

AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA A *Fusarium guttiforme* E DE
DESCRITORES AGRONÔMICOS EM INDIVÍDUOS SEGREGANTES
DE ABACAXIZEIRO

MARCELO SERAFIM DE ANDRADE JUNIOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
JULHO- 2025

AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA A *Fusarium guttiforme* E DE
DESCRITORES AGRONÔMICOS EM INDIVÍDUOS SEGREGANTES
DE ABACAXIZEIRO

MARCELO SERAFIM DE ANDRADE JUNIOR

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas”.

Orientador: Dr. Marcelo Vivas

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
JULHO - 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

A553

Andrade Junior, Marcelo Serafim de.

Avaliação de resistência a *Fusarium guttiforme* e de descritores agronômicos em indivíduos segregantes de abacaxizeiro / Marcelo Serafim de Andrade Junior. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2025.

72 f. : il.

Bibliografia: 51 - 60.

Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2025.
Orientador: Marcelo Vivas.

1. melhoramento de plantas. 2. fusariose. 3. híbrido de segunda geração. 4. *Ananas comosus*. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 631.5233

AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA A *Fusarium guttiforme* E DE
DESCRITORES AGRONÔMICOS EM INDIVÍDUOS SEGREGANTES
DE ABACAXIZEIRO

MARCELO SERAFIM DE ANDRADE JUNIOR

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento Vegetal”.

Em 16 de julho de 2025.

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
RAFAEL NUNES DE ALMEIDA
Data: 12/08/2025 15:42:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Rafael Nunes de Almeida (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas)
INCAPER



Documento assinado digitalmente
WILLIAN KRAUSE
Data: 12/08/2025 16:12:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Willian Krause (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) - UNEMAT

Prof. Roberto Ramos Sobrinho (D.Sc., Fitopatologia) - UENF

Prof. Marcelo Vivas (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) - UENF
(Orientador)

DEDICATÓRIA

A Deus e a minha família, em especial, a minha querida mãe Rosimere Almeida de Andrade e a minha para sempre adorável avó Maria Madalena Pacheco de Almeida (*in memoriam*).

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida e com isso me conceder saúde, amparo, proteção e discernimento durante esta etapa importante em minha vida;

À minha mãe que sempre me incentivou aos estudos e me ajudou além do que pode em toda essa jornada, sem você nada disso seria possível;

Aos meus avós, Altair, Antônio, Dilce e Maria (*in memoriam*) por todos incentivos e conselhos, vocês sempre serão minha inspiração de caráter, amor e lealdade;

Ao meu irmão Lucas Almeida Dias, por ser meu amigo e por compartilhar comigo momentos de alegria e amor. Obrigado também por ter sido um companheiro para a nossa mãe durante todos esses anos em que estive distante;

Aos meus tios, Magda, Fabiana, Fabio, Marco, Magno, Marcio, Mario Cesar, Elizangela e todos os outros por todo carinho e incentivo demonstrado por mim, serei para sempre grato;

Aos meus primos Savvy, Yasmin, Ana Julia, Milena, Rhayane, Jessica, Leticia por todos os momentos de diversão e carinho vividos;

Ao meu primo, amigo, compadre e irmão Romullo Serafim pela nossa amizade, pelos momentos felizes e pelo amparo nos momentos mais difíceis;

Aos meus demais familiares, obrigado por toda ajuda nesta caminhada e por todos os momentos especiais que vivemos juntos, vocês são muito especiais

em minha vida; Aos meus amigos de infância que mesmo com a distância, a amizade não se perdeu, vocês estarão sempre comigo;

Aos novos amigos que Campos dos Goytacazes e a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-Uenf me proporcionaram conhecer, em especial, Vitor, Davi Cardinot, Davi Simões, Matheus, Kevin, Arthur, Juan, Pedro, Gabriel, Luís, Heitor, Fabio Junior, obrigado por todos os momentos de diversão, desabafos, conselhos e ajuda;

Ao meu orientador Marcelo Vivas por toda acessibilidade e pela oportunidade de fazer parte do laboratório durante todos esses anos desde a Iniciação Científica, agradeço por toda a confiança depositada, por todos os conhecimentos compartilhados e por toda a disponibilidade em ensinar e ajudar;

Ao meu coorientador Rafael Cabral, que esteve comigo todos os dias deste presente trabalho, me ensinando, aconselhando, “puxando a orelha” quando necessário, obrigado por todos os ensinamentos, jamais te esquecerei, você é o cara!

Aos meus amigos de trabalho no campo e no laboratório, Yure Pequeno, Luana Vasconcelos, Ana Rangel, Juliana, Hércules Santos, Gabriel Moreno, Júlio Saluci, Luciana Pereira, e aos demais amigos do Laboratório de Engenharia Agrícola (LEAG), obrigado pela parceria, ajuda e por todos os ensinamentos;

Aos meus conselheiros e membros da comissão examinadora, obrigado pelas sugestões e conselhos para o engrandecimento deste trabalho;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), por tornar possível a concretização dessa grande etapa da minha vida, à FAPERJ, ao CNPq pelas concessões de bolsas ao longo dessa jornada e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) na qual o presente trabalho foi desenvolvido com apoio, sob o Código de Financiamento 001;

Enfim, agradeço a todos os que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

A todos, o meu muito obrigado!!!

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo Geral	4
2.2 Objetivos Específicos	4
3. CAPÍTULOS	5
3.1 SELEÇÃO VIA AVALIAÇÃO DE DESCRITORES AGRONÔMICOS EM	
INDIVÍDUOS SEGREGANTES DE ABACAXIZEIRO	5
3.1.1. INTRODUÇÃO	5
3.1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
3.1.2.1. Aspectos botânicos do abacaxizeiro	7
3.1.2.2. Importância econômica do abacaxi	8
3.1.2.3. Mercado consumidor	9
3.1.2.4. Melhoramento genético do abacaxizeiro.....	10
3.1.3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1.3.1. Descrição do material vegetal utilizado	11
3.1.3.2. Obtenção dos indivíduos segregantes	12
3.1.3.3. Instalação e condução do experimento.....	15

3.1.3.4. Triagem das plantas com base no desenvolvimento	17
3.1.3.5. Avaliação das características agronômicas	18
3.1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
3.1.5. CONCLUSÕES	32
3.2. AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA A <i>Fusarium guttiforme</i> EM INDIVÍDUOS SEGREGANTES DE ABACAXIZEIRO	33
3.2.1. INTRODUÇÃO	33
3.2.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	35
3.2.2.1. Principais cultivares.....	35
3.2.2.2. Fusariose no abacaxi	38
3.2.2.3. Controle e resistência à fusariose.....	40
3.2.3. MATERIAL E MÉTODOS	41
3.2.3.1. Descrição do material vegetal utilizado	41
3.2.3.2. Inoculação na folha D avaliação à resistência	42
3.2.3.3. Inoculação no caule e avaliação à resistência	42
3.2.3.4. Análise estatística	43
3.2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.2.5. CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

RESUMO

ANDRADE JUNIOR, Marcelo Serafim; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; julho de 2025; Avaliação de resistência a *Fusarium guttiforme* e de descritores agronômicos em indivíduos segregantes de abacaxizeiro; Orientador: D.Sc. Marcelo Vivas; Conselheiros: D.Sc. Alexandre Pio Viana e D.Sc. Roberto Ramos Sobrinho.

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merrill.) é uma frutífera tropical e subtropical de grande importância econômica no Brasil, sendo a quarta fruta mais cultivada no país. Entre as diversas cultivares disponíveis, a 'Pérola' é predominante, representando mais de 80% da área plantada. Apesar de sua ampla aceitação comercial, essa cultivar é suscetível à fusariose, causada pelo fungo *Fusarium guttiforme* e é considerada a principal doença da cultura no país, com potencial para causar perdas significativas na produção. Diante desse cenário, o Programa de Melhoramento Genético da UENF visa desenvolver genótipos resistentes à fusariose com características agronômicas semelhantes à cultivar 'Pérola' e adaptados às condições do Norte e Noroeste Fluminense. Inicialmente, 120 indivíduos segregantes oriundos do cruzamento entre as cultivares 'Pérola' e 'BRS Imperial' foram cultivados em vasos de 5 litros (L). Após 5 meses, foi realizada uma triagem para seleção de 40 indivíduos segregantes superiores (maior desenvolvimento vegetativo) para cultivo até fase de frutificação e avaliação dos atributos agronômicos. As plantas segregantes superiores foram então transferidas para vasos de 18 L contendo substrato composto por areia e esterco em proporção 1:1, sob delineamento em blocos aumentados, com 10 tratamentos regulares e os

parentais 'Pérola' e 'BRS Imperial' como tratamentos comuns. A indução artificial de florescimento das plantas foi realizada quando a folha D das plantas selecionadas atingiram 60 cm de comprimento. Após a colheita, 13 variáveis quantitativas foram analisadas por meio da análise de deviance, com estimativas genéticas realizadas via REML/BLUP, utilizando o *software* SELEGEN. Entre os genótipos avaliados em relação aos descritores agronômicos, G8, G15, G18 e G46 apresentaram os melhores desempenhos e foram selecionados para as próximas etapas do programa. Para avaliação da resistência a *F. guttiforme*, 75 indivíduos segregantes foram cultivados em vasos de 5 L até que a folha D das plantas atingisse 40 cm de comprimento. Em seguida, suspensão de esporos de *F. guttiforme* foi utilizada para inoculação na folha D destacada e no colo/base das plantas. Para análise do diâmetro da lesão na folha D e no colmo, foram feitas imagens e mensuração da área lesionada através do programa ImageJ. Os genótipos que se destacaram quanto à resistência foram IBP1-3, IBP2-24 e IBP2-70.

Palavras-chave: melhoramento de plantas; fusariose; híbrido de segunda geração; *Ananas comosus*.

ABSTRACT

ANDRADE JUNIOR, Marcelo Serafim; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; July 2025; Evaluation of resistance to *Fusarium guttiforme* and agronomic traits in segregating pineapple individuals; Advisor: D.Sc. Marcelo Vivas; Committee Members: D.Sc. Alexandre Pio Viana and D.Sc. Roberto Ramos Sobrinho.

The pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merrill.) is a tropical and subtropical fruit crop of great economic importance in Brazil, ranking as the fourth most cultivated fruit in the country. Among the available cultivars, 'Pérola' is predominant, representing more than 80% of the planted area. Despite its wide commercial acceptance, this cultivar is susceptible to fusariosis, caused by the fungus *Fusarium guttiforme*, considered the main disease of the crop in Brazil, with the potential to cause significant yield losses. In this context, the UENF breeding program aims to develop genotypes resistant to fusariosis, with agronomic characteristics similar to the 'Pérola' cultivar and adapted to the conditions of northern and northwestern Rio de Janeiro State. Initially, 120 segregating individuals derived from the cross between 'Pérola' and 'BRS Imperial' were grown in 5-liter (L) pots. After five months, a screening was carried out to select 40 superior segregating individuals (with greater vegetative development) for cultivation until the fruiting stage and evaluation of agronomic traits. The superior segregants were then transferred to 18 L pots containing a 1:1 mixture of sand and manure, under an augmented block design, with 10 regular treatments and the parental cultivars 'Pérola' and 'BRS Imperial' as common treatments. Artificial flower induction was performed when the D leaf of the

selected plants reached 60 cm in length. After harvest, 13 quantitative traits were analyzed using deviance analysis, and genetic estimates were obtained through REML/BLUP with the software SELEGEN. Among the evaluated genotypes regarding agronomic descriptors, G8, G15, G18, and G46 showed the best performance and were selected for the next stages of the program. For resistance evaluation to *F. guttiforme*, 75 segregating individuals were grown in 5 L pots until the D leaf reached 40 cm in length. Subsequently, a spore suspension of *F. guttiforme* was used for inoculation on detached D leaves and at the plant collar/base. To assess lesion diameter on the D leaf and stem, images were captured and lesion areas measured using ImageJ software. The genotypes that stood out for resistance were IBP1-3, IBP2-24, and IBP2-70.

Keywords: plant breeding; fusariosis; second-generation hybrid; *Ananas comosus*.

1. INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merrill) é a espécie economicamente mais importante dentro do gênero *Ananas*, família Bromeliaceae, figurando entre as quatro principais frutas tropicais comercialmente plantadas no mundo (junto com banana, laranja e coco), tendo ainda uma perspectiva de crescimento anual de aproximadamente 2,0% em relação a sua comercialização (Ventura et al., 2023). No Brasil, a cultura do abacaxi está entre as seis frutíferas mais cultivadas, com uma área plantada de mais de 64 mil ha e produção de aproximadamente 2,3 milhões de toneladas (FAO, 2023). Apesar de se destacar como quarto maior produtor mundial da fruta, o Brasil apresenta os menores índices de produtividade entre os principais produtores de abacaxi. Este fato está relacionado a diversos problemas na cadeia produtiva da cultura, especialmente aos desafios fitossanitários. No âmbito das doenças que acometem a cultura no Brasil, destaca-se a fusariose do abacaxi, uma doença de natureza fúngica causada por diferentes espécies do gênero *Fusarium* (FAO, 2022; Lira Júnior, 2023).

O principal agente etiológico da fusariose na cultura do abacaxi é o fungo *Fusarium guttiforme*, ao qual pertence ao complexo de espécies *Fusarium fujikuroi*. Fungo este, ascomiceto com ampla diversidade genética e capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais, o que dificulta estratégias de controle baseadas em resistência genética. Este patógeno se reproduz de forma sexuada e assexuada, produzindo clamidósporos e conídios que facilitam sua disseminação e sobrevivência no ambiente (Leslie e Summerell, 2006; Costa et al., 2021).

O fungo pode infectar mudas e frutos durante as fases de reprodução e crescimento, induzindo sintomas foliares como podridão seca, exsudação de goma, necrose, curvatura do caule e clorose (Aquiye et al., 2010; Lira Júnior et al., 2023), enquanto os frutos infectados apresentam lesões necróticas com coloração marrom, exsudação de goma, casca seca, podridão e depressões na área do tecido lesionado (Santos et al., 2016; Sipes e Matos, 2018).

No Brasil, a fusariose do abacaxizeiro causa perdas significativas nas lavouras tanto em termos quantitativos quanto qualitativos. Em áreas com alta incidência da doença, os prejuízos variam de 30 a 50% da produção, podendo ainda chegar a perdas totais em situações de alta incidência e manejo inadequado (Cabral et al., 2015; Matos et al., 2020). Adicionalmente, os sintomas que comprometem a integridade e qualidade dos frutos, diminuindo seu valor de mercado ou deixando-os inviáveis para o consumo (Ventura et al., 2015; Costa et al., 2021).

As cultivares Pérola, 'MD2' e 'Smooth Cayenne', amplamente cultivadas no Brasil, são suscetíveis à fusariose, o que contribui para o aumento do custo de produção, baixa qualidade dos frutos e menor produtividade das lavouras. Dentre os métodos de controle desta doença, o uso de cultivares resistentes constitui uma alternativa com potencial de contribuir para a redução da doença junto a outras práticas de manejo integrado. A resistência genética constitui de uma estratégia de menor risco à saúde do trabalhador e de potencial menor custo quando comparado à aplicação de defensivos químicos (Matos et al., 2011).

Algumas cultivares resistentes à fusariose foram desenvolvidas em programas de melhoramento genético no Brasil, como as cultivares BRS Imperial, BRS Vitória, BRS Ajubá, IAC Fantástico, UNEMAT Esmeralda e UNEMAT Rubi. Porém, apesar de não apresentarem problemas significativos em relação a ocorrência da fusariose, essas cultivares não ganharam o mercado. As novas cultivares são mais exigentes a tratamentos nutricionais, possuem menor adaptabilidade aos diferentes solos e climas brasileiros ou possuem frutos de tamanho, formato ou sabor que não agradam o consumidor final. Com isso, as cultivares suscetíveis 'Pérola' e 'MD2' ainda são as mais plantadas e comercializadas na forma de fruto *in natura* (Cabral e Matos 2005; Cabral e Matos, 2008; Ventura et al., 2009; IAC, 2010; Silva et al., 2025; Krause et al., 2025).

Uma das principais estratégias para o enfrentamento da fusariose tem sido o investimento em programas de melhoramento genético, que, em todo o território nacional, buscam desenvolver novas variedades com padrão comercial aceitável, resistência a doenças e adaptação às condições edafoclimáticas específicas de cada região do país. Uma das abordagens utilizadas no melhoramento genético é a hibridação de materiais resistentes à fusariose e materiais com padrões agronômicos que agradem aos produtores e consumidores (Matos et al., 2011; Viana et al., 2013).

Desta forma, com o objetivo de gerar indivíduos segregantes para estudos genéticos envolvendo resistência à fusariose e caracteres agronômicos em geral, o Programa de Melhoramento Genético de abacaxi da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro tem buscado a obtenção de genótipos resistentes à fusariose a partir do cruzamento entre variedades resistentes e a cultivar Pérola. Esses futuros genótipos serão adaptados à região Norte e Noroeste Fluminense o que irá promover o aumento da produtividade e lucratividade das lavouras da região.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar descritores agronômicos e resistência a *Fusarium guttiforme* em indivíduos segregantes de abacaxizeiro originados do cruzamento entre as cultivares BRS Imperial e Pérola.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar os melhores métodos de avaliação da resistência à fusariose via inoculação em folhas destacadas de abacaxizeiro e plantas;
- Indicar genótipos resistentes à fusariose para as próximas etapas do programa de melhoramento da cultura;
- Indicar genótipos promissores em relação aos descritores agronômicos para as próximas etapas do programa de melhoramento da cultura.

3. CAPÍTULOS

3.1. SELEÇÃO VIA AVALIAÇÃO DE DESCRITORES AGRONÔMICOS EM INDIVÍDUOS SEGREGANTES DE ABACAXIZEIRO.

3.1.1 INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*, (Leal e Coppens), é uma planta herbácea, perene, do grupo das monocotiledôneas e originária das américas. A maior parte das espécies de abacaxi é diploide, apresentando $2n=2x=50$, porém algumas variedades do gênero *Ananas* são poliploides (Cotias de Oliveira et al., 2000). O abacaxizeiro é uma espécie alógama, ou seja, realiza preferencialmente fecundação cruzada. A forma comercial de propagação da cultura do abacaxi é vegetativa, visto que o abacaxi possui uma autoincompatibilidade gametofítica devido à inibição do crescimento do tubo polínico após a fecundação, e que é controlada pelo *locus* S com múltiplos alelos (Coppens d'Eeckenbrugge et al., 1993; Leal et al., 1995). Por esse motivo, as sementes geralmente são abortadas naturalmente, sendo obtidas apenas através de hibridações artificiais para utilização em trabalhos de melhoramento genético (Cabral et al., 1999; Cabral et al., 2003).

