflora mucronata* submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl (salinidade): A - porcentagem de germinação (G); B - índice de velocidade de germinação (IVG); C - tempo médio de germinação; ** - ($p \leq 0,001$); ns - não significativo.

Portanto, durante o teste de germinação das sementes de *P. mucronata*, previamente tratadas com o SNP e submetidas ao NaCl (-1,2 MPa), observou-se que para todas as características analisadas, a concentração de 7,5 mg L⁻¹ de SNP influenciou positivamente, evidenciando a atuação do óxido nítrico como estimulador durante a germinação, crescimento e desenvolvimento da planta e durante a resposta ao estresse, pois intensifica a atividade enzimática e proteica (YU et al., 2014).

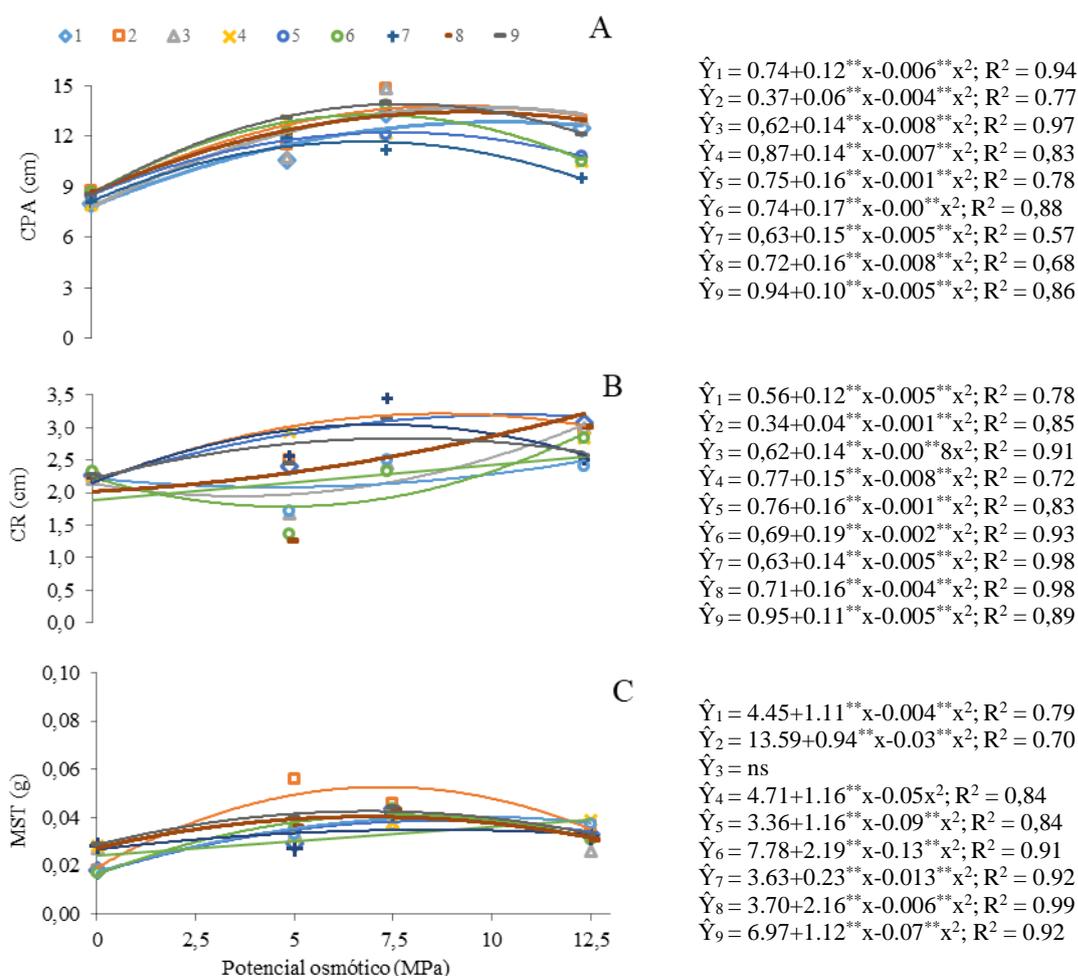


Figura 6. Qualidade fisiológica de sementes de *Passiflora mucronata* submetidas a diferentes potenciais osmóticos induzidos por NaCl (salinidade): A - comprimento da parte aérea (CPA); B - comprimento de raiz (CR); C - massa seca da parte aérea (MSPA); F - massa seca de raiz (MSR); ** - ($p < 0,001$); ns - não significativo.

A fim de aumentar a germinação das sementes sob temperaturas extremas, seca e condições de estresse provocado por salinidade, a iniciação de sementes, com agentes estimuladores externos, pode ser uma indispensável técnica na produção de plantas tolerantes ao estresse (PAPARELLA et al., 2015). Agentes estimulantes, incluindo

compostos sintéticos, melhoram processos fisiológicos em sementes antes de germinação (JISHA et al., 2012).

A aplicação de NO exógeno na forma de SNP, suavizou os efeitos adversos causados pelos estresses hídrico e salino, ao reduzir as moléculas de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e malondialdeído (MDA); o NO atua modulando as atividades das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX) e glutatona peroxidase (GPX) (XIONG et al., 2010).

4. CONCLUSÃO

Sementes dos genótipos 2 e 5 de *Passiflora mucronata* são resistentes ao potencial osmótico de -0,4 e -0,8 MPa induzido com manitol.

Sementes dos genótipos 2 e 5 de *P. mucronata*, quando expostas à salinidade, mantêm seu potencial fisiológico, quando submetidas aos potenciais osmóticos de -0,4 e -0,8 MPa de NaCl.

O nitroprussiato de sódio na concentração de 7,5 mg L⁻¹, promove a germinação, o vigor e minimiza os efeitos do estresse salino em sementes de *P. mucronata*, quando submetidas ao potencial osmótico de -1,2 MPa de NaCl.

5. AGRADECIMENTOS

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de pós-graduação e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão de bolsa de incentivo à pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

ABID, M.; HAKEEM, A.; SHAO, Y.; LIU, Y.; ZAHOOR, R.; FAN, Y.; SUYU, J.; ATA-UL-KARIM, S. T.; TIAN, Z.; JIANG, D.; SNIDER, J. L.; DAI, T. Seed osmopriming invokes stress memory against post-germinative drought stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 145, p. 12-20, 2018.

ARNOLD, S.; KAILICHOVA, Y.; BAUMGARTL, T. Germination of *Acacia harpophylla* (Brigalow) seeds in relation to soil water potential: implications for rehabilitation of a threatened ecosystem. **PeerJ**, v. 2, p. 268, 2014.

ASHRAF, M.; AKRAM, N. A.; ALQURAINY, F.; FOOLAD, M. R. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. **Advances in Agronomy**, v. 111, p. 249-296, 2011.

ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Pre-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. **Advances in Agronomy**, v. 88, p. 223-271, 2005.

ASGHER, M.; PER, T. S.; MASOOD, A.; FATMA, M.; FRESCHI, L.; CORPAS, F. J.; KHAN, N. A. Nitric oxide signaling and its crosstalk with other plant growth regulators in plant responses to abiotic stress. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 2273-2285, 2017.

BANO, A.; ULLAH, F.; NOSHEEN, A. Role of abscisic acid and drought stress on the activities of antioxidant enzymes in wheat. **Plant, Soil Environment**, v. 58, n. 4, p. 181-185, 2012.

BEWLEY, D. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BERNACCI, L. C.; CERVI A. C.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A.; NUNES, T. S.; IMIG, D. C.; MEZZONATO, A. C. Passiflora in Lista de Espécies da Flora do Brasil, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB12506>.

BERNACCI, L. C.; MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D. Maracujá-doce: o autor, a obra e a data da publicação de *Passiflora alata* (Passifloraceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 355-356, 2003.

BRASIL, Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 399p.

SALISBURY, F. B., ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4^a ed. Belmont, Wadsworth Publishing Company, 1992. 682p.

CAVALLARO, V.; MAUCIERI, C.; BARBERA, A.C. *Lolium multiflorum* Lam. cvs germination under simulated olive mill wastewater salinity and pH stress. **Ecological Engineering**, v. 71, p. 113-117, 2014.

FARHANGI-ABRIZ, S.; TORABIAN, S. Antioxidant enzyme and osmotic adjustment changes in bean seedlings as affected by biochar under salt stress. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 137, p. 64-70, 2017.

FARHANGI-ABRIZ, S.; GHASSEMI-GOLEZANI, K. How can salicylic acid and jasmonic acid mitigate salt toxicity in soybean plants? **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, p. 1010-1016, 2018.

FAROOQ, M.; GOGOI, N.; HUSSAIN, M.; BARTHAKUR, S.; PAUL, S.; BHARADWAJ, N.; MIGDADI, H. M.; ALGHAMDI, S. S.; SIDDIQUE, K. H. M. Effects, tolerance mechanisms and management of salt stress in grain legumes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 118, p. 199-217, 2017.

FAROOQ, M.; HUSSAIN, M.; WAKEEL, A.; Siddique, K. H. M. Salt stress in maize effects resistance mechanisms and management: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, p. 461-481, 2015.

GARBIN, M. L.; CORRIJO, T. T.; SANSEVERO, J. B. B.; SÁNCHEZ-TAPIA, A.; SCARANO, F. R. Subordinate, not dominant, woody species promote the diversity of climbing plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 14, p. 257-265, 2012.

GARG, N.; BHANDARI, P. Silicon nutrition and mycorrhizal inoculations improve growth nutrient status, KCl/NaCl ratio and yield of *Cicer arietinum* L. genotypes under salinity stress. **Plant Growth Regulation**, v. 78, p. 371-387, 2016.

GHASSEMI-GOLEZANI, K.; NIKPOUR-RASHIDABAD, N. Seed pretreatment and salt tolerance of dill: osmolyte accumulation, antioxidant enzymes activities and essence production. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 12, p. 30-35, 2017.

GILL, P. K.; SHARMA, A. D.; SINGH, P.; BHULLAR, S. S. Changes in germination: growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* (L) Moench seeds under various abiotic stress. **Plant Growth Regulation**, v. 40, p. 157-162, 2003.

HABIBI, G. Silicon supplementation improves drought tolerance in canola plants. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 61, p. 784-791, 2014.

HORIE, T. K.; SUGIMOTO, G.; SASANO, S.; PANDA, S. K.; SHIBASAKA, M.; KATSUHARA, M. Mechanisms of water transport mediated by PIP aquaporins and their regulation via phosphorylation events under salinity stress in barley roots. **Plant and Cell Physiology**, v. 52, p. 663-675, 2011.

JISHA, K. C.; VIJAYAKUMARI, K.; PUTHUR, J. T. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 35, p. 1381-1396, 2012.

KHANNA-CHOPRA, R.; SELOTE, D.S. Acclimation to drought stress generates oxidative stress tolerance in drought-resistant than -susceptible wheat cultivar under field conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v. 60, p. 276-283, 2007.

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976.

LIANG, W.; CUI, W.; MA, X.; WANG, G.; HUANG, Z. Function of wheat Ta-UnP gene in enhancing salt tolerance in transgenic *Arabidopsis* and rice. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 450, p. 794-801, 2014.

LIN, J.; WANG, Y.; SUN, S.; MU, C.; YAN, X. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth, photosynthesis and photosynthetic pigments of *Leymus chinensis* seedlings under salt-alkali stress and nitrogen deposition. **Science of the Total Environment**, v. 576, p. 234-241, 2017.

LOURENÇO JUNIOR, J.; CUZZUOL, G. R. F.; ZAMBOM, O.; SOUZA, R. L. F. A salinidade como fator de zonação em plantas de restinga. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 981-983, 2007.

MAGNAGO, L. F. S.; MARTINS, S. V.; PEREIRA, O. J. Heterogeneidade florística das fitocenoses de restingas nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. **Revista Árvore**, v. 35, p. 245-254, 2011.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176-177, 1962.

MASONDO, N.; KULKARNI, M. G.; FINNIE, J. F.; STADEN, J. V. Influence of biostimulants-seed-priming on *Ceratotherca triloba* germination and seedling growth under low temperatures, low osmotic potential and salinity stress. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, p. 43-48, 2018.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 83-91, 2011.

MERWAD, A. M. A.; DESOKY, E. M.; RADY, M. Response of water deficit-stressed *Vigna unguiculata* performances to silicon, proline or methionine foliar application. **Scientia Horticulturae**, v. 228, p. 132-144, 2018.

MUNNS, R.; JAMES, R.A. Screening methods for salt tolerance: a case study with tetraploid wheat. **Plant and Soil**, v. 253, p. 201-218, 2003.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review Plant Biology**, v. 59, p. 651-681, 2008.

OLIARI, L. S.; GILES, J. A. D.; MAYRINCK, L. G.; OLIVEIRA, J. P. B.; LOPES, J. C.; OTONI, W. C.; SCHMILDT, E. R.; AOYAMA, E. M.; ALEXANDRE, R. S. Mini-grafting of adult *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg. scions onto vegetatively propagated adult rootstocks of *P. mucronata* Lam. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 4, p. 490-496, 2016.

PINTÓ-MARIJUAN, M. P.; BOSCH, S. M. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in Plant Science**, v. 18, p. 660-666, 2013.

PAPARELLA, S.; ARAÚJO, S. S.; ROSSI, G.; WIJAYASINGHE, M.; CARBONERA, D.; BALESTRAZZI, A. Seed priming: state of the art and new perspectives. **Plant Cell Reports**, v. 34, p. 1281-1293, 2015.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

REDDY, A. R.; CHAITANYA, K. V.; VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 161, p. 1189-1202, 2004.

REJEB, K. B.; ABDELLY, C.; SAVOURÉ, A. How reactive oxygen species and proline face stress together. **Plant Physiology Biochemistry**, v. 80, p. 278-284, 2014.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Passion fruit. In: SIDDIQ, M.; AHMED, J.; LOBO, M. G.; OZADALI, F. **Tropical and subtropical fruits: Postharvest physiology, processing and packaging**. New York: Wiley-Blackwell, p. 321-332, 2012.

