

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**SEVERIDADE DA PINTA PRETA (*Asperisporium caricae*)
E INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM GENÓTIPOS DE
MAMOEIRO**

Franklin Damasceno Carvalho

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
JANEIRO – 2023**

SEVERIDADE DA PINTA PRETA (*Asperisporium caricae*) E INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM GENÓTIPOS DE MAMOEIRO

Franklin Damasceno Carvalho
Bacharel em Engenharia Agrônômica, UESB, 2016

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Fitotecnia).

Orientador: Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva
Coorientadores: Prof. Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança
Dr. Leandro de Souza Rocha
Dra. Viviane Peixoto Borges

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
JANEIRO – 2023**

FICHA CATALOGRÁFICA

C331s	<p>Carvalho, Franklin Damasceno. Severidade da pinta preta (<i>Asperisporium caricae</i>) e indução de resistência em genótipos de mamoeiro / Franklin Damasceno Carvalho. _ Cruz das Almas, BA, 2023. 108f.; il.</p> <p>Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Doutorado em Ciências Agrárias.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva. Coorientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança. Coorientador: Dr. Leandro de Souza Rocha. Coorientadora: Dra. Viviane Peixoto Borges.</p> <p>1.Mamão – Cultivo. 2.Mamão – Doenças e pragas – Controle. 3.Melhoramento genético – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 634.1</p>
-------	---

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB. Responsável pela Elaboração Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**SEVERIDADE DA PINTA PRETA (*Asperisporium caricae*)
E INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM GENÓTIPOS DE
MAMOEIRO**

Comissão Examinadora da Defesa de Tese de

Franklin Damasceno Carvalho

Realizada em 27 de janeiro de 2023

Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Orientador

Prof. Dra. Ana Cristina Fermino Soares
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
Examinadora Interna

Dr. Paulo Ernesto Meissner Filho
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Externo

Dr. Tullio Raphael Pereira de Pádua
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Externo

Dr. Diego Fernando Marmolejo Cortés
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

Dedico,

À minha querida e amada mãe,
Dinair Damasceno dos Santos, meu
alicerce, presença essencial em minha
vida

À minha amada família,
por todo amor, carinho, apoio e
confiança

A todos que torceram por mim;

sem vocês essa etapa não seria
cumprida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por conceder-me o dom da vida, por me dar força e coragem para concluir mais essa etapa e por me conduzir e me iluminar sempre, em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, pela oportunidade concedida para a realização do curso de Doutorado.

À Embrapa Mandioca e Fruticultura, pela infraestrutura disponibilizada e por conceder as condições necessárias para a execução de todas as etapas do trabalho e pela oportunidade de aprendizado. Foi uma ótima experiência ter feito parte da unidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Sebastião de Oliveira e Silva, pela excelente orientação, amizade e principalmente, pelas contribuições à minha formação profissional, meus sinceros agradecimentos.

À minha coorientadora e companheira Dra. Viviane Peixoto Borges, pelo amor, carinho, cumplicidade e pelos valiosos ensinamentos. Por me orientar durante todo o trabalho e estar comigo durante toda essa caminhada, compartilhando lindos momentos e construindo uma vida juntos.

Ao meu coorientador Dr. Leandro de Souza Rocha, pela amizade e ensinamentos, por me orientar durante todo o trabalho e pela oportunidade de estágio no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança, pelos ensinamentos, por todo apoio e confiança depositados em mim.

À Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares, ao Dr. Paulo Ernesto Meissner Filho, ao Dr. Diego Fernando Marmolejo Cortés e ao Dr. Tullio Raphael Pereira de Pádua, por aceitarem fazer parte da banca de avaliação e pelas importantes contribuições para este trabalho.

Aos Professores, Secretaria, Colegiado e toda à equipe da Pós-Graduação em Ciências Agrárias da UFRB, pela troca de conhecimentos, por todo aprendizado e pelo suporte durante o período de curso.

À minha amada família, em especial minha Mãe Dinair, minha noiva Viviane, meus avós Vitória e Benvindo. Aos meus primos, que são verdadeiros irmãos, aos meus tios e tias, à meus afilhados, à meu enteado e aos meus sogros por todo amor, incentivo e confiança. Amo muito cada um de vocês!

À Equipe de Mamão da Embrapa, pela essencial ajuda na execução das atividades e pelo convívio agradável, em especial, Celeste, Sr. Pereira, Djalma, Filipe, Lucas, Karine e Rosane.

Ao Dr. Hermes Peixoto, a quem tenho grande admiração, um exemplo de profissional, pela amizade, bons conselhos e pelo enorme conhecimento transmitido.

À toda equipe de servidores da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em especial, Sr, Bizunga, Sr. João Vieira, Sr. Sinésio, Cata, Amadeu, pelo convívio, amizade e suporte na realização dos trabalhos.

À toda equipe do Laboratório de Fitopatologia da Embrapa pelo convívio diário e pelos bons momentos.

Aos amigos do curso de Ciências Agrárias e RGV, pelos estudos e bons momentos juntos. Adorei conhecer vocês.

À todos os amigos que dividiram essa trajetória comigo, aos amigos de toda a vida Caio, Bruno, Vítor, Ésio, Ednílson, Lucas, Filipe, sempre presentes, pela parceria, amizade e pelos momentos de muita alegria.

À todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho. Meus sinceros reconhecimentos.

MUITO OBRIGADO!!!!

EPÍGRAFE

“...Há que se cuidar da vida, há que se cuidar do mundo, tomar conta da amizade. Alegria e muito sonho, espalhados no caminho. Verdes, plantas, sentimento. Folha, coração, juventude e fé...” (Milton Nascimento)

SEVERIDADE DA PINTA PRETA (*Asperisporium caricae*) E INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM GENÓTIPOS DE MAMOEIRO

RESUMO GERAL

A pinta preta, causada por *Asperisporium caricae* é uma das principais doenças fúngicas da cultura do mamoeiro e provoca perdas na produção, principalmente por reduzir o valor comercial dos frutos. Este trabalho teve como objetivos avaliar a severidade da doença em folhas e frutos de mamoeiro em condições de campo, identificar e selecionar genótipos resistentes à pinta preta em casa de vegetação, além de verificar a eficiência de produtos indutores de resistência no controle de *A. caricae*. Foram avaliados genótipos pertencentes ao programa de melhoramento genético da Embrapa Mandioca e Fruticultura, local onde foram desenvolvidos os trabalhos. No primeiro estudo, avaliou-se a severidade e progresso da pinta preta em folhas e frutos de 43 genótipos de mamoeiro sob condições de ocorrência natural da doença, durante 140 dias. Posteriormente, 19 genótipos foram submetidos à inoculação artificial com *A. caricae* em casa de vegetação, visando selecionar aqueles com maior resistência à doença. A inoculação das plantas foi realizada via pulverização com suspensão de conídios de *A. caricae*, ajustada para 10^5 esporos mL^{-1} diretamente na face abaxial das folhas. Por fim, no terceiro experimento foi analisada a eficiência dos indutores de resistência Ecolife®, Biopiról®, Bion® e AgroMos® no controle da pinta preta, avaliando-se os híbridos L-78x131, L-78x154 e as cultivares BRS L78 e Grampola, selecionados no estudo anterior. Em todos os trabalhos, foram determinadas as variáveis: período de incubação, severidade, índice de doença e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Foi realizada análise de agrupamento, considerando a distância euclidiana média e o método UPGMA, visando elencar os genótipos de acordo com o nível de resistência apresentado. Para a avaliação em campo, os resultados indicaram que os híbridos L-78x131 e L-78x154 apresentaram maior resistência à doença, dentre os genótipos avaliados, devido à menor incidência dos sintomas nas folhas e frutos. Sob condição de inoculação do patógeno em casa de vegetação, os híbridos L-78x131 e L-78x154, juntamente com o acesso CMF011 foram considerados os mais resistentes à pinta preta. Em relação a eficiência dos indutores de resistência, todos promoveram atraso no processo de estabelecimento da doença, ao aumentar o período de incubação de *A. caricae* e, conseqüentemente, reduzir a severidade e a AACPD em relação à testemunha, porém somente o Bion® é capaz de induzir o mesmo nível de resistência à doença, independente do grau de suscetibilidade dos genótipos. As avaliações demonstram que nenhum genótipo apresenta resistência completa ao *A. caricae* sob as condições avaliadas, entretanto, os resultados permitem a identificação e seleção de materiais promissores, que podem ser utilizados em futuras etapas do melhoramento para resistência à pinta preta.