A propagação vegetativa da cultura do abacaxizeiro é realizada através de diversas estruturas da planta como filhotes (brotação do pedúnculo, que é a haste que sustenta o fruto), filhote-rebentão (brotação da região de inserção do pedúnculo no caule ou talo), rebentão (brotação do caule), coroa (brotação do ápice do fruto) e seccionamento do caule, realizado por meio de cortes longitudinais no talo da planta (Reinhardt e Cunha, 1993; Simão, 1998).

Além da importância agronômica das estruturas vegetativas, o fruto do abacaxizeiro também possui grande relevância socioeconômica, sendo conhecido pelo seu sabor e aroma intensos, e utilizado para consumo *in natura* ou na indústria para produção de sucos, geleias, licor, vinho, vinagre, doces, bolos e sorvetes, e servindo ainda de matéria prima para extração de ração animal e álcool (Manica, 1999). Além disso é fonte de bromelina, substância utilizada como amaciante de carnes (Rowan et al., 1990; Hale, 2004)

A cultivar Smooth Cayenne é a mais utilizada para a industrialização no mundo. Seus frutos grandes, pesando de 1,5 a 2 kg, formato cilíndrico, polpa de coloração amarela e firme, com elevado teor de açúcares e elevada acidez (Ctenas e Quast, 2000; Nascente et al., 2005; Cunha, 2007).

Em relação ao consumo *in natura*, a cultivar Peróla destaca-se no cenário nacional, sendo a mais cultivada no Brasil. Seus frutos pesam de 1,0 a 1,5 kg, possuem formato levemente cônico, polpa branca, elevado teor de açúcares e baixa acidez (Nascente et al., 2005). As cultivares Smooth Cayenne e 'Peróla' são suscetíveis à fusariose, principal doença da cultura do abacaxi no Brasil (Cabral et al., 1999).

Dentre as cultivares resistentes à fusariose, tem-se a cultivar BRS Imperial. Esta é proveniente do cruzamento entre as variedades: 'Perolera' e 'Smooth Cayenne'. Seus frutos pesam de 1,2 a 1,5 kg, formato cilíndrico, polpa amarela, elevado teor de açúcar e acidez moderada. A planta apresenta porte médio e suas folhas não apresentam espinhos nas bordas. Apesar de ser resistente à fusariose, a cv. BRS Imperial não conseguiu ganhar o mercado consumidor brasileiro, que é bastante seletivo quanto às características visuais e sensoriais dos frutos de abacaxi, tendo como preferência variedades do grupo Pernambuco, principalmente a cultivar 'Pérola'.

Em 2021, a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), iniciou um Programa de Melhoramento Genético do abacaxi com objetivo

de obter frutos com padrão da cultivar Pérola e resistência à fusariose. Para tal fato, foi realizado a hibridação entre as cultivares 'Pérola' e 'BRS Imperial'. Os indivíduos segregantes provenientes deste cruzamento que se destacaram-se em relação ao crescimento vegetativo foram selecionados neste trabalho, com o objetivo de analisar os parâmetros físico-químicos da planta e do seu respectivo fruto e selecionar indivíduos promissores para registro de futuras cultivares.

3.1.2. REVISÃO DE LITERATURA

3.1.2.1. Aspectos botânicos do abacaxizeiro

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*, (Leal e Coppens, 1996) é uma espécie botânica do grupo das monocotiledôneas, alógama, herbácea, perene em condições naturais e pertencente à família Bromeliaceae. Essa planta é principalmente cultivada em climas tropicais, visto que a temperatura ideal para o seu desenvolvimento está entre 22°C e 32°C durante o dia, com uma amplitude térmica de 8°C a 14°C entre dia e noite, garantindo assim um melhor desempenho e formação dos frutos (Cunha, 2009). Outra característica que garante seu ótimo desempenho em climas tropicais é a sua adaptação a solos ácidos (pH de 4,5 a 5,5), bem drenados e de textura média ou arenosa (Santos, 2023). A cultura também é exigente em luz e umidade, necessitando de 6 a 8 horas/dia de exposição solar e umidade relativa do ar em torno de 70% para garantir seu desenvolvimento pleno (Cardoso et al., 2017).

O centro de origem e diversidade da cultura é a América central e a região que compreende o Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e o Norte da Argentina e do Paraguai (Andrade et al., 2016). Contudo, a maior diversidade do gênero parece estar presente no Brasil central e no Paraguai de onde se disseminou para o mundo (Medina, 1978; Leal e Antoni, 1981; Simão, 1998). Com isso, o Brasil é considerado um dos principais centros de diversidade genética do abacaxi, visto que todas as espécies do gênero *Ananas* são encontradas nas formas silvestres ou cultivadas em várias regiões brasileiras.

Em condições de cultivo, a cultura do abacaxizeiro é temporária, com ciclo de produção durando em torno de 13 a 18 meses, do plantio até a colheita. Este período pode ser dividido em 3 fases: vegetativa, reprodutiva e propagativa (Ramos, 2006; Souza, 2009). A fase vegetativa ocorre desde o plantio até a indução floral, enquanto a fase reprodutiva compreende o período de formação dos frutos e ocorre concomitantemente com a fase propagativa na qual há a formação de mudas.

O abacaxizeiro possui um sistema radicular do tipo fasciculado e superficial, onde a maior parte das suas raízes estão situadas entre 15 e 20 cm de profundidade do solo (Ribeiro et al., 2011). O caule das suas plantas é curto e grosso, ficando parcialmente inserido ao solo, onde ocorre o desenvolvimento radicular. É no caule que também pode ocorrer a presença das mudas do tipo rebentão e filhote-rebentão. Na parte superior do caule está localizado o pedúnculo floral, o qual serve de sustentação para a inflorescência e, conseqüentemente, ao fruto (infrutescência), além de poder apresentar mudas do tipo filhote. Acima do fruto, o abacaxi apresenta um arranjo de folhas modificadas conhecido como coroa (Matos, 2006).

3.1.2.2. Importância econômica do abacaxi

No ano de 2023, a colheita da cultura do abacaxi atingiu cerca de 29 milhões de toneladas em uma área plantada de 1 milhão de hectares, distribuídos entre aproximadamente 80 países, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, e movimentando ~2,5 bilhões de dólares, destacando a importância dessa cultura para a economia global (FAO, 2023).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial, com uma produção no ano de 2023 de 2,3 milhões de toneladas de frutos, ficando atrás da Costa Rica, Indonésia e Filipinas (FAO, 2023). No Brasil, esta cultura movimenta anualmente cerca de 3,8 bilhões de reais (IBGE, 2023). Conforme levantamento da Produção Agrícola Municipal (PAM) do IBGE em 2023, o abacaxizeiro foi cultivado em mais de 53.000 propriedades distribuídas em todas as regiões do Brasil, destacando-se como maiores produtoras as regiões Norte, Nordeste e Sudeste, respectivamente. Os estados com maior produção nacional são o Pará, Paraíba, Tocantins, Minas Gerais, Amazonas e Rio de Janeiro (IBGE, 2023).

Em 2023, o Rio de Janeiro produziu 108.590 mil frutos em uma área de 4.352 hectares, movimentando cerca de 209.703 mil reais. A produção neste estado ocorre principalmente na região Norte e Noroeste Fluminense, nas cidades de São Francisco de Itabapoana, São João da Barra e Campos dos Goytacazes, municípios responsáveis por quase toda a produção do estado (IBGE, 2023). No Rio de Janeiro, a exemplo de outros estados, a produção do abacaxi se concentra predominantemente em propriedades pequenas, caracterizadas por agricultura familiar. Além disso, a maior parte da produção é comercializada em mercados locais ou em feiras municipais. Assim, o cultivo do abacaxi contribui para geração de renda e empregos diretos e indiretos.

3.1.2.3. Mercado consumidor

O mercado consumidor brasileiro de frutos *in natura* é exigente e seletivo quanto às características visuais e sensoriais dos frutos de abacaxi, as variedades que possuem maior aceitação são as do grupo Pernambuco (Pérola e Jupi, principalmente). Os frutos dessas cultivares são grandes, possuem boa relação entre sólidos solúveis e acidez, aroma agradável e coloração de polpa amarelada. O abacaxi 'Pérola' é o mais produzido no Brasil, devido às suas características sensoriais apreciadas pelo mercado, como sabor adocicado e baixa acidez, apesar de sua suscetibilidade à fusariose (Cabral et al., 2003).

Segundo Brito et al. (2008), as principais características desejadas em uma cultivar de abacaxizeiro são: boa produtividade, formato cilíndrico com frutinhos grandes e achatados, de coroa pequena a média, com polpa firme, amarela e pouco fibrosa, teor elevado de açúcar e acidez moderada e por fim apresentar resistência ou tolerância às principais pragas e doenças.

O sabor do abacaxi é uma das principais características responsáveis por sua aceitação no mercado consumidor, sendo fortemente influenciado pela relação entre os sólidos solúveis totais (TSS) e a acidez titulável (AT). Essa relação TSS/AT é um dos principais indicadores da qualidade sensorial do fruto, pois determina o equilíbrio entre doçura e acidez. Cultivares com TSS elevados e acidez moderada são geralmente mais apreciadas, como é o caso das variedades do grupo Pernambuco, que apresentam, em média, uma relação TSS/AT superior a 20, considerada ideal para consumo *in natura*. Esse parâmetro é frequentemente

utilizado como critério de seleção em programas de melhoramento genético voltados à obtenção de frutos mais doces, com menor acidez e maior aceitação comercial (Matsuura et al., 2004).

3.1.2.4. Melhoramento genético do abacaxizeiro

O melhoramento genético na cultura do abacaxi teve início na Flórida, Estados Unidos da América (EUA), onde foi registrado o primeiro Programa de Melhoramento Genético da cultura visando o desenvolvimento de variedades com frutos de qualidade superior e adaptadas ao clima local (Leal e Coppens, 1996). Em seguida, foram iniciados outros Programas de Melhoramento Genético do abacaxizeiro nos EUA e em outros países como Índia, Malásia, África do Sul, Japão e Brasil (Coppens d'Eeckenbrugge et al., 1997; Shoda et al., 2012; Ogata et al., 2016).

No Brasil, os primeiros trabalhos envolvendo o melhoramento genético dessa cultura foram realizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (atual Pesagro) e o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), onde foram conduzidas avaliações de germoplasma, ensaios de competição entre diferentes cultivares e produção e avaliação de híbridos, entre os anos de 1978 e 1997 (Cunha, 2007). Existem poucos programas brasileiros de melhoramento genético do abacaxizeiro espalhados pelo território nacional, com destaque para os estudos realizados pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, Instituto Capixaba de Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), IAC, Instituto Agrônomo de Pernambuco, Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT) e Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Brito et al., 2008; Ventura et al., 2009; Crestani et al., 2010; Lira Júnior et al., 2021).

Um dos maiores desafios dos programas de melhoramento genético no Brasil é o desenvolvimento de uma variedade resistente à fusariose capaz de atender às exigências dos produtores e consumidores. Em vista desta problemática, já foram desenvolvidas algumas variedades resistentes como a 'BRS Imperial' em 2005, 'BRS Vitória' em 2006 e a 'BRS Ajubá' em 2009, desenvolvidas pela parceria entre Embrapa Mandioca e Fruticultura e Incaper, a 'IAC Fantástico' desenvolvida pelo IAC em 2010, e mais recentemente, as variedades UNEMAT Esmeralda e UNEMAT Rubi, desenvolvidas pela UNEMAT que ainda estão em fase

de testes (Cabral e Matos 2005; Cabral e Matos, 2008; Ventura et al., 2009; IAC, 2010; UNEMAT, 2024).

Apesar da introdução destas cultivares resistentes no mercado, elas ainda não tiveram sucesso em atingir a cadeia produtiva em larga escala, devido principalmente a divergência de características físico-químicas e sensoriais, quando comparado com a cultivar Pérola que domina o mercado nacional (Cabral e Junghens, 2003). Portanto, os programas de melhoramento genético atualmente buscam o desenvolvimento de híbridos superiores que sejam resistentes à fusariose e ao mesmo tempo possuam características agrônômicas que atendam ao mercado consumidor da fruta. A obtenção destes híbridos irá contribuir para segurança alimentar, diversificação de variedades no país, redução do custo de produção e menor impacto ao meio ambiente e a saúde humana, garantindo assim a sustentabilidade da cadeia produtiva da cultura do abacaxizeiro (Cabral e Junghens, 2003).

3.1.3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1.3.1 Descrição do material vegetal utilizado

O material vegetal avaliado consiste em 120 indivíduos segregantes de abacaxi (híbridos de segunda geração) oriundos de sementes. Os indivíduos segregantes foram desenvolvidos a partir do cruzamento de materiais da cultivar Pérola, provenientes de 39 acessos de 'Pérola' obtidos a partir de coleta em pequenas propriedades rurais da Mesorregião Norte Fluminense, da qual são integrantes os municípios do norte do Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo, com clones do acesso de 'BRS Imperial' pertencente ao Laboratório de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). A cultivar BRS Imperial foi desenvolvida pela Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA) a partir do cruzamento entre 'Smooth Cayenne' vs. 'Perolera' (Cabral e Matos 2005).

As plantas da cultivar Pérola foram cultivadas em ambiente protegido por tela, a céu aberto, em canteiros protegidos com plástico (sistema *mulching*), de

modo a controlar o crescimento de plantas espontâneas. Já as plantas da cv. BRS Imperial foram cultivadas em vasos com volume de 15 L, com substrato composto por areia e esterco bovino (2:1). Todas as plantas receberam irrigação por gotejamento, sendo aplicados 6 L de água por planta a cada dois dias, sempre aplicados ao final da tarde.

Dos 120 indivíduos utilizados a partir desses cruzamentos, 60 indivíduos são irmãos-completos do cruzamento Pérola x BRS Imperial de cinco famílias distintas (parentais femininos coletados de diferentes propriedades), e 60 indivíduos meios-irmãos do cruzamento BRS Imperial x Pérola (Bulk de pólen) (Figura 1).

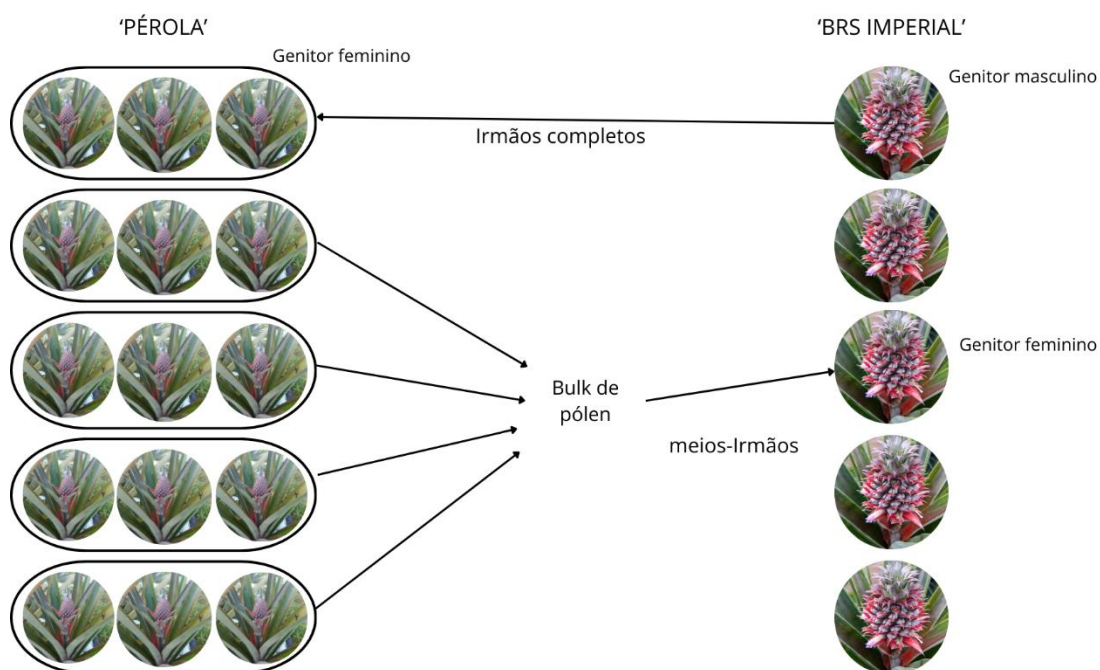


Figura 1. Representação dos cruzamentos realizados para obtenção do material genético avaliado no presente trabalho.

3.1.3.2. Obtenção dos indivíduos segregantes

Para a obtenção dos indivíduos segregantes, 11 meses após o plantio, quando observado o tamanho mínimo de 60 cm no comprimento de folha D em todas as plantas, procedeu-se à indução artificial de florescimento. A solução de indução foi preparada com a proporção de 2 mL de Ethrel® (ETEFOM): 0,35 g CaCO_3 : 20 g Ureia: 1 L de água. Cada planta recebeu 50 mL da solução de indução,

depositada na região central da planta, sempre ao final da tarde (a partir das 17:00h). Ao observar o início do desenvolvimento das primeiras flores na primeira planta a florescer, todas as plantas foram cobertas com sacos de papel craft com objetivo de proteger as flores de fecundação pelo vento ou por insetos.

Após a proteção das inflorescências, as mesmas foram verificadas diariamente para identificação do início da abertura das flores e viabilização para início dos cruzamentos. A abertura das primeiras flores das cultivares BRS Imperial e Pérola foi registrada aos 60 dias após a indução. Os cruzamentos foram conduzidos sempre entre 6h e 9h.

Para o cruzamento artificial, a inflorescência escolhida como receptora de pólen (fêmea) teve suas flores emasculadas. Para o processo de emasculação as pétalas de flores abertas foram previamente removidas. A remoção das pétalas foi conduzida com auxílio de uma pinça metálica, sendo facilitado pela dobra das pétalas a partir da base, no sentido perpendicular à sua inserção, seguida da retirada. A remoção das pétalas, uma a uma, foi conduzida de modo cuidadoso para evitar danos às anteras, filetes e estigmas, e proporcionar a exposição desses órgãos. A emasculação foi feita também com auxílio de pinça metálica a partir da retirada dos filetes e anteras.