SEHRAWAT, N.; BHAT, K. V.; SAIRAM, R. K.; JAIWAL, P. K. Screening of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) genotypes for salt tolerance. **International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences**, v. 4, p. 36-43, 2013.

ŠÍROVÁ, J.; SEDLÁŘOVÁ, M.; PITERKOVÁ, J.; LUHOVÁ, L.; PETŘIVALSKÝ, M. The role of nitric oxide in the germination of plant seeds and pollen. **Plant Science**, v. 181, p. 560-572, 2011.

SYTAR, O.; BRESTIC, M.; ZIVCAK, M.; OLSOVSKA, K.; KOVAR, M.; SHAO, H.; HE, X. Applying hyperspectral imaging to explore natural plant diversity towards improving salt stress tolerance. **Science of the Total Environment**, v. 578, p. 90-99, 2017.

TROVATO, M.; MATTIOLI, R.; COSTANTINO, P. Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development. **Rendiconti Lincei**, v. 19, p. 325-346, 2008.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. **Amino Acids**, v.35, p.753-759, 2008.

VICENTE, O.; ALHASSAN, M.; BOSCAIU, M. Contribution of osmolyte accumulation to abiotic stress tolerance in wild plants adapted to different stressful environments. In: IQBAL, N.; NAZAR, R.; KHAN, N. (Eds.), **Osmolytes and Plants Acclimation to Changing Environment: Emerging Omics Technologies**. Springer. 2016. p. 13-25.

XIONG, J.; FU, G.; TAO, L.; ZHU, C. Roles of nitric oxide in alleviating heavy metal toxicity in plants. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 497, p. 13-20, 2010.

XU, G.; ZHANG, Y.; SUN, J.; SHAO, H. Negative interactive effects between biochar and phosphorus fertilization on phosphorus availability and plant yield in saline sodic soil. **Science of the Total Environment**, v. 568, p. 910-915, 2016.

YOUNIS, M. E.; HASANEEN, M. N. A.; AHMED, A. R.; EL-BIALY, D. M. A. Plant growth, metabolism and adaptation in relation to stress conditions. XXI. Reversal of harmful NaCl-effects in lettuce plants by foliar application with urea. **Australian Journal of Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 83-95, 2008.

YU, M.; LAMATTINA, L.; SPOEL, S. H.; LOAKE, G. J. Nitric oxide function in plant biology: a redox cue in deconvolution, **New Phytologist**, v. 202, p. 1142-1156, 2014.

ZHOU, X.; GRAUMANN, K.; WIRTHMUELLER, L.; JONES, J. D. G; MEIER, I. Identification of unique SUN-interacting nuclear envelope proteins with diverse functions in plants. **Journal of Cell Biology**, v. 9, p. 677-692, 2014.

CAPÍTULO III

RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE *Passiflora mucronata* Lam. A *Fusarium* sp.

RESUMO: A espécie *Passiflora mucronata* apresenta-se como uma alternativa para o controle da fusariose, doença causada por fungos como *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *Fusarium solani*. Essa doença pode causar diminuição da produtividade, assim como danos nos tecidos vegetais e morte prematura das plantas infectadas. Objetivou-se com este trabalho, analisar a resistência de genótipos de *P. mucronata* a isolados de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *F. solani*. Foram inoculados esporos de três raças de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e nove raças de *F. solani* em nove genótipos de *P. mucronata* e no híbrido BRS Rubi. Para a inoculação foram utilizadas plantas com idade de 45 dias, cultivadas em solo autoclavado por duas vezes a 120 °C a 1 atm por 120 minutos. A inoculação dos fungos *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *F. solani*, foi feita seguindo os métodos de inoculação: a) imersão ou “dipping” de raízes em suspensão fúngica por 60 minutos; b) testemunha não inoculada. Dentro dos nove genótipos de *P. mucronata*, os que apresentaram maior porcentagem de plantas resistentes aos patógenos foram os genótipos 2 e 5, com 100% de sobrevivência e 0,0% de lesão dos tecidos internos e nenhum sintoma externo. Esses genótipos também não apresentaram diferença estatística em relação à testemunha, quanto às características de CPA, CR, MSPA e MSR. Conclui-se que os genótipos 2 e 5 de *P. mucronata* são resistentes aos isolados testados de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *F. solani*.

Palavras-chave: Maracujazeiro, patógeno, patogenicidade, isolados.

1. INTRODUÇÃO

O maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) pertence à família Passifloraceae, que é composta por 12 gêneros e mais de 500 espécies (RODRIGUEZ-AMAYA, 2012). No Brasil, há cerca de 142 espécies de passifloráceas aceitas, sendo 83 endêmicas (BERNACCI et al., 2015).

De acordo com dados obtidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, com a produção de 703.489 toneladas, obtidas na área de 49.889 hectares, o Brasil aparece como o principal produtor mundial de maracujá, os principais consumidores da fruta (IBGE, 2017).

A espécie *P. mucronata* tem sido usado para tratar insônia, hemorroidas, e como sedativo e vermífugo com fins medicinais (BOLOSCO; VALLE, 2008). Suas sementes são consideradas vermífugas e das raízes obtém-se um extrato de efeito calmante (CERVI, 1997). Essa espécie apresenta resistência à bacteriose nas folhas e antracnose nos frutos e ramos, e pode ser uma alternativa para o controle da fusariose, doença causada por fungos como *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *Fusarium solani*. Essa doença pode causar diminuição da produtividade, assim como danos nos tecidos vegetais e morte prematura das plantas infectadas (JUNQUEIRA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2013).

A carência de fungicidas representa um problema para combater os fitopatógenos do solo, além disso, como são constantemente utilizados no campo para controlar doenças de plantas têm os mesmos alvos que os prescritos em clínicas. Por exemplo, os azóis (propiconazol, bromuconazol, epoxiconazol, difenoconazol e tebuconazol) são amplamente utilizados para proteger plantas no campo por causa de sua atividade antifúngica de amplo espectro e longa estabilidade (PRICE et al., 2015).

Os esporos dos fungos do gênero *Fusarium* em geral, possuem diversidade genética e ecológica, e isso reflete em suas estratégias reprodutivas. Espécies do gênero *Fusarium* são capazes de produzir os microconídios, macroconídios e clamidósporos. Os micro e macroconídios são produzidos no micélio aéreo. No entanto, os micronídios apresentam-se pequenos, fusiformes, unicelular ou microconídios ovóides que são produzidos a partir de uma única estrutura formadora de esporos (conidióforo) e os macroconídios apresentam-se em forma de barco, multissectados e são produzidos no esporodóquio, uma frutificação assexuada superficial em forma de almofada, corpo constituído por um aglomerado de conidióforos. Em condições desfavoráveis, algumas espécies de *Fusarium* produzem clamidósporos, que é uma estrutura de paredes espessas e que podem ficar dormentes por

anos esperando condições favoráveis para se tornarem ativas novamente (MA; GEISER et al., 2013; ZHANG et al., 2015).

Objetivou-se com este trabalho estudar a resistência de genótipos de *P. mucronata* à isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp *passiflorae* e *Fusarium solani*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAIE), pertencente a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Foram utilizados nove genótipos da espécie vegetal *P. mucronata*, provenientes da Fazenda Cedro, localizada no município de Jaguaré, região norte do estado do Espírito Santo, e cultivados em espaldeira, na área experimental do CCAIE-UFES nas coordenadas geográficas de 20° 45`S e 41° 30`W, com altitude média de 250 m. As coordenadas geográficas de cada planta matriz estão apresentadas na Tabela 1 do Anexo 1.

Após o estabelecimento das plantas matrizes em campo, de acordo com estudos desenvolvidos por Alexandre et al. (2014), o material vegetal foi propagado vegetativamente pelo método de estaquia.

Além dos nove genótipos de *P. mucronata*, foi utilizado o híbrido BRS Rubi do Cerrado da espécie *Passiflora edulis* Sims, proveniente de sementes cedidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Cerrado.

Após o enraizamento das estacas, as mudas foram cultivadas em casa de vegetação durante 30 dias, e posteriormente, foi realizada a inoculação dos esporos das espécies de fungos *Fusarium oxysporum* f. sp *passiflorae* e *Fusarium solani*, para verificar se os genótipos carregam a capacidade de serem resistentes ou tolerantes às doenças causadas por esses dois fitopatógenos. Foram inoculados esporos de três raças de *F. oxysporum*, f. sp *passiflorae* e nove raças de *F. solani*, que foram retirados da Coleção Micológica de Lavras – CML, cedidos pelo Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras (DFP/UFLA) (Figura 1).

A suspensão dos esporos foi preparada a partir de colônias fúngicas, repicadas em câmara de fluxo para multiplicação em placa de Petri e cultivadas em B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*), durante sete dias, com temperatura de 25 °C e luz constante.

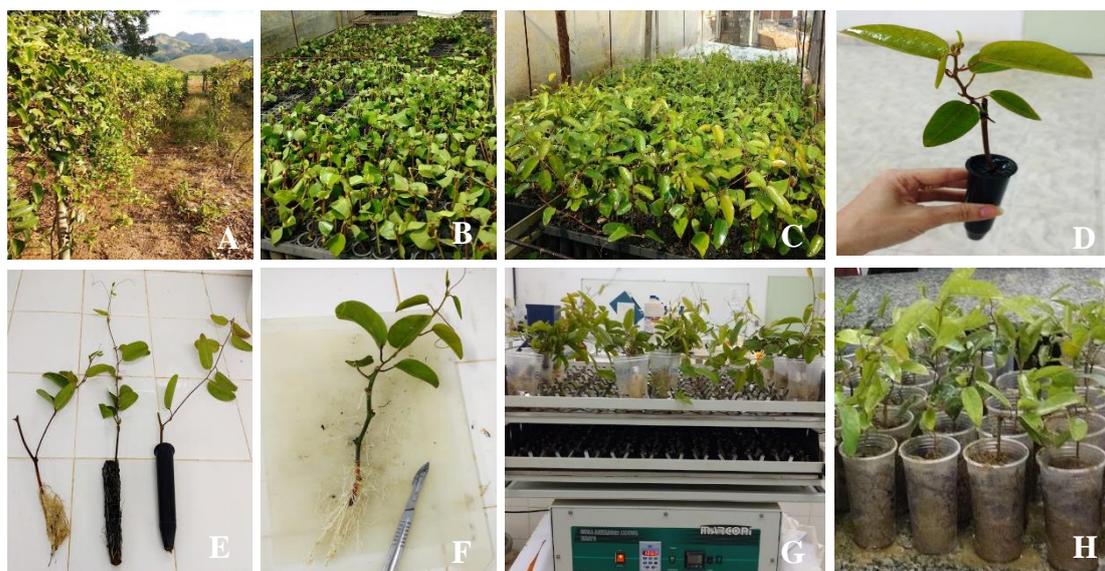


Figura 1 - Processo de cultivo e propagação das plantas de *Passiflora mucronata* e inoculação de esporos de fitopatógenos de solo. A: Plantas matrizes em campo; B: Propagação vegetativa através do método de estaquia; C: Planas propagadas; D: Muda; E: Raízes lavadas; F: Raízes feridas nas extremidades; G: Inoculação das plantas ao esporos de *Fusarium* spp, em agitação; H: Mudanças plantadas, após inoculação.

A suspensão de esporos foi preparada alguns minutos antes da inoculação. Para o preparo da solução foram utilizados 10 mL de água destilada autoclavada, que foi adicionado às placas de Petri contendo as colônias fúngicas. Os materiais fúngicos contendo as hifas, os micélios e os esporos foram raspados, juntamente com a água para libertarem os esporos. A suspensão resultante desse procedimento foi filtrada em uma dupla camada de gaze esterilizada, e a concentração de esporos foi ajustada a 10^6 macroconídios mL^{-1} , utilizando-se uma câmara de Neubauer.

Para a inoculação foram utilizadas plantas com idade de 45 dias, cultivadas em solo autoclavado por duas vezes a $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 1 atm por 120 minutos. A inoculação dos fungos *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *F. solani*, foi feita seguindo-se os métodos propostos por Castro et al. (2008): a) imersão ou “dipping” de raízes em suspensão fúngica por 60 minutos; b) testemunha não inoculada.

As mudas foram mantidas em casa de vegetação, e após 90 dias da inoculação, foram avaliados: incidência de plantas mortas em cada parcela; comprimento da parte aérea e raiz de plantas e massa seca de parte aérea e raiz; incidência de plantas com presença de sintomas visíveis nas raízes e colo; e incidência de plantas que possibilitaram reisolamento de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *F. solani*.

As avaliações descritivas, e caracterização de sintomas externos e internos em caules e raízes das plantas foram realizadas baseadas em visualizações a olho nu, e com auxílio de lupa. Para a visualização dos sintomas internos, foram realizados seccionamentos transversais e longitudinais de raiz, colo e caule das plantas, com o auxílio de canivetes e lâminas de bisturi. Os dados foram tabulados e posteriormente calculadas as percentagens de plantas resistentes, doentes e plantas mortas.

Nas plantas sintomáticas realizou-se o reisolamento dos fungos em meio BDA (Batata-dextrose-ágar), para a confirmação da presença do patógeno, de acordo com metodologia descrita por Alfenas et al. (2007), de forma a atender os princípios do Postulado de Koch.

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente ao acaso, com quatro repetições de oito plantas cada, em esquema fatorial de 10x7, 10 materiais genéticos e três inóculos de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e 4 inóculos de *F. solani*. As médias foram agrupadas pelo teste Scott Knott em nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resposta de resistência dos nove genótipos da espécie *P. mucronata* e do híbrido BRS Rubi (*P. edulis*) variou de acordo com a espécie de *Fusarium* spp. inoculada. Durante o cultivo das plantas pode-se observar que após a inoculação dos isolados dos fungos de *Fusarium* sp., as plantas apresentaram sintomas característicos com a doença de murcha e podridão do colo.