Palavras-chave: *Carica papaya* L., indutor de resistência, suscetibilidade, varíola do mamoeiro

BLACK SPOT SEVERITY (*Asperisporium caricae*) AND RESISTANCE INDUCTION IN PAPAYA GENOTYPES

GENERAL ABSTRACT

Black spot, caused by *Asperisporium caricae*, is the one of main papaya crop fungal diseases that cause production losses, mainly by reducing fruits commercial value. The objective of this work was to evaluate disease severity on papaya leaves and fruits under field conditions, to identify and select black spot resistant genotypes in greenhouse, in addition to verifying the resistance-inducing products efficiency in *A. caricae* control. Were evaluated papaya genotypes belonging to the genetic improvement program of Embrapa Cassava and Fruits, the same place where the works were conducted. In the first study, were evaluated the black spot severity and disease progress on leaves and fruits of 43 genotypes under natural occurrence conditions, during 140 days. Subsequently, 19 genotypes were submitted to *A. caricae* artificial inoculation in greenhouse, aiming to select those with greater resistance. The inoculation was carried out by spraying *A. caricae* conidia suspension, adjusted to 10^5 spores mL⁻¹ directly on leaves abaxial surface. Finally, in third experiment, was observed the resistance-inducers products Ecolife®, Biopiról®, Bion® and AgroMos® efficiency to black spot control, evaluating the hybrids L-78x131, L-78x154 and the cultivars BRS L78 and Grampola, selected in the previous study. In all studies, the following variables were determined: incubation period, severity, disease index and area under the disease progress curve (AUDPC). Clustering analysis was carried out, considering mean Euclidean distance and the UPGMA method, aiming to list the genotypes according to resistance level presented. In field evaluation, the results indicated that the hybrids L-78x131 and L-78x154 showed greater resistance to the disease, among the evaluated genotypes, due to lower symptoms incidence on leaves and fruits. Under inoculation of the pathogen in a greenhouse, the hybrids L-78x131 and L-78x154, together with the accession CMF011, were considered the most resistant to black spot. Regarding the resistance inducers efficiency, all promoted a delay in disease establishment process, by increasing the incubation period of *A. caricae* and, consequently, reducing severity and AUDPC in relation to the witness, but only Bion® is capable of inducing the same resistance level to disease, regardless the genotypes susceptibility degree. The evaluations demonstrate that no genotype presents complete resistance to *A. caricae* under evaluated conditions, however, the results allow the identification and selection of promising materials, which can be used in future stages of improvement for black spot resistance.

Keywords: *Carica papaya* L., resistance inducers, susceptibility, papaya pox.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - SEVERIDADE DA PINTA PRETA EM FOLHAS E FRUTOS DE GERMOPLASMA DE MAMOEIRO EM CONDIÇÕES DE CAMPO

Tabela 1 – Código local, instituição doadora e/ou local de coleta, país de origem e grupo heterótico dos acessos de mamoeiro avaliados do BAG-Mamão da Embrapa Mandioca e Fruticultura..... 42

Tabela 2 – Resumo da análise de variância de 43 genótipos de mamoeiro avaliados quanto a severidade da pinta preta: período de incubação foliar (PI), período de incubação de frutos (PIF), severidade da doença nas folhas (SEV) e severidade da doença nos frutos (SEVF)..... 46

CAPÍTULO 2 - SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MAMOEIRO PARA RESISTÊNCIA À PINTA PRETA (*Asperisporium caricae*)

Tabela 1 - Código local, instituição de origem, país e grupo heterótico dos genótipos do BAG-Mamão da Embrapa Mandioca e Fruticultura, avaliados quanto a resistência à pinta preta..... 67

Tabela 2 – Resumo do quadro da análise de variância para as variáveis período de incubação (PI), incidência (INC) e severidade (SEV) em 19 genótipos de mamoeiro inoculados com *Asperisporium caricae*..... 72

Tabela 3 - Valores médios para período de incubação, incidência e severidade da doença, em genótipos de mamoeiro inoculados com *Asperisporium caricae*¹..... 73

CAPÍTULO 3 - INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DA PINTA PRETA (*Asperisporium caricae*) DO MAMOEIRO

Tabela 1 - Indutores de resistência à pinta preta avaliados em genótipos de mamoeiro..... 91

Tabela 2 – Resumo do quadro da análise de variância para período de incubação (PI) e severidade (SEV) de *Asperisporium caricae* (pinta preta), em genótipos de mamoeiro submetidos à aplicação de indutores de resistência..... 94

Tabela 3 – Médias do período de incubação de *Asperisporium caricae* (pinta preta), em genótipos de mamoeiro tratados com indutores de resistência..... 95

Tabela 4 - Médias de severidade da pinta preta em genótipos de mamoeiro tratados com produtos indutores de resistência..... 96

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - SEVERIDADE DA PINTA PRETA EM FOLHAS E FRUTOS DE GERMOPLASMA DE MAMOEIRO EM CONDIÇÕES DE CAMPO

- Figura 1** – Escala de notas para avaliação da severidade da pinta preta em folhas de mamoeiro, adaptada de Barreto et al., (2011)..... 45
- Figura 2** – Escala de notas para avaliação da severidade da pinta preta ou varíola em frutos de mamoeiro, proposta por Vivas et al., (2010)..... 46
- Figura 3** – Período médio de incubação de *Asperisporium caricae* em folhas de genótipos de mamoeiro sob condições naturais de infecção, em Cruz das Almas – BA..... 47
- Figura 4** – Período médio de incubação de *Asperisporium caricae* em frutos de genótipos de mamoeiro sob condições naturais de infecção, em Cruz das Almas – BA..... 48
- Figura 5** – Severidade média de *Asperisporium caricae* em folhas de genótipos de mamoeiro sob condições naturais de infecção, em Cruz das Almas – BA..... 50
- Figura 6** – Médias de severidade da pinta preta em frutos de 43 genótipos de mamoeiro em condições naturais de infecção em Cruz das Almas – BA... 51
- Figura 7** – Dendrograma resultante da análise de 43 genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.), com base nos parâmetros de resistência à pinta preta: período de incubação, severidade, índice de doença e área abaixo da curva de progresso da doença de frutos e folhas, obtido pelo método de agrupamento UPGMA e utilizando a distância Euclidiana como medida de distância genética..... 53
- Figura 8** – Dados climáticos coletados durante o período de avaliação da severidade da pinta preta em genótipos de mamoeiro (abril/2019 a agosto/2019), em Cruz das Almas - BA. Fonte: Estação meteorológica da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)..... 56
- Figura 9** – Curvas de progresso da pinta preta para frutos (IDF) e folhas (ID) de genótipos de mamoeiro, obtidas com base em parâmetros de severidade, de acordo com o resultado do agrupamento em função dos diferentes níveis de resistência..... 57

CAPÍTULO 2 - SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MAMOEIRO PARA RESISTÊNCIA À PINTA PRETA (*Asperisporium caricae*)

- Figura 1** – Escala de notas para avaliação da severidade da pinta preta em folhas de mamoeiro, adaptada de Barreto et al., (2011)..... 69

Figura 2 – A: Sintomas iniciais da pinta preta (*Asperisporium caricae*) em folha de mamoeiro, apresentando pequenas manchas de aspecto aquoso; B: Folha afetada por lesões apresentando estruturas compactas, enegrecidas e pulverulentas..... 71

Figura 3 - Valores correspondentes a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da pinta preta (*Asperisporium caricae*) em genótipos de mamoeiro..... 75

Figura 4 – Dendrograma gerado pelo agrupamento UPGMA, construído com base na distância Euclidiana, a partir dos valores médios da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da pinta preta (*Asperisporium caricae*) em genótipos de mamoeiro..... 76

Figura 5 – Curvas de progresso da doença e áreas abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), calculadas a partir do índice de doença (ID) para sintomas externos da pinta preta do mamoeiro, mediante inoculação com *Asperisporium caricae*. A, B: Resistente; C, D: Moderadamente resistente..... 77

Figura 6 – Curvas de progresso da doença e áreas abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), calculadas a partir do índice de doença (ID) para sintomas externos da pinta preta do mamoeiro, mediante inoculação com *Asperisporium caricae*. A, B: Suscetível; C, D: Altamente suscetível..... 78

CAPÍTULO 3 - INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DA PINTA PRETA (*Asperisporium caricae*) DO MAMOEIRO

Figura 1 – Escala de notas para avaliação da severidade da pinta preta em folhas de mamoeiro, adaptada de Barreto et al., (2011)..... 93

Figura 2 – Curvas de progresso da doença pinta preta, calculadas a partir do índice de doença (ID) em genótipos de mamoeiro, submetidos à aplicação de indutores de resistência. A: Testemunha; B: Ecolife®; C: Biopiról®; D: Bion®; E: AgroMos®..... 100

Figura 3 – Valores correspondentes a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de genótipos de mamoeiro (G1: L-78x131, G2: L-78x154, G3: BRS L78 e G4: Grampola) tratados com indutores de resistência (I1: Testemunha, I2: Ecolife®, I3: Biopiról®, I4: Bion® e I5: AgroMos®)..... 102