A emasculação foi realizada para evitar a retirada do estigma, devendo este, ficar íntegro e totalmente exposto ao final da emasculação. Para cada planta emasculada, as anteras retiradas foram depositadas em tubos (Eppendorfs de 1,5 mL) previamente identificados. Recolhidas todas as anteras disponíveis no dia, a polinização foi conduzida acessando o pólen com auxílio de um pincel (8 mm) levemente inserido no Eppendorf contendo pólen do parental masculino seguido da deposição do pólen sobre os estigmas das inflorescências da planta feminina.

Os procedimentos para os cruzamentos foram repetidos diariamente, sempre entre 6h e 9h, nas flores aptas à polinização (pólen visivelmente seco nas anteras). A emasculação e cruzamento de uma flor apta ocorreram no mesmo dia, de modo que não foram armazenados grãos de pólen de um dia para uso em polinizações em outro dia. Uma vez iniciado um cruzamento em uma inflorescência, o saco de proteção dessa inflorescência recebeu a identificação do cruzamento. Todas as flores de uma mesma inflorescência receberam o mesmo cruzamento, de modo que seus descendentes puderam ser considerados irmãos-completos quando os grãos de pólen provinham de um mesmo acesso (cv. BRS Imperial) ou

ainda meios-irmãos, quando os grãos de pólen provinham de bulks de grupos de acessos (cv. Pérola de diferentes propriedades).

Alguns cuidados importantes foram traçados e considerados durante os cruzamentos, com objetivo de evitar contaminações ou ainda a inviabilidade do pólen e assim garantir o cruzamento artificial conforme o planejamento:

a) A pinça utilizada na emasculação, foi limpa com água antes da emasculação de cada fruto, de modo a evitar polinização indesejada entre frutos, ainda que considerada a incompatibilidade gametofítica entre flores de uma mesma cultivar;

b) Após emasculação uma inflorescência, a mesma voltou a ser protegida com um novo saco de papel de modo a evitar contaminação pelo ar ou por insetos;

c) No ato da deposição do pólen no Eppendorf, tomou-se cuidado para que anteras úmidas ou gotas de água não fossem introduzidas no recipiente (para evitar inviabilização do pólen). Assim, flores com anteras úmidas foram emasculadas, mas essas anteras não foram depositadas no tubo para uso nos cruzamentos;

d) A coleta do pólen no Eppendorf e respectiva deposição sobre o estigma da planta feminina foi realizada com um pincel exclusivo para cada parental masculino;

e) Foram realizados movimentos leves com o pincel, tanto para captura do pólen no tubo, quanto para deposição do pólen no estigma das flores do parental feminino. Movimentos intensos podem ocasionar liberação de umidade das partes integrantes do estame e umidificar os grãos de pólen, havendo risco de inviabilizá-los;

f) Durante a emasculação ou cruzamento de uma inflorescência, todas as demais inflorescências permaneceram protegidas com saco de papel de modo a evitar a disseminação de pólen indesejado no ambiente;

g) Nos casos de dúvida sobre a exatidão do cruzamento ou sobre o risco de ter havido contaminações, seja por erro do melhorista no manuseio das ferramentas ou por retirada indevida do saco de proteção, a inflorescência foi destacada da planta e descartada.

Após o amadurecimento das infrutescências, os frutos foram colhidos e cortados de modo cuidadoso para não danificar as sementes, as quais foram retiradas com auxílio de pinça metálica. As sementes foram então depositadas sob papel filtro para secagem em temperatura ambiente. Em seguida, as sementes

foram esterilizadas em solução de hipoclorito de sódio (1%) durante 2 minutos e depois lavadas em água destilada, por igual período. As sementes desinfetadas foram então depositadas sobre papel filtro previamente esterilizado (120°C e 1 atm durante 15 minutos em autoclave) embebidos com água destilada, e depositados em placas de Petri previamente identificadas com o cruzamento referente à família (Meios-irmãos ou irmãos-completos, referentes a uma única inflorescência). As placas foram vedadas com plástico filme na borda e mantidas em câmara de crescimento com temperatura de 25°C e 12 horas de luz. A umidade das placas de Petri foi monitorada periodicamente mantendo o papel filtro sempre úmido, sem que houvesse submersão das sementes.

Quando observado o início da emissão dos primeiros dois pares de folíolos e de radícula, as plântulas foram transferidas para células em bandejas de isopor preenchidas com substrato comercial à base de casca de pínus e vermiculita (Plantmax HT®). As bandejas foram mantidas em câmara de vegetação com temperatura e luminosidade controlada (25°C e 12 horas de luz). As plântulas receberam irrigação por microaspersão durante 15 minutos a cada intervalo de 24h. Após 90 dias de cultivo, observado a abertura de novos pares de folhas, ocorreu o transplântio para sacos plásticos de 490 mL preenchidos com substrato à base de areia e esterco bovino (2:1), e cultivadas em viveiro durante 100 dias. Também no viveiro, as plantas receberam irrigação por microaspersão durante 15 minutos a cada 24 horas.

3.1.3.3. Instalação e condução do experimento

Após cinco meses do transplântio para os sacos plásticos, foi realizado a instalação do experimento. Para isso, as plantas foram transplantadas para vasos com volume de 5 L e dispostos em delineamento de blocos aumentados (DBA) em quatro blocos. Cada bloco foi composto por quatro tratamentos comuns [2 cultivares Pérola e 2 BRS Imperial (Parentais)] e 30 tratamentos regulares (indivíduos segregantes). Assim, o experimento foi composto por 136 unidades experimentais, onde cada unidade experimental foi composta por uma única planta, considerando que não há repetições para os indivíduos segregantes (obtidos de sementes).

As plantas foram alocadas em casa de vegetação protegida por telado, à céu aberto, localizada na unidade de apoio a pesquisas da UENF. A irrigação

utilizada foi por gotejamento em turnos de 30 min em dias intercalados. A adubação mineral foi conduzida mediante demanda do solo, definida após análise do substrato (Tabela 1) e o cálculo de adubação, seguindo as recomendações de Carvalho et al. (2019). A quantidade de adubo mineral aplicada foi fracionada e aplicada a cada 30 dias.

Tabela 1. Análise química do substrato utilizado neste trabalho.

Parâmetro analisado	Unidade	Resultado
Fósforo Mehlich	mg/dm ³	4,165
Potássio	mg/dm ³	57
Enxofre	mg/dm ³	2,5
Cálcio	cmolc/dm ³	2,4
Magnésio	cmolc/dm ³	0,0
Alumínio	cmolc/dm ³	0,9
H+Al	cmolc/dm ³	8,30
pH em H ₂ O	-	7,45
pH SMP	-	6,4
Matéria Orgânica	dag/kg	74,0
Ferro	mg/dm ³	6,8
Zinco	mg/dm ³	1,4
Cobre	mg/dm ³	55,0
Manganês	mg/dm ³	1,00
Boro	mg/dm ³	65,0
Sódio	mg/dm ³	1,0
Relação Ca/Mg	-	0
Relação Ca/K	-	0
Relação Mg/K	-	15,0
Sat. Ca na CTC (T)	%	14,00
Sat. Mg na CTC (T)	%	64,00
Sat. K na CTC (T)	%	1,7
Índice Saturação Sódio (INa)	%	15,6
Soma de Bases (SB)	cmolc/dm ³	16,0
CTC efetiva (t)	cmolc/dm ³	16,8
CTC a pH 7,0 (T)	cmolc/dm ³	0
Sat. Alumínio (m)	%	93,0

3.1.3.4. Triagem das plantas com base no desenvolvimento

Mensalmente, após a instalação do experimento foram realizadas avaliações do crescimento vegetativo das plantas, realizadas através da medição do comprimento da folha D, utilizando trena com a escala em cm e uma casa decimal. Após 6 meses do transplântio, foi realizado a triagem das plantas com base no tamanho da folha D. Nessa triagem 33,33% dos indivíduos segregantes que obtiveram maior desenvolvimento vegetativo durante este período foram selecionados, totalizando 40 plantas, nas quais estas foram realocadas para vasos de 18 L contendo solo na composição 1:1 de areia e esterco esterilizados e levadas até a fase de frutificação. Esses indivíduos foram novamente casualizados em quatro blocos aumentados, nos quais eram compostos por 10 indivíduos segregantes e os dois parentais.

As plantas não selecionadas, ou seja, que apresentaram desenvolvimento vegetativo mais tardio, foram mantidas nos vasos de 5 L e agora rearranjadas em três blocos aumentados. Essas plantas foram avaliadas quanto a resistência à fusariose através de duas metodologias como demonstrado no Capítulo 2 deste trabalho.

3.1.3.5. Avaliação das características agronômicas

Após o replântio para os vasos de 18 L, com manejo continuado, conforme descrição anterior. As plantas continuaram sendo monitoradas com avaliações mensais do crescimento da folha D. Decorridos cinco meses do replântio, quando observado o tamanho mínimo de 60 cm no comprimento da folha D em todas as plantas, estas foram induzidas ao florescimento artificial. A solução de indução foi preparada com a proporção de 2 mL de Ethrel® (ETEFOM): 0,35 g CaCO₃: 20 g Ureia: 1 L de água. Cada planta recebeu 50 mL da solução de indução, depositada na região central da planta, sempre ao final da tarde (a partir das 17:00h).

Após a formação dos frutos, as plantas e os frutos foram avaliados em relação aos descritores agronômicos. Nas plantas os descritores avaliados na data da colheita foram:

- Número de filhotes: retirados e contados no momento da colheita do fruto;
- Número de rebentos: retirados e contados no momento da colheita do fruto;

- Diâmetro do pedúnculo floral: determinado com auxílio de um paquímetro e com resultados expressos em mm;
- Altura da planta com o fruto: determinado com auxílio de uma trena e com resultados expressos em cm;
- Comprimento da folha D: determinado com auxílio de uma trena e com resultados expressos em cm.
- Nos frutos os parâmetros avaliados foram:
- Massa do fruto: determinada com balança Shimadzu UW/UX, com resultados expressos em gramas;
- Massa da coroa: determinada com balança Shimadzu UW/UX, com resultados expressos em gramas;
- Comprimento do fruto: determinada com auxílio de régua, com resultados expressos em cm;
- Comprimento da coroa: determinada com auxílio de régua, com resultados expressos em cm;
- Diâmetro do fruto: determinado com auxílio de paquímetro e com resultados expressos em cm;
- Coloração da polpa: os frutos foram classificados em três subgrupos de acordo com a coloração interna da infrutescência, sendo estes: branca, creme ou amarela;
- Coloração da casca: os frutos foram classificados em três subgrupos de acordo com a coloração externa da infrutescência, sendo estes: verde, amarela ou laranja;
- Protuberância dos frutinhos: os frutos foram classificados em três subgrupos de acordo com os frutinhos, sendo estes: normal, achatado ou protuberante;
- Teor de sólidos solúveis (SS): determinado com refratômetro óptico. Os resultados obtidos foram expressos em graus Brix;
- Acidez titulável (AT) inferida com adição de 3 a 4 gotas de solução de Fenolftaleína (1%) em 20 mL do suco do abacaxi, extraído logo após a colheita, seguido da titulação por solução de hidróxido de sódio (NaOH, 0,1 mol).

O cálculo para acidez total titulável (% volume de ácido cítrico / volume de suco) seguiu a equação:

$$ATT (\%) = \left(\frac{C \cdot V_{NaOH} \cdot M}{3 \times d \times V_{suco}} \right) \cdot 100$$

Onde C é a concentração da solução de NaOH (mol), nesse caso: 0,1; VNaOH é o volume de NaOH gasto para titulação (em L); M é a massa molar do ácido cítrico: 192,12 g/mol; o valor 3 ajusta a relação estequiométrica entre o ácido cítrico e o NaOH; d é a densidade do ácido cítrico: 1,67 g/mL; e V_{suco} é o volume de suco puro do abacaxi, utilizado na titulação.

- Relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável: calculada pela relação SS/AT;
- Rachadura dos frutinhos: contagem das rachaduras presentes na parte externa do fruto;
- Coroa múltipla: análise visual, sendo inferido a presença ou ausência de coroa múltipla;
- Formato do fruto: os frutos foram classificados em três subgrupos de acordo com análise visual, sendo estes: cilíndrico, cônico ou redondo.

Após todos os frutos serem colhidos e avaliados, 13 variáveis quantitativas foram submetidas à análise Deviance e os parâmetros genéticos foram estimados por meio da máxima verossimilhança restrita (REML), os valores genéticos estimados via melhor predição linear (BLUP), calculados através do *software* SELEGEN (Rezende, 2007). E, por meio desses parâmetros genéticos, foi construída a tabela de análise de deviance (Tabela 1).

Para a predição dos valores genéticos e estimação dos componentes de variância, utilizou-se o modelo 76 do SELEGEN REML/BLUP, e conduzida a análise de deviance (ANADEV), conforme proposto por Resende (2002). Esse modelo é estruturado da seguinte forma:

$$y = Xf + Zg + Wb + e,$$

Onde:

- **y** é o vetor de dados fenotípicos observados;
- **f** representa os efeitos fixos, como blocos ou tratamentos;
- **g** corresponde aos efeitos genotípicos aleatórios;
- **b** denota os efeitos permanentes, como parcelas ou repetições;
- **e** é o vetor de erros aleatórios;

- **X**, **Z** e **W** são as matrizes de incidência associadas aos respectivos efeitos.

As variáveis nas quais apresentaram diferença significativa de acordo com o teste de Qui-quadrado (Anadev) para os efeitos de Genótipo e Bloco, ou de acordo com o teste F para o efeito das Testemunhas, foram submetidas à estimativa dos coeficientes de correlação de Pearson (r) através do *software* R na interface RStudio (R Core Team, 2023).

O coeficiente de correlação de Pearson, representado pela letra r , varia entre -1 e 1. Um valor de $r = 1$ indica correlação perfeita e positiva entre duas variáveis, ou seja, ambas aumentam ou diminuem juntas na mesma proporção. Já $r = -1$ indica correlação perfeita e negativa, em que o aumento de uma variável está associado à diminuição da outra. À medida que os valores de r se aproximam de 1 ou -1, a correlação entre as variáveis torna-se mais forte; quando próximos de 0, indicam fraca ou nenhuma correlação linear.

A fórmula do coeficiente de correlação de Pearson (r) é a seguinte:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{[\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} * \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}]}$$

Onde:

- x_i e y_i : são os valores individuais das variáveis X e Y;
- $\bar{x}$ e $\bar{y}$: são as médias de X e Y, respectivamente;
- Σ : representa a soma de todos os pares de dados;
- O numerador representa a covariância entre X e Y;
- O denominador é o produto dos desvios-padrão de X e Y.

As variáveis que apresentaram correlação significativa, segundo o coeficiente de correlação de Pearson, foram submetidas à análise de componentes principais (PCA), com o objetivo de reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados e, assim, auxiliar na seleção dos melhores genótipos.

Através da PCA foram selecionados como genótipos promissores os que obtiveram maior número de características agronômicas desejáveis, formando assim um grupo de interesse juntamente com o parental 'Pérola'. Características

essas: tempo reduzido de dias entre a indução do florescimento até a colheita, número satisfatório de filhotes por plantas, maior massa de fruto e baixa acidez total titulável.

3.1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de razão de verossimilhança (LRT) para maioria das características quantitativas avaliadas, com exceção de diâmetro do pedúnculo, altura de planta com o fruto, comprimento de coroa e teor de sólidos solúveis (Tabela 2).

Para o diâmetro do pedúnculo não foi observada diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de razão de verossimilhança (LRT). O valor genotípico médio observado do diâmetro foi de 19.65 mm. O maior valor genotípico foi do genótipo G34, que apresentou 28.46 mm e o menor do G17 com 13.74 mm para essa característica. Os valores mais baixos para essa característica ocasionaram na quebra do pedúnculo em 7 plantas. Este problema também pode estar associado ao fato dessas plantas terem sido cultivadas em vasos, o que facilita o tombamento. Portanto, são necessárias avaliações desses genótipos em canteiros e com repetições para que, assim, seja possível visualizar se a quebra do pedúnculo persiste.

Para altura de planta com o fruto (cm) não foi observada diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de razão de verossimilhança. O valor genotípico médio observado neste experimento para essa característica foi de 75.62 cm. O maior valor genotípico foi do genótipo G46, que apresentou 83.36 cm e o menor do G37 com 67.98 cm para essa característica. A etapa de triagem das plantas, onde foi realizado uma padronização do tamanho das plantas pode ter influenciado para que não houvesse diferença significativa entre os tratamentos para essa característica.

Para comprimento da coroa não foi observada diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de razão de verossimilhança. O valor genotípico médio observado neste experimento para essa característica foi de 25.10 cm.

Para o teor de sólidos solúveis – TSS (°Brix) não foi observada diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de razão de verossimilhança. O valor genotípico médio observado neste experimento para essa característica foi de 13.89 °Brix. O maior valor genotípico foi do genótipo G36, que apresentou 20.76 °Brix e o menor do G37 com 8.39 °Brix. Os valores encontrados estão dentro da faixa da maioria dos trabalhos encontrados na literatura e acima dos 12° Brix estabelecido como o mínimo para o fruto ser considerado maduro, segundo as Normas de Classificação do Abacaxi (Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura, 2003). De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), os valores ideais de sólidos solúveis em abacaxis de boa qualidade para o consumo *in natura* situam-se entre 14 e 16 °Brix. Os autores indicam, ainda, que a variedade 'Pérola' apresenta uma faixa de 13,2 a 14,3 °Brix.

A significância observada para as demais variáveis demonstra que, entre os materiais avaliados, há variabilidade genética o que possibilita a seleção dos melhores indivíduos. Essa variabilidade genética entre os indivíduos segregantes já era esperada visto que os parentais são distintos em diversos aspectos agronômicos, fisiológicos e de qualidade de fruto. Dentre esses aspectos, podem ser citados: a resistência à fusariose, ausência de espinhos na margem foliar, coloração da polpa amarela e a casca mais espessa da 'BRS Imperial', quando comparada à cultivar Pérola, que é suscetível à fusariose, possui espinhos em toda a margem foliar, coloração da polpa mais esbranquiçada e casca mais fina e amarelada (Matos, 2005; Brito et al., 2020).

Tabela 2. Análise de Deviance para 13 variáveis quantitativas avaliadas em 39 indivíduos segregantes de abacaxizeiro e seus respectivos parentais (Pérola e BRS Imperial).