Dentro dos nove genótipos de *P. mucronata*, os que apresentaram maior porcentagem de plantas resistentes aos patógenos foram os genótipos 2 e 5, com 100% de sobrevivência e 0,0% de lesão dos tecidos internos, seguidos pelo genótipo 9, que apresentou 100% de sobrevivência, quando inoculados com os isolados CLM 3427 e CML 2724 de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*, 86 e 93%, quando inoculados com os isolados CLM 1346 e CML 3252 de *F. solani* e 91 e 88%, quando foram expostos à presença da mistura de isolados de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* (MIX FOP) e *F. solani* (MIX FS), respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Porcentagem de sobrevivência e lesão interna de plantas de *Passiflora mucronata* e *Passiflora. edulis* Sims após a inoculação com os isolados CML 3427, CML 2724 e com a mistura de 3 isolados de *F. oxysporum* f. sp. *Passiflorae* (MIX FOP) e com o isolado CML 1346, CML 3252 e com sete isolados de *F. solani* (MIX FS) e água.

Genótipo	Sobrevivência (%)						
	Água	CLM 3427	CML 2724	CML 1346	CML 3252	MIX FOP	MIX FS
1	100aA ¹	73eB	74cB	71cB	72dB	70eB	71dB
2	100aA	100aA	100aA	100aA	100aA	100aA	100aA
3	100aA	83dB	79bB	69cC	70dC	75dC	67eC
4	100aA	71eB	75cB	67cB	69dB	70eB	70dB
5	100aA	100aA	100aA	100aA	100aA	100aA	100aA
6	100aA	82dB	79cC	72cD	71dD	75dC	66eD
7	100aA	87cB	83bB	79bB	82cB	84cB	75cC
8	100aA	88cB	84bB	80bC	81cC	85cB	75cD
9	100aA	100aA	100aA	86bC	93bB	91bB	88bC
C. Rubi	100aA	0fD	21dB	0dD	11C	0fD	0fD
CV (%)							
	Lesão interna (%)						
1	0aC	30bB	28bB	32bA	33bA	35bA	31bA
2	0aA	0eA	0eA	0eA	0fA	0fA	0fA
3	0aC	23cB	22bB	26bA	27bA	22cB	23cB
4	0aC	26cA	23bB	25bA	24cB	24bB	24bB
5	0aA	0fA	0eA	0eA	0fA	0fA	0fA
6	0aD	19cC	20bC	22cA	23cB	19cC	21cB
7	0aD	17dB	18cB	20cA	18dB	16dC	18dB
8	0aC	17d	19cA	17cB	16dB	19dA	18dA
9	0aC	12eA	8dB	9dB	13eA	11eB	14eA
C. Rubi	0bB	100aA	100aA	100aA	100aA	100aA	100aA
CV (%)							

¹Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,005$).

Os genótipos 1; 3; 4; 6; 7 e 8 de *P. mucronata* apresentaram comportamento tolerante, quando submetidos ao estresse biótico provocado pela inoculação dos esporos de isolados de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *F. solani*. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2, a sobrevivência de plantas para esses genótipos variou de 88 a 66%. No entanto, os isolados de *F. solani* (CML 1346 e CML 3252) evidenciaram um nível de severidade maior do que os isolados de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* (CML 3427 e CML 2724). A porcentagem de sobrevivência de plantas de *P. mucronata* inoculadas com *F. solani* ou *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* ocorreu independente de ser inoculado apenas um isolado ou a mistura de isolados (MIX FOP e MIX FS) (Tabela 2).

Analisando todas as características avaliadas, o híbrido Rubi apresentou a maior manifestação de sintomas visuais, maior mortalidade e lesões internas, assim como menor crescimento da parte aérea e raiz e acúmulo de massa seca das plantas. Portanto, a espécie de *P. edulis* (híbrido Rubi) apresentou apenas 21% de sobrevivência de plantas para o

isolado CML 2724 de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e 11% para o isolado CML 3252 de *F. solani*. Não apresentou sobrevivência aos demais isolados e nem na presença da mistura de isolados de MIX FOP e MIX FS. As plantas do BRS Rubi que sobreviveram, ao serem analisados, morfológicamente, os tecidos internos, apresentaram 100% de lesões causadas pela infecção dos fitopatógenos. Sendo assim, todas as plantas dessa espécie foram afetadas pela inoculação dos esporos dos fungos de *Fusarium* spp. (Tabela 2).

Os sintomas de necrose no colo e nas raízes das plantas foram nítidos para evidenciar a infecção, colonização dos tecidos e a capacidade dos isolados testados em causar doença no híbrido BRS Rubi, comprovando sua patogenicidade. A observação dos sintomas visíveis variou de 47,5 a 100%, para os tratamentos com *Fusarium* spp., enquanto para a testemunha não ocorreu nenhum sintoma da doença (Tabela 3).

De acordo com teste de patogenicidade, pode-se verificar a ocorrência de murcha de *Fusarium* em diversas espécies de plantas cultivadas, além de obter diferentes reações do hospedeiro a doenças, variando de susceptíveis a resistentes, causadas por *F. oxysporum* e *F. solani*. Com isso, essa realidade é comprovada através de outros estudos de cultivares de aspargueiro (ELMER et al., 2015); morangueiro (KOIKE et al., 2015); maracujazeiro (FREITAS et al., 2015; PREISIGKE et al., 2017); feijoeiro (BORBA et al., 2017); tomateiro (CHANG et al., 2018); melancia (COSTA et al., 2018); letinheira (HIREMANI; DUBEY, 2018) e orquídeas (SRIVASTAVA et al., 2018).

Plantas com sintomas de amarelamento das folhas, desfolhamento e murcha (Figura 2), após inoculação de esporos de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* apresentavam sintomas variados nas raízes e na região do colo. Neste estudo observou-se que plantas com raízes fortemente necrosadas também exibiam plantas com raízes completamente saudáveis. Nesses casos, a frequência de mortalidade foi baixa, e não retratou a ocorrência de doença (Tabela 3).

Dos nove isolados de *Fusarium* sp. testados, verificou-se que para os genótipos de *P. mucronata* que apresentaram cerca de 47% das plantas com sintomas de necrose do tecido radicular, amarelamento das folhas, desfolhamento e murcha, apresentaram recuperação dos tecidos vegetais de 80 a 100% nestas lesões. Portanto, dos nove isolados testados, a frequência destes sintomas foi de aproximadamente 50% para *P. mucronata* e 100% para o BRS Rubi de plantas com pontos iniciais de infecção (Tabela 3), tanto para *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* quanto para *F. solani* (Figura 3).

Tabela 3. Sintoma de infecção em plantas de *Passiflora mucronata* e *Passiflora. edulis* Sims após a inoculação com os isolados CML 3427, CML 2724 e com a mistura de 3 isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Passiflorae* (MIX FOP) e com o isolado CML 1346, CML 3252 e o com 7 isolados de *Fusarium solani* (MIX FS).

Genótipo	Amarelamento das folhas (%)						
	Água	CLM 3427	CML 2724	CML 1346	CML 3252	MIX FOP	MIX FS
1	0,00aC ¹	30,00bB	34,25bB	42,75bA	42,75cA	32,25bb	41,00bA
2	0,00aA	0,00dA	0,00eA	0,00fA	0,00eA	0,00eA	0,00eA
3	0,00aD	27,50cC	38,50bB	34,75cB	42,75cA	36,25bB	45,00bA
4	0,00aC	32,75bB	35,75bB	45,75bA	41,25bA	31,75bB	42,25bA
5	0,00aA	0,00dA	0,00eA	0,00fA	0,00eA	0,00eA	0,00eA
6	0,00aD	28,50cC	35,75bB	34,25cB	43,25cA	32,25bB	41,25bA
7	0,00aD	26,75cC	24,25cC	30,50dB	31,00bB	25,00cC	36,25cA
8	0,00aC	24,25cB	25,25cB	30,25dA	34,25bA	24,25cB	35,75cA
9	0,00aC	10,00dB	9,00dB	18,00eA	17,25dA	12,25dB	18,25dA
C. Rubi	0,00aC	72,00aB	71,00aB	88,75aA	85,00aA	79,00aB	87,25aA
CV (%)	17,64 %						
Genótipo	Desfolhamento (%)						
	Água	CLM 3427	CML 2724	CML 1346	CML 3252	MIX FOP	MIX FS
1	0,00aC	27,00bB	28,00bB	35,00bB	34,00bB	25,00bC	41,00bA
2	0,00aA	0,00dA	0,00dA	0,00dA	0,00dA	0,00eA	0,00dA
3	0,00aD	25,00bC	25,00bC	38,00bB	35,00bB	27,25bC	42,00bA
4	0,00aC	28,00bB	24,00bB	37,00bA	38,00bA	27,00cC	40,00bA
5	0,00aA	0,00dA	0,00dA	0,00dA	0,00dA	0,00eA	0,00dA
6	0,00aC	25,00bB	25,00bB	35,00bA	34,00bA	29,00bB	41,00bA
7	0,00aC	26,00bB	22,00bB	36,00bA	35,00bA	28,00bB	43,00bA
8	0,00aD	21,00bC	21,00bC	31,00bB	29,00bB	25,00bC	45,00bA
9	0,00aD	9,00cC	8,50cC	18,50cB	19,50cB	17,00dB	31,00cA
C. Rubi	0,00aD	50,00aC	55,00aC	68,50aB	64,25aB	60,00aB	85,25aA
CV (%)	5,22						
Genótipo	Murcha da planta (%)						
	Água	CLM 3427	CML 2724	CML 1346	CML 3252	MIX FOP	MIX FS
1	0,00aC	22,25bB	20,00bB	25,00bB	25,00bB	23,25bB	33,25bA
2	0,00aA	0,00dA	0,00dA	0,00bA	0,00dA	0,00dA	0,00eA
3	0,00aC	21,00bB	21,00bB	30,00bA	29,00bA	24,50bB	34,75bA
4	0,00aC	25,00bB	19,00bB	29,00bA	33,00bA	25,75bB	33,75bA
5	0,00aA	0,00dA	0,00dA	0,00dA	0,00dA	0,00dA	0,00eA
6	0,00aD	16,75cC	21,00bB	25,00bB	21,00bB	25,75bB	31,00cA
7	0,00aD	8,50cC	20,00bB	24,00bB	25,00bB	23,00bB	34,00cA
8	0,00aD	8,50cC	10,50cC	12,75cC	21,00bB	21,25bB	32,00cA
9	0,00aD	4,25dC	5,25cC	4,25dC	12,75cB	13,00cB	23,25dA
C. Rubi	0,00aD	45,75aC	50,00aC	63,00aB	56,75aB	53,25aB	77,25aA
CV (%)	6,70						

¹⁾Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,005$).



Figura 2. Sintomas em plantas de maracujazeiro inoculadas com *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*. A: colo necrosado (CS); B, C: ponto de penetração do patógeno (PP); D, E e F: colonização do sistema vascular (CSV).

Para os casos que não foi possível a visualização dos sintomas a olho nu, e os sintomas foram visualizados apenas com lupa, realizou-se da mesma forma o reisolamento do patógeno, para confirmação da patogenicidade. Os valores percentuais de reisolamento apresentaram-se muito próximos aos valores de plantas com sintomas visíveis com auxílio de lupa, confirmando a presença do patógeno no tecido, com sintoma de necrose, e ratificando, portanto, da patogenicidade dos isolados testados.

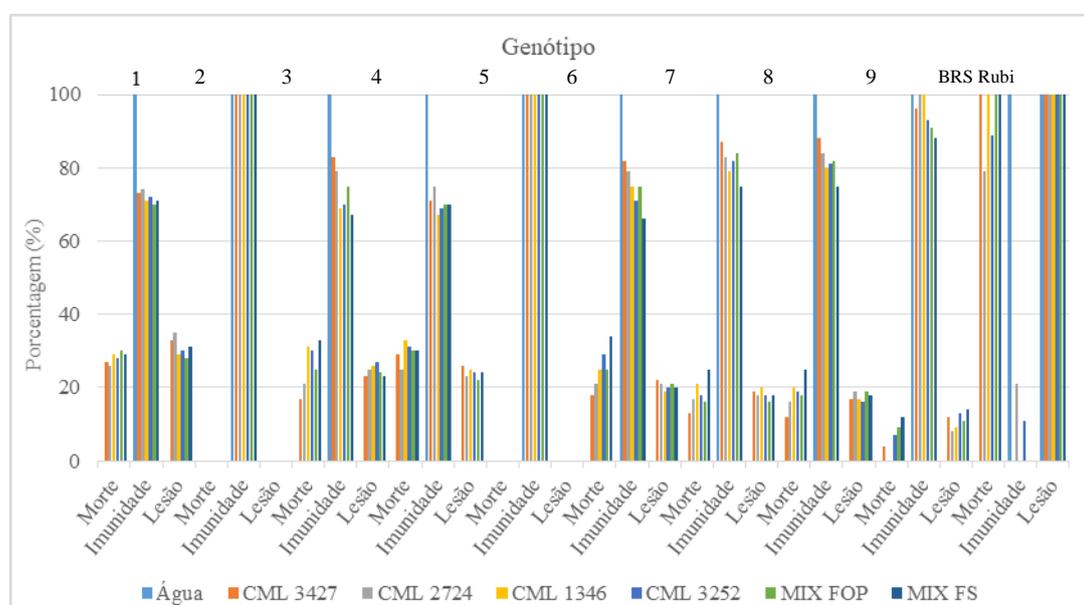


Figura 3. Porcentagem de plantas de genótipos de *Passiflora mucronata* e cultivar Rubi *Passiflora edulis* mortas (Morte), imunes (Imunidade) e suscetíveis (lesão interna) após 90 dias da inoculação a *Fusarium* sp.