SUMÁRIO

1.0	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
1.1	Aspectos gerais da cultura do mamoeiro.....	17
1.2	Melhoramento do mamoeiro para resistência à doenças.....	18
1.3	Pinta preta do mamoeiro (<i>Asperisporium caricae</i>).....	20
1.4	Indução de resistência em mamoeiro.....	24
2.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
CAPÍTULO 1 – SEVERIDADE DA PINTA PRETA EM FOLHAS E FRUTOS DE GERMOPLASMA DE MAMOEIRO EM CONDIÇÕES DE CAMPO.....		
	RESUMO.....	37
	ABSTRACT.....	38
1.0	INTRODUÇÃO.....	39
2.0	MATERIAL E MÉTODOS.....	40
2.1	Local de trabalho, seleção dos genótipos e condução do experimento...	41
2.2	Avaliação da severidade foliar.....	43
2.3	Avaliação da severidade de frutos.....	43
2.4	Delineamento e análise estatística.....	45
3.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.0	CONCLUSÕES.....	58
5.0	REFERÊNCIAS.....	58
CAPÍTULO 2 – SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MAMOEIRO PARA RESISTÊNCIA À PINTA PRETA (<i>Asperisporium caricae</i>).....		
	RESUMO.....	62
	ABSTRACT.....	63
1.0	INTRODUÇÃO.....	64
2.0	MATERIAL E MÉTODOS.....	65
2.1	Local de trabalho e material vegetal.....	66
2.2	Preparo das mudas.....	67
2.3	Coleta e isolamento de <i>Asperisporium caricae</i>	68
2.4	Preparo da suspensão de esporos e inoculação das plantas.....	68
2.5	Avaliação da incidência e severidade.....	69
2.6	Delineamento e análise estatística.....	70
3.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
4.0	CONCLUSÕES.....	80
5.0	REFERÊNCIAS.....	80
CAPÍTULO 3 - INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DA PINTA PRETA (<i>Asperisporium caricae</i>) DO MAMOEIRO.....		
	RESUMO.....	85
	ABSTRACT.....	86
1.0	INTRODUÇÃO.....	87
2.0	MATERIAL E MÉTODOS.....	88
2.1	Local de trabalho e material vegetal.....	89
2.2	Preparo das mudas.....	89

2.3	Tratamentos e aplicação dos indutores de resistência.....	90
2.4	Coleta e isolamento de <i>Asperisporium caricae</i>	91
2.5	Preparo da suspensão de esporos e inoculação das plantas.....	91
2.6	Avaliação da severidade.....	92
2.7	Delineamento e análise estatística.....	94
3.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO	94
4.0	CONCLUSÕES	102
5.0	REFERÊNCIAS	103

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Aspectos gerais da cultura do mamoeiro

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma das principais fruteiras tropicais cultivadas no mundo, sendo seu cultivo predominante em regiões tropicais e subtropicais. O centro de diversidade genética está localizado no continente americano, mais especificamente na América Central e Bacia Amazônica superior (BADILLO, 2000). Essa planta pertence à família *Caricaceae* que apresenta 35 espécies, divididas em seis gêneros: *Jacaratia* (sete espécies), *Jarilla* (três espécies), *Cylicomorpha* (duas espécies), *Horovitzia* (uma espécie) e *Carica* que foi subdividido em dois novos gêneros, *Vasconcellea* (21 espécies) e *Carica* (uma espécie, a única explorada comercialmente) (LORENCE e TORRES, 1988; TRINDADE, 2000; BADILLO, 2002; VAN DROOGENBROECK et al., 2002). Os gêneros *Carica* e *Vasconcellea* são diploides e todas as suas espécies tem 18 cromossomos (Damasceno Junior et al., 2010).

A produção mundial de mamão em 2021 foi de 14.097.721 milhões de toneladas, sendo a Índia o principal país produtor (5,56 milhões de toneladas), seguidos pelo Brasil (1,256), Indonésia (1,168) e República Dominicana (1,156). O mamoeiro é uma fruteira importante no Brasil, com 28.495 hectares de área colhidos e um rendimento de 44,1 t. ha⁻¹ do fruto em 2021 (FAO, 2022). A exportação brasileira de mamão é feita principalmente, para o mercado europeu, que importa 89% do volume comercializado pelo Brasil. No ano de 2021, mesmo num cenário dificultado pela pandemia do Covid-19, o valor das exportações atingiu 22,4 mil toneladas de janeiro a junho, 24% superior comparado ao mesmo período dos dois últimos anos (HF BRASIL, 2022).

Cerca de 68% da produção nacional concentra-se nos estados do Espírito Santo e Bahia, que são os maiores produtores da fruta, seguidos por Ceará e Rio Grande do Norte (IBGE-PAM, 2022). Entretanto, nos anos 80 os estados do Pará e São Paulo eram os principais produtores, com participação acima de 50%, porém o surgimento de doenças nas lavouras obrigaram a mudança de local dos cultivos e a cultura do mamoeiro passou a ter um caráter itinerante (RUGGIERO et al., 2011). A cultura é adaptada à região Nordeste do país onde segundo Santos et al. (2015), os cultivos estão cada vez mais presentes nos polos frutícolas, possuindo

também grande relevância na economia regional, na qual contribui nos aspectos sociais e econômicos, ao proporcionar empregos e renda (SANTOS et al., 2015); DINIZ et al., 2018). Isso devido a ter produção constante durante o ano, além da necessidade de remoção com renovação dos pomares, conseqüentemente, com uso de mão-de-obra (LIMA et al., 2007; SÁ et al., 2013).

No entanto, a produção nacional se concentra basicamente no cultivo de poucas cultivares, que por sua vez se dividem em dois grupos heteróticos, Solo e Formosa. As variedades do grupo Solo são linhagens geneticamente uniformes, fixadas por várias gerações de autofecundação. Essas variedades são exploradas em várias regiões do mundo, por produzirem frutos com preferência na exportação, por ter polpa avermelhada, de tamanho pequeno, com peso variável de peso médio de 0,5 kg e são comercialmente conhecidas como mamão papaya ou Havaí (DANTAS; OLIVEIRA, 2009). Os materiais do grupo Formosa são híbridos comerciais, com frutos de polpa avermelhada e de maior tamanho, que pesam em média acima de >1,0 kg, sendo o mais conhecido o híbrido Tainung 01 (SERRANO e CATTANEO, 2010; LUZ et al., 2015).

O mamoeiro apresenta boa aplicabilidade nas mais variadas indústrias, como alimentícia, têxtil, farmacêutica e cosmética. As folhas e frutos verdes contém uma enzima chamada papaína que é encontrada no látex leitoso presente na planta. A papaína apresenta diversos usos em bebidas, alimentos e produtos farmacêuticos, podendo ser incluído na produção de amaciante de carnes, drogas para tratamento de doenças e feridas, nos processos de amolecimento de seda e lã e na indústria de cosméticos. As propriedades nutricionais do fruto merecem destaque pelos aspectos altamente benéficas à saúde humana, além do sabor agradável, baixa acidez, vitamina C e bom teor de açúcares, características que fazem do mamão um fruto muito apreciado pelos consumidores, sobretudo quando o consumo é in natura, ou minimamente processado (CARDAMONE et al., 2015; LIMA et al., 2018).

1.2. Melhoramento do mamoeiro para resistência à doenças

A qualidade do mamão produzido nas principais regiões produtoras do país e do mundo é severamente comprometida por problemas fitossanitários (COSMI et

al., 2017). A cultura de mamão pode ser afetada por vários tipos de doenças. As viroses podem levar à destruição total das plantações e chegam a provocar mudanças constantes das zonas produtoras, fazendo com que cada vez mais, regiões de cultivo sejam abandonadas. As principais viroses são a mancha anelar, causada pelo *Papaya ringspot virus* (PRSV) e a meleira causada pelo *Papaya meleira virus* (PMeV) (LIMA et al., 2001; MEISSNER FILHO et al., 2018). Entre as doenças de origem fúngica, a varíola ou pinta preta (*Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl.), a podridão do pé e dos frutos (*Phytophthora palmivora* (Butler) Butler) e a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz), causam grandes prejuízos no mamoeiro, além de imporem restrições à exportação de frutos *in natura* com a redução da remuneração no mercado interno (QUIROZ et al., 2013; VENTURA; REZENDE, 2016).

Por estar fundamentada no plantio de poucas cultivares, a cultura do mamoeiro apresenta grande suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças, que reduzem a qualidade de frutos produzidos. Os programas de melhoramento genético têm como objetivo o desenvolvimento de novas variedades que supram as demandas do mercado para um produto de excelência com menor custo na aquisição de sementes, maior produtividade, melhoria na qualidade e no aspecto da fruta, com redução dos custos de produção e garantia de maior competitividade (DANTAS; OLIVEIRA, 2009; DANTAS et al., 2011). Hoje no Brasil, a Embrapa Mandioca e Fruticultura em Cruz das Almas - BA, o Incaper (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural) em Linhares - ES e a UENF (Universidade Estadual do Norte Fluminense) em Campos dos Goytacazes - RJ, são as instituições que estão à frente do melhoramento genético do mamoeiro.

Resultados satisfatórios já foram alcançados pela UENF com o lançamento de 21 híbridos, e pela Embrapa com a seleção de linhagens e híbridos promissores, que apresentam excelentes características sensoriais, aliado às aparências interna e externa de fruto. Em virtude disso, estes genótipos podem ser inseridos no mercado, com perspectivas de sucesso, agregando valor ao produto no mercado produtor e consumidor, com novas opções em termos de tamanho, qualidade e rendimento de frutos (CARVALHO, 2015; DANTAS et al., 2015; PEREIRA et al., 2018).