Dias da Indução de Florescimento até a Colheita				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon. Var.	Coef. Determ.
Genótipos	311,06	7,48 **	Vg = 188,49	h2g = 0,60
Bloco (ajustado)	303,48	0,10	Vbloc = 0,50	c2bloc = 0,01
Resíduo	-	-	Ve = 123,57	c2res = 0,39
Modelo Completo	303,58	-	Média = 173,49	c2total = 1,00
Testemunhas	-	F = 72,43 **	-	-
Comprimento de Folha D (cm)				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon. Var.	Coef. Determ.
Genótipos	245,26	2,81 *	Vg = 60,05	h2g = 0,64
Bloco (Ajustado)	247,38	4,93	Vbloc = 16,07	c2bloc = 0,17
Resíduo	-	-	Ve = 17,99	c2res = 0,19
Modelo Completo	242,45	-	Média = 57,99	c2total = 1,00
Testemunhas	-	F = 15,02 *	-	-
Número de Filhotes				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon. Var.	Coef. Determ.
Genótipos	168,26	13,17 **	Vg = 14,96	h2g = 0,96
Bloco (Ajustado)	155,11	0,02	Vbloc = 0,01	c2bloc = 0,00
Resíduo	-	-	Ve = 0,57	c2res = 0,04
Modelo Completo	155,09	-	Média = 6,03	c2total = 1,00
Testemunhas	-	F = 34,31 **	-	-
Número de Rebentos ou Rebentões				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon. Var.	Coef. Determ.
Genótipos	105,79	7,52 **	Vg = 3,33	h2g = 0,88
Bloco (Ajustado)	98,58	0,31	Vbloc = 0,08	c2bloc = 0,02
Resíduo	-	-	Ve = 0,38	c2res = 0,04
Modelo Completo	98,27	-	Média = 2,53	c2total = 1,00
Testemunhas	-	F = 22,09 *	-	-
Diâmetro do Pedúnculo (mm)				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon. Var.	Coef. Determ.
Genótipos	162,52	3,06 ^{ns}	Vg = 10,46	h2g = 0,77
Bloco (Ajustado)	159,46	0,00	Vbloc = 0,01	c2bloc = 0,00
Resíduo	-	-	Ve = 3,03	c2res = 0,23
Modelo Completo	159,46	-	Média = 19,65	c2total = 1,00
Testemunhas	-	F = 2,81 ^{ns}	-	-
Altura de Planta com o Fruto (cm)				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon. Var.	Coef. Determ.
Genótipos	232,85	0,78 ^{ns}	Vg = 29,32	h2g = 0,48
Bloco (Ajustado)	232,07	0,00	Vbloc = 0,05	c2bloc = 0,00
Resíduo	-	-	Ve = 31,67	c2res = 0,52
Modelo Completo	232,07	-	Média = 75,62	c2total = 1,00
Testemunhas	-	F = 0,70 ^{ns}	-	-
Massa de Fruto (kg)				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon. Var.	Coef. Determ.
Genótipos	572,25	6,38 *	Vg = 106,70	h2g = 0,86
Bloco (Ajustado)	567,09	1,22	Vbloc = 5,56	c2bloc = 0,04
Resíduo	-	-	Ve = 11,77	c2res = 0,10
Modelo Completo	565,87	-	Média = 0,67	c2total = 1,00
Testemunhas	-	F = 8,53 *	-	-
Massa da Coroa (g)				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon. Var.	Coef. Determ.
Genótipos	459,28	7,72 **	Vg = 8920,17	h2g = 0,88
Bloco (Ajustado)	452,29	0,73	Vbloc = 599,12	c2bloc = 0,06
Resíduo	-	-	Ve = 611,23	c2res = 0,06
Modelo Completo	451,56	-	Média = 134,07	c2total = 1,00
Testemunhas	-	F = 2,78 ^{ns}	-	-

Tabela 2. Cont.

Comprimento do Fruto (cm)				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon, Var,	Coef, Determ,
Genótipos	170,02	12,87 **	Vg = 16,20	h ² g = 0,94
Bloco (Ajustado)	160,01	2,86	Vbloc = 0,75	c ² bloc = 0,04
Resíduo	-	-	Ve = 0,18	c ² res = 0,02
Modelo Completo	157,15	-	Média = 12,18	c ² total = 1,00
Testemunhas	-	F = 9,03 ^{ns}	-	-
Diâmetro do Fruto (cm)				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon, Var,	Coef, Determ,
Genótipos	48,95	6,01 *	Vg = 0,96	h ² g = 0,87
Bloco (Ajustado)	43,07	0,13	Vbloc = 0,01	c ² bloc = 0,01
Resíduo	-	-	Ve = 0,12	c ² res = 0,12
Modelo Completo	42,94	-	Média = 9,95	c ² total = 1,00
Testemunhas	-	F = 45,55 **	-	-
Comprimento da Coroa (cm)				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon, Var,	Coef, Determ,
Genótipos	231,62	0,00 ^{ns}	Vg = 1,18	h ² g = 0,02
Bloco (Ajustado)	231,87	0,33 ^{ns}	Vbloc = 2,31	c ² bloc = 0,04
Resíduo	-	-	Ve = 53,85	c ² res = 0,94
Modelo Completo	231,62	-	Média = 25,10	c ² total = 1,00
Testemunhas	-	F = 3,01 ^{ns}	-	-
Teor de Sólidos Solúveis – TSS (°Brix)				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon, Var,	Coef, Determ,
Genótipos	161,71	3,43 ^{ns}	Vg = 10,16	h ² g = 0,77
Bloco (Ajustado)	158,29	0,01	Vbloc = 0,00	c ² bloc = 0,00
Resíduo	-	-	Ve = 2,98	c ² res = 0,23
Modelo Completo	158,29	-	Média = 13,89	c ² total = 1,00
Testemunhas	-	F = 13,54 *	-	-
Acidez Total Titulável – ATT (mL ácido cítrico. mL suco ⁻¹)				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon, Var,	Coef, Determ,
Genótipos	160,42	4,37 *	Vg = 0,008	h ² g = 0,70
Bloco (Ajustado)	156,05	0,00	Vbloc = 0,000	c ² bloc = 0,00
Resíduo	-	-	Ve = 0,003	c ² res = 0,30
Modelo Completo	156,05	-	Média = 0,260	c ² total = 1,00
Testemunhas	-	F = 0,11 ^{ns}	-	-
Relação TSS / ATT				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon, Var,	Coef, Determ,
Genótipos	315,66	1,26 ^{ns}	Vg = 152,50	h ² g = 0,41
Bloco (Ajustado)	314,41	0,01	Vbloc = 0,12	c ² bloc = 0,00
Resíduo	-	-	Ve = 221,95	c ² res = 0,59
Modelo Completo	314,40	-	Média = 58,76	c ² total = 1,00
Testemunhas	-	F = 1,01 ^{ns}	-	-

*, ** e ns indicam valores significativos a 5%, 1% de probabilidade ou valores não significativos, respectivamente, de acordo com o teste de Qui-quadrado para os efeitos de Genótipo e Bloco, ou de acordo com o teste F para o efeito das Testemunhas.

As estimativas de componentes de variância possibilitam destacar que a contribuição da variância genotípica para variação fenotípica mudou de acordo com as características avaliadas. A maior herdabilidade estimada para número de filhotes, com valor de 96%, enquanto o menor valor foi observado para o comprimento da coroa, cuja herdabilidade foi de apenas de 2%. As características

que obtiveram baixa herdabilidade são muito influenciadas pelo ambiente e poligênicas, ou seja, controladas por muitos genes (Cruz et al., 2014).

É importante destacar que, devido à incompatibilidade gametofítica observada no abacaxi, as plantas segregantes desse primeiro ensaio foram avaliadas com uma única planta na parcela. Estudos posteriores com maior número de repetições e plantas por parcela poderão elucidar sobre estimativas de herdabilidade mais precisas, principalmente para esses caracteres de baixa herdabilidade aqui registrados.

O intervalo de dias entre a data da indução ao florescimento até a colheita é importante para a cultura, pois, por meio dele, é possível distinguir os materiais quanto à precocidade, visto que a data do plantio foi a mesma para todos os genótipos. Outra questão relacionada a essa informação é há possibilidade de aumentar o tempo de colheita da cultura, fazendo com que o ciclo comece antes com cultivares mais precoces ou estendendo o ciclo de produção com cultivares mais tardias, garantindo assim maior tempo de colheita e melhores valores de mercado. O valor genotípico ($u + g$) médio observado para essa característica foi de 173.49 dias. Neste trabalho o menor tempo do plantio até colheita foi observado pelo genótipo G47, que apresentou o valor genotípico de 130.07 dias. O genótipo mais tardio foi o G4, que apresentou o valor genotípico de 188.88 dias para essa característica. O intervalo em dias entre a indução e a colheita em plantios comerciais pode variar de acordo com a época do ano, condições climáticas e manejo, mas normalmente para a cultivar Pérola está entre 120 e 150 dias e para a 'BRS Imperial' entre 150 e 170 dias (Souza et al., 2007; Bartholomew et al., 2013).

A folha "D" do abacaxizeiro é utilizada para medidas de crescimento e de estado nutricional do abacaxizeiro, pois do ponto de vista do manejo é a mais importante, visto que é a mais jovem entre as folhas adultas e a mais ativa de todas, em relação ao metabolismo, além disso possui elevada correlação positiva com a massa de fruto (Sampaio, Fumis e Leonel, 2011). O valor genotípico médio para o comprimento de folha D neste experimento foi de 57.99 cm. O maior valor genotípico foi do genótipo G34, que apresentou 73.49 cm e o menor do G6 com 45.71 cm. Reinhardt (2019), indica que, para indução floral, as plantas da cultivar 'Pérola' devem possuir folha D com comprimento superior a 90 cm, sendo assim um valor utilizado como referência para produção de frutos com cerca de 1200 g.

Por outro lado, Freitas (2024) conseguiu frutos da cultivar 'BRS Imperial' com massa média de 909 g e folha D de 67 cm.

O número de filhotes é uma das características mais importantes da cultura, visto que é a principal forma de propagação utilizada pelos produtores da cultura, sendo através deles que o produtor irá garantir sua próxima lavoura. O valor genotípico médio observado para essa característica foi de 6.03. O maior valor genotípico foi do genótipo G4, que apresentou 13.99 e o menor do G6 com -0.4615. Assim como os filhotes, os rebentos e rebentões são utilizados pelos produtores como forma de propagação da cultura. O valor genotípico observado para essa característica foi de 2.53. O maior valor genotípico foi do genótipo G28, que apresentou 8.83 e o menor do G11 com 0.46.

A massa de fruto é uma das características mais importantes do ponto de vista comercial, visto que é o peso e tamanho do fruto que determinam o valor de venda. A massa dos frutos da 'Pérola', principal cultivar plantada no Brasil varia de 1,0 a 1,5 kg (Nascente et al., 2005). O valor genotípico médio observado da massa de fruto apresentada neste experimento foi de 0.67. O maior valor genotípico foi do genótipo G15, que apresentou 1472.83 g e o menor do G17 com 91.09 g para essa característica. Sobre a massa da coroa, o mercado tem exigência por frutos que possuem coroas pequenas, a fim de proporcionar melhor aparência quando oferecidos aos consumidores. O valor genotípico médio observado da massa da coroa apresentada neste experimento foi de 134.07 g. O menor valor genotípico foi do genótipo G36, que apresentou 42.01 g e o maior do G31 com 466.70 g para essa característica.

Para o comprimento do fruto, o valor genotípico observado para o comprimento do fruto foi de 12.18 cm. O maior valor genotípico foi do genótipo G7, que apresentou 20.41 cm e o menor do G27 com 6.18 cm. Chitarra e Chitarra (2005) em um estudo sobre a qualidade de frutos de abacaxi 'Pérola', avaliaram características físico-químicas e morfológicas de frutos provenientes de cultivos comerciais, verificando que o comprimento médio variava entre 15,8 e 16,8 cm de comprimento, valores estes menores do que os melhores genótipos deste presente trabalho. Para o diâmetro do fruto, o valor genotípico do diâmetro do fruto foi de 9.95 cm. O maior valor genotípico foi do genótipo G15, que apresentou 11.59 cm e o menor do G37 com 6.49 cm para essa característica. Bezerra, 2009, encontrou

valores próximos a esses com frutos de abacaxi 'Pérola' com valores médios variando de 9,8 a 10,5 cm.

Para a acidez total titulável, O valor genotípico médio observado da Acidez total titulável neste experimento foi de 0.26%. O menor valor genotípico foi do genótipo G46, que apresentou 0.16% e o maior do G24 com 0.53% para essa característica. Esses valores estão abaixo das médias relatadas na literatura para a cultivar 'Pérola', cuja acidez pode variar entre 0,55% e 0,76% durante a fase de amadurecimento (Cadengue et al., 2017; Barbosa Júnior et al., 2018). Dessa forma, os resultados obtidos neste estudo indicam o potencial de seleção de genótipos com menor acidez, o que pode ser desejável para o consumo *in natura*, considerando a preferência do consumidor por frutos de sabor mais doce e menos ácido.

A relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) é um dos principais indicadores da qualidade sensorial do abacaxi, especialmente no que se refere ao equilíbrio entre doçura e acidez, determinando a aceitação do fruto para o consumo *in natura*. Neste estudo não foi observada diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste de razão de verossimilhança. O valor genotípico médio observado neste experimento para essa característica foi de 58.76. O maior valor genotípico para essa característica foi do genótipo G1, que apresentou 80.68 e o menor do G41 com 46.01 para essa característica. Esses resultados estão acima dos valores encontrados na literatura em cultivares tradicionais como a 'Pérola', que apresentam relações TSS/ATT entre 15 e 30, segundo Cadengue et al. (2017) e Borges et al. (2009). Essa elevação da relação pode indicar frutos com menor acidez relativa e sabor mais adocicado, o que pode ser favorável do ponto de vista da aceitação do consumidor, visto que quanto maior a relação TSS/ATT, melhor a qualidade da fruta (Oliveira et al., 2024).

As nove características que obtiveram diferença significativa para fonte de variação genótipo pela análise de Deviance foram utilizadas para a análise de correlação de Pearson (Figura 2). Os valores dentro de uma correlação variam de -1 a 1. Segundo Cohen (1988), correlações com valores inferiores a 0,5 são consideradas fracas; entre 0,5 e 0,7, moderadas; e acima de 0,7, fortes. No caso de correlações negativas, a interpretação segue a mesma lógica, sendo que o aumento de uma variável está associado à diminuição da outra.

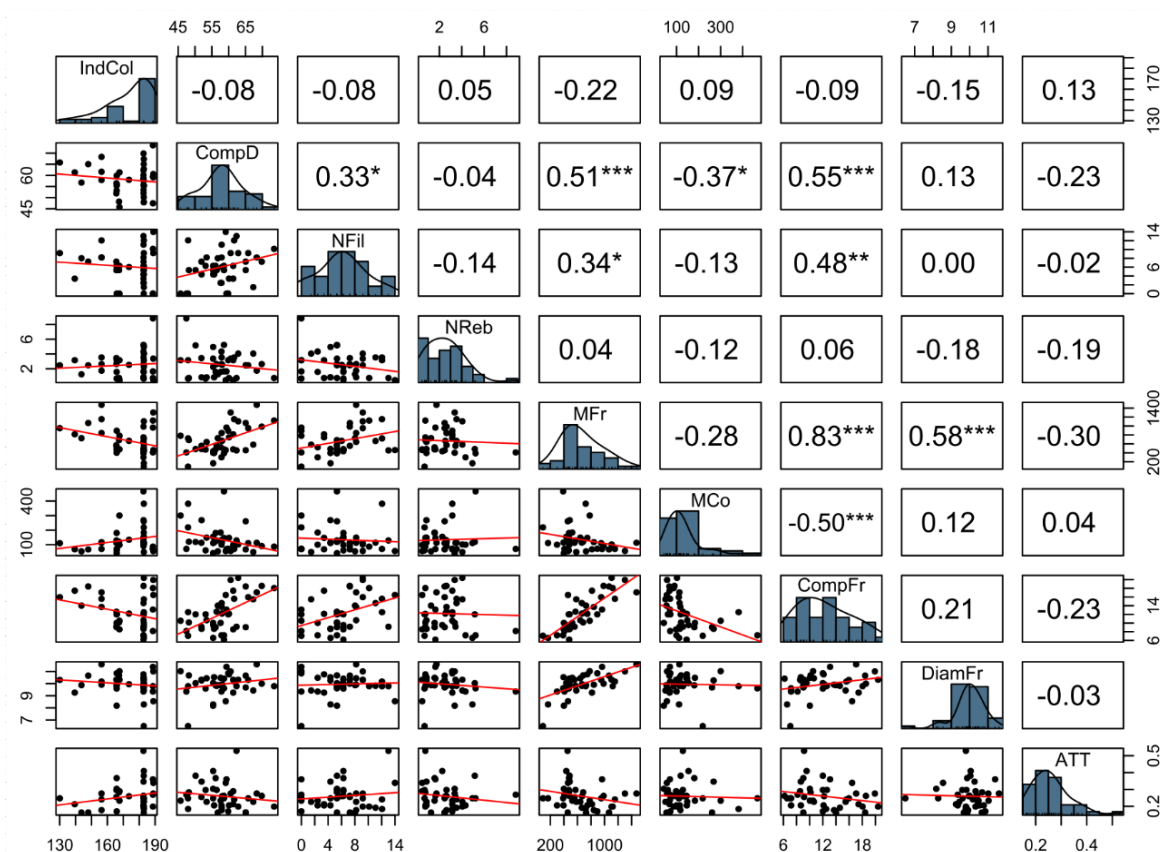


Figura 2. Coeficiente de correlação de Pearson (diagonal superior), dispersão (diagonal inferior) e distribuição (diagonal) para valores genotípicos de nove caracteres agrônômicos avaliados em 39 indivíduos segregantes de abacaxizeiro e seus parentais – BRS Imperial e Pérola. IndCol – dias decorridos da indução do florescimento até a colheita; CompD – comprimento da folha D; NFil – número de filhotes por planta; NReb – número de rebentos e rebentões por planta; MFr – massa do fruto; Com – massa da coroa; CompFr – comprimento do fruto; DiamFr – diâmetro do fruto; e ATT – acidez total titulável. Asteriscos indicam significância do coeficiente de correlação aos níveis de 5% (*), 1% (**) ou 0,1% (***) de acordo com o Teste t de Student.

Dentre as características correlacionadas, apenas entre a massa do fruto e o comprimento do fruto ocorreu correlação forte (0.83). Este resultado demonstra que estas duas características são governadas por genes próximos de modo que o aumento no comprimento do fruto tende a ser acompanhado por um aumento em sua massa, evidenciando a relação direta entre essas variáveis. A ausência de correlação genética entre a maior parte das características estudadas suporta a hipótese que os genes que controlam essas características são independentes (Falconer e Mackay, 1996; Bernardo, 2020). Com isso ao selecionar plantas que

obtiveram ganhos para uma determinada característica, não há garantia de que haverá ganho para outras características ao mesmo tempo (Hallauer et al., 2010; Resende, 2016). Dessa forma, torna-se necessário o uso de ferramentas como a seleção simultânea, por meio de índices que ponderem a importância de cada característica, permitindo assim a obtenção de ganhos equilibrados (Hazel, 1943; Rocha et al., 2018; Cerón-Rojas e Crossa, 2018).