Em algumas plantas que possuíam poucas raízes com podridão, a maioria do sistema radicular ainda estava sadia (Figura 4, A e B). Outras apresentaram intensa podridão de raízes com todas as raízes afetadas, e presença de esfacelamento da epiderme.

De acordo com MacHardy e Beckman (1981), o surgimento e o desenvolvimento de sintomas podem estar relacionados com idade da planta, tempo em que as raízes ficam expostas ao inóculo de *Fusarium* spp., assim como a densidade do inóculo e número de sítios de infecção. Fischer et al. (2005) estudaram alguns destes fatores e observaram que os sintomas de *F. solani* no colo e raízes nas plantas de maracujazeiro, inoculadas por imersão e pela adição de suspensão de conídios, foram mais tardios, ocorrendo a partir do segundo mês de inoculação.

As Avaliações dos tecidos e órgãos vegetais das plantas estudadas 90 dias após a inoculação com *F. solani* permitiram a visualização, através de cortes longitudinais, da penetração do patógeno a partir de pontos de infecção, muitas vezes circundados por tecido cortical infectado, seguido da colonização dos vasos do xilema e sendo possível ser visualizado na parte externa do caule, entre a casca e o cilindro central, dando início à formação de cancro no colo das plantas (Figura 4 A). Portanto, diferentemente do que foi verificado para *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*, os isolados de *F. solani*, ao colonizar os vasos do xilema, não se limitaram ao interior dos vasos, tiveram ação direta nas paredes dos vasos do xilema, e as lesões expandiram radialmente a partir do centro do cilindro do caule, na altura do colo da planta (FIGURA 4 A e B).

Patógenos do complexo de *F. oxysporum* e *F. solani* possuem a capacidade de promover a colonização do hospedeiro e sua patogenicidade por meio de pequenas proteínas, que podem atuar tanto na virulência ou como fatores de avirulência (MICHIELSE et al., 2009; JONKERS, et al., 2012). Essas proteínas induzem as plantas a reconhecerem esses efetores e induzem uma resposta de defesa do hospedeiro. Alguns genes chamados de Secreted In Xylem (SIX) são reconhecidos, no genoma do fungo, como avirulência específica do patógeno, são genes que interagem com genes específicos de resistência do hospedeiro, conferindo resistência do hospedeiro ao patógeno (HOUTERMAN et al., 2009).

Algumas espécies de *Fusarium* têm uma faixa estreita de hospedeiros, existindo muitas formas especiais que são polifiléticos e que possuem patogenicidade específica ao hospedeiro, de forma evolutiva (ZHANG et al., 2017).

Além disso, o complexo *F. oxysporum* e *F. solani* apresentam cromossomos que contribuem para o polimorfismo dessas espécies. Estas regiões do genoma são altamente

diversificadas entre isolados e têm altas taxas de recombinação durante o estágio sexual. Os genes codificadores de proteínas segregados e muitos grupos de genes metabólicos que desempenham papéis importantes nas interações patógeno-hospedeiro são enriquecidos nessas regiões acessórias, sugerindo seu potencial papel na patogenicidade específica no hospedeiro (YANG et al., 2012).

A filogenômica estrutural do gênero *Fusarium* permite a identificação de cromossomos, fornecendo uma divisão de fato do genoma em dois componentes: um componente principal, que codifica funções necessárias para o crescimento e sobrevivência e um componente acessório, que codifica fatores de patogenicidade (ou virulência). Esta característica essencialmente institui o conceito de compartimentalização genômica nos níveis estrutural e funcional, estreitando a busca de espaço para caracterizar a patogenicidade específica do hospedeiro (MICHELSE; REP, 2009; MA et al., 2010).

Em muitas plantas, o colo não apresentou lesões externas aparentes, e quando visíveis, apareciam de forma discreta. No entanto, mesmo as mesmas não apresentando característica de lesões no colo na parte externa da planta, ao analisar a parte interna, através de cortes longitudinais, observou-se que havia lesões nos tecidos vasculares da planta (Figura 4 A e B). Essa sintomatologia corrobora com a descrição de Manicom *et al.* (2003), que constataram que plantas infectadas por *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* apresentavam lesões internas do caule, localizadas desde a região do colo até alturas superiores a dois metros.



Figura 4. Sintomas em plantas de maracujazeiro inoculadas com *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*. A: Parte interna e externa do colo necrosado de planta de *P. mucronata* inoculada com esporos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*; B: Parte interna do colo necrosado de planta de BRS Rubi inoculada com esporos de *F. solani*; C: Reisolamento dos isolados de *Fusarium* spp. e D: Colônia de fungos característicos do reisolamento de *Fusarium* sp.

Verificou-se também que algumas plantas apresentavam a presença de raízes necrosadas, e quando analisados os tecidos internos pôde-se observar coloração escurecida dos vasos condutores de seivas na altura do colo, na região entre a casca e o cilindro central, avançando através do periciclo, confirmando a infestação e colonização pelos fitopatógenos neste tecidos vegetais (Figura 4 A e B). As plantas com lesões externas no colo também apresentavam pelo menos parte de suas raízes afetadas pelo fungo (Figura 4 D).

As plantas que foram inoculadas com isolados de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* apresentaram o sistema vascular com a coloração ferruginosa (Figura 4 B). Entretanto, a coloração escurecida na região interna do caule foi exibida de forma mais variada nas plantas infectadas por *F. solani* do que em *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*.

Os isolados de *F. solani*, proporcionalmente aos de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* provocaram maior incidência de morte em plantas jovens (Figura 3). Segundo MacHardy e Beckman (1981), o *F. solani*, por ser responsável por causar podridão cortical, pertence a um grupo de espécies do gênero de *Fusarium* capaz de penetrar e colonizar o tecido vascular de forma mais eficiente do que outras espécies de *Fusarium* especializadas em apenas colonizar esse tecido.

Os isolados foram capazes de infectar os tecidos das plantas inoculadas e manifestar sintomas necróticos visíveis, para o teste de hipersensibilidade. Dessa forma, para este patossistema, a morte de plantas evidenciou-se como indicativo de incidência de doenças causadas por isolados de *Fusarium* spp, e consequente resistência dos genótipos de *P. mucranta* aos isolados de *Fusarium* sp. As plantas que morreram exibiram anteriormente sintomas de amarelecimento e/ou murcha, ocasionados por lesões presentes nos tecidos vasculares do colo e/ou das raízes, diminuindo a absorção de água e nutrientes.

Existe variação de respostas entre os tratamentos de *Fusarium* sp., mesmo os tratamentos sendo feitos com isolados de mesma espécie, adiciona-se o fator de variabilidade genética da população do patógeno, aumentando ainda mais a complexidade das interações entre planta, patógeno e ambiente para este patossistema. Essas variações corroboram com aquelas observadas por Fischer et al. (2005), durante a avaliação do comportamento de quatro cultivares (Maguari, Sapucaí, IAC-270 e Sul-Brasil) na presença de cinco diferentes isolados de *F. solani* do maracujazeiro. Os autores verificaram grande variabilidade no que se refere à agressividade (número de plantas mortas e comprimento da

lesão no colo das plantas) entre os isolados em um determinado material, e variabilidade quanto à resistência entre os materiais para cada isolado.

Na tentativa de verificar os efeitos negativos causados pelos patógenos na planta hospedeira durante o cultivo, mediu-se o comprimento da parte aérea e raiz e a massa seca de parte aérea e raiz, para as plantas sobreviventes após 90 dias de inoculação. Para os genótipos 2 e 5, não ocorreu nenhuma interferência, pois eles foram resistentes aos fungos. No caso do genótipo 9, ele comportou-se como resistente aos isolados, mesmo algumas plantas ainda apresentando alguns sintomas externos e internos, o seu crescimento e desenvolvimento não foram afetados pela presença dos inóculos (Tabela 4). Além disso, não se constatou nenhum sintoma de murcha ou amarelecimento na parte aérea das plantas sobreviventes, associado à infecção de *Fusarium* spp., que pudesse diferenciar os tratamentos inoculados da testemunha (Figura 4 A, B e C).

Tabela 4. Comprimento da parte aérea e raiz e massa seca de parte aérea e de raiz de genótipos de *Passiflora mucronata* e *Passiflora. edulis* Sims após a inoculação com os isolados CML 3427, CML 2724 e com a mistura de 3 isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Passiflorae* (MIX FOP) e com o isolado CML 1346, CML 3252 e com sete isolados de *Fusarium solani* (MIX FS).

Genótipo	Comprimento da parte aérea (cm)						
	Água	CLM 3427	CML 2724	CML 1346	CML 3252	MIX FOP	MIX FS
1	126,2cA ¹	93,4bB	80,5cB	134,5bA	105,25cB	85,5cB	64,5dC
2	181,0aA	171,5aA	169,5aA	190,5aA	180,5aA	166,5aA	172,0aA
3	153,7bA	63,7cC	84,0cB	151,5bA	92,5dB	106,5bB	96,0cB
4	147,5bA	82,2cB	55,5dD	112,0cB	76,5dC	84,0cC	75,0dC
5	190,2aA	185,5aA	173,5aA	182,0A	171,5aA	181,5aA	178,5aA
6	160,5bA	65,5cC	61,0dC	70,0dC	91,0dB	75,0cC	94,5cB
7	150,0bA	123,0aB	87,5cC	120,0cB	120,5cB	122,0bB	119,5bB
8	157,5bA	101,0bC	133,5bA	137,0bA	104,5cC	125,0bB	124,7bB
9	176,7aA	151,0aA	149,5bA	166,0aA	153,2bA	167,2aA	158,7aA
C. Rubi	123,0cA	25,5dB	23,0eB	0,0dC	12,2eC	0,0dC	0,0eC
CV (%)	6,04						
Genótipo	Comprimento de raiz (cm)						
	Água	CLM 3427	CML 2724	CML 1346	CML 3252	MIX FOP	MIX FS
1	16,0cA	12,5bB	12,0bB	10,2cB	11,5bB	11,5bB	12,5bB
2	28,2aA	25,0aA	27,5aA	26,7aA	29,0aA	26,2aA	24,8aA
3	17,0bA	12,7bB	11,2bB	10,5cB	11,5bB	12,5bB	13,3bB
4	15,7cA	14,5bA	12,0bB	11,5bB	12,2bB	13,5bA	11,5bB
5	27,0aA	25,5aA	26,2aA	27,0aA	26,5aA	28,5aA	24,5aA
6	19,0bA	13,5bB	14,5bB	11,2cB	13,2bB	11,5bB	12,7bB
7	18,5bA	11,5bB	12,5bB	13,7bB	12,6bB	10,0bC	13,6bC
8	14,4cA	12,0bB	15,5bA	11,5cB	13,0bB	11,5bB	12,0bB
9	29,5aA	26,5aA	26,2aA	23,7aA	24,0aA	23,5aA	24,3aA
C. Rubi	15,5cA	6,5cB	4,5cB	0,0dC	5,5cB	0,0cC	0,0cC
CV (%)	7,65						
Genótipo	Massa seca da parte aérea (g)						
	Água	CLM 3427	CML 2724	CML 1346	CML 3252	MIX FOP	MIX FS
1	61,53dA	47,24cB	47,77cB	49,87cB	61,68cA	48,91cB	44,71cB
2	97,25aA	91,85aA	90,23aA	95,24aA	92,47aA	94,34aA	89,74aA

3	73,22cA	52,12cC	41,67cC	50,51cB	52,33cB	45,97cC	52,32cB
4	68,96cA	60,23bB	48,87cC	43,63cC	53,66cB	45,72cC	41,71cC
5	99,37aA	95,14aA	92,23aA	93,54aA	96,02aA	91,53aA	94,23aA
6	77,44cA	59,47cB	55,71cB	50,43cB	51,60cB	49,05cB	45,20cB
7	74,49cA	56,51cD	53,57cD	67,56bA	59,91cB	54,06cC	53,25cC
8	66,41dA	56,35cC	50,75cC	56,16cB	61,19cA	56,47cB	50,94cC
9	86,20bA	71,40bB	66,70bB	64,03bC	72,31bB	68,31bB	69,85bB
C. Rubi	56,35dA	14,62dB	12,99dB	0,00dC	9,30dB	0,00dC	0,00dC
CV (%)	6,29						
Massa seca de raiz							
1	23,38cA	17,30cB	18,28cB	19,96cB	20,07cB	15,42dC	16,29cC
2	31,74aA	30,36aA	30,06aA	29,03aA	30,52aA	29,10aA	30,88aA
3	28,95bA	20,24bB	19,80cB	18,46dB	20,06cB	18,45cB	17,06cC
4	30,30bA	24,15bB	15,34dC	16,48dC	17,87dC	17,51cC	15,90cC
5	31,37aA	29,30aA	30,23aA	31,22aA	31,24aA	30,94aA	30,76aA
6	23,19cA	17,65cB	18,16cB	14,60dC	17,15dB	16,78dB	17,23cB
7	21,65cA	18,01cB	19,56cB	17,41cC	18,95cB	19,14cB	19,00cB
8	24,10cA	19,93bB	18,58cB	16,66cC	18,28dB	16,34dC	16,19cC
9	32,97aA	29,14aA	28,89bA	26,52bB	26,39bB	28,56bA	24,26bB
C. Rubi	15,79dA	8,25dB	5,53cC	0,00eD	4,68eC	0,00eD	0,00dD
CV (%)	7,84						

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p \leq 0,005$).

A infecção pelos isolados de *Fusarium* spp. interferiu no crescimento e desenvolvimento das mudas, pois o comprimento e a massa seca da parte aérea e raiz das plantas diferiram significativamente da testemunha, pelo teste F em nível de 5% de probabilidade, para os genótipos que não foram resistentes aos patógenos, mas que se mostraram tolerantes ao estresse biótico, como é o caso dos genótipos 1; 3; 4; 6; 7 e 8. Para todos os genótipos tolerantes submetidos ao estresse biótico, os isolados das raças de *F. solani* foram mais severos, quando comparados aos isolados das raças de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* (Tabela 4).