Atualmente, existem no Brasil 58 cultivares de mamoeiro, entre cultivares e híbridos, devidamente registradas, porém nenhuma dessas apresenta resistência

à pinta-preta (MAPA, 2021). Deste modo, a busca por variedades resistentes à essa doença é de grande importância para a sustentabilidade e aumento da competitividade do agronegócio do mamão, que atualmente é dependente da aplicação de agroquímicos que causam reflexos negativos para a saúde humana e o ambiente (PEREIRA et al., 2018). Soma-se a isso, a grande exigência dos mercados internacionais, tanto pela qualidade dos frutos, quanto redução do uso de fungicidas, inseticidas e acaricidas.

1.3. Pinta preta do mamoeiro (*Asperisporium caricae*)

A varíola ou pinta preta é considerada uma das doenças fúngicas foliares mais comuns e danosas na cultura do mamoeiro e causa significativas perdas econômicas (VIVAS et al., 2015; VENTURA e REZENDE, 2016). Essa doença é provocada pelo fungo anamórfico *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl, que ataca especificamente espécies do gênero *Carica*, apresentando-se como um dos mais importantes causadores de doenças foliares no mamoeiro, estando presente em áreas cultivadas em todo o mundo (NISHIJIMA, 1994; SANTOS FILHO et al., 2007).

Asperisporium caricae pertence ao Reino *Fungi*, ao Filo *Ascomycota*, à Classe *Dothideomycetes*, à Subclasse *Dothideomycetidae*, à Ordem *Capnodiales* e à Família *Mycosphaerellaceae* (SPECIES FUNGORUM, 2020). Alguns aspectos relacionados à classificação taxonômica do gênero *Asperisporium* são controversos, tais como a comprovação de que o fungo *Mycosphaerella caricae* Syd. & P.Syd é sua fase teleomorfa ou perfeita. De acordo com Silva et al. (2010), *A. caricae* não é anamorfo de *M.caricae*, e sim correspondem a espécies distintas.

A descrição morfológica de *Asperisporium caricae* foi baseada na presença de esporodóquios e conídios. O fungo apresenta esporodóquios subcuticulares ou intra-epidérmicos, marrom escuro a preto escuro, com 40-120 µm de diâmetro com estroma (massa de hifas) bem desenvolvido que se rompe através da epiderme e produz conidióforos curtos agrupados em feixes. Os conidióforos são densamente fasciculados, simples, retos ou curvos, se agrupam estreitamente e cobrem a superfície do estroma, geralmente não ramificado, de coloração marrom hialino a oliváceo, com várias cicatrizes conidiais proeminentes no ápice, com 45-69 µm de comprimento e 6-9 µm de largura. Suas células conidiogênicas são poliblasticas

com cicatrizes espessadas e escurecidas. Os esporos ou conídios são solitários, elipsoidais, piriformes ou ovóides, arredondados em sua parte superior e truncados em sua extremidade basal. Estes são septados quando maduros, hialino a castanho claro médio, bicelulares e verrugosos, com dimensões 12-28 μm x 7-14 μm (MAUBLANC, 1913; ELLIS e HOLLIDAY, 1972; KOBAYASHI et al., 1998; SHANTAMMA et al., 2018).

A primeira descrição da doença no Brasil foi realizada por Maublanc (1913) no estado do Rio de Janeiro, onde ocorreram relatos de plantas de mamão infectadas por esse fungo e a doença ficou conhecida como pinta preta. Desde então, sua ocorrência tem sido descrita em vários estados como Espírito Santo, São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Rio Grande do Norte e Amazonas (SILVA, 2010; SOUZA et al., 2014). Atualmente, este fungo está distribuído em praticamente todas as regiões brasileiras que cultivam o mamoeiro, causando perdas qualitativas e quantitativas à produção e sérios prejuízos aos produtores (SANTOS et al., 2019).

Os sintomas da doença podem ser observados tanto nas folhas, quanto nos frutos. As folhas quando infectadas, apresentam na face superior manchas pequenas, circulares, de aparência pardo-clara, circundadas por um halo amarelado com 3-4 mm de diâmetro, que com o passar do tempo tornam-se necróticas. Na região correspondente à lesão na face abaxial da folha, o fungo desenvolve frutificações pulverulentas, circulares e levemente angulosas, que vão contaminar as folhas superiores e os frutos, mais próximos (BARRETO et al., 2011; VENTURA e REZENDE, 2016). O desenvolvimento da planta é prejudicado quando ocorre elevada severidade da doença nas folhas novas, devido ao fato da eficiência fotossintética ser comprometida (VIVAS et al., 2012). Plantas afetadas pelo *A. caricae* podem perder de 50% a 60% de suas folhas maduras em um período de dois a três meses, e a ocorrência da doença em frutos pode atingir quase 100% (LIBERATO e ZAMBOLIM, 2002).

Nos frutos novos, os sintomas se manifestam inicialmente como áreas circulares apresentando encharcamento dos tecidos, na sua maioria com um ponto esbranquiçado no centro. Com o decorrer do tempo as manchas tornam-se salientes e de cor marrom a negra, tomando o aspecto de pústulas salientes semelhantes às da folha e que lembram as pústulas da varíola humana, de onde o nome da doença surgiu. À medida em que os frutos se desenvolvem, observam-se também as manchas, de cor escura e pulverulenta, chegando a atingir um diâmetro

de 5 mm. Em condições favoráveis ao patógeno há esporulação sobre as manchas dos frutos (VENTURA e REZENDE, 2016).

Essas manchas se limitam às camadas mais externas do fruto, causando o endurecimento da casca na parte afetada e não atingem a polpa. Como consequência, devido ao mau aspecto conferido, a doença deprecia o valor e a qualidade comercial do fruto no mercado constituindo-se como um dos mais sérios problemas dessa fruteira (VIVAS et al., 2012).

Outro fator que merece destaque, é que apesar das lesões não ocasionarem danos internos aos frutos, podem servir como porta de entrada para outros patógenos como *Phomopsis* sp. e *Colletotrichum gloeosporioides*, causadores da podridão aquosa e da antracnose em frutos de mamão (VENTURA et al., 2004; OLIVEIRA, 2005; DIANESE et al. 2007). A antracnose tem ocorrência bastante comum e causa nos frutos lesões aprofundadas que evoluem para uma podridão mole, recobertas pelo micélio do fungo (DANTAS et al., 2018).

A ocorrência da pinta preta tem causado cada vez mais danos em pomares comerciais de mamoeiro no Brasil, devido às fontes de inóculo, a fácil disseminação do patógeno nas áreas de produção e pelas perdas que podem ocasionar às lavouras. A grande frequência com que a doença é encontrada no campo sugere que o fungo não tem problemas de sobrevivência, provavelmente porque o mamoeiro apresenta folhas suscetíveis durante todo o ano e os esporos são facilmente disseminados pelo vento a longas distâncias. Dentro do campo os respingos de chuva e a água de orvalho contribuem para a disseminação do fungo (REZENDE et al., 2005). O nível de incidência da doença é marcadamente mais elevado durante épocas chuvosas ou quando há aumento da umidade relativa do ar, prolongando o período de molhamento de folhas e frutos, favorecendo o processo de infecção. As condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento da pinta preta são temperaturas na faixa de 25 a 30° C e umidade relativa entre 80 a 100% (SUZUKI et al., 2007; MARTELLETO et al., 2009).

Para o controle da doença, os principais métodos recomendados consistem na retirada das folhas e frutos doentes do pomar para reduzir a fonte de inóculo, e na aplicação de fungicidas protetores ou sistêmicos (REZENDE et al., 2016). Dependendo das condições climáticas e da região em que o plantio está inserido, são exigidas, normalmente, aplicações semanais de fungicidas para um controle eficiente da doença, o que gera uma maior ação residual de agrotóxicos. O uso de

defensivos, além de ser oneroso, pode causar danos ao meio ambiente e ao ser humano e, a depender da quantidade de resíduos no fruto, a comercialização no país e sua exportação poderão ser inviabilizadas (MORAES, 2018). As pulverizações podem ser diminuídas se forem realizados monitoramento e aplicações somente em épocas favoráveis, com base nos dados climáticos (SANTOS FILHO et al., 2007).

Tendo em vista os problemas causados por fungicidas nas plantações de mamoeiro, buscam-se estratégias alternativas de controle da pinta-preta. Entre estas, podemos citar o uso de produtos indutores de resistência (OLIVEIRA e NISHIJIMA 2014, SANTOS et al. 2017) e a utilização de fungos hiperparasitas como agentes de controle biológico, como o fungo *Hansfordia pulvinata* (= *Dicyma pulvinata*) (Berk. & M.A. Curtis) S. Hughes], que no Brasil já foi estudado para o controle do mal-das-folhas da seringueira, causado por *Microcyclus ulei* (Hennings), com resultados promissores (JUNQUEIRA e GASPAROTTO, 1991; VIVAS et al., 2015).

A utilização de genótipos resistentes seria a forma mais eficiente e desejada para o controle dessa doença, pois é uma tecnologia de fácil adoção por parte dos agricultores e sem impactos ao meio ambiente e à saúde humana (VIVAS et al., 2015). No entanto, não existem relatos de genótipos de mamoeiro imunes à pinta preta, e esta vulnerabilidade à doença ocorre em razão da baixa variabilidade genética dos materiais cultivados e da continuidade temporal e espacial dos plantios (MORAES et al., 2011). Apesar disso, alguns trabalhos comprovam a existência de variabilidade genética quanto à resistência para esta doença (SANTOS e BARRETO, 2003; DIANESE et al., 2007; VIVAS et al., 2011; VIVAS et al., 2012; VIVAS et al., 2013).