Considerando as características que não apresentaram significância, com base no coeficiente de correlação de acordo com o teste T de Student, foi realizada a Análise de Componentes Principais (PCA). A PCA é uma técnica que se baseia nos componentes principais de um conjunto de variáveis correlacionadas, permitindo o estudo da variabilidade genética entre um grupo de genitores (Cruz et al., 2012). A partir das oito características menos correlacionadas, foram avaliados os dois primeiros componentes principais, os quais, em conjunto, explicaram apenas 47,4% da variância acumulada nas oito variáveis originais (Figura 3A).

Com isso, foram selecionadas, dentre as características avaliadas, as quatro mais importantes sob o ponto de vista agrônomo. As características selecionadas foram: i) Massa do fruto, sendo desejáveis frutos no padrão da cultivar 'Pérola'; ii) Número de filhotes, ou seja, plantas que apresentem boa quantidade de filhotes, garantindo, assim, material propagativo ao produtor; iii) Dias decorridos da indução do florescimento até a colheita, visando precocidade no ciclo de produção; e, iv) Acidez total titulável, sendo ideal a seleção de frutos com baixa acidez.

Por meio dessas quatro características uma nova PCA foi formada e os dois primeiros componentes principais passaram a explicar 69% da variância acumulada nas quatro variáveis originais (Figura 3B). Alguns estudos com componentes principais em diferentes culturas apresentaram resultados favoráveis, com variação total abaixo de 80% para os dois primeiros componentes (Pedreira et al., 2008; Costa et al., 2013; Oliveira et al., 2018).

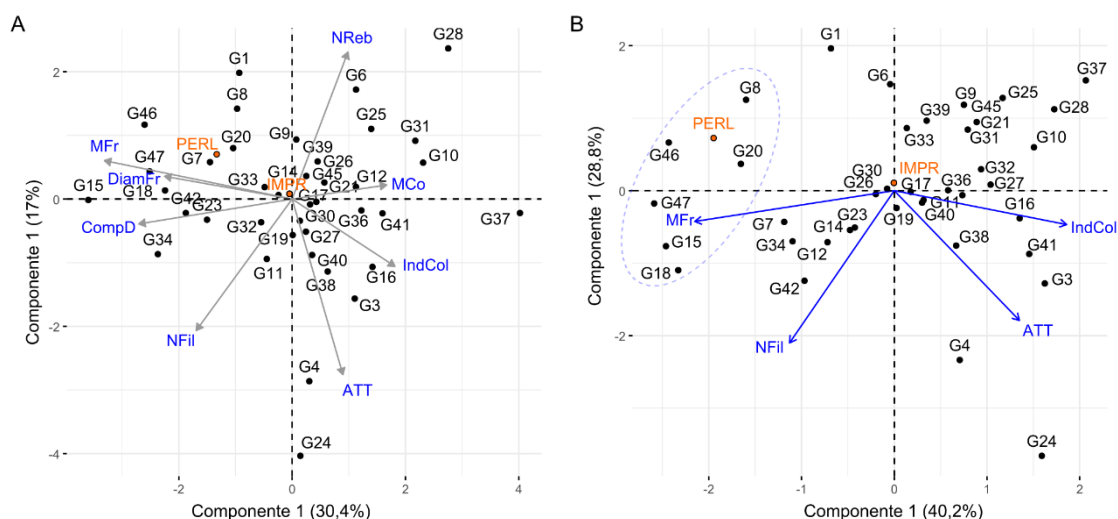


Figura 3. Componentes principais para oito (A) caracteres agrônômicos e 39 genótipos segregantes de abacaxizeiro e seus parentais: Pérola (PERL) e BRS Imperial (IMPR) e; para quatro caracteres agrônômicos de maior interesse (B). IndCol – dias decorridos da indução do florescimento até a colheita; CompD – comprimento da folha D; NFil – número de filhotes por planta; NReb – número de rebentos e rebentões por planta; MFr – massa do fruto; Com – massa da coroa; DiamFr – diâmetro do fruto; e ATT – acidez total titulável.

Na PCA com as quatro características de maior interesse agrônômico foi observada a formação um grupo de interesse com seis genótipos promissores, juntamente com o parental ‘Pérola’ (padrão de fruto comercial). São eles os genótipos: G8, G15, G18, G20, G46 e G47. Baseado nessa análise inicial, esses genótipos possuem potencial para se tornar novas cultivares de abacaxizeiro, por apresentarem tempo reduzido de dias entre a indução do florescimento até a colheita, número satisfatório de filhotes por plantas, maior massa de fruto e baixa acidez total titulável, características essas que agrada a cadeia produtiva da cultura.

Na colheita dos frutos foram também coletados seis caracteres qualitativos dos frutos segregantes (Tabela 3). Dentre os caracteres coletados, são desejáveis frutos sem ou com poucas rachaduras, sem a presença de coroa múltipla, formato cilíndrico ou cônico, polpa amarela, casca amarela/laranja quando madura e fruto achatado ou pouco protuberante. Dentre os seis genótipos destacados acima, quatro deles possuem todas ou a maioria das características desejáveis, são eles: G8, G15, G18 e G46. Os dois genótipos restantes foram descartados principalmente devido à presença de coroa múltipla. Esses quatro genótipos foram os que possuíram maior número de características desejáveis para a cultura, sendo assim possíveis futuras cultivares (Figura 4)

Tabela 3. Descrição de caracteres qualitativos em frutos segregantes de abacaxizeiro e seus parentais (Pérola – PERL e BRS Imperial – IMPR ou C5).

Gen	Pedigree	Rachadura	Coroa múltipla	Forma*	Polpa	Casca	Protub. Frutinho
G1	C5C1_72	0	Não	Ci	Amarela	Laranja	Pequena
G3	C5C1_19	0	Não	Ci	Creme	Laranja	Pequena
G4	C5C1_11	0	Sim	Co	Creme	Amarela	Grande
G6	C56C5_23	0	Não	Ci	Branca	Laranja	Pequena
G7	C37C5_3	7	Sim	Co	Creme	laranja	Pequena
G8	C5C1_71	3	Não	Ci	Creme	Laranja	Pequena
G9	C41C5_2	12	Não	Co	Creme	Laranja	Pequena
G10	C5C1_53	0	Não	Re	Amarela	-	Pequena
G11	C37C5_7	0	Não	Re	Creme	Laranja	Pequena
G12	C5C1_12	10	Sim	Ci	Amarela	Amarela	Pequena
G14	C37C5_9	4	Sim	Co	Branca	Amarela	Pequena
G15	C38C5_6	0	Não	Ci	Branca	Amarela	Achatada
G16	C56C5_3	8	Sim	Re	Branca	Amarela	Pequena
G17	C5C1_66	0	Sim	Ci	Creme	Laranja	Pequena
G18	C5C1_6	0	Não	Ci	Amarela	Amarela	Achatada
G19	C5C1_32	2	Sim	Ci	Branca	Laranja	Pequena
G20	C5C1_5B2	0	Sim	Ci	Amarela	Laranja	Achatada
G21	C53C5_61	1	Não	Re	Creme	Amarela	Pequena
G23	C37C5_6	4	Não	Co	Creme	Amarela	Protuberante
G24	C5C1_45	0	sim	Ci	Branca	-	Pequena
G25	C56C5_34	1	Não	Re	Branca	Amarela	Pequena
G26	C5C1_65	22	Sim	Re	Creme	Laranja	Pequena
G27	C41C5_1	17	Não	Re	Branca	Laranja	Pequena
G28	C5C1_7	38	Não	Re	Creme	Amarela	Pequena
G30	C5C1_13	12	Não	Ci	Amarela	Amarela	Pequena
G31	C56C5_25	5	Sim	Ci	Creme	Laranja	Pequena
G32	C38C5_1	0	Não	Ci	Branca	Amarela	Pequena
G33	C41C5_13	20	Sim	Ci	Creme	Laranja	Pequena
G34	C38C5_5	4	Não	Co	Creme	Laranja	Pequena
G36	C56C5_10	5	Sim	Re	Creme	Amarela	Protuberante
G37	C5C1_52	3	Não	Ci	Creme	Laranja	Protuberante
G38	C5C1_2	0	Sim	Re	Branca	Amarela	Pequena
G39	C56C5_19	16	Não	Re	Creme	Laranja	Protuberante
G40	C5C1_67	13	Não	Ci	Amarela	Laranja	Pequena
G41	C41C5_25	3	Não	Ci	Branca	Laranja	Protuberante
G42	C5C1_5B1	1	Não	Co	Branca	Amarela	Pequena
G45	C41C5_6	16	Não	Ci	Creme	Laranja	Pequena
G46	C37C5_1	2	Não	Co	Amarela	Laranja	Achatada
G47	C5C1_1	0	Sim	Co	Amarela	Laranja	Achatada
IMPR	C5 (BRS Imperial)	6	Não	Re	Amarela	Amarela	Achatada
PERL	Pérola	2	Não	Co	Amarela	Amarela	Pequena

* Ci = cilíndrico; Co = cônico e; Re = redondo.

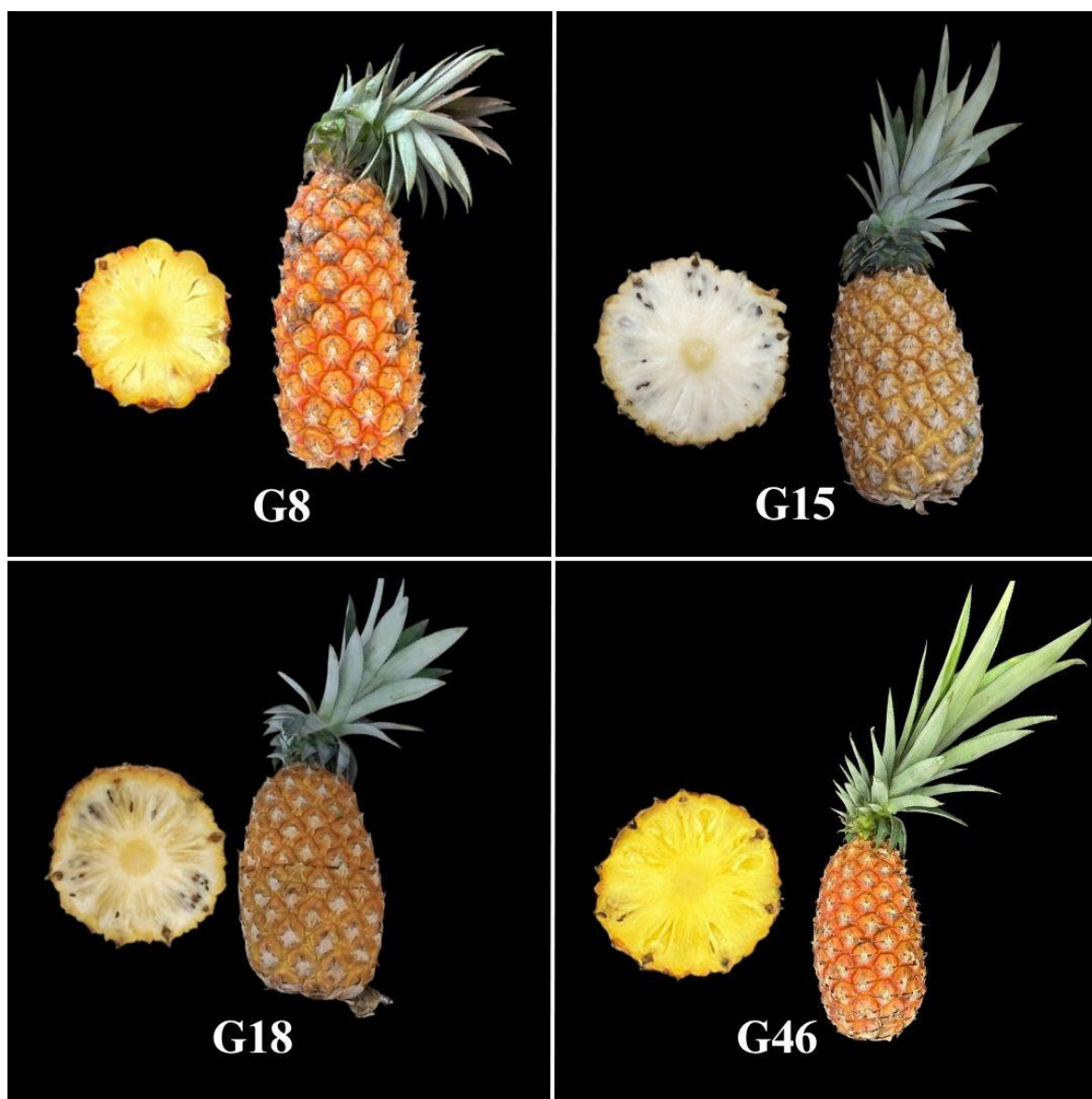


Figura 4. Genótipos que se destacaram pelas suas características agronômicas.

3.1.5. CONCLUSÕES

Dentre os 40 genótipos selecionados, os genótipos G8, G15, G18 e G46 se destacaram por possuírem tempo reduzido de dias entre a indução do florescimento até a colheita, número satisfatório de filhotes por plantas, maior massa de fruto e baixa acidez total titulável, sendo assim são os mais indicados para continuidade dos estudos visando avaliação do potencial de geração de novas cultivares.

3.2. AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA A *Fusarium guttiforme* EM INDIVÍDUOS SEGREGANTES DE ABACAXIZEIRO

3.2.1 INTRODUÇÃO

O abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merril.) pertence à família Bromeliaceae que possui aproximadamente 3000 espécies, herbáceas, epífitas ou terrestres, distribuídas em 56 gêneros. A planta comercial, em sua fase adulta, possui entre 1,0 e 1,2 m de altura e entre 1,0 e 1,5 m de diâmetro. (Versieux e Wendt, 2007).

A planta possui como características principais caule grosso e curto, onde as folhas se desenvolvem em forma de calha ao seu redor. Na parte basal desse caule, desenvolvem-se suas raízes adventícias, que podem atingir até 30 cm, formando assim um sistema radicular fasciculado. Na região central da planta, em sua fase reprodutiva, desenvolve-se o pedúnculo, inserido no caule. Nesse pedúnculo, desenvolvem-se a flor e, a partir dela, o fruto (Zamperlini, 2010).

O abacaxizeiro é uma planta de clima tropical, sendo a faixa ideal para seu crescimento entre 22°C e 32°C, com amplitude térmica diária entre 8°C e 14°C, insolação anual entre 2500h e 3000h (6,8 a 8,2 horas de luz solar por dia), precipitação anual entre 1200 mm e 1500 mm e altitudes variando desde o nível do mar até 400 metros (Simão, 1998; Nascente et al., 2005).

A fruta do abacaxi possui grande importância global, principalmente em países de clima tropical, sendo responsável por boa parte da receita da agricultura (FAO, 2025). Em contrapartida, a cultura enfrenta desafios para a produção, muito

em função das mudanças climáticas, que resultaram em estresses abióticos como temperaturas extremas, déficit hídrico, variações do pH do solo e controle ineficiente de doenças e pragas (Chawla et al., 2021).

Dentre as doenças da cultura do abacaxizeiro, destaca-se a fusariose, também conhecida como gomose ou resinose do abacaxizeiro, considerada a doença fúngica mais importante da cultura no Brasil, sendo comumente induzida por *Fusarium guttiforme* Nirenberg & O'Donnell, família Nectriaceae (Nirenberg e O'Donnell, 1998; Kimati et al., 2005). A característica principal deste patógeno é a produção de microconídios com formatos obovoides em polifiálides, sempre em falsas cabeças, e ausência de clamidósporo. O *Fusarium guttiforme* produz ainda macroconídios hialinos que possuem células basais e apicais particulares (Ventura, 2000).

A doença provoca perdas de até 20% em mudas e de 30 a 40% nos frutos, podendo alcançar até 100% da produção (Ventura et al., 2009; Matos et al., 2011). A fusariose ocorre em todos os estádios de desenvolvimento da cultura. Nas mudas, os principais sintomas são lesões no caule, infecção na parte aclorofilada e exsudação de goma. No fruto ocorre descoloração marrom claro a escuro, casca seca, apodrecimento da região infectada e exsudação de goma (Jacobs et al., 2010).

No Brasil, a principal forma de controle da doença é o controle químico, onde normalmente são realizadas pulverizações iniciadas 40 dias após a indução floral e após o fechamento total das folhas são realizadas aplicações a cada 15 dias (Sanches e Matos, 2013). Porém, essa forma de controle muita das vezes não tem sido totalmente eficiente, além de aumentar o custo de produção e reduzir a qualidade dos frutos devido a resíduos dos fungicidas, colocando em risco a saúde do agricultor e do consumidor (Vilaplana et al., 2018).

O cultivo de variedades resistentes é o método de controle potencialmente mais eficiente, econômico e de menor impacto ambiental para controle dessa doença. Para isso, os programas de melhoramento genético em todo o país buscam variedades resistentes à fusariose. No entanto, é necessário também a realização de trabalhos de base, visto que a cultura possui poucos trabalhos na literatura. A forma de inoculação e avaliação da planta quanto à resistência do patógeno é uma das informações necessárias.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi estudar estratégias de inoculação e selecionar genótipos resistentes à fusariose, a partir do cruzamento das cultivares

‘Pérola’ x ‘BRS Imperial’, bem como seus recíprocos, através da inoculação na folha destacada e inoculação do colmo da planta.

3.2.2 REVISÃO DE LITERATURA

3.2.2.1 Principais cultivares

O Brasil é um dos centros de origem do abacaxi, com isso existe ampla quantidade de materiais genéticos regionais (Crestani et al., 2010). Apesar da alta diversidade existente no país, as cultivares mais plantadas são a Pérola, para o consumo *in natura*, e Smooth Cayenne, para a indústria. Essas duas cultivares somadas compreendem quase o total da produção do território nacional (Ventura et al., 2009; s et al., 2011). Um dos pontos negativos das duas cultivares mais plantadas no território nacional é a suscetibilidade à fusariose. Existem algumas fontes de resistência à doença dentre as principais cultivares do Brasil e do mundo. As principais cultivares da cultura em território nacional são descritas a seguir.