No entanto, para a cultivar Rubi a infecção aos isolados de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *F. solani* foi mais agressiva. Isso aconteceu porque o pouco de plantas sobreviventes apresentou crescimento e desenvolvimento extremamente afetados pelas doenças causadas aos seus tecidos e órgãos vegetais, com médias variando de 12,2 (CML 3252), 23,0 (CML 2724) e 25,5 cm de comprimento da parte aérea, em relação à testemunha, cujo crescimento atingiu valores de 123,0 cm. O comprimento de raiz também foi prejudicado, com médias variando de 4,5 (CML 2724), 5,5 (CML 3252) e 6,5 cm de comprimento da raiz, principalmente pela presença de raízes necrosadas em todas as plantas inoculadas com todos os isolados de *Fusarium* spp, enquanto a testemunha apresentou valores de 15,5 cm (Tabela 4 e Figura 5). Segundo Niño-Sánchez et al. (2015), *F. oxysporum* coloniza preferencialmente os tecidos e vasos do xilema, com isso as plantas

resistentes podem retardar ou evitar o crescimento de fungos no tecido hospedeiro através de complexas alterações químicas e estruturais, como acumulação fenólica (CURIR et al., 2003), fitoalexinas (HALL et al., 2011) e fechamento dos vasos do xilema (PEREIRA et al., 2013).



Figura 5. Diferenças no desenvolvimento de uma planta de *Passiflora edulis* Sims sadia, quando comparada com uma planta que foi inoculada pela raça CML 2427 do fungo *Fusarium oxysporum* f. *passiflorae* após 90 dias de cultivo em casa de vegetação.

De acordo com o agrupamento feito pelo teste de Scott Knott, quando observadas as características estudadas, a tendência foi de formarem quatro seis com os nove genótipos e de *P. mucronata* e com o híbrido Rubi. Isso foi corroborado, quando submetidos ao método de agrupamento UPGMA, baseado na distância euclidiana média, obtida segundo o dendrograma, a formação dos grupos dos genótipos 1 e 4, 2 e 5, 3 e 6, 7 e 8, 9 e 10 (Figura 6).

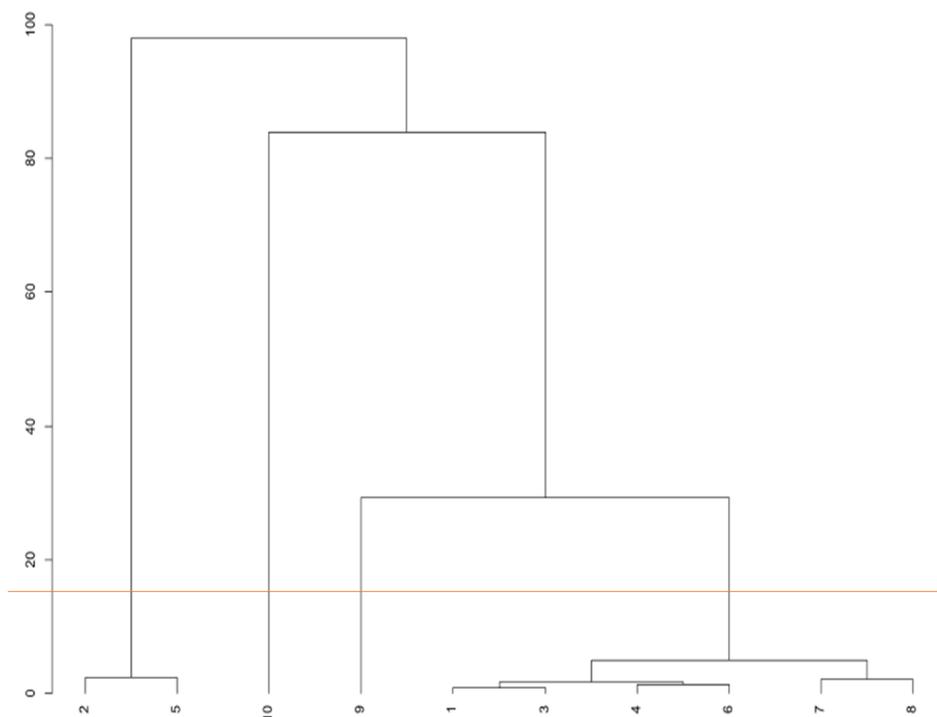


Figura 6. Dendrograma obtido pelo método de agrupamento UPGMA, baseado na distância euclidiana média entre nove genótipos de *Passiflora mucronata* e a cultivar Rubi.

4. CONCLUSÕES

Os genótipos 2 e 5 de *Passiflora mucronata* são resistentes a isolados de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *F. solani*.

Os genótipos 2 e 5 de *Passiflora mucronata* apresentam potencial de porta-enxerto.

Os genótipos 2 e 5 são uma alternativa para estudos futuros de enxertia para *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* e *Passiflora alata*.

O híbrido BRS Rubi de *Passiflora edulis* Sims é altamente susceptível a isolados de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *F. solani*.

5. AGRADECIMENTOS

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de pós-graduação e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão de bolsa de incentivo à pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, R. S.; COSTA, P. R.; CHAGAS, K.; MAYRINCK, L.G.; DETON, J. L.; SCHMILDT, E. R. Enraizamento adventício de estacas do maracujazeiro silvestre *Passiflora mucronata* Lam.: forma de veiculação e concentrações do ácido indol-3-butírico. **Revista Ceres**, v. 61, p. 567-571, 2014.

ALFENAS, A. C.; FERREIRA, F. A. Inoculação de fungos fitopatogênicos. In: ALFENAS, A. C., MAFIA, R. G. **Métodos em fitopatologia**. Viçosa: UFV, 2007. p. 117-137.

BERNACCI, L. C., CERVI A. C, MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A., NUNES, T.S., IMIG, D.C., MEZZONATO, A.C. *Passiflora*. In **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB12506>.

BERNACCI, L. C., MELETTI, L.M.M., SOARES-SCOTT, M.D. Maracujá-doce: o autor, a obra e a data da publicação de *Passiflora alata* (Passifloraceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n.2, p.355-356, 2003.

BORBA, M. C.; GARCÉS-FIALLOS, F. R.; STADNIK, M. J. Reactions of black bean seedlings and adult plants to infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. **Crop Protection**, v. 96, p.221-227, 2017.

BOSCOLO, O.H.; VALLE, L.S. Plantas de uso medicinal em Quissamã. **Iheringia**, v. 63, n. 2, p. 263-277, 2008.

CASTRO, N. R.; COELHO, R. B. S.; LARANJEIRA, D.; COUTO, E. F.; SOUZA, B. R. S. Ocorrência, métodos de inoculação e agressividade de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense em *Heliconia* spp. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 2, p. 127-130, 2008.

CHAKRABORTY, S.; NEWTON, A. C. Climate change, plant diseases and food security: an overview. **Plant Pathology**, v.60, p.2-14, 2011.

CHANG, Y.; DU, B.; WANG, L.; XIE, Y.; LI, X.; LI, Z.; WANG, J. A study on the pathogen species and physiological races of tomato *Fusarium* wilt in Shanxi, China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, n. 6, p.1380-1390, 2018.

CERVI, A. C. **Passifloraceae do Brasil:** estudo do gênero *Passiflora* L. subgênero *Passiflora*. Fontqueria, n. 45, p. 1-92. 1997.

COSTA, A. E. S.; CUNHA, F. S.; HONORATO, A. C.; CAPUCHO, A. S.; DIAS, R. C. S.; BOREL, J. C.; ISHIKAWA, F. H. Resistance to *Fusarium* Wilt in watermelon accessions inoculated by chlamydospores. **Scientia Horticulturae**, v. 228, p.181-186, 2018.

CURIR, P.; DOLCI, M.; DOLCI, P.; LANZOTTI, V.; DE COOMAN, L. Fungitoxic phenols from carnation (*Dianthus caryophyllus*) effective against *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*. **Phytochemical Analysis**, v.14, p. 8-12, 2003.

FISCHER, I. H.; LOURENÇO, S. A.; MARTINS, M. C.; KIMATI, H.; AMORIM, L. Seleção de plantas resistentes e de fungicidas para o controle da podridão do colo do maracujazeiro causada por *Nectria hematococca*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. 250-258, 2005.

FREITAS, J. C. O., VIANA, A. P., SANTOS, E. A.; PAIVA, C. L.; SILVA, F. H. L.; AMARAL JR., A. T.; SOUZA, M. M.; DIAS, V. M. Resistance to *Fusarium solani* and characterization of hybrids from the cross between *P. mucronata* and *P. edulis*. **Euphytica**, p. 208-493, 2016.

HALL, C.; HEATH, R.; GUEST, D. I. Rapid and intense accumulation of terpenoid phytoalexins in infected xylem tissues of cotton (*Gossypium hirsutum*) resistant to *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 76, p. 182-188, 2011.

HIREMANI, N. S.; DUBEY, S. C. Race profiling of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lentis* causing wilt in lentil. **Crop Protection**, v.108, p. 23-30, 2018.

HOUTERMAN, P. M.; MA, L.; VAN OOIJEN, G.; VROOMEN, M. J.; CORNELISSEN, B. J.; TAKKEN, F. L., REP, M. The effector protein Avr2 of the xylem-colonizing fungus *Fusarium oxysporum* activates the tomato resistance protein I-2 intracellularly. **The Plant Journal**, v. 58, p. 970-978, 2009.

JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; FALEIRO, F. G.; PEIXOTO, J. R.; BERNACCI, L. C. Potencial de espécies silvestres de maracujazeiro como fonte de resistência a doenças. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Eds.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, Embrapa Cerrados. 2005. p.1-106.

KOIKE, S. T.; GORDON, T. R.; Management of *Fusarium* wilt of strawberry, **Crop Protection**, v. 73, p. 67-72, 2015.

MA, L. J.; GEISER, D. M.; PROCTOR, R. H.; ROONEY, A. P.; O'DONNELL, K.; TRAIL, F.; GARDINER, D. M.; MANNERS, J. M.; KAZAN, K. *Fusarium* pathogenomics. **Annual Review of Microbiology**, v. 67, p. 399-416, 2013.

MA, L. J.; VAN DER DOES, H. C.; BORKOVICH, K. A.; COLEMAN, J. J.; DABOUSSI, M. J.; DI PIETRO, A., et al. Comparative genomics reveals mobile pathogenicity chromosomes in *Fusarium*. **Nature**, v. 464, p. 367-373, 2010.

MACHARDY, W. E.; BECKMAN, C. H. Vascular wilt Fusaria: infection and pathogenesis. In: NELSON, P. E.; TOUSSON, T. A.; COOK, R. J. **Fusarium: Diseases, Biology and Taxonomy**. London UK. Pennsylvania University Press. pp. 365-390.

MICHIELSE, C. B.; REP, M. Pathogen profile update: *Fusarium oxysporum*. **Molecular Plant Pathology**, v. 10, p. 311-324, 2009.

MICHIELSE, C. B.; VAN WIJK, R.; REIJNEN, L.; CORNELISSEN, B. J.; REP, M. Insight into the molecular requirements for pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* through large-scale insertional mutagenesis. **Genome Biology**, v. 10, p. 1-18, 2009.

NIÑO-SÁNCHEZ, J.; TELLO, V.; CASADO-DEL CASTILLO, V.; THON, M. R.; BENITO, E. P.; DÍAZ-MÍNGUEZ, J. M. Gene expression patterns and dynamics of the colonization of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by highly virulent and weakly virulent strains of *Fusarium oxysporum*. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, p. 234, 2015.

OLIVEIRA, S. A. S.; COSTA, M. A. P. C.; FREITAS, J. P. X. Identification of passion fruit genotypes resistant to *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 3 p. 236-242, 2013.

PEREIRA, A. C.; CRUZ, M. F. A.; PAULA JÚNIOR, T. J.; RODRIGUES, F. A.; CARNEIRO, J. E. S.; VIEIRA, R. F.; CARNEIRO, P. C. S. Infection process of *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* on resistant, intermediate and susceptible bean cultivars. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, p. 323-328, 2013.

PREISIGKE, S. C.; SILVA, L. P.; SERAFIM, M. E.; BRUCKNER, C. H.; ARAÚJO, K. L.; NEVES, L. G. Seleção precoce de espécies de Passiflora resistente a fusariose. **Summa Phytopathologica**, v.43, n.4, p.321-325, 2017.

PRICE, C. L.; PARKER, J. E.; WARRILOW, A. G. S.; KELLY, D. E., KELLY, S. L. Azole fungicides - Understanding resistance mechanisms in agricultural fungal pathogens. **Pest Management Science**, v.71, p.1054–1058, 2015.

R DEVELOPMENT CORE TEAM R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Passion fruit. In: M. SIDDIQ, J. AHMED, M. G. LOBO, F. OZADALI. **Tropical and subtropical fruits: postharvest physiology, processing and packaging**. 2012. p. 321–332.

SRIVASTAVA, S.; KADOOKA, C.; UCHIDA, J. Y. *Fusarium* species as pathogen on orchids. **Microbiological Research**, v. 207, p.188-195, 2018.

SUNDARAMOORTHY, S.; RAGUCHANDER, T.; RAGUPATHI, N.; SAMIYAPPAN, R. Combinatorial effect of endophytic and plant growth promoting rhizobacteria against wilt disease of *Capsicum annum* L. caused by *Fusarium solani*. **Journal of Biological Control**, v.60, p. 59-67, 2012.

USAID - United States Agency for International Development. The us market for fresh passion fruit. **Market Brief**, v.16, n. 4, 2014. 4 p.