A caracterização e avaliação de germoplasma de mamoeiro é de fundamental importância para a sustentabilidade da cultura, pois podem proporcionar a identificação de genótipos superiores, além de ofertar materiais adequados para programas de melhoramento genético (DANTAS et al., 2012; MORAES et al., 2019). O conhecimento da variabilidade genética e virulência do patógeno bem como das reações dos genótipos de mamoeiro frente à inoculação por diferentes isolados é também de grande relevância para definir a melhor estratégia de melhoramento, visando a obter variedades com resistência durável (OLIVEIRA, 2015).

1.4. Indução de resistência em mamoeiro

A aplicação de fungicidas ainda é a principal forma de combate às doenças, sendo o mamoeiro altamente dependente do controle químico para garantir uma produção rentável. De acordo com Agrofit (2020), existem 59 produtos comerciais registrados para combater a pinta preta no mamoeiro, e embora exista grande quantidade de fungicidas disponíveis, o controle sustentável da doença ainda é um desafio a ser superado, uma vez que os métodos alternativos não são absolutamente eficazes (SANTOS et al., 2017).

Para a cultura do mamoeiro, e outras várias, a problemática em torno do uso de indutores de resistência como medida alternativa para o controle de doenças é a mesma do controle biológico. Tendo em vista, a dificuldade em controlar a pinta preta do mamoeiro, sobretudo em sistemas orgânicos, somada à crescente demanda dos mercados por insumos menos tóxicos e juntamente com os problemas causados pelos fungicidas nas plantações de mamão, se reforçam e justificam a busca de novas estratégias de controle e entre os quais está o uso de produtos indutores de resistência (OLIVEIRA e NISHIJIMA 2014, SANTOS et al. 2017).

Os indutores de resistência vêm se destacando por apresentarem eficiência no controle de doenças em várias culturas, por intensificar nas plantas uma reação de ativação de seus mecanismos de defesa antes mesmo da chegada do invasor, o que possibilita combater um amplo espectro de patógenos, dentre eles bactérias e fungos. Além disso, alguns destes produtos são praticamente atóxicos, não apresentam riscos à saúde do homem e não deixam resíduos que possam prejudicar o meio ambiente (RESENDE et al., 2007). Por outro lado, existem indutores que possuem potencial de riscos ambientais, como é o caso do Bion®, que pertence à classe III, sendo um produto perigoso ao meio ambiente, embora seja improvável que provoque danos agudos à saúde humana.

De acordo com Santos et al. (2017), a resistência induzida tem grande potencial para uso no controle de doenças de plantas. O mecanismo de indução de resistência ou elicitação é representado pela ativação e amplificação de vários processos bioquímicos que ocorrem em células e tecidos da planta, como aumento da síntese de enzimas, proteínas relacionadas à patogênese ou ainda produção de

barreiras estruturais e reação de hipersensibilidade. Essas substâncias eliciadoras ou elicitoras são tóxicas para o patógeno, capazes de degradar a parede celular de microrganismos e criam condições que inibem o desenvolvimento da doença na planta (HAMMERSCHMIDT, 1999; AGRIOS, 2005; BONALDO et al., 2005).

Em mamoeiro, a indução de resistência tem sido cada vez mais estudada em razão da importância de um controle alternativo para as doenças em campo. Entre os trabalhos acerca dos indutores, se destaca principalmente o uso do acibenzolar-S methyl (ASM), produto sintético derivado do ácido acetil salicílico (AAS) comercializado no Brasil com o nome de Bion®, registrado pela Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, usado em várias culturas e considerado ativador de plantas por possuir propriedades de elicitar respostas de resistência em plantas contra um amplo espectro de patógenos (RESENDE et al., 2007).

A eficácia do ASM tem sido estudada em mamoeiro para o controle de várias doenças como é o caso da podridão causada por *Phytophthora palmivora* (DIANESE et al. 2007; TAVARES, 2009). Estes autores observaram um estímulo à produção e acúmulo de fitoalexinas em mamoeiro, que por sua vez reduziu os índices de infecção pela doença. Nascimento et al., (2009) ao avaliarem o controle de doenças do mamoeiro sob condições controladas, comprovaram que ASM (Bion®) pode controlar antracnose em frutos e folhas, visto que, as plantas tratadas apresentaram menor severidade da doença, além de manter também um eficiente controle da podridão peduncular em frutos. Nas doenças foliares como é o caso da pinta preta, existem vários estudos com o uso do ASM. Oliveira e Nishijima (2014) concluíram que a substância induz resistência parcial ao mamão contra a pinta preta e pode ser uma opção para o controle da doença. Santos (2013) também verificou maior índice de redução da pinta preta nas folhas e nos frutos, além da mancha de phoma (*Phoma caricae-papayae*), e observou ainda, um incremento na firmeza da polpa dos frutos dos genótipos “Golden” e “Tainung”. Santos et al. (2017), comprovaram que a proteção dos genótipos de mamoeiro pulverizados com ASM/Bion® foi mais efetiva em genótipos mais resistentes, havendo assim um efeito sinérgico da resistência do genótipo com o produto testado para controle de pinta preta.

Indutores de resistência podem também ser produtos naturais, a exemplo do Ecolife®, produzido pela QUINABRA - Química Natural Brasileira Ltda, que tem sido relatado como uma alternativa para o controle de doenças, recomendado para

a agricultura orgânica devido aos seus resultados satisfatórios na proteção contra doenças. É composto por polifenóis, bioflavonóides, fitoalexinas e ácidos orgânicos diluídos, capazes de estimular as plantas a produzirem seus próprios mecanismos de resistência (DANTAS et al., 2004; CIA, 2005; NASCIMENTO et al., 2008). Esses autores observaram reduções na ocorrência e severidade de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamoeiro. Demartelaere et al. (2017) também relataram que a aplicação de Ecolife® além de reduzir a antracnose nas plantas de mamão, não altera a aparência dos frutos e preserva a qualidade na pós-colheita e, portanto, pode ser utilizado como uma alternativa ao controle convencional com fungicidas.

O uso de produtos à base de fosfitos para controlar doenças na cultura do mamoeiro também é uma importante medida alternativa a se considerar. São produtos líquidos originados da neutralização do ácido fosforoso (H_3PO_3) por uma base. Possuem alto grau de solubilidade e mobilidade, por isso são rapidamente absorvidos pelas plantas, deslocando-se através das membranas nas folhas e nas raízes. Além do controle de doenças os fosfitos podem melhorar o estado nutricional das plantas, fornecendo nutrientes como fósforo e potássio (TERRA, 2009).

Segundo Fenn e Coffey (1989); Reuveni (1997), os fosfitos possuem propriedade antifúngica e atuam diretamente sobre os fungos ou ativam mecanismos de defesa das plantas, em especial o estímulo à síntese de substâncias naturais de autodefesa, como as fitoalexinas, que protegem as plantas do ataque de fungos. A maioria das fitoalexinas são tóxicas à diversos organismos fitopatogênicos, assim como foi verificado nos trabalhos de Dianese et al. (2007); Dianese et al. (2009) com a aplicação de fosfitos, nos quais se observou um estímulo à produção e acúmulo de fitoalexinas em mamoeiro, que por sua vez reduziu os índices de infecção pela podridão causada pelo patógeno *Phytophthora palmivora*. Em outro estudo, Dianese et al (2008) testaram produtos à base de fosfitos em folhas de mamoeiro em telados e em condições de campo, com plantas naturalmente infectadas por *A. caricae* e relataram que sob as duas condições, os tratamentos contendo fosfito reduziram a severidade da doença. Outros exemplos comprovados de eficácia no uso dos fosfitos são relatados por Lopes (2008); Demartelaere et al. (2017) que observaram redução em lesões de antracnose causada por *C. gloeosporioides* em folhas e frutos tratados com fosfito de potássio.

Um outro exemplo de indutor de resistência é o extrato pirolenhoso, um

produto natural, orgânico, obtido por meio da condensação da fumaça liberada no processo de carbonização da madeira para produção de carvão. É composto pelos ácidos pirolenhoso, acético e fórmico, além de metanol e alcatrão solúvel, e outros constituintes menores como, compostos fenólicos, ácidos, componentes neutros, álcoois e micronutrientes, sendo que a maior parte é constituída por água (85%) (PORTO et al. 2007).

De forma semelhante aos fosfitos, sua aplicação induz a síntese de fitoalexinas por parte dos hospedeiros, e seu potencial para o controle de pragas e doenças em diversas culturas tem sido relatado na literatura, a exemplo da cana-de-açúcar, olerícolas e citros (CORBANI, 2008), em pimenteira (SILVA et al., 2011) e em sorgo (MELO et al., 2016).