3.2.2.1.1. Cultivar Pérola

Principal cultivar plantada no Brasil, pertencente ao grupo conhecido como ‘Pernambuco’. A cultivar ‘Pérola’ possui alta rusticidade e é muito adaptada às diversas condições de clima e de solo de todo o território nacional. Suas principais características são frutos semicônicos, com peso médio de 1 a 1,5 Kg, coloração da polpa branca, teor de açúcar entre 13,1 e 18,1°Brix e acidez variando entre 0,42% e 0,73% de ácido cítrico. A planta apresenta como pontos negativos a suscetibilidade à fusariose e também à cochonilha, além de apresentar espinhos em toda sua margem foliar, o que dificulta o manejo cultural (Berilli et al., 2014; Andrade et al., 2016; Brito et al., 2020).

3.2.2.1.2. Cultivar Smooth Cayenne

Principal cultivar plantada no mundo, correspondendo a 70% da população global, principalmente por conta de ser a preferida pela indústria, devido às características dos seus frutos, que têm polpa firme, mas não fibrosa, além do sabor

acentuado. A planta possui como particularizada suas folhas lisas com a presença de alguns poucos espinhos espaçados nas extremidades apicais. Seus frutos apresentam formato ovóides, pesando de 1,5 a 2,5 Kg, possui casca amarela alaranjada quando maduros, polpa de coloração amarelo-pálida, teor de açúcar entre 13 e 19°Brix e acidez variando em torno de 0,65% de ácido cítrico. Seus pontos negativos são a alta suscetibilidade à fusariose e também à cochonilha, além de apresentar um ciclo longo, podendo chegar a 26 meses em condição de sequeiro e sem indução floral. (Sanewski et al., 2018).

3.2.2.1.3. Cultivar MD-2

A cultivar MD-2, também conhecida como 'Gold', foi desenvolvida no Havaí em 1970, seus frutos normalmente são destinados ao consumo *in natura*, sendo para essa categoria a cultivar mais plantada no mundo. É a cultivar mais comercializada do mundo na forma de fruta fresca, com cerca de 80% do comércio (Sanewski et al., 2018). Seus frutos possuem formato cilíndrico, variando de 1,2 a 1,7 Kg, sua polpa possui coloração amarela, teor de açúcar entre 15 e 17°Brix e acidez variando entre 0,4 e 0,45% de ácido cítrico. Seus pontos negativos são a suscetibilidade à fusariose, à cochonilha e também à podridão de *Phytophthora*, além de apresentar vulnerabilidade à iniciação floral precoce, em casos de variações bruscas de temperaturas e fotoperíodo (Thalip et al., 2015; Sanewski et al., 2018).

3.2.2.1.4. Cultivar Perolera

A cultivar 'Perolera' é originada na região Andina e possui resistência à fusariose e à murcha causada por cochonilha, por conta disso tem sido amplamente utilizada em programas de melhoramento genético no Brasil. Os frutos são cilíndricos e irregulares, com peso variando de 1,5 a 2,0 kg, polpa amarela e teores de açúcar entre 13,1 e 14,1 °Brix. Seus pontos negativos são a suscetibilidade à podridão do fruto, ao acamamento do fruto e à queimadura solar devido apresentar um pedúnculo longo (Sanya et al., 2019).

3.2.2.1.5. Cultivar IAC Fantástico

'IAC Fantástico' é um híbrido desenvolvido pelo Instituto Agronômico de Campinas. O parental feminino do 'IAC Fantástico' é fruto do cruzamento entre as

variedades 'Tapiracanga' e 'Smooth Cayenne', onde os seus descendentes selecionados foram levados para o campo onde foram submetidos ao processo de polinização aberta, mediada por insetos, por isso, o pai é desconhecido. Suas principais características são a resistência à fusariose, espinhos apenas na extremidade da borda foliar (Similar ao seu avô 'Smooth Cayenne'). Seus frutos pesam em média 1,47 Kg, polpa de coloração amarela intensa, teor de açúcar de 16,4°Brix e acidez variando em torno de 0,52% de ácido cítrico (Spironello et al., 2010).

3.2.2.1.6. Cultivar Primavera

A cultivar Primavera foi encontrada e selecionada na região amazônica pela Embrapa Mandioca e Fruticultura por apresentar características desejáveis, entre as quais se destaca a resistência à fusariose. Seus frutos possuem formato cilíndrico, com peso médio de 1,3 Kg, com casca amarela quando maduro e polpa branca, teores de sólidos solúveis totais em torno de 13 °Brix e 0,79% de acidez. Seus pontos negativos são a não tolerância ao déficit hídrico e seus frutos possuem maturação excessiva, necessitando que sejam colhidos antes do amarelecimento da casca (Cabral, 1999).

3.2.2.1.7. Cultivar BRS Imperial

A cultivar 'Imperial' é o primeiro híbrido de abacaxi gerado e lançado no Brasil e é proveniente do cruzamento entre as cultivares 'Perolera' e 'Smooth Cayenne'. Suas principais características são resistência à fusariose, ausência total de espinhos nas folhas, pedúnculo curto (em torno de 20 cm), fruto cilíndrico, casca de cor amarelada quando madura, polpa de coloração amarela, frutos com peso médio de 1,6 Kg, elevado teor de açúcar, média de 17,5°Brix e acidez moderada (Cabral, 1999; Matos, 2005).

3.2.2.1.8. Cultivar BRS Vitória

A cultivar 'Vitória' é proveniente do cruzamento entre as cultivares 'Primavera' e 'Smooth Cayenne'. Suas principais características são resistência à fusariose, ausência total de espinhos nas folhas, fruto cilíndrico, casca de cor amarela quando madura, polpa de coloração branca, frutos com peso médio de 1,5

Kg, elevado teor de açúcar (média de 15,8°Brix) e acidez moderada com 0,8% de ácido cítrico (Ventura et al., 2009).

3.2.2.1.9. Cultivar BRS Ajubá

A cultivar Ajubá é proveniente do cruzamento entre as cultivares Perolera e 'Smooth Cayenne'. Suas principais características são resistência à fusariose, ausência total de espinhos nas folhas, pedúnculo curto (em torno de 25 cm), fruto cilíndrico, casca de cor amarela quando madura, polpa de coloração amarela, frutos com peso médio de 1,5 Kg, elevado teor de açúcar (média de 14,5°Brix) e acidez moderada com 0,6% de ácido cítrico (Cabral e Matos, 2008).

3.2.2.2. Fusariose no abacaxi

A fusariose do abacaxizeiro, também conhecida como gomose ou resinose, é a principal doença fúngica da cultura do abacaxi no Brasil, ocasionando a redução da produtividade e da longevidade da lavoura, com perdas estimadas entre 20% e 40% em mudas e frutos de cultivares suscetíveis, respectivamente (Ventura et al., 2009). No estágio de desenvolvimento vegetativo, os principais sintomas desta doença são lesões no terço inferior do caule e nas folhas e infecção na parte basal da planta, induzindo a redução no fluxo de seiva, o que pode resultar em clorose, murcha, enfezamento e, em alguns casos, na morte das plantas (Ventura e Zambolim, 2002). Nos frutos, os sintomas da fusariose caracterizam-se pela exsudação de resina através da cavidade floral, apodrecimento da polpa e presença de resina nos lóculos do ovário (Ventura, 2000).

No Brasil, a etiologia da doença foi inicialmente atribuída apenas à espécie *Fusarium guttiforme*, porém, levantamentos recentes correlacionam o desenvolvimento da doença com outras espécies pertencentes aos complexos *Fusarium oxysporum* (FOSC), *Fusarium incarnatum-equisetum* (FIESC) e *Fusarium fujikoro* (FFSC) (Querino 2021; Santos et al., 2023). O fungo *F. guttiforme* atinge folhas e frutos em todos os estágios de desenvolvimento da planta, afetando de forma direta e indireta a produção das lavouras (Nirenberg e O'Donnell, 1998; Aquije et al., 2010; Lira Júnior et al., 2023). Este agente fitopatogênico pertence à família Nectriaceae, sendo um membro do complexo FFSC, com fase sexuada ainda não descrita naturalmente. As principais características do *Fusarium* são a

produção de microconídios obovoides em polifíalides, sempre em falsas cabeças, macroconídios hialinos possuindo células basais e apicais particulares e ausência de clamidósporo (Ventura, 2000). No entanto, informações morfológicas e culturais não são suficientes para a identificação precisa das espécies associadas à fusariose do abacaxizeiro no Brasil tais como *F. guttiforme* (FFSC), *F. incarnatum* (FIESC), *F. oxysporum* (FOSC), *F. proliferatum* (FFSC) e *F. sororula* (FFSC), demandando-se a identificação molecular em conjunto com as demais técnicas de microscopia (Jacobs et al., 2010; Moura, 2017; Querino, 2021; Santos et al., 2023). A identificação molecular é baseada no sequenciamento de regiões conservadas, denominadas de genes *housekeeping* tais como β -tubulina (*tub2*), fator de alongação (*tef1*) e RNA polimerase II (*rpb2*) (O'Donnell et al., 1998).

Considerando que *Fusarium guttiforme* é um fungo patogênico apenas ao abacaxi, o que confere um elevado grau de especificidade, a época de produção é considerada um fator determinante na incidência da doença (Ventura et al., 1993). Portanto, medidas de controle baseadas no princípio de evasão, especialmente das condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento do patógeno como umidade elevada e temperatura variando entre 15°C e 25°C, é uma forma de manejo que pode ser utilizada (Ventura e Zambolim, 2002; Glenn 2007). Além disso, outros fatores como pluviosidade, esporulação do fungo, padrões dos ventos, danos causados por insetos e ação antrópica, podem interferir na incidência da doença no campo (Glenn, 2007).

A fusariose do abacaxi no Brasil é controlada principalmente através do uso de fungicidas, com os produtos registrados sendo pertencentes aos grupos químicos das estrobirulinas, triazóis e benzimidazóis, formulados em misturas ou moléculas isoladas (MAPA, 2023). Contudo, a baixa efetividade desses fungicidas faz com que ainda existam perdas na faixa de 30% a 40% da produção, estimulando os produtores a conduzirem aplicações com superdosagem de produtos, algo reconhecidamente prejudicial à saúde dos trabalhadores, consumidores e ao meio ambiente. Outros fatores que contribuem para o aumento da incidência da doença são a baixa oferta de genótipos resistentes, falta de uniformização das plantações e o intenso trânsito de mudas contaminadas (MAPA, 2014). No Brasil, mais de 95% das plantações comerciais de abacaxi utilizam cultivares suscetíveis à doença, sendo elas 'Smooth Cayenne', 'MD2' e 'Pérola', principalmente devido à preferência do mercado consumidor (Reinhardt et al., 2018).

3.2.2.3. Controle e resistência à fusariose

O controle da fusariose é normalmente realizado através da utilização de mudas sadias, erradicação das plantas doentes durante o ciclo vegetativo e aplicações de fungicidas sobre a inflorescência em desenvolvimento (Matos et al., 2009). Em 2025, a cultura do abacaxi no Brasil conta com 32 produtos registrados para o controle da fusariose, conforme dados do Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT) do Ministério da Agricultura e Pecuária. No entanto, esses produtos baseiam-se em apenas dois princípios ativos distintos, o que pode limitar as opções de manejo e aumentar o risco de desenvolvimento de resistência do patógeno. A baixa oferta de princípios ativos registrados para o controle da fusariose no abacaxizeiro impõe desafios importantes ao manejo fitossanitário da cultura. Com poucas alternativas disponíveis, muitos agricultores acabam recorrendo repetidamente aos mesmos fungicidas, muitas vezes em doses superiores às recomendadas, o que contribui para o surgimento de populações do fungo resistentes aos produtos (Ventura et al., 2001). Esse processo de resistência compromete a eficácia dos defensivos ao longo do tempo, elevando os custos de produção e impactando negativamente a qualidade dos frutos colhidos. Além dos prejuízos agrônômicos, há também riscos consideráveis à saúde humana. É comum que produtores, por falta de informação ou recursos, deixem de usar adequadamente os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), ficando vulneráveis à exposição direta aos produtos químicos durante a aplicação (Santos, 2022). Para o consumidor final, os riscos também existem: frutos pulverizados fora do período de carência podem chegar ao mercado com resíduos de defensivos acima dos limites seguros, oferecendo riscos à saúde pública (Capitalist, 2023).

O cultivo de variedades resistentes constitui a única alternativa eficiente e econômica, além de ecologicamente segura, para o controle da fusariose do abacaxizeiro. Apesar de as cultivares mais plantadas no país serem suscetíveis à doença (Pérola e Smooth Cayenne), existem algumas fontes de resistência, entre as quais destacam-se as cultivares BRS Imperial, BRS Ajúba, IAC Fantástico, BRS Vitória, UNEMAT Rubi, UNEMAT Esmeralda, Perolera, Primavera, BRS Real, BRS Sol da Bahia e BRS Diamante (Cabral e Matos 2005; Cabral e Matos, 2008; Ventura et al., 2009; IAC, 2010; UNEMAT, 2024; Oliveira et al., 2024).

Os diversos programas de melhoramento genético da cultura continuam na busca por novas cultivares que apresentem as características do fruto da cultivar ‘Pérola’ ou ‘Smooth Cayenne’ e que possua resistência à fusariose. Uma das formas mais utilizadas neste caso é a hibridização de um parental resistente à fusariose, com as cultivares comerciais ‘Pérola’ e ‘Smooth Cayenne’. Decorridos 4 a 5 meses da germinação, as plantas híbridas são submetidas a testes de resistência à doença e após essa fase, as plantas avaliadas como resistentes são analisadas quanto ao desempenho agrônômico. Em seguida, as selecionadas são submetidas a novas etapas com repetições, a fim de confirmar os resultados. Após essa confirmação, é criada a nova cultivar (Embrapa, 2023).

3.2.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.3.1. Descrição do material vegetal utilizado

O material vegetal utilizado consiste em 80 indivíduos segregantes de abacaxi (híbridos de segunda geração) oriundos de sementes. Os indivíduos segregantes foram desenvolvidos a partir do cruzamento de materiais da cultivar Pérola, provenientes de 39 acessos de ‘Pérola’ obtidos a partir de coleta na Mesorregião Norte Fluminense, que abrange os municípios do norte do Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo, com clones do acesso de ‘BRS Imperial’ pertencente ao Laboratório de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). A cultivar BRS Imperial foi desenvolvida pela Empresa Brasileira de Agropecuária (Embrapa) a partir do cruzamento entre ‘Smooth Cayenne’ vs. ‘Perolera’.

Essas 80 plantas foram as que obtiveram menor crescimento vegetativo na primeira fase do experimento e por isso não foram selecionadas na triagem (Capítulo 1). Após essa fase, as plantas foram então cultivadas em vasos com volume de 5 L contendo solo na composição 1:1 de areia e esterco esterilizados e dispostos em delineamento de blocos aumentados (DBA) em três blocos aumentados, nos quais eram dispostos como tratamentos regulares em todos os blocos os 2 parentais (‘Pérola’ e ‘BRS Imperial’) como tratamentos comuns. Das 80

plantas, 7 indivíduos segregantes morreram durante a fase de crescimento vegetativo, resultando ao final, para a fase de inoculação, 73 indivíduos segregantes. Destes 73 indivíduos, 38 foram provenientes do cruzamento 'Pérola' x 'BRS Imperial' e 35 sendo os recíprocos.

3.2.3.2. Inoculação na folha D e avaliação da resistência

O comprimento e diâmetro da folha D, em cada unidade experimental, foram avaliados mensalmente após o transplântio. As folhas D, ao atingirem o comprimento mínimo de 40 cm, foram coletadas para realização dos testes de resistência. As folhas destacadas foram então desinfestadas superficialmente em solução de hipoclorito de sódio (1%) durante 2 minutos, seguido de enxágue em água destilada esterilizada. Após, as folhas foram cortadas com aproximadamente 20 cm, a partir da base foliar, para acomodação em recipientes plásticos visando a manutenção da umidade. Cada folha foi inoculada na região limítrofe entre as partes clorofilada e aclorofilada com auxílio de um palito de madeira previamente esterilizado contendo micélio fúngico a partir da borda de colônias (região de crescimento ativo) de *Fusarium guttiforme* (CF/UENF512) em meio batata-dextrose-ágar (BDA), de modo a não atravessar a face adaxial da superfície foliar. Como controle da inoculação, as folhas D dos parentais foram divididas em tratamentos inoculados e não inoculados (palitos com ausência de micélio).

As folhas inoculadas e controle foram avaliadas semanalmente (7, 14, 21 e 30 dias após a inoculação) realizando-se a captura de fotos das folhas para mensuração da área lesionada no software ImageJ (U.S. National Institutes of Health). Com as fotos, foi detectada a lesão máxima, observada aos 30 dias, a partir da qual foi estimada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e também considerada a análise individual de cada momento (parcela subdividida no tempo).

3.2.3.3. Inoculação no caule e avaliação da resistência

A inoculação das plantas no caule foi realizada 11 meses após a implementação do experimento. Para isso, foi preparado a suspensão contendo esporos do fungo *F. guttiforme* (isolado CF/UENF512) na concentração de 1×10^4 esporos mL⁻¹, após as plantas foram furadas em sua base do caule com auxílio de

um furador realizando assim um ferimento de 5 mm de profundidade. Então, com o auxílio de uma seringa foi injetado 5 mL da suspensão do inóculo em cada planta.

Foi realizado uma avaliação visual das plantas no dia da inoculação para um parâmetro de evolução dos sintomas e com isso semanalmente após a inoculação foram realizadas avaliações visuais, representadas por notas de 1 a 5, sendo:

Nota 1 – Planta com aspecto normal (todas as folhas verdes);

Nota 2 – Folhas comprometidas na base (menos de 50% da planta- amarelada ou seca);

Nota 3 – Folhas comprometidas (mais de 50% amarelada ou seca, mas não 100% da planta);

Nota 4 – Folhas totalmente comprometidas (100% com poucas folhas amareladas);

Nota 5 – Planta visivelmente morta (100% folhas secas e quebradiças).

A avaliação destrutiva das plantas foi realizada 130 dias após a inoculação. As plantas foram retiradas dos vasos, desfolhadas, e seus respectivos colmos foram cortados. Em cada colmo, realizou-se um corte transversal em direção ao local previamente ferido. Após o corte, as duas partes do colmo foram fotografadas e a mensuração da área lesionada foi feita por meio do *software* ImageJ (U.S. National Institutes of Health).