YANG, F.; JENSEN, J. D.; SVENSSON, B.; JORGENSEN, H. J.; COLLINGE, D. B.; FINNIE, C. Secretomics identifies *Fusarium graminearum* proteins involved in the interaction with barley and wheat. **Molecular Plant Pathology**, v. 13, p. 445-453, 2012.

ZHANG, Y.; MA, L. Deciphering pathogenicity of *Fusarium oxysporum* from a phylogenomics perspective. **Advances in Genetics**, v. 100, p. 179-209, 2017.

ZHANG, M.; XU, J. H.; LIU, G.; YAO, X. F.; LI, P. F.; YANG, X. P. Characterization of the watermelon seedling infection process by *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. **Plant Pathology**, v. 64, n. 5, p.1076-1084, 2015.

CAPÍTULO IV

ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DE FRUTOS DE MARACUJAZEIRO: QUALIDADE QUÍMICA DA POLPA E FISIOLÓGICA DE SEMENTES

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho estudar a qualidade fisiológica das sementes e as características físico-químicas da polpa dos frutos de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* em diferentes estádios de maturação. Os frutos foram colhidos e visualmente classificados em quatro estádios de maturação: 1. verdes; 2. transição de verde para amarelo; 3. maduros (predominantemente amarelo) e, 4. maduros murchos. Foram realizados dois experimentos: no primeiro analisaram as características colorimétricas e químicas da polpa dos frutos e no segundo a qualidade fisiológica das sementes e o crescimento inicial de plântulas. De acordo com os resultados as sementes do estágio 1 de maturação dos frutos de *P. edulis* f. *flavicarpa* apresentaram maior porcentagem de germinação, assim como de acordo com o desenvolvimento das plantas apresentaram comprimento da parte aérea de plântula, comprimento de raiz, massa seca de parte aérea e massa de raiz superior que os demais estádios de maturação. Os frutos no estágio 1 de maturação apresentaram conteúdo de SS de 16,42 °Brix; AT de 8,88%, conteúdo de AA de 28,00 mg 100 mL⁻¹ e pH de 3,28, indicando que esse é o melhor período para fazer a colheita, quando considerado o armazenamento pós-colheita e transporte. As análises físico-químicas evidenciaram que para obtenção de maior qualidade de polpa de frutos de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, deve-se fazer a colheita nos estádios de maturação 1 e 2. No estágio de maturação 1 dos frutos de *P. edulis* f. *flavicarpa* as sementes apresentam maior qualidade fisiológica e maior integridade de membranas celulares.

Palavras-chave: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*; caracterização química de frutos; potencial fisiológico; maturidade fisiológica.

1. INTRODUÇÃO

O maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) pertence à família Passifloraceae, que é composta por 12 gêneros e mais de 500 espécies (RODRIGUEZ-AMAYA, 2012). Essa espécie é nativa da América do Sul, na qual o Brasil se destaca com 50 a 60% da produção mundial e como o maior consumidor de maracujá-amarelo fresco e processado (OLIVEIRA et al., 2016).

O maracujá é uma fruta tropical caracterizada por seu sabor intenso e com elevada acidez, o que o torna ideal para a produção industrial de bebidas (CABALLERO et al., 2015; FINGLAS; TOLDRÁ, 2015). O maracujá possui nutrientes essenciais e compostos funcionais com propriedades antioxidantes, como polifenóis, carotenoides, vitaminas e aminoácidos (DHAWAN et al., 2004). A produção brasileira de frutas tropicais frescas em 2014 representou cerca de 823,284 toneladas, com produtividade de 144.881 kg ha⁻¹, em uma área cultivada correspondente a 56.825 hectares (FAO, 2017). Cálculos realizados pela empresa de consultoria Fintrac – Agriculture solutions to end hunger and poverty, mostraram que aproximadamente 1,4 milhões de toneladas de maracujá fresco foi produzido em 2013. O Brasil foi o maior produtor com 834.749 toneladas ou 59% da produção global. Indonésia e Índia foi o segundo maior produtor com 141.190 toneladas (10% da produção) e 122.630 (9% da produção), respectivamente (USAID, 2014).

A European Fruit Juice Association (AIJN, 2017), informa que o consumo de sucos e polpas de frutas na Europa, em 2016, atingiu 9,299 milhões de litros. A América Latina e América do Norte representou 5,8 e 24,8 de litros de consumo per capita, respectivamente, enquanto os países da União Europeia 18,2 litros. A indústria de sucos e bebidas está buscando inovações, visando obter produtos à base de frutas naturais, mais ricas em vitaminas, minerais, açúcar e antioxidantes. E, as propriedades organolépticas de *P. edulis* f. *flavicarpa* podem explicar sua crescente popularidade e a abertura de mercado para os países produtores dentro do mercado internacional, destacando-se a Europa e o Japão (MEDINA et al., 2017).

A maturação do fruto envolve mudanças físico-químicas que podem ser medidas durante a colheita por diferentes índices, como a cor do pericarpo, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT. A avaliação da qualidade dos sucos é analisada por uma série de características, como os carotenoides, compostos fenólicos, compostos orgânicos voláteis, ácidos orgânicos e açúcares, atividade antioxidante (SPINELLI et al., 2016).

A obtenção de materiais genéticos superiores inicia-se pela seleção de indivíduos no campo e cruzamento entre aqueles com alto potencial agrônômico. Em seguida, utiliza-se o teste de germinação, que é fundamental para estudar o potencial fisiológico, o grau de deterioração fisiológica e/ou integridade mecânica, caracterizando o vigor das sementes (MARCOS FILHO, 2015a). Dentre outros testes, o de condutividade elétrica destaca-se por determinar o vigor das sementes, baseando-se no princípio de que, com o processo de deterioração das sementes acontece a lixiviação dos constituintes celulares das sementes, podendo com isso verificar a perda da integridade dos sistemas celulares (VIEIRA; DUTRA, 2006). Similarmente, a lixiviação de potássio vem se destacando como um método de determinação do potencial fisiológico de sementes, produzindo resultados satisfatórios para várias espécies (MARCOS FILHO, 2015a; MARCOS FILHO, 2015b).

Objetivou-se com este trabalho estudar as características físico-químicas da polpa dos frutos e a qualidade fisiológica das sementes de *P. edulis* f. *flavicarpa* em diferentes estádios de maturação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes, do Departamento de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAEE) pertencente a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre, ES, Brasil.

Foram utilizadas sementes de frutos do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener), provenientes de um pomar comercial da Comunidade Feliz Lembrança, no município de Alegre, ES, coordenadas geográficas 20°48'49.5"S 41°30'10.1"W, que foram classificados em quatro estádios de maturação (MUNSELL, 1976): (Figura 1): 1. verdes; 2. transição de verde para amarelo; 3. maduros (predominantemente amarelo) e, 4. maduros murchos. As coordenadas de cores CIE – Commission Internationale L'Eclairage- foram obtidas por análise de imagem. O uso da imagem digital é apropriado para medições de cores em sólidos não homogêneos (como as do pericarpo de frutos) e é uma ferramenta prática devido à sua sensibilidade e baixo custo (LARRAÍN et al., 2008; SCHAEFER; REED, 2008). A coloração da casca foi medida usando-se o Colorímetro Hunterlab MiniScan Spectrophotometer (MiniScan XE Plus), sendo realizada em dois pontos equidistantes da face exposta e não-exposta do fruto, compreendendo a região mediana entre a parte superior (pedúnculo) e a inferior (base). Para a diferenciação dos estádios de maturação dos frutos foi utilizado o sistema de medição das cores, padrão CIE 1976 L^* a^* b^* proposto pelo CIELAB (Comissão

Internacional de Iluminantes) (CIE, 2017). O Lab é um sistema substrativo de cor proposto pela Commission Internationale L'Eclairage - CIE. Os valores lidos foram transformados em coordenadas cromáticas do sistema de cor $L^* a^* b^*$, onde L^* , corresponde à luminosidade, a^* à coordenada do eixo vermelho-verde e b^* corresponde à coordenada do eixo azul-amarelo. Para se calcular os parâmetros C e h^* utiliza-se a equação (1), $C = (a^{*2} + b^{*2})/2$ e a equação (2), $h^* = \text{tang}^{-1}(b^*/a^*)$, propostas por Atayde et al. (2011).

Após as transformações dos dados foi calculado o índice de cor, que mede a variação do nível de verde-amarelo, conforme a equação (3), $IC = 2000a^*/L^*\sqrt{(a^*)^2+(b^*)^2}$ (CAMELO; GOMEZ, 2004).

Para a extração das sementes, os frutos foram seccionados transversalmente, e as sementes, juntamente com restos placentários, arilo e o suco dos frutos, foram transferidos para recipientes e em seguida foi removida a polpa com a cal, sobre uma peneira de nylon e lavados em água corrente, para a retirada do arilo. Após a retirada do arilo, as sementes foram postas para secar, durante 48 horas, sobre folhas de papel tipo germitest em condições de laboratório (28 °C), para condução dos estudos.

Foram realizados dois experimentos: o primeiro analisaram as características químicas da polpa dos frutos e, o segundo a qualidade fisiológica das sementes.

Para a análise química da polpa: foram quantificados: os sólidos solúveis (°Brix), determinados por refratometria, utilizando-se um refratômetro digital, modelo RTD-95; a acidez titulável, por titulação com NaOH 0,1 molar, segundo a técnica estabelecida pelo Instituto Adolfo Lutz (2004), e os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico; o pH, foi determinado por um medidor de pH, modelo TecnoPON mPA 210, calibrado periodicamente com soluções tampão de pH 4 e 7 e; a quantificação do teor de ácido ascórbico foi realizada pela técnica estabelecida pelo Instituto Adolfo Lutz (2004), e os resultados expressos em $\text{mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ de suco.

Para o estudo da qualidade fisiológica das sementes foram analisados: **teor de água (%)**, pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, por 24 horas, utilizando-se quatro repetições de 25 sementes por tratamento (BRASIL, 2009); **massa de mil sementes (g)**, determinada com oito subamostras de 100 sementes, as quais foram pesadas em balança analítica (0,0001 g) (BRASIL, 2009); **germinação (%)** – conduzida em rolos de papel germitest umedecidos com água destilada na quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco, com quatro repetições de 50 sementes, para cada tratamento. Os rolos foram mantidos em sacos plásticos fechados, em câmaras tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*). A análise foi feita considerando-se a porcentagem de germinação (plântulas

normais) (BRASIL, 2009); o **índice de velocidade de germinação (IVG)**, realizado de acordo com Maguire (1962), com leituras diárias até o 45º dia após a semeadura; **comprimento da parte aérea**, medido do coleto à extremidade da maior folha; **comprimento de raiz**, medido do coleto à extremidade da maior raiz, os resultados foram expressos em cm; **massa seca da parte aérea e da raiz**, determinadas no final do teste de germinação, em balança analítica (0,0001 g). Para a obtenção das massas secas, as partes das plântulas foram acondicionadas em sacolas de papel tipo Kraft, e submetidas à secagem em estufa de circulação de ar forçada, com temperatura de 70 °C, por 72 horas; **condutividade elétrica (CE)** – foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, pesadas em balança analítica (0,0001 g), colocadas em copos de plástico de 200 mL, contendo 100 mL de água deionizada para serem embebidas, por 24 horas e as amostras foram mantidas em B.O.D. a 25 °C. A leitura da CE foi feita utilizando-se um condutivímetro portátil microprocessado, modelo ITMCA-150P. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$; **lixiviação de potássio** – foi feita imediatamente a determinação de CE, utilizando-se fotômetro de chama modelo DIGIMED DM-62. Os resultados da quantidade de potássio lixiviado foram expressos em mg L^{-1} de K g^{-1} de semente.

O delineamento inteiramente casualizado, e para todos os resultados, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e na ocorrência de efeitos significativos, as médias foram submetidas ao teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2018). Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de resíduos e à análise de variância, e quando o valor de F foi significativo em nível de 5%, realizou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da refração do epicarpo dos frutos de *P. edulis* f. *flavicarpa*, quantificada pelo colorímetro digital, apresentou índice de cores (ICs) estatisticamente diferente entre os estádios de maturação, nas três escalas de cores. Os estágios 2 e 3 mostraram-se iguais, diferenciando-se do 1 e 4, que também foram diferentes entre si (Figura 1). Estes resultados da colorimetria corroboraram com os dados qualitativos observados durante a classificação visual, quando comparado com as cores da carta de Munsell (1976), evidenciando que a coloração do pericarpo dos frutos, com relação à maturação, foi diferente. Segundo a carta de Munsell (1976), os frutos foram classificados nos estádios de maturação 1 de acordo com a coloração de código 10GY4/10; estágio 2

com código 5GY8/12; estágio 3 com código 10Y9/12 e; estágio 4 com código 10YR6/1 (Figura 1).