Além de induzir resistência à patógenos de algumas culturas, o extrato pirolenhoso é capaz de fornecer às plantas diversos tipos de compostos, dentre os quais, pode-se destacar os componentes fenólicos, ácidos, especialmente o acético, álcoois e outros. Estes compostos interagem sinergicamente, ajudando no crescimento e desenvolvimento de mudas e na germinação de sementes (CUANDRA et al., 2000; PORTO et al., 2007). No mamoeiro, a aplicação do extrato pirolenhoso se mostrou eficiente na redução de lesões causadas pela antracnose na pós-colheita, porém ainda não há evidências da sua utilização no controle de *A. caricae* (RIBEIRO, SERRA; ARAÚJO, 2016).

Apesar dos esforços empregados no desenvolvimento de métodos alternativos de controle da pinta preta do mamoeiro, sabe-se que nenhum produto induz resistência total na planta e também não há cultivares resistentes à doença, no entanto, acredita-se que o uso de mais de uma técnica de controle pode maximizar a redução dos danos causados pelo fungo *Asperisporium caricae* agente causal da pinta preta na cultura do mamoeiro (VIVAS et al., 2020).

Assim sendo, esse estudo foi desenvolvido com objetivo de avaliar a severidade e o progresso da pinta preta em folhas e frutos de genótipos pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Mandioca e Fruticultura em condições de campo, identificar e selecionar genótipos quanto à resistência à pinta preta em casa de vegetação, e avaliar a eficiência de indutores de resistência no controle da doença.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIKARAM, N.K. B.; WIJAPALA, M. Asperisporium black spot in Carica papaya: a new disease in Sri Lanka. **Journal of the National Science Council of Sri Lanka**, Colombo, v.23, n.4, p.213-219, 1995.
- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5th ed. San Diego: Academic Press, 2005. 922 p.
- AGROFIT. Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. 2020. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 30 jun. 2020.
- BADILLO, V. M. *Carica* L. vs. *Vasconcella* St. Hil. (*Caricaceae*): con la rehabilitacion de este ultimo. **Ernstia**, v.10, p.74-79, 2000.
- BADILLO, V. M. *Carica* L. vs. *Vasconcella* St. Hil. (*Caricaceae*): con la rehabilitacion de este ultimo. **Ernstia**, v.10, p.70-72, 2002.
- BARRETO, L. F.; SAVAN, P. A. L.; LIMA, L. L. de; LODO, B. N. Avaliação de fungicidas no controle de *Asperisporium caricae* na cultura do mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, p.399-403, Outubro 2011.
- BONALDO, S.M.; PASCHOLATI, S.F.; ROMEIRO, R.S. Indução de resistência: noções básicas e perspectivas. In: CAVALCANTI, L.S.; DI PIERO, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. (Ed.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, cap.1. p.11-28, 2005.
- CARDAMONE, C.; ALEO, A.; MAMMINA, C.; OLIVERI, G.; DI NOTO, A. M. Assessment of the microbiological quality of fresh produce on sale in Sicily, Italy: preliminary results. **Journal of Biological Research-Thessaloniki**, v.22 n.1, p.1-6, 2015.
- CARVALHO, E. M. L. **Novos genótipos de mamoeiro com adaptação ao Recôncavo e Extremo Sul Baiano**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia: Cruz das Almas, 104 p. 2015.
- CIA, P. **Avaliação de agentes bióticos e abióticos na indução de resistência e no controle pós-colheita de antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em mamão (*Carica papaya*)**. Tese (Doutorado). ESALQ. 197p. 2005.
- CORBANI, R. Z. **Estudo do extrato pirolenhoso Biopirrol® no manejo de nematoides em cana-de-açúcar, olerícolas e citros, em diferentes ambientes**. 2008. 55f. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- COSMI, F. C.; ALVES, K. S.; MORAES, W. B.; VENTURA, J. A.; MORAES, S. P. C. B.; MORAES, W. B.; JESUS JÚNIOR, W. C. Análise epidemiológica da evolução

temporal da meleira do mamoeiro. **Summa Phytopathologica**, v.43, n.4, p.303-309, 2017.

COSTA, A. F. S.; PACOVA, B. E. V. Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: MARTINS, D. S.; COSTA, A. F. S. (Ed.). **A cultura do mamão: tecnologia e produção**. Vitória-ES: INCAPER, 2003. cap. 3, p.59-102.

CUANDRA, R.; CRUZ, X.; PEREIRA, E.; MARTIN, E.; DIAZ, A. Alguns compuestos naturales com efecto nematocida. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana, v.24, n.15, p.31-37, 2000.

DALLAGNOL, L. J.; ARAUJO FILHO, J. V. Resistência genética de plantas a patógenos. **Pelotas: UFPel**, 437p., 2018.

DAMASCENO JUNIOR, P. C. et al. Meiotic behavior of *Carica papaya* and *Vasconcellea monoica*. **Caryologia**, v.63, p.229-236, 2010.

DANTAS, S.A.F.; OLIVEIRA, S.M.A.; BEZERRA NETO, E.; COELHO, R.S.B.; SILVA, R.L.X. Indutores de resistência na proteção do mamão contra podridões pós- colheita. **Summa Phytopathologica**, v.30, n.3, p.314-319, 2004.

DANTAS, A. M. de M.; NASCIMENTO, S. R. de C.; DA CRUZ, B. L. S.; SILVA, F. H. A. da; AMBRÓSIO, M. M. Q.; SENHOR, R. F. Alternative control of post-harvest diseases in Tainung 1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.48, n.1, p.29-35, Jan/Mar, 2018.

DANTAS, J. L. L.; LUCENA, R. S.; VILAS BOAS, S. A. Avaliação agrônômica de linhagens e híbridos de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v.37, n.1, p.138-148, Março 2015.

DANTAS, J. L. L.; OLIVEIRA, E. J. **O melhoramento genético do mamoeiro: avanços, desafios e perspectivas**. In: I SIMPÓSIO NORDESTINO DE GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2009, Fortaleza - CE. O melhoramento genético no contexto atual. Fortaleza - CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. v.1, p.151-180.

DANTAS, J. L. L.; OLIVEIRA, E. J. de; PEREIRA, M. G.; CATTANEO, L. F. **Melhoramento genético do mamoeiro no Brasil**. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 2011, Porto Seguro - BA. Inovação e sustentabilidade: anais. Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011. CD-ROM

DANTAS, J. L. L.; SOUZA, J. S.; PINTO, R. M. S.; LIMA, J. F. Variabilidade genética e melhoramento do mamoeiro. In: **Recursos genéticos e Melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro**. 2012.

DEMARTELAERE, A. C. F.; NASCIMENTO, L. C.; GUIMARÃES, G. H. C.; SILVA, J. A.; LUNA, R. G. Elicitors on the control of anthracnose and post-harvest quality in papaya fruits. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.47, n.2, p. 211-217, 2017.

DIANESE, A. C., BLUM, L. E. B., DUTRA, J. B., LOPES, L. F., SENA, M. C., FREITAS, L. F. & YAMANISHI, O. K. Reação de genótipos de mamoeiro à varíola

e à podridão do pé. **Fitopatologia Brasileira** v.32, p.419-423, 2007.

DIANESE, A. C.; BLUM, L. E. B.; DUTRA, J. J.; LOPES, L. F.; SENA, M. C.; FREITAS, L. F. Avaliação do efeito de fosfitos na redução da varíola (*Asperisporium caricae*) do mamoeiro (*Carica papaya*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.3, p.834-837, 2008.

DIANESE, A. C.; BLUM, L. E. B.; DUTRA, J. B., LOPES. Aplicação de fosfito de potássio, cálcio ou magnésio para a redução da podridão do pé do mamoeiro em casa de vegetação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2309-2314, Nov., 2009.

DINIZ, G. L.; SALES, G. N.; SOUSA, V. F. O.; ANDRADE, F. H. A.; SILVA, S. S. da; NOBRE, R. G. Produção de mudas de mamoeiro sob salinidade da água irrigação e adubação fosfatada. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n.1, p.218-228, 2018.

DONADIO, L.C.; ZACCARO, R.P. Valor nutricional de frutas. Jaboticabal: SBF, Coopercitrus, 2012. 248 p. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/mamao/>. Acesso em: 09 jul. 2020.

ELLIS, M. B.; HOLLIDAY, P. ***Asperisporium caricae***, CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, v.347, p, 1–2. 1972.

FENN, M. E.; COFFEY, M. D. Quantification of phosphonate and ethyl phosphate in tobacco and tomato tissues and significance for the mode of action of two phosphonate fungicides. **Phytopathology**, v.70, n.1, p.76-82, 1989.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The agricultural production**. 2020 Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 12 dez. 2022.

HAMMERSCHMIDT, R. Phytoalexins: what have we learned after 60 years *Annual Review Phytopathology*, Palo Alto.v, 37p, 285-306, 1999.

HAMMERSCHMIDT, R. Induced disease resistance: how do induced plants stop pathogens? **Physiology and Molecular Plant Pathology**, London, v.55, n.2, p.77-84. 1990.

HF BRASIL. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/mamao-cepea-2020-se-encerra-com-bom-volume-exportado-da-fruta.aspx>>. Acesso em: 12 fev. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 12 fev. 2021.

JUNQUEIRA, N. T. V.; GASPAROTTO, L. Controle biológico de fungos estromáticos causadores de doenças foliares em seringueira. In: Bettiol, W. (Org.). **Controle biológico de doenças de plantas**. Jaguariúna, SP: Embrapa-CNPDA, v.1, p.307-331, 1991.