3.2.3.4. Análise estatística

Após a captura de todas as imagens e a realização da mensuração da área lesionada por meio do *software* ImageJ, essas variáveis foram submetidas à análise Deviance e os parâmetros genéticos foram estimados por meio da máxima verossimilhança restrita (REML), os valores genéticos aditivos estimados via melhor predição linear (BLUP), com auxílio do *software* SELEGEN (Rezende, 2007), e a partir desses parâmetros genéticos foi construído a tabela de análise de deviance (Tabela 1).

Para a predição dos valores genéticos e estimação dos componentes de variância, utilizou-se o modelo 76 do SELEGEN REML/BLUP, e conduzida a análise de deviance (ANADEV), conforme proposto por Resende (2002). Esse modelo é estruturado da seguinte forma:

$$y = Xf + Zg + Wb + e,$$

Onde:

- y é o vetor de dados fenotípicos observados;
- f representa os efeitos fixos, como blocos ou tratamentos;
- g corresponde aos efeitos genotípicos aleatórios;
- b denota os efeitos permanentes, como parcelas ou repetições;
- e é o vetor de erros aleatórios;
- X , Z e W são as matrizes de incidência associadas aos respectivos efeitos.

As variáveis que apresentaram diferença significativa de acordo com o teste de Qui-quadrado (Anadev ou LRT) para os efeitos de Genótipo e Bloco, ou de acordo com o teste F para o efeito das Testemunhas, foram submetidas à estimativa dos coeficientes de correlação de Pearson (r) com auxílio do *software* R na interface RStudio (R Core Team, 2023).

O coeficiente de correlação de Spearman, representado pela letra r , varia entre -1 e 1. Um valor de $r = 1$ indica correlação perfeita e positiva entre duas variáveis, ou seja, ambas aumentam ou diminuem juntas na mesma proporção. Já $r = -1$ indica correlação perfeita e negativa, em que o aumento de uma variável está associado à diminuição da outra. À medida que os valores de r se aproximam de 1 ou -1, a correlação entre as variáveis torna-se mais forte; quando próximos de 0, indicam fraca ou nenhuma correlação linear.

A fórmula do coeficiente de correlação de Pearson (r) é a seguinte:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{[\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} * \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}]}$$

Onde:

- x_i e y_i : são os valores individuais das variáveis X e Y ;
- $\bar{x}$ e $\bar{y}$: são as médias de X e Y , respectivamente;
- Σ : representa a soma de todos os pares de dados;
- O numerador representa a covariância entre X e Y ;
- O denominador é o produto dos desvios padrão de X e Y .

Foram selecionados como resistentes aqueles indivíduos segregantes que apresentaram desenvolvimento de lesões igual ou inferior àquele observado na cultivar resistente BRS Imperial.

3.2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A significância dos efeitos genotípicos estimados foi avaliada pela análise de deviance, que demonstrou diferença significativa a 1% de probabilidade pelo teste de verossimilhança (LRT) para as três formas avaliadas (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de deviance para lesões foliares ocasionadas por *Fusarium guttiforme* em 75 genótipos de abacaxizeiro (73 híbridos segregantes meios-irmãos e os dois parentais), considerando a área máxima das lesões em folhas – observada aos 35 dias após inoculação; e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para as lesões em folhas e; área da lesão no colmo, aos 120 dias após inoculação.

Lesão Máxima em Folhas				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon. Var.	Coef. Determ.
Genótipos	244.38	9.86 **	Vg = 2.23	h2g = 0.31
Bloco (ajustado)	235.11	0.59	Vbloc = 0.27	c2bloc = 0.04
Resíduo	-	-	Ve = 4.64	c2res = 0.65
Modelo Completo	234.52	-	Média = 0.96	c2total = 1.00
Testemunhas	-	F = 1.00 ns	-	-
AACPD em Folhas				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon. Var.	Coef. Determ.
Genótipos	604.25	8.45 **	Vg = 221.52	h2g = 0.31
Bloco (Ajustado)	595.87	0.07	Vbloc = 7.97	c2bloc = 0.01
Resíduo	-	-	Ve = 42.24	c2res = 0.78
Modelo Completo	595.80	-	Média = 26.75	c2total = 1.00
Testemunhas	-	F = 5.44 ns	-	-
Lesão no Colmo				
Efeito	Deviance	LRT (X ²)	Compon. Var.	Coef. Determ.
Genótipos	87.65	7.30 **	Vg = 0.69	h2g = 0.67
Bloco (Ajustado)	81.52	1.17	Vbloc = 0.05	c2bloc = 0.05
Resíduo	-	-	Ve = 0.29	c2res = 0.28
Modelo Completo	80.35	-	Média = 2.16	c2total = 1.00
Testemunhas	-	F = 4.31 ns	-	-

Vg = variância genotípica; Vbloc = variância ocasionada pelos efeitos de bloco; Ve = variância residual (erro); h2g = herdabilidade no sentido amplo; c2bloc = coeficiente de determinação dos efeitos de bloco; c2res = coeficiente de determinação dos efeitos residuais (ambientais). * indicam efeitos significativos ao nível de 5% de significância de acordo com o teste F. ns indica efeitos não significativos ao nível de 5% de significância de acordo com o teste de qui-quadrado (X²) para os efeitos aleatórios (Genótipo, Bloco e Resíduo) ou de acordo com o teste F, para efeitos fixos (Testemunhas).

Dentre as formas avaliadas, a lesão no colmo foi a que apresentou maior herdabilidade (0.67) demonstrando assim maior contribuição genética e menor influência ambiental em relação a inoculação do patógeno na folha destacada. Esta

herdabilidade revela que a lesão no colmo é um parâmetro confiável para a seleção genotípica, sendo assim a mais adequada para fins de melhoramento genético, por permitir maior acurácia na seleção de indivíduos resistentes ao patógeno *F. guttiforme*.

Outra análise conduzida foi a correlação de Spearman para caracteres relacionados à avaliação de resistência (Figura 5), com intuito de visualizar se existe correlação entre as formas de inoculação utilizadas. De acordo com a análise realizada, não existe correlação linear direta entre as formas de inoculação utilizadas neste trabalho (Inoculação do colmo vs. Inoculação na folha), o que reforça o pensamento de que a melhor forma de teste para resistência a *F. guttiforme* no abacaxizeiro é através da lesão no colmo, visto que com essa característica foi obtido maior valor de herdabilidade.

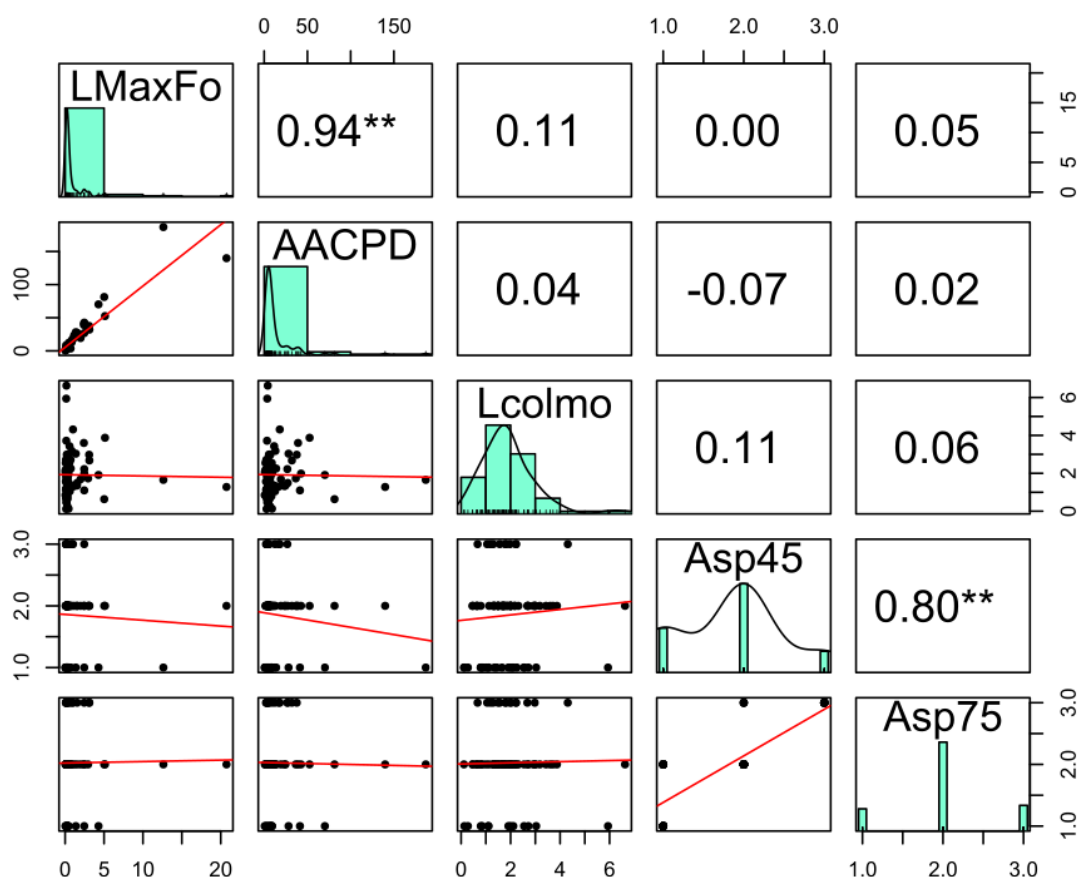


Figura 5. Correlação de Spearman para caracteres relacionados à avaliação de resistência a *Fusarium guttiforme* em abacaxi: lesão máxima em folhas, AACPD para área lesionada em folhas, área lesionada no colmo, aspecto da planta inoculada no dia da inoculação, 45 dias e 75 dias após inoculação.

Visto que a melhor forma de teste para resistência a *F. guttiforme* no abacaxizeiro é por meio da indução de lesão no colmo, os valores genéticos preditos na avaliação da lesão do colmo foram estimados para os 73 híbridos segregantes meios-irmãos e os dois parentais em relação a área lesionada por *F. guttiforme* isolado CF/UENF512 no colmo (Tabela 5). Como o presente estudo busca encontrar fontes de resistência a doença, os valores genéticos mais interessantes neste caso são os valores negativos.

Tabela 5. Valores genéticos preditos (g) – BLUPS e valores somados à média geral (u+ g) para área lesionada por *Fusarium guttiforme* no colmo de 73 híbridos segregantes de abacaxizeiro (meios-irmãos) e duas testemunhas/parentais (BRS Imperial e Pérola) após 130 dias de inoculação.

Genótipo	g	u + g	Genótipo	g	u + g
P30I_21	28.311	49.960	IBP2_4	-0.1393	20.256
IBP2_9	16.923	38.572	P36I_5	-0.1519	20.130
P30I_36	13.849	35.498	P28I_24	-0.1715	19.934
IBP2_36	12.224	33.873	P28I_27	-0.1822	19.827
IBP2_34	11.937	33.586	P36I_9	-0.1989	19.661
IBP2_43	11.802	33.451	Pérola	-0.2059	19.590
IBP2_27	0.9139	30.788	IBP2_16	-0.2297	19.353
P28I_17	0.8062	29.711	IBP2_44	-0.2323	19.327
IBP2_3	0.7973	29.622	P28I_5	-0.2423	19.226
P28I_9	0.7132	28.781	P23I_55	-0.2515	19.134
P28I_2	0.6734	28.384	P30I_25	-0.2545	19.104
P28I_26	0.6626	28.275	P28I_41	-0.2715	18.934
IBP2_40	0.4819	26.468	P28I_1	-0.274	18.910
IBP2_8	0.4766	26.416	P27I_2	-0.2834	18.815
P28I_13	0.4672	26.321	IBP2_17	-0.3732	17.917
IBP2_33	0.4418	26.068	IBP1_18	-0.375	17.899
IBP2_35	0.3756	25.406	P23I_51	-0.3818	17.831
IBP2_61	0.3604	25.253	P30I_2	-0.3906	17.744
P30I_4	0.3593	25.243	IBP2_21	-0.4056	17.593
IBP1_15	0.2986	24.635	P36I_14	-0.4105	17.544

Tabela 5 – Cont.

Genótipo	g	u + g	Genótipo	g	u + g
IBP2_31	0.2478	24.127	P30I_45	-0.4718	16.931
P27I_8	0.2377	24.026	P28I_35	-0.4984	16.665
P28I_18	0.2265	23.914	IBP2_46	-0.5359	16.290
IBP2_69	0.2226	23.875	IBP2_60	-0.5653	15.996
P36I_3	0.2037	23.686	P36I_8	-0.6234	15.415
P36I_12	0.1872	23.522	IBP2_38	-0.6259	15.391
P30I_3	0.131	22.959	IBP2_2	-0.6863	14.786
P36I_11	0.1005	22.655	P28I_42	-0.7131	14.519
IBP1_20	0.0734	22.384	P28I_7	-0.7358	14.291
IBP1_4	0.0619	22.268	IBP2_14	-0.7709	13.941
IBP2_77	0.0286	21.935	P30I_50	-0.8521	13.128
P30I_24	0.0256	21.905	IBP2_74	-0.8588	13.062
IBP2_75	0.0125	21.774	P23I_17	-0.8934	12.715
P36I_16	-0.021	21.440	BRS Imperial	-10.618	11.031
IBP2_18	-0.0323	21.326	IBP1_3	-10.881	10.768
IBP2_42	-0.0843	20.806	IBP2_24	-10.988	10.661
P27I_5	-0.0852	20.797	IBP2_70	-12.468	0.9182
P36I_10	-0.1167	20.482			

Pesquisas apontam que a resistência à fusariose no abacaxizeiro é controlada geneticamente, seguindo, em geral, um modelo de herança simples, envolvendo um ou poucos genes. Sendo a característica de resistência dominante e a característica de suscetibilidade recessiva (Cabral et al., 1997; Junghans et al., 2005), os dados deste estudo não confirmam tal padrão, sugerindo que o controle genético da característica pode ser mais complexo do que o previamente descrito.

Dentre os 73 híbridos segregantes avaliados, 40 deles obtiveram valores negativos. Porém apenas 30 desses foram superiores (valores genotípicos superiores, em termos absolutos) ao parental suscetível à doença e apenas 3 superiores ao parental resistente, sendo os genótipos IBP1_3, IBP2_24 e IBP2_70 (Figura 6).

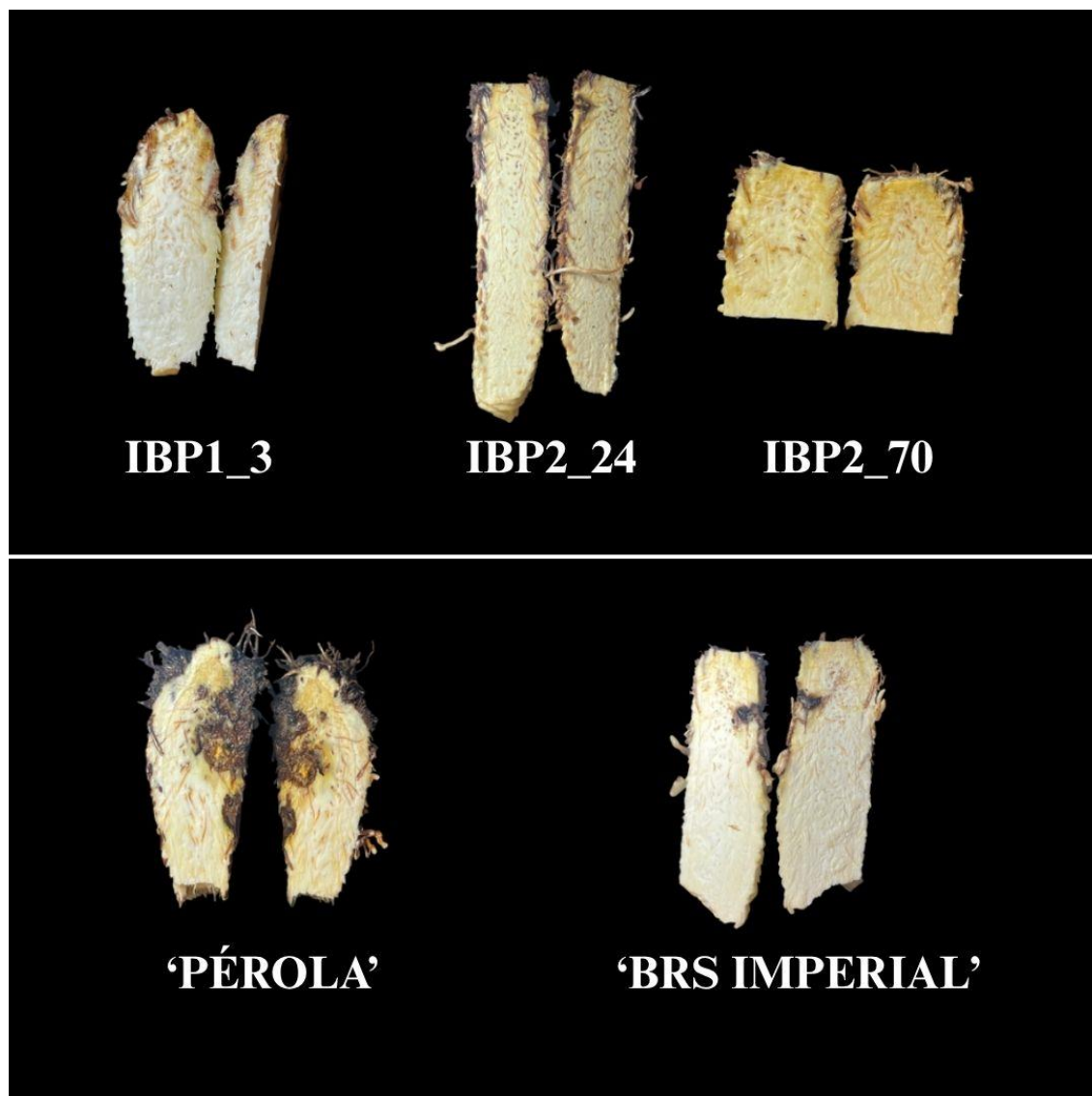


Figura 6. Colmos das plantas que apresentaram níveis de resistência superiores ao parental resistente 'BRS Imperial' e aos parentais.