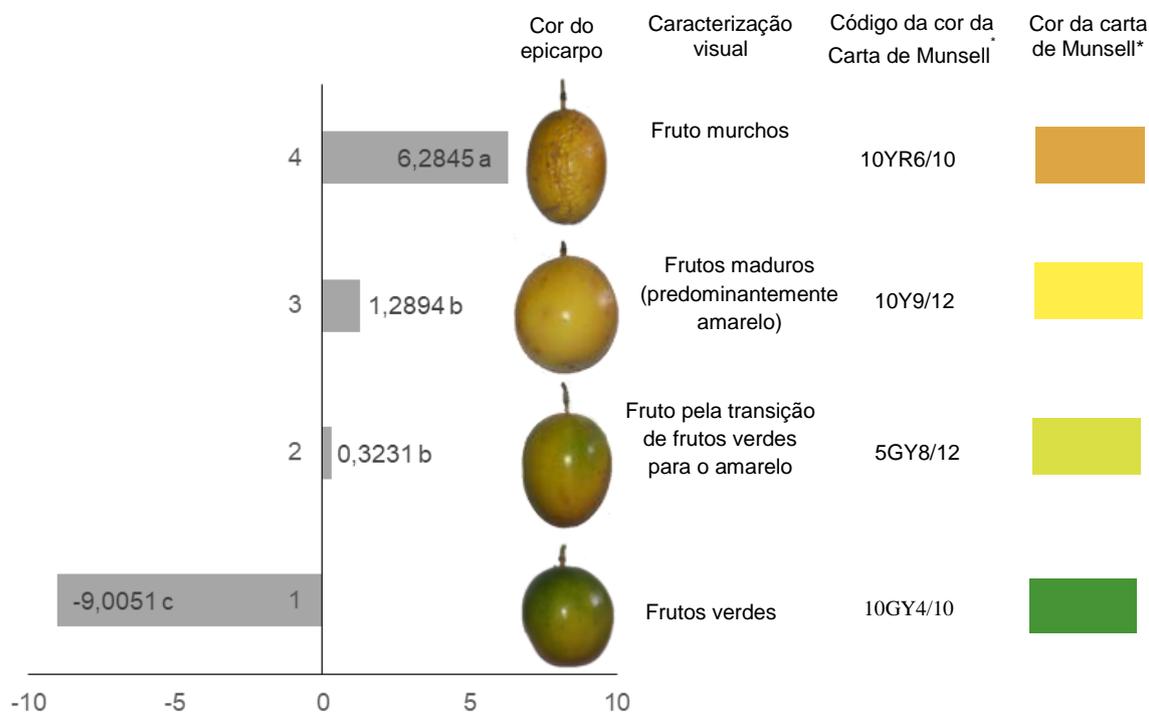


Figura 1 - Índices de cores a partir de avaliações de colorimetria do epicarpo de frutos de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, em diferentes estádios de maturação. *Tabelas de cores da Carta de Munsell (1976) para os tecidos das plantas.

O pericarpo dos frutos verdes, estágio 1 de maturação, apresentou IC de -0,90051 (frutos verdes), 2 (frutos no início da coloração amarela) 0,3231, 3 (frutos predominantemente amarelo) 1,2894 e 4 (frutos amarelo mais escuro e murchos) 6,2845 (Figura 1). O IC, de acordo com o proposto por Atayde et al. (2011), representa as cores na linha do ⁻a (verde) e ⁺b (amarelo), por isso quando mais negativo, o fruto apresenta-se verde e quando positivo, apresenta-se amarelo, ou seja, mais maduro. Segundo Pongener et al. (2013), os frutos de *P. edulis* devem ser colhidos no estágio de maturação 3, após apresentarem 50% de coloração da superfície da casca de amarelo, de forma a permitir um armazenamento ideal e desenvolvimento do sabor e atributos de qualidade do fruto adequado, como compostos bioativos, a exemplo, de fenóis, ácido ascórbico e carotenóides.

De acordo com o estudo realizado por Jiménez et al. (2011), ao avaliarem frutos de *P. edulis* f. *edulis* obtidos por análise de imagem no diagrama a* e b* dos frutos de três tempos de colheita diferentes, houve variação de cores, de acordo com a dispersão do

índice de cor, e observaram mudanças mais visíveis no valor a^* , que aumentaram significativamente durante o amadurecimento.

A massa de mil sementes (MMS) e a umidade das sementes (U) foram superiores no estágio 4 (Tabela 1). A MMS é um indicador do tamanho das sementes, assim como de seu estágio de maturidade fisiológica (BRASIL, 2009).

Tabela 1. Massa de mil sementes (PMS), umidade de sementes (U), condutividade elétrica (CE) de sementes, lixiviação de potássio de sementes (Lix K), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) de plântulas de *P. edulis* f. *flavicarpa* provenientes de frutos em diferentes estádios de maturação.

Maturação	MMS (g)	U (%)	CE semente ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)	Lixiviação K (mg L^{-1} de K)	G (%)
1	24,92 bc ⁽¹⁾	5,61 b	155,12 c	12,17 b	96,50 a
2	26,37 ab	5,71 b	191,02 ab	20,05 a	88,50 ab
3	24,48 c	5,65 b	181,89 bc	19,87 a	81,50 b
4	26,53 a	6,22 a	212,01 a	17,40 a	89,50 ab
CV (%)	2,97	1,45	7,18	9,78	5,98
Maturação	IVG	CPA (g)	CR (cm)	MSPA (mg)	MSR (mg)
1	7,13 a	9,38 a	4,84 a	53,97 a	12,45 ab
2	6,44 b	8,63 a	4,22 a	45,05 b	10,55 b
3	5,82 b	8,11 a	4,80 a	54,77 a	13,42 a
4	7,47 a	8,47 a	4,53 a	54,80 a	12,52 ab
CV (%)	4,87	8,10	7,53	5,15	8,64

⁽¹⁾Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

A maior integridade de membrana, detectada pelos menores valores de CE e lixiviação de K das sementes de frutos no estágio de maturação 1, resultou em maiores valores de germinação (96,5%) e vigor, não diferindo do estágio 4 (Tabela 1). Lopes et al. (2007), em trabalho semelhante, observaram que sementes provenientes de frutos murchos de *P. edulis* f. *flavicarpa* proporcionaram maior porcentagem de germinação (82,16%), se comparado a frutos maduros, mas não murchos (70,66%).

No teste de CE, sementes menos vigorosas ou mais deterioradas apresentaram menor velocidade de reparação da membrana celular durante a absorção de água da semente para germinação e, portanto, liberam quantidades maiores de solutos para o ambiente externo. A perda de exsudatos inclui açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, proteínas, enzimas e íons inorgânicos (K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , Mn^{+2}) e avalia a quantidade de extravasamento de íons (MARCOS FILHO, 2015b).

Quando comparado o CPA e CR entre os estádios de maturação, observou-se que não houve diferença no desenvolvimento e crescimento das plântulas, apresentando médias de 8,65 e 4,60, respectivamente. Isso sugere que a maturação dos frutos não influenciou o

crescimento da parte aérea e do sistema radicular das plântulas. O mesmo aconteceu com o MSR, em que os estádios de maturação foram estatisticamente iguais entre si, indicando que não houve diferença no acúmulo de massa seca durante a formação do sistema radicular das plântulas. Para o MSPA os estádios de maturação 1, 3 e 4 não diferiram entre si (Tabela 1).

Os valores encontrados para sólidos solúveis (SS) na polpa do fruto de *P. edulis* f. *flavicarpa* não diferiram estatisticamente entre os estádios de maturação 1, 2 e 3 com 16,42; 14,15 e 15,27 °Brix, respectivamente, e o estágio 4 apresentou menor °Brix (10,52) (Tabela 1). Com isso, apenas o estágio 4 de maturação apresentou-se um pouco abaixo do valor mínimo de 11,0 °Brix, exigido pelo regulamento técnico para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade - PIQ (BRASIL, 2000). Valores mais elevados nesta fase são elucidados pelo aumento do teor de carboidratos, como resultado do processo de amadurecimento dos frutos (JIMÉNEZ et al., 2011).

Para a agroindústria é desejável maior acidez na polpa dos frutos, isso porque um nível maior de acidez auxilia na conservação dos produtos, evita a deterioração microbiológica e ainda ajuda a reduzir a adição de ácido artificial (FREITAS et al., 2011).

Verifica-se forte correlação entre a porcentagem de germinação e a velocidade de germinação ($rf = 0,7579^{**}$) e entre a umidade e a CE das sementes ($rf = 0,7579^{**}$) (Tabela 2). Isto é um indicativo de que sementes com maiores umidades apresentam maiores valores de CE, que em um futuro próximo pode ocasionar peroxidação lipídica, com a produção de malondialdeído (MDA), prejudicial ao sistema de membranas de sementes armazenadas. Segundo Nyamayevu e Mashingaidze (2017), a peroxidação de lipídios produz radicais altamente reativos, que danificam membranas e proteínas, reduzindo a germinação de sementes e parâmetros de crescimento de mudas, à medida que as sementes envelhecem.

Os valores encontrados para acidez em ácido cítrico, na polpa dos frutos de *P. edulis* f. *flavicarpa*, variaram entre 8,88%, no estágio de maturação 1 a 4,51%, no estágio de maturação 4 (Tabela 3). Assim, todos os valores para AT foram superiores ao limite estabelecido pelo Ministério da Agricultura, enquadrando-se no valor mínimo de 2,5% exigido pelo PIQ para polpa de maracujá (BRASIL, 2000).

Tabela 2. Coeficiente de correlação fenotípica para as variáveis biométricas dos frutos de *P. edulis* f. *flavicarpa*.

	G	IVG	CPA	CR	MSPA	MSR	U	PMS	LK	CES
G	-	0,7430**	0,4377 ^{ns}	0,0618 ^{ns}	0,0492 ^{ns}	-0,1788*	0,0296 ^{ns}	0,0816 ^{ns}	-0,7230**	-0,3833 ^{ns}
IVG		-	0,2953 ^{ns}	-0,0660 ^{ns}	0,1974 ^{ns}	-0,1354 ^{ns}	0,5982**	0,4089 ^{ns}	-0,5738*	0,1206 ^{ns}
CPA			-	0,3950 ^{ns}	0,0117 ^{ns}	0,0117 ^{ns}	-0,1597 ^{ns}	0,1398 ^{ns}	-0,5744*	-0,5068*
CR				-	0,4043 ^{ns}	0,6251**	-0,1956*	-0,5083*	-0,4525 ^{ns}	-0,4398 ^{ns}
MSPA					-	0,6019*	0,2332 ^{ns}	-0,3442 ^{ns}	-0,3739 ^{ns}	-0,0933 ^{ns}
MSR						-	0,0186 ^{ns}	-0,5383*	-0,2967 ^{ns}	-0,1759 ^{ns}
U							-	0,5070*	0,1047 ^{ns}	0,7579**
PMS								-	0,2120 ^{ns}	0,5450*
LK									-	0,6261**
CES										-

^{ns} não significativo; **, * significativo em nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Legenda: G: germinação, IVG: índice de velocidade de germinação, CPA: comprimento da parte aérea, CR: comprimento da raiz, MSPA: massa seca da parte aérea, MSR: massa seca da raiz, U = umidade, PMS = massa de mil sementes, LK = lixiviação de potássio, CES = condutividade elétrica da semente.

O pH é estabelecido como uma característica de qualidade do produto, de acordo com a legislação, por beneficiar a conservação da polpa, evitando o crescimento de leveduras. De acordo com Benevides et al. (2008), baixos valores de pH são responsáveis por garantir a conservação da polpa sem a necessidade de tratamento térmico muito elevado, impedindo assim a perda de qualidade nutricional.

O menor valor de pH na polpa dos frutos de *P. edulis* f. *flavicarpa* foi de 3,28, no estágio de maturação 1 e, o maior foi de 3,71 no estágio de maturação 4 (Tabela 3). Verifica-se, portanto, que o fruto verde possui pH mais ácido que o murcho. Esses valores estão de acordo com o exigido pelo PIQ (BRASIL, 2000), para polpa de *P. edulis* f. *flavicarpa*, em que estabelece o valor mínimo de 2,70 e o máximo de 3,80.

Tabela 3. Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), ratio (SS/AT), ácido ascórbico (AA), pH, umidade (U), condutividade elétrica (CE) da polpa de *P. edulis* f. *flavicarpa* em diferentes estádios de maturação.

Maturação	SS (°Brix)	AT (%)	Ratio	AA (mg 100 mL ⁻¹)	pH	CE polpa (μS cm ⁻¹ g ⁻¹)
1	16,42 a ⁽¹⁾	8,88 a	1,85 a	28,00 b	3,28 c	0,08 b
2	14,15 a	7,69 ab	1,84 a	33,00 a	3,40 bc	0,10 a
3	15,27 a	6,33 bc	2,41 a	23,00 d	3,55 ab	0,11 a
4	10,52 b	4,51 c	2,33 a	25,00 c	3,71 a	0,08 b
CV (%)	10,82	13,78	16,77	2,55	2,31	7,67

⁽¹⁾Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

As propriedades organolépticas de frutos estão intimamente relacionadas aos teores de sólidos solúveis, acidez titulável e sua relação SS/AT (MAGWAZA; OPARA, 2015). A pré-colheita ou pós-colheita de frutos deve sempre retardar a perda de AT para com isso, favorecer uma relação SS/AT equilibrada, e contribuir para o sabor melhorado do fruto. A

perda de AT, frequentemente, é atribuída ao tempo de armazenamento (MDITSHWA et al., 2017).

As polpas de maracujá apresentaram valores altos de acidez titulável em ácido cítrico, essa característica é atribuída à fisiologia do fruto, por serem classificados como climatéricos, ocorrendo após a colheita, aumento na taxa de respiração. Possivelmente, isso acontece porque o gás carbônico liberado pode influenciar o conteúdo da acidez da polpa do fruto, conferindo elevada acidez e com isso, diminuir a relação SS/AT (BRASIL et al., 2016).

O ratio (SS/AT) representa o grau de equilíbrio entre os teores de açúcares e ácidos orgânicos do fruto. O valor ratio é uma das formas mais práticas de se avaliar o sabor dos frutos, e a relação SS/AT, diminui se a acidez for muito elevada, sendo decisiva a quantidade de acidez presente no fruto (FREITAS et al., 2011).

O ácido ascórbico é um composto bioativo que atua como um antioxidante e é caracterizado por prevenir doenças crônicas ao ser humano. A investigação desse composto em frutos e a ingestão do mesmo são necessárias para compreender os mecanismos associados a vários processos bioquímicos e fisiológicos da saúde humana (TIGHE-NEIRA et al., 2017). Representado como um dos atributos nutricionais mais comuns e importantes encontrados nos frutos, o ácido ascórbico é essencial tanto para a nutrição humana, como para a indústria alimentar, por apresentar-se como um aditivo em alimentos processados (MDITSHWA et al., 2017).