KOBAYASHI; NAKASHIMA, C.; NISHIJIMA, T. Addition and re-examination of

Japanese species belonging to the genus *Cercospora* and allied genera. V. collections from the Nansei Islands. **Mycoscience**, v.43, p. 219-227, 2002.

LIBERATO, J. R.; ZAMBOLIM, L. Controle das doenças causadas por fungos, bacterias e fitonematóides em mamoeiro. In: Zambolim, L., Vale, F.X.R., Monteiro, A.J.A. & Costa H (Eds.) **Controle de doenças de plantas fruteiras**. v.2. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, p.1023-1169, 2002.

LIMA, J. F. de; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.5, p.1358-1363, 2007.

LIMA, P. C. C.; SOUZA, B. S.; FYFE, S. Influence of cut, packaging and storage temperature on physicochemical aspects of minimally processed *Carica papaya* cv. 'Formosa'. **Revista de Investigación Agraria y Ambiental**, v.9, n.1, p. 72-80, 2018.

LIMA, R. C. A.; LIMA, J. A. A.; SOUZA JÚNIOR, M. T.; PIO-RIBEIRO, G.; ANDRADE, G. P. Etiologia e estratégias de controle de viroses do mamoeiro no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.26, n.4, p.689-702, 2001.

LOPES, L. F. **Efeitos de aplicações pós-colheita de fosfitos, ácido acetilsalicílico e 1-metilciclopropeno sobre a antracnose do mamoeiro**. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 82p. 2008.

LORENCE D. H.; TORRES, C. R. *Carica cnidoscoloides* (sp. nov.) and sect. *Holostigma* (sect. nov) of *Caricaceae* from Southern Mexico. **Systematic Botany**, v.13, n.1, p.107-110, 1988.

LUZ, L. N. da; PEREIRA, M. G.; BARROS, F. R.; FERREGUETTI, G. A. Novos híbridos de mamoeiro avaliados nas condições de cultivo tradicional e no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.1, p.159-171, 2015.

MAPA. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares**. 2021 Disponível em: <http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: 05 mar. 2021.

MARTELLETO, L. A. P.; RIBEIRO, R. L. D.; CARMO, M. G. F.; SUDO-MARTELLETO, M.; GOES, A. Incidência da varíola, causada por *Asperisporium caricae*, em folhas de mamoeiros submetidos ao manejo orgânico, em diferentes ambientes de cultivo. **Summa Phytopathologica**, v.35, p.288-292, 2009.

MARTINS, D. S. **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão**. Vitória-ES: INCAPER. 666p. 2005.

MAUBLANC, A. Disease of the leaves of papaya (*Carica papaya*). **Socitey Mycologique de France**, v.29, n.1, p. 353-358, 1913.

MEISSNER FILHO, P. E.; SILVA, S. O.; OLIVEIRA, A. M. G. Panorama da cultura do mamoeiro no Brasil: principais problemas da cadeia produtiva. **Toda Fruta**,

2018. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br/artigo-exclusivo-panorama-da-cultura-do-mamoeiro-no-brasil/>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

MELO, T. A.; ARAÚJO, M. U. P.; SERRA, I. M. R. S.; PASCHOLATI, S. F. Produtos naturais disponíveis comercialmente induzem o acúmulo de fitoalexinas em cotilédones de soja e mesocótilos de sorgo. **Summa Phytopathologica**, v.43, n.3, p.205-211, 2017.

MORAES, R. **Parâmetros genéticos e repetibilidade para resistência de genótipos de mamoeiro à pinta-preta em sucessivas avaliações**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro Fevereiro, 55p. 2018.

MORAES, W. B.; COSMI, F. C.; JESUS JÚNIOR, W. C.; CECÍLIO, R. A.; VALADARES JÚNIOR, R.; SOUZA, A. F. Análise de risco sobre o impacto das mudanças climáticas globais na distribuição espacial da pinta preta do mamoeiro no Brasil. **Nucleus**, v.8, n.2, p.115-126, 2011.

MORAES, R.; VIVAS, M.; VIVAS, J. M. S.; DAHER, R. F.; GRAVINA, G. A.; FRANCELINO, H. O.; CRUZ, D. P.; RAMOS, G. K. S.; PEREIRA, M. G. Genetic parameters and performance of papaya genotypes to black spot resistance (*Asperisporium caricae*). **Australian Journal of Crop Science**, v.13, n.05, p.649-655, 2019.

NASCIMENTO, L.C.; NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N. Controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamoeiro, utilizando extratos vegetais, indutores de resistência e fungicida. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n.3, p.313-319, 2008.

NISHIJIMA, W. T.; DICKMAN, M. B.; KO, W. H.; OOKA, J.J. Papaya diseases caused by fungi. In: PLOETZ, R. C.; ZENTMYER, G.A.; NISHIJIMA, W. T.; ROHRBACH, K. G.; OHR, H. D. (Eds.) **Compendium of tropical fruit diseases**. St. Paul. APS Press. p.58-64. 1994.

OLIVEIRA, A. A. R. **Developing disease resistance in *Carica papaya* L. Against fungal diseases**. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa. Hilo, HI. Postdoctoral Reporter, 47p. 2005.

OLIVEIRA, A.; NISHIJIMA, W. Induction of Resistance to Papaya Black Spot Elicited by Acibenzolar-S-Methyl. **Plant Pathology Journal**, v.13, n.2, p.120-124, 2014.

OLIVEIRA, C. R. R. Resistência de mamoeiro a pinta-preta e variabilidade genética de *Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl. Tese (Doutorado). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 74p. 2015.

PEREIRA, M. G.; FERREGUETTI, G. A.; RAMOS, H. C. C.; SANTA CATARINA, R.; VETTORAZZI, J. C. F.; POLTRONIERI, T. P. S.; ARÊDES, F. A. S.; ET AL. **Melhoramento genético do mamoeiro: Programa Uenf/Caliman**. In: VII Simpósio do Papaya Brasileiro: Produção e Sustentabilidade Hídrica. Vitória - ES, 22 a 25 de agosto de 2018, Anais...Vitória - ES, 2018.

PORTO, P. R.; SAKITA, A. E. N.; NAKAOKA, M. S. Efeito da aplicação do extrato

pirolenhoso na germinação e no desenvolvimento de mudas de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **Instituto Florestal**, São Paulo, n. 31, p.15-19, 2007.

QUIROZ, M. L. S.; BAUTISTA, I. M.; RIVERA, J. A. M.; MEDINA, J. de la C.; GUERRERO, O. A.; RÍOS, O. G. Aislamiento, identificación y sensibilidad a antifúngicos de hongos fitopatógenos de papaya cv. Maradol (*Carica papaya* L.). **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v.14, n.2, p.115-124, 2013.

RESENDE, M. L. V.; CAVALCANTI, F. R.; SANTOS, F.S.; AMARAL, D. R.; RIBEIRO JUNIOR, MARTINS, P.; COSTA, J. C. B.; CAMILO, F.R.; ISHIDA, A. K. N.; SOUZA, R. M. Novos indutores de resistência contra doenças em cafeeiro, cacauero, algodoeiro e tomateiro: perspectivas de utilização. In: **Indução de Resistência em Plantas à Patógenos**. Cap. 8, v. 1, p. 161-182, 2007.

REUVENI, M. Post-infection applications of K₃PO₃, phosphorous acid and dimethomorph inhibit development of downy mildew caused by *Plasmopara viticola* on grapevines. **Journal of small fruit & viticulture**, v. 5, n. 22, p. 27-38, 1997.

REZENDE, J. A. M.; MARTINS, M. C. **Doenças do mamoeiro (*Carica papaya* L.)**. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas, Ceres, São Paulo - SP, p 435–443, 2005.

RIBEIRO, J. G.; SERRA, I. M. R. S.; ARAÚJO, M. U. P. Uso de produtos naturais no controle de antracnose causado por *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Summa Phytopathologica**, v.42, n.2, p.160-164, 2016.

RUGGIERO, C.; MARIN, S.L.; DDURIGAN, J.F. Mamão, uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura, volume especial**, p.76-82, 2011.

SÁ, V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D. & FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1047-1054, 2013.

SANTOS, D. B. dos; COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; COELHO FILHO, M. A.; BATISTA, R. O. Influência do balanço de sais sobre o crescimento inicial e aspectos fisiológicos de mamoeiro. **Magistra**, v. 27, n.1, p.44-53, Jan/Mar, 2015.

SANTOS, M. C. dos; BARRETO, M. Estudo epidemiológico da varíola do mamoeiro em cultivares submetidos a tratamento com fungicidas. **Summa Phytopathologica**, v. 29, n.2, p.141-146, 2003.

SANTOS, P.H.D. **Produtos alternativos no controle de doenças fúngicas em folha e fruto de mamoeiro**. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 76f. 2013.

SANTOS, P. H. D.; OLIVEIRA, C. R. R.; GONÇALVES, V.M. L.; AREDES, F. A. S.; CARVALHO, B. M.; PEREIRA, M. G.; SILVEIRA, S. F. Phylogeographic distribution of *Asperisporium caricae* isolates in brazilian southeastern and northeastern coastal

Regions. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 35, n. 3, p. 859-868, 2019.