Em 2011, Souza e colaboradores avaliaram a resistência à fusariose em 40 híbridos de abacaxizeiro ornamental, dentre os quais 14 eram resistentes, 15 eram moderadamente resistentes e 11 eram suscetíveis. Matos e Souto (1984) e Cabral et al. (1985), também observaram reações variadas à inoculação com *Fusarium subglutinans* f. sp. *ananas* em diferentes variedades botânicas do gênero *Ananas*. Posteriormente, Matos e Cabral (2006) também identificaram distintos níveis de resistência à fusariose em 211 acessos de abacaxizeiro conservados no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa, incluindo *A. comosus* var. *comosus*, *A. comosus* var. *ananassoides*, *A. comosus* var. *bracteatus*, *A. comosus* var.

erectifolius, *Ananas* sp., *Bromelia* sp., além de híbridos intraespecíficos, intravarietais e interespecíficos. Dentre esses acessos, 100 genótipos não apresentaram sintomas da doença, enquanto os 111 restantes mostraram-se suscetíveis.

Recentemente, Lira Júnior et al. (2023) avaliaram a resistência à fusariose em 18 híbridos de abacaxi do cruzamento Pérola x Imperial, dentre os quais seis genótipos apresentaram alto nível de sobrevivência contra o isolado IT-01 de *F. guttiforme*, cinco genótipos sobreviveram, mas desenvolveram sintomas típicos da doença e outros sete genótipos apresentaram alta suscetibilidade ao isolado IT-01, com morte de plântulas ou desenvolvimento de sintomas graves de podridão interna do caule e morte por roseta foliar. Resultados semelhantes foram encontrados neste trabalho, onde 54% dos indivíduos avaliados obtiveram valores genéticos preditos negativos para a severidade da doença, sendo destes 41% menores que o parental suscetível ('Pérola') e apenas 4% superior ao parental resistente ('BRS Imperial').

3.2.5. CONCLUSÕES

Dentre as formas de inoculação e avaliação à resistência a *F. guttiforme* em abacaxizeiro, a inoculação direta no colmo da planta se mostrou mais eficiente, visto que na inoculação na folha D destacada os efeitos residuais (não genotípicos) foram os maiores responsáveis pelas variações observadas;

Dentre os genótipos avaliados neste trabalho, IBP1_3, IBP2_24 e IBP2_70, se mostraram como possíveis fontes de resistência, sendo necessário novos trabalhos com repetições para comprovar essa hipótese.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aquije, G.M.F.V., Souza, A.P., Junghans, D.T., Cabral, J.R.S. (2010) Cell wall alterations in the leaves of fusariosis-resistant and susceptible pineapple cultivars. *Plant Cell Reports*, 29: 1109–1117.
- Andrade Neto, R.C., Nogueira, S.R., Capistrano, M.C., Oliveira, J.R., Almeida, U.O. (2016) Recomendações Técnicas para o Cultivo de Abacaxizeiro, cv. Rio Branco (BRS RBO). Embrapa Acre, Rio Branco, AC, 10 p.
- Barbosa Júnior, R., Silva, E.C.A., Gomes, L.H., Pereira, J.M. (2018) Alterações físico-químicas durante o amadurecimento de frutos de abacaxi 'Pérola'. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(3): 652–659.
- Bartholomew, D.P., Paull, R.E., Rohrbach, K.G. (2003). *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing.
- Bernardo, R. (2020) Breeding for quantitative traits in plants. Stemma Press, Woodbury, 3rd ed., 428 p.
- Bezerra, A.M., Borsato, D., Braga, C. da S., Queiroz, A.J. de. (2009) Modelagem e simulação da desidratação osmótica em pedaços de abacaxi utilizando o método de elementos finitos. *Química Nova*, São Paulo, 32(8): 2027–2032.

- Borges, R.M.E., Nascimento, J.A.S., Oliveira, A.C.S., Lima, L.A. (2009) Qualidade pós-colheita de abacaxis 'Pérola' cultivados em diferentes espaçamentos. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(1): 220–226.
- Brito, C.A.K., Oliveira, D., Gomes, C.F., Barbosa, C.F. (2007) Abacaxi IAC Gomo-de-mel (*Ananas comosus* (L.) Merrill): características da polpa e da peroxidase do suco. B. *CEPPA*, 25: 257–266.
- Brito, J.A. de, et al. (2020) Características morfoagronômicas das principais cultivares de abacaxizeiro exploradas comercialmente no Brasil. *Scientia Naturalis*, 2(2): e052.
- Cabral, J.R.S., Matos, A.P., Souza, F.V.D., Caldas, R.C. (1999) Melhoramento genético do abacaxizeiro: seleção de genótipos superiores e resistentes à fusariose. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 21(2): 133–137.
- Cabral, J.R.S., Junghans, D.T. (2003) Variedades de abacaxi. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Circular Técnica 63, 4 p.
- Cabral, J.R.S., Matos, A.P. (2005) Imperial, nova cultivar de abacaxi. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas.
- Cabral, J.R.S., Matos, A.P. (2008) BRS Ajubá, nova cultivar de abacaxi. Embrapa Mandioca e Fruticultura.
- Cabral, P.G.C., Souza, E.B., Ferreira, M.A.S.V., Ventura, J.A. (2015) Impacto da fusariose na produtividade do abacaxizeiro 'Pérola' no Espírito Santo. *Fitopatologia Brasileira*, 40(2): 145–150.
- Cadengue, H., Silva, J.A., Lima, M.C., Costa, R.M. (2017) Relação TSS/ATT em frutos de abacaxi 'Pérola'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(2): e-435.
- Cardoso, E.A., Souza, H.A., Dias, J.A., Nascimento, R.P. (2017) Crescimento, estado nutricional, produção e qualidade de infrutescências do abacaxizeiro 'Pérola' sob adubação nitrogenada e potássica. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(4): e-037.

- Carvalho, A.J.C., Freitas, M.S.M., Santos, P.C., Silva, M.P.S. (2019) Adubação e Nutrição Mineral (cap. 5). In: Santos, C.E.M., Borém, A. (Eds.), Abacaxi: do plantio à colheita. Viçosa (MG): Ed. UFV, pp. 74–92.
- Cerón-Rojas, J.J., Crossa, J. (2018) Linear selection indices in modern plant breeding. Springer, Cham, 216 p.
- Chawla, I., Singh, A., Sharma, R., Joshi, P.K. (2021) Climate change and abiotic stress: challenges and opportunities in agriculture. *Environmental Research*, 201: 111558.
- Chitarra, M.I.F.; Chitarra, A.B. (2005) Qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, p. 783
- Cohen, J. (1988) Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Collins, J.L. (1960) The pineapple, botany, cultivation and utilization. New York: Interscience Publishers, 244p.
- Coppens d'Eeckenbrugge, G., Leal, F., Duval, M.F. (1993) Morphological and enzymatic variability of pineapple germplasm. *Euphytica*, 71: 119–125.
- Coppens d'Eeckenbrugge, G., Leal, F., Duval, M.F. (1997) Germplasm resources of pineapple. *Horticultural Reviews*, 21: 133–175.
- Costa, R.C., Silva, J.L., Alves, A.A., Barros, P.V. (2013) Estudo da variabilidade genética em feijão-caupi por análise de componentes principais. *Bragantia*, 72(1): 21–28.
- Costa, H., Oliveira, S.A.S., Ventura, J.A., Pereira, C.S. (2021) Diversidade genética de *Fusarium guttiforme* em áreas produtoras de abacaxi. *Tropical Plant Pathology*, 46(1): 55–63.
- Companhia de entrepostos e armazéns gerais de São Paulo. Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura: Normas de classificação de abacaxi. São Paulo: CEAGESP, 2003.

- Cotias-de-Oliveira, A.L.P., Assis, J.G.A.D., Bellintani, M.C., Andrade, J.C.S., Guedes, M.L.S. (2000) **Chromosome numbers in Bromeliaceae**. *Genetics and Molecular Biology*, **23**(1): 173–177.
- Crestani, M., Barbieri, R.L., Hawerth, F.J., Carvalho, F.I.F., Oliveira, A.C. (2010) Das Américas para o Mundo: origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. *Ciência Rural*, 40: 1473–1483.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J., Carneiro, P.C.S. (2014) Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. Viçosa: Editora UFV, 3. ed., 668 p.
- Ctenas, F.P., Quast, D.G. (2000) Cultura do abacaxi: aspectos técnicos e econômicos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 22(2): 268–274.
- Cunha, G.A.P. (2007) Equipe técnica de abacaxi comemora 30 anos de atividades e realizações. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical (Documentos 170), 18p.
- Cunha, G.A.P. (2009) Fisiologia da floração do abacaxizeiro.
- Falconer, D.S., Mackay, T.F.C. (1996) Introduction to quantitative genetics. Longman, Harlow, 4th ed., 464 p.
- FAO (2025) FAOSTAT: Statistical database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat>
- FAO (2019) - organização das nações unidas para agricultura e alimentação. Production of pineapple: top 10 producers. Disponível em: <http://www.fao.org>.
- FAO (2022) - Food and Agriculture Organization - FAOSTAT Crops. Pineapples. Available at <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- Freitas, R. J. (2024) Avaliação do crescimento vegetativo da folha D e qualidade de frutos da cultivar 'BRS Imperial'. *Revista de Agronomia e Melhoramento*
- Glenn, A. E. (2007). Mycotoxigenic *Fusarium* species in animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 137, p. 213-240.

- Hale, L.P. (2004) Proteolytic activity and immunogenicity of oral bromelain within the gastrointestinal tract of mice. *International Immunopharmacology*, 4: 255–264.
- Hallauer, A.R., Carena, M.J., Miranda Filho, J.B. (2010) Quantitative genetics in maize breeding. Springer, New York, 3rd ed., 663 p.
- Hazel, L.N. (1943) The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, 28: 476–490.
- IAC - Instituto Agronômico de Campinas. (2010). São Paulo lança cultivar de abacaxi IAC Fantástico para substituir cultivares em uso no Brasil. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/conteúdo_noticias_pop.asp?id=606. Acesso em: 29 março 2024.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2023). Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA: Produção agrícola municipal. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 3 de março de 2024.
- Jacobs, A., Van Wyk, P.S., Marasas, W.F.O., Wingfield, B.D., Wingfield, M.J., Coutinho, T.A. (2010) *Fusarium ananatum* sp. nov. in the *Gibberella fujikuroi* species complex from pineapples with fruit rot in South Africa. *Fungal Biology*, 114(7): 515–527.
- Krause, W., Silva, D. C., Freitas, A. P. D., Arantes, D. S. O., Souza, R. N. D., Santos, E. A., Neves, L. G. (2025). Unemat Esmeralda: A new fusariosis-resistant spineless pineapple cultivar. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 25(1), e503925111.
- Kimati, H.; Amorim, L.; Rezende, J. A. M.; Bergamim filho, A.; Camargo, L. E. A. (2005). Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas (4. ed., v. 2). São Paulo: Agronômica Ceres. 663 p.
- Leal, F., Antoni, M.G. (1995) Variabilidade e domesticação do gênero *Ananas*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 17(1): 31–40.

- Leal, F., Coppens d'Eeckenbrugge, G. (1996) Pineapple. In: Janick, J.; Moore, J.N. (Eds.). *Fruit Breeding: Tree and Tropical Fruits*. New York: Wiley, cap. 9, p. 515–557.
- Leslie, J.F., Summerell, B.A. (2006) *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing, Ames.
- Lira Júnior, J., Viana, A.P., Almeida, A.M., Silva, F.L. (2023) Resistência de híbridos de abacaxi à fusariose. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 45(2): e-210.
- Lira Júnior, J.S., Silva, F.L., Viana, A.P., Almeida, A.M. (2021) Variation among pineapple half-sibs and selecting genitors based on potential genetic divergence.
- Manica, I. (1999) Abacaxi. Porto Alegre: Cinco Continentes, 501 p.
- MAPA. (2014) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Agrofit. Disponível em <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit>. Acesso 20 setembro 2023
- MAPA. (2023) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Agrofit. Disponível em https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons, Acesso 20 março 2025.
- Matos, A.P., Souto, S.M. (1984) Seleção de genótipos resistentes à fusariose em abacaxizeiro. *Fitopatologia Brasileira*, 9(3): 487–491.
- Matos, A.P., Junghans, D.T., Spironello, A. (2011) Variedades de abacaxi resistentes à fusariose.
- Matos, A.P., Souza, A.P., Silva, A.P.R., Junghans, D.T. (2006) A cultura do abacaxi.
- Matos, A.P., Costa, H., Oliveira, S.A.S., Pereira, C.S. (2020) Efeitos econômicos da fusariose do abacaxizeiro em polos produtores do Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 42(4): e873.
- Medina, J.C. (1978) Melhoramento do abacaxizeiro. Cruz das Almas: Embrapa/cnpmf

- Moura, R. D. (2017) Caracterização fenotípica de *Fusarium guttiforme* e *Fusarium ananatum* patógenos do abacaxizeiro.
- Nascente, A.S., Souza, E.R., Oliveira, M.D. (2005) Zoneamento edafoclimático para a cultura do abacaxi. Planaltina: Embrapa Cerrados.
- Nirenberg, H. I.; O'Donnell K. (1998) New *Fusarium* species and combinations within the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Mycologia*, 90: 434-458.
- Ogata, T., Yamanaka, S., Shoda, M., Urasaki, N., Yamamoto, T. (2016) Current status of tropical fruit breeding and genetics for three tropical fruit species cultivated in Japan: pineapple, mango, and papaya. *Breed Sci*, 66(1): 69–81.
- O'Donnell, K., Cigelnik, E., Nirenberg, H. I. (1998) Molecular systematics and phylogeography of the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Mycologia*, 90(3): 465-493.
- Oliveira, A. M. G., Junghans, D. T., Sasaki, F. F. C., Reinhardt, D. H. R. C., & Ledo, C. A. D. S. (2024). Behavior of fusarium-resistant pineapple hybrids in the extreme south of the state of Bahia, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 59, e03735.
- Pedreira, B.C., Souza, E.F., Nascimento, M.L., Silva, R.P. (2008) Análise de componentes principais em caracteres agronômicos de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 7(3): 245–256.
- R CORE TEAM. (2023) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.
- Ramos, M. J. M. (2006) Caracterização de sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro cultivar Imperial.
- Reinhardt, D.H.R.C., Cunha, G.A.P. (1993) Método de produção de mudas sadias de abacaxi. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Circular Técnica 9: 1–5.
- Reinhardt, D. H. R. C. et al. (2018) Avanços na propagação de abacaxi. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40: e-302.

- Resende, M. D. V. de. (2002) Software SELEGEN - REML/BLUP. Colombo: Embrapa Florestas (Documentos, 77), 67 p.
- Resende, M.D.V. (2016) *Software SELEGEN -REML/BLUP: Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos*. Embrapa Florestas, Colombo, 3rd ed., 305 p.
- Ribeiro, W. S. et al. (2011) Controle do fungo peduncular do abacaxi Pérola. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 13(1): 1-6.
- Rocha, J.R.A.S.C., Machado, J.C., Carneiro, P.C.S. (2018) Índice de seleção para resistência genética à ferrugem-asiática e rendimento de grãos de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53: 602–610.
- Rowan, A.D., Buttle, D.J., Barrett, A.J. (1990) The cysteine proteinases of the pineapple plant. *Biochemical Journal*, 266: 869–875.
- Santos, M.M., Lima, G.S., Teixeira, J.A. (2016) Sintomatologia e controle da fusariose do abacaxizeiro. *Revista Agropecuária Técnica*, 37(2): 43–5
- Sampaio, A.C., Fumis, T.F., Leonel, S. (2011) Crescimento vegetativo e características dos frutos de cinco cultivares de abacaxi na região de Bauru-SP. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 33(3): 833–840.
- Shoda, M., Urasaki, N., Sakiyama, S., Terakami, S., Hosaka, F., Shigeta, N., Nishitani, C., Yamamoto, T. (2012) DNA profiling of pineapple cultivars in Japan discriminated by SSR markers. *Breeding Science*, 62: 352–359.
- Simão, S. (1998) Fruticultura brasileira. São Paulo: Nobel, 793 p.
- Sipes, B.S., Matos, A.P. (2018) Manejo da fusariose em abacaxi: perspectivas e desafios. *Tropical Plant Pathology*, 43(3): 224–231.
- Silva, D. C., Krause, W., de Souza, R. N., Santos, E. A., de Araújo, D. V., Silva, C. A., Neves, L. G. (2025). 'Unemat Rubi', a new spineless pineapple cultivar and resistant to fusariosis for the international market. *Scientific Reports*, 15(1), 16622.

- Souza, F.V.D., Cabral, J.R.S., Cunha, G.A.P. (2007). Melhoramento genético do abacaxizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(3): 657–661.
- Souza, F.V.D. (2009) Evaluation of F1 hybrids between *Ananas comosus* var. *ananassoides* and *Ananas comosus* var. *erectifolius*. *Acta Horticulturae*, 822: 79–84.
- Teixeira, J.B. (2001) Produção de mudas de abacaxi de alta qualidade através de micropropagação. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 26 p.
- UNEMAT (2024) Unemat lança duas novas cultivares no Simpósio Brasileiro do Abacaxizeiro. Disponível em: <https://unemat.br/noticias/21-5-2024-unemat-lanca-dois-novos-cultivares-no-simposio-brasileiro-do-abacaxizeiro>
- Ventura, J.A. (2001) Taxonomia de *Fusarium* e seus segregados. Parte II – chaves para identificação. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, 8: 303–338.
- Ventura, J.A., Costa, H. (2010) Estratégias para o controle da fusariose do abacaxizeiro. *Tropical Plant Pathology*, 35: 104–107.
- Ventura, J.A., Costa, H., Caetano, L.C.S. (2009) Abacaxi 'Vitória': uma cultivar resistente à fusariose. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31: I–II.
- Ventura, J.A., Silva, L.L., Andrade, M.C. (2023) Caracterização socioeconômica da produção de abacaxi no Espírito Santo. Vitória: Incaper, 9 p.
- Ventura, J.A., Zambolim, L. (2002) Controle das doenças do abacaxizeiro. In: Zambolim, L., Vale, F.X.R., Monteiro, A.J.A., Costa, H. (Eds.), Controle de doenças de plantas: fruteiras. Viçosa: UFV, p. 445–509.
- Ventura, J.A., Costa, H., Oliveira, S.A.S., Lopes, J.R.S. (2015) Doenças do abacaxizeiro no Brasil e estratégias de manejo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(2): 376–385.
- Versieux, L.M., Wendt, T. (2007) Bromeliaceae diversity and conservation in Minas Gerais state, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 16(11): 2989–3009.

- Viana, E.S., Almeida, R.F., Carvalho, M.G., Lima, A.J. (2013) Caracterização físico-química de novos híbridos de abacaxi resistentes à fusariose. *Ciência Rural*, 43(6): 1155–1161.
- Zamperlini, N.C. (2010) Produção integrada de abacaxi: manejo do pomar e da colheita. Brasília: Embrapa Hortaliças, 56 p.