O conteúdo de ácido ascórbico presente nos frutos estudados mostra que em cada estágio de maturação a quantidade desse composto orgânico apresentou-se diferente. No estágio 2 de maturação encontrou-se a maior quantidade de ácido ascórbico, com 33,00 mg 100 mL⁻¹ de suco. Com isso, pode dizer que os frutos de maturação entre o verde e o maduro, acumularam maior ácido ascórbico que os frutos, no estágio 3 de maturação (frutos maduros), com 23,00 mg 100 mL⁻¹ de suco de ácido ascórbico.

Durante o desenvolvimento dos frutos, a maturação é considerada como uma forma funcionalmente alterada de senescência associada à acumulação de espécies reativas de oxigênio (ROS). Frutos maduros com alto nível de compostos antioxidantes e atividade de enzimas antioxidantes podem proporcionar maior tempo de prateleira, mantendo a qualidade por períodos mais longos (KUMAR, 2014). De acordo com Deshmukh et al. (2011), em plantas os compostos antioxidantes são fortemente influenciados por fatores genéticos, estágio de desenvolvimento, condições de solo, temperatura, e meio ambiente.

Para as características físico-químicas dos frutos de *P. edulis* f sp. *flavicarpa*, pode-se observar uma forte relação entre SS e AT ($r_f = 0,6718^{**}$); entre Ratio e pH ($r_f = 0,6196^{**}$) (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficiente de correlação fenotípica para as variáveis químicas dos frutos de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*.

	IC	SS	AT	Ratio	AA	pH	CEP
IC	-	-0,5148*	-0,2353 ^{ns}	-0,1381 ^{ns}	0,3599 ^{ns}	0,1709 ^{ns}	-0,5672*
SS		-	0,6718 ^{**}	0,0466 ^{ns}	0,1800 ^{ns}	-0,7057 ^{**}	0,2202 ^{ns}
AT			-	-0,6861 ^{**}	0,5143*	-0,9317 ^{**}	0,0246 ^{ns}
Ratio				-	-0,5375*	0,6196 ^{**}	0,1078 ^{ns}
Vit C					-	-0,5483*	0,0397 ^{ns}
pH						-	-0,0011 ^{ns}
CEP							-

^{ns} não significativo; ^{**}, * significativo em nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Legenda: IC = Índice de cor, SS = sólidos solúveis (°Brix), AT = acidez titulável (%), ratio (SS/AT), AA = ácido ascórbico (mg 100mL⁻¹ suco), pH e CEP = condutividade elétrica da polpa ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$).

Isto mostra quanto maior os valores de sólidos solúveis, maiores também são os valores de acidez titulável. Pôde-se observar ainda, que as correlações entre Ratio e AT (-0,6861^{**}); AT e pH (-0,7057^{**}) e; AT e pH (-0,9317^{**}) apresentaram-se com correlação negativa, sinal de que o aumento do Ratio é inversamente proporcional ao aumento da acidez, isso acontece também com as correlações entre SS x pH e AT x pH, sugerindo que o aumento do pH é inversamente proporcional ao aumento dos sólidos solúveis e acidez (Tabela 4).

4. CONCLUSÕES

Para a maior qualidade de polpa de frutos de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, de acordo com as análises físico-químicas realizadas, recomenda-se fazer a colheita nos estádios 1 e 2 de maturação.

O estágio de maturação 1 dos frutos de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* resulta em sementes com maior integridade de membranas e, portanto, maior qualidade fisiológica.

5. AGRADECIMENTOS

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de pós-graduação e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão de bolsa de incentivo à pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

ATAYDE, C. M.; GONÇALEZ, J. C.; CAMARGOS, J. A. Características colorimétricas entre as seções anatômicas da madeira de muirapiranga (*Brosimum* sp.). **Cerne**, v. 17, p. 231-235, 2011.

BENEVIDES, S. D.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; CASTRO V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 571-578, 2008.

BRASIL, A. S.; SIGARINI, K. S.; PARDINHO, F. C.; FARIA, R. A. P. G.; E SIQUEIRA, N. F. M. P. Avaliação da qualidade físico-química de polpas de fruta congeladas comercializadas na cidade de Cuiabá-MT. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, p. 167-175, 2016.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009 (Secretaria de Defesa Agropecuária).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento. Instrução Normativa nº 01/00, de 07/01/00. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 10 jan. Seção 1, 54-58, 2000.

CAMELO, A.L.; GÓMEZ, P.A. Comparison of color indexes for tomato ripening. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 534-537, 2004.

CABALLERO, B.; FINGLAS, P.; TOLDRÁ, F. Encyclopedia of Food and Health. (Oxford: Academic Press), 2015. p.366.

CIE - International Commission on Illumination. (2017). Disponível em: http://cie.co.at/index.php?i_ca_id=485.

DESHMUKH, S. R.; WADEGAONKAR, V. P.; BHAGAT, R. P.; WADEGAONKAR, P. A. Tissue specific expression of anthraquinones, flavonoids and phenolics in leaf, fruit and root suspension cultures of Indian Mulberry (*Morinda citrifolia* L.). **Plant Omics**, v. 4, n. 6, p. 6-13, 2011.

EUROPEAN FRUIT JUICE ASSOCIATION (AIJN). Disponível em: <http://viewer.zmags.com/publication/49404127#/49404127/4> Acessado em: 15/12/2017.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4691e.pdf>. Acessado em: 18/12/2017.

FREITAS, J. P. X.; OLIVEIRA, E J.; CRUZ NETO, A. J.; SANTOS, L. R. Avaliação de recursos genéticos de maracujazeiro-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1013-1020, 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** - 4ª edição. 1ª edição digital, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JIMÉNEZ, A. M.; SIERRA C. A., RODRÍGUEZ-PULIDO; F. J., GONZÁLEZ-MIRET M. L.; HEREDIA, F. J.; OSORIO C. Physicochemical characterisation of gulupa (*Passiflora edulis* Sims. fo *edulis*) fruit from Colombia during the ripening. **Food Research International**, v. 44, p. 1912–1918, 2011.

KUMAR, D. Salicylic acid signaling in disease resistance. **Plant Science**, v. 228, p. 127-134, 2014.

LARRAÍN, R. E. SCHAEFER, D. M.; REED, J. D. Use of digital images to estimate CIE color coordinates of beef. **Food Research International**, v. 41, p. 380-385, 2008.

LOPES, J. C.; BONO, G. M.; ALEXANDRE, R. S.; MAIA, V. M. Germinação e vigor de plantas de maracujazeiro 'amarelo' em diferentes estádios de maturação do fruto, arilo e substrato. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 31, p. 1340-1346, 2007.

OLIVEIRA, D. A.; ANGONESE, M.; GOMES, C.; FERREIRA, S. R. S. Valorization of passion fruit (*Passiflora edulis* sp.) by-products: sustainable recovery and biological activities. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 111, p. 55-62, 2016.

MAGWAZA, L. S.; OPARA, U. L. Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products - a review. **Scientia Horticulturae**, v. 184, p. 179-192, 2015.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015a. 659 p.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agrícola**, v. 72, p. 363-374, 2015b.

MDITSHWA, A.; MAGWAZA, L. S.; TEFAY, S. Z.; MBILI, N. Postharvest quality and composition of organically and conventionally produced fruits: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 216, p. 148-159, 2017.

MIGUEL, M. V. C.; MARCOS FILHO, J. Potassium leakage and maize seed physiological potential. **Scientia Agrícola**, v. 59, p. 315-319, 2002.

MUNSELL, A. H. **Munsell color charts for plants tissues**. Maryland: Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation, v.2. 1976.

NYAMAYEVU, T.; MASHINGAIDZE, A. B. Influence of duration of storage at room temperature, pre-sowing seed treatment and fruit colour harvest index on germination and seedling growth of *Jatropha curcas* L. **Agroforestry Systems**, v. 1, p. 1-15, 2017.

PONGENER, A.; SAGARI, V.; PAL, R. K.; ASREY, R.; SHARMA, R. R.; SINGH, S. K. Physiological and quality changes during postharvest ripening of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **Fruits**, v. 69, p. 19-30, 2013.

R CORE TEAM (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Passion fruit. In SIDDIQ, M.; AHMED, J.; LOBO, M. G.; OZADALI, F. **Tropical and subtropical fruits: Postharvest physiology, processing and packaging**. New York: Wiley-Blackwell, p. 321-332, 2012.

SPINELLI, F. R.; DUTRA, S. V.; CARNIELI, G.; LEONARDELLI, S.; DREHMER, A. P.; VANDERLINE, R. Detection of addition of apple juice in purple grape juice. **Food Control**, v. 69, p. 1-4, 2016.

TIGHE-NEIRA, R.; ALBERDI, M.; ARCE-JOHNSON, P.; ROMERO-ROMERO, J. L.; REYES-DÍAZ, M.; INOSTROZA-BLANCHETEAU, C. Foods with Functional Properties and Their Potential Uses in Human Health. In: WAISUNDARA, V.; SHIOMI, N. **Superfood and functional food: an overview of their processing and utilization**. Publisher: INTECH, p.185-220, 2017.

USAID - United States Agency for International Development. The us market for fresh passion fruit. **Market Brief**, v. 16, p. 4, 2014.

VIEIRA, R. D.; E DUTRA, A. S. Condutividade elétrica em sementes de abóbora, híbrido Bárbara. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 305-308, 2006.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A propagação das espécies do gênero *Passiflora* é feita, principalmente, por sementes, no entanto, de forma geral, a germinação é baixa e desuniforme, com consequente produção de mudas de baixa qualidade, principalmente quando a cultura se estabelece em ambiente estressor. Há que se considerar ainda a grande variabilidade que o gênero *Passiflora* apresenta entre as espécies que nele são agrupadas, e as doenças de plantas causadas por fitopatógenos de solo são um dos principais fatores que ameaçam a expansão agrônômica e a produtividade das cultivares de maracujazeiros. Com este estudo conclui-se que:

- Sementes *Passiflora mucronata* sem realizar o tratamento para superação da dormência apresentam baixa porcentagem de germinação e vigor;
- As sementes de *Passiflora mucronata* apresentaram maior germinação e vigor com tratamento térmico;
- Sementes dos genótipos 2 e 5 de *Passiflora mucronata* são resistentes ao potencial osmótico de -0,4 e -0,8 MPa induzido com manitol;
- Sementes dos genótipos 2 e 5 de *P. mucronata*, quando expostas à salinidade, mantiveram seu potencial fisiológico, quando submetidas aos potenciais osmóticos de -0,4 e -0,8 MPa de NaCl;
- O nitroprussiato de sódio na concentração de 7,5 mg L⁻¹, promove a germinação, o vigor e minimiza os efeitos do estresse salino em sementes de *P. mucronata*, quando submetidas ao potencial osmótico de -1,2 MPa de NaCl;
- Os genótipos 2 e 5 de *Passiflora mucronata* são resistentes à isolados de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *F. solani*;
- Os genótipos 2 e 5 de *Passiflora mucronata* apresentam potencial de porta-enxerto;
- Os genótipos 2 e 5 são uma alternativa para estudos futuros de enxertia para *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* e *Passiflora alata*;
- O híbrido BRS Rubi de *Passiflora edulis* Sims é altamente susceptível a isolados de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* e *F. solani*;
- Para a maior qualidade de polpa de frutos de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, de acordo com as análises físico-químicas realizadas, recomenda-se fazer a colheita nos estádios 1 e 2 de maturação;

- O estágio de maturação 1 dos frutos de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* resulta em sementes com maior integridade de membranas e, portanto, maior qualidade fisiológica.

ANEXOS I

Tabela 1. Coordenadas geográficas da localização dos espécimes dos nove genótipos de *P. mucronata*, utilizados como material vegetal para a realização dos experimentos.

Genótipo	Planta 1		Planta 2	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
1	20°45'1.11636" S	41°29'15.93168" W	20°45'0.90504" S	41°29'15.73836" W
2	20°45'1.13904" S	41°29'15.5328" W	20°45'0.90036" S	41°29'15.71136" W
3	20°45'1.10088" S	41°29'15.65592" W	20°45'0.97776" S	41°29'15.58392" W
4	20°45'1.14696" S	41°29'15.54432" W	20°45'0.94608" S	41°29'15.51516" W
5	20°45'1.99936" S	41°29'16.09116" W	20°45'0.89856" S	41°29'15.71676" W
6	20°45'1.10376" S	41°29'15.65448" W	20°45'0.94788" S	41°29'15.51408" W
7	20°45'1.053" S	41°29'15.91872" W	20°45'0.9" S	41°29'15.72108" W
8	20°45'1.28124" S	41°29'15.5526" W	20°45'0.94572" S	41°29'15.51372" W
9	20°45'1.04292" S	41°29'15.95328" W	20°45'0.89892" S	41°29'15.71784" W
Genótipo	Planta 3		Planta 4	
1	20°45'0,64008" S	41°29'15.3558" W	20°45'0,41328" S	20°45'0,41328" S
2	20°45'0.59184" S	41°29'15.25308" W	20°45'0.3258" S	20°45'0.3258" S
3	20°45'0.58356" S	41°29'15.1638" W	20°45'0,41112" S	20°45'0,41112" S
4	20°45'0.59904" S	41°29'15.30564" W	20°45'0.34956" S	20°45'0.34956" S
5	20°45'0,62172" S	41°29'15.21816" W	20°45'0.3636" S	20°45'0.3636" S
6	20°45'0,49392" S	41°29'15.477" W	20°45'0.32544" S	20°45'0.32544" S
7	20°45'0,6354" S	41°29'15.30276" W	20°45'0,40176" S	20°45'0,40176" S
8	20°45'0.53964" S	41°29'15.44424" W	20°45'0.39492" S	20°45'0.39492" S
9	20°45'0.54144" S	41°29'15.37332" W	20°45'0.36792" S	20°45'0.36792" S