SANTOS, P. H. D.; SILVEIRA, S. F.; VIVAS, M.; CARVALHO, B. M.; PEREIRA, M. G. Alternative control to black spot disease in papaya genotypes. **Summa Phytopathologica**, v.43, n.1, p.60-62, 2017.

SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, A. A. R. Doenças causadas por fungos, oomicetos e bactérias. **In: A cultura do mamoeiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. 426 p.

SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, A. A. R.; NORONHA, A. C. S.; SANCHES, N. F.; LOPES, F. F.; ANDRADE, P. R. O.; OSÓRIO, A. C. B.; SOUZA, J. A.; OLIVEIRA, A. M. G.; SANTOS, M. J. **Monitoramento e controle da Pinta-preta do mamoeiro**, Cruz das Almas: Embrapa, 5p, (Comunicado técnico 125b), 2007.

SERRANO, L. A. L.; CATTANEO, L. F. O cultivo do mamoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.3, p.657-959, 2010.

SHANTAMMA, S. G.; MANTUR, S. C.; CHANDRASHEKAR, K. T.; RANGASWAMY and BHEEMANAGOUDA, P. Status of Black Spot of Papaya (*Asperisporium caricae*): A New Emerging Disease. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, v.7, n.11, p.309-314, 2018.

SILVA, E.G.; GOMES, E.C.; SERRA, I.M.R.S.; MELO, T.A.; MONTELES, F.H.R.; RIBEIRO, J.G. Produtos naturais aplicados ao manejo de antracnose em pimentas pós-colheita. **Cadernos de Agroecologia**, Recife, v.6, n.2, p.1-4, 2011

SILVA, L.G. **Isolamento e crescimento de *Asperisporium caricae* e sua relação filogenética com *Mycosphaerellaceae***. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 58p. 2010.

SOUSA, P. G. R.; SOUSA, J. de P. F. de; SOUSA, A. M.; COSTA, R. N. T. Produtividade do mamoeiro cultivado sob aplicação de cinzas vegetais e bagana de carnaúba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n.1, p.1201-1212, 2017.

SOUZA, M. G.; PEREIRA, J. C. R.; GARCIA, M. V. B.; KANO, C.; BRIOSO, P. S. T. **Primeiro relato de Pinta-preta, causada por *Asperisporium caricae*, em Mamoeiro no Amazonas**, Comunicado técnico 109p. 2014.

SPECIES FUNGORUM. 2020. Disponível em: <<http://www.speciesfungorum.org/names/GSDSpecies.asp?RecordID=100537>>. Acesso em: 17 jun. 2020.

SUZUKI, M. S.; ZAMBOLIM, L.; LIBERATO, J. R. Progresso de doenças fúngicas e correlação com variáveis climáticas em mamoeiro. **Summa Phytopathologica**, v.33, n.2, p.167-177, 2007.

TAVARES, G. M. **Podridão do pé do mamoeiro: infestação em solos de cultivo, controle alternativo com indutores de resistência e *Trichoderma* e avaliação dos mecanismos de defesa envolvidos**. Tese (Doutorado em Fitopatologia). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Agronomia. 113 f. :

il. 2009.

TERRA, C.E.P.S. **Avaliação de genótipos e indutores de resistência no controle da pinta-preta do mamoeiro**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. 69f. : il. 2009.

TRINDADE, A. V. **Mamão Produção: Aspectos Técnicos**. Brasília-DF: Embrapa, 2000. 74 p.

VAN DROOGENBROECK, B.; BREYNE, P.; GOTGHEBEUR, P.; ROMEIJN-PEETERS, E.; KYNDT, T.; GHEYSEN, G. AFLP analysis of genetic relationships among papaya and its wild relatives (*Caricaceae*) from Ecuador. **Theoretical and Applied Genetics**, v.105, p.289-297, 2002.

VENTURA J. A., COSTA H., TATAGIBA J. S. Papaya Diseases and Integrated Control. In: Naqvi S. A. M. H. (eds). **Diseases of Fruits and Vegetables: Volume II**. Springer, Dordrecht. 2004. 686p.

VENTURA, J. A.; REZENDE, J. A. M. Doenças do mamoeiro. In: L. AMORIM, J.A.M. REZENDE, A. BERGAMIM FILHO and L.F.A. CAMARGO, eds. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, pp. 497-510, 2016.

VIVAS, J. M. S.; VIVAS, M.; SILVEIRA, S. F. Efeito da temperatura sobre o crescimento e esporulação *in vitro* de fungos hiperparasitas de *Asperisporium caricae*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.45, n.1, p.73-81, 2015.

VIVAS, J. M. S.; SILVEIRA, S. F.; MUSSI-DIAS, V.; SANTOS, P. H. D.; RAMOS G. K. S.; SANTOS, P. R.; ALMEIDA, R. N. Sensitivity of hyperparasitic fungi to alternative products for use in the control of papaya black spot. **Brazilian Journal of Biology**, 2020. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842020005002203&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01 Dez. 2020.

VIVAS, M.; SILVEIRA, S. F.; VIVAS, J. M. S.; PEREIRA, M. G. Prediction of genetic gain and progenies selection of papaya for resistance to black spot. **Tropical Plant Pathology**, v.38, n.2, p.142-148, 2013.

VIVAS, M.; SILVEIRA, S. F.; TERRA, C. E. P. S.; PEREIRA, M. G. Testers for combining ability and selection of papaya hybrids resistant to fungal diseases, **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.11, p.36-42, 2011.

VIVAS, M.; SILVEIRA, S. F.; VIANA, A. P.; DO AMARAL, A. T.; CARDOSO, D. L.; PEREIRA, M. G. Efficiency of circulant diallels via mixed models in the selection of papaya genotypes resistant to foliar fungal diseases. **Genetics and Molecular Research**, v.13, p.4797-4804, 2014.

VIVAS, M.; SILVEIRA, S. F.; VIVAS, J. M. S.; PEREIRA, M. G. Patometria, parâmetros genéticos e reação de progênies de mamoeiro à pinta-preta. **Bragantia**, Campinas, v. 71, p. 235-238, 2012.

ZAMBOLIM, E. M.; ALONSO, S. K.; MATSUO, K.; DE CARVALHO, M.G.; ZERBINI, F. M. Purification and some properties of *Papaya meleira virus*, a novel virus infecting papayas in Brazil. **Plant Pathology**, v.52, p.389-394, 2003.

ARTIGO 1**SEVERIDADE DA PINTA PRETA EM FOLHAS E FRUTOS DE
GERMOPLASMA DE MAMOEIRO EM CONDIÇÕES DE CAMPO¹**

¹Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico *Bragantia*

SEVERIDADE DA PINTA PRETA EM FOLHAS E FRUTOS DE GERMOPLASMA DE MAMOEIRO EM CONDIÇÕES DE CAMPO

Resumo: Diversas doenças acometem a cultura do mamoeiro, dentre elas, a pinta preta ou varíola causada pelo fungo *Asperisporium caricae* se destaca por afetar as folhas e os frutos, prejudicando principalmente sua comercialização. Para que cultivares mais resistentes à doença sejam disponibilizadas aos agricultores, é primordial a identificação de fontes de resistência, mediante avaliação de coleções de germoplasma. Objetivou-se com este estudo analisar, em condições de ocorrência natural, a severidade da pinta preta e o progresso da doença em folhas e frutos de genótipos de mamoeiro pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Foram avaliados 43 genótipos quanto ao efeito da doença em folhas e frutos, por meio do período de incubação, severidade, índice de doença e área abaixo da curva de progresso. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 43 tratamentos e 5 repetições, sendo a parcela experimental representada por uma planta. Os dados foram submetidos a análise de variância a 5% de probabilidade e as médias comparadas pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Foi realizada análise de agrupamento dos genótipos de acordo com seu nível de resistência, considerando a distância euclidiana média como medida de dissimilaridade e o método UPGMA – Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean. A validação dos agrupamentos foi determinada por meio do coeficiente de correlação cofenético e o critério para definição do número de grupos foi baseado no pacote “NbClust” do programa R. Foi possível classificar o germoplasma de mamoeiro em quatro grupos ou níveis de resistência, sendo eles: resistentes, moderadamente resistentes, suscetíveis e altamente suscetíveis. Os híbridos L-78x131 e L-78x154 são os mais resistentes à doença em relação a folhas e frutos, contudo nenhum dos genótipos sob as condições avaliadas apresenta imunidade ao patógeno. O progresso da doença no campo está associado à maior precipitação e umidade relativa, com maior incidência dos sintomas nas folhas que nos frutos, sob estas condições.

Palavras-chave: *Asperisporium caricae*, *Carica papaya* L., resistência, varíola do mamoeiro.

BLACK SPOT SEVERITY IN LEAF AND FRUITS OF PAPAYA GERMPLASM UNDER FIELD CONDITIONS

Abstract: A several diseases attacks the papaya crop, among them, black spot or smallpox caused by *Asperisporium caricae* stands out for affecting leaves and fruits, mainly impairing the commercialization. In order to make available to farmers more resistant cultivars, it is essential to identify resistance sources, by germplasm evaluation. The objective of this work was to analyze, under natural occurrence conditions, the black spot severity and disease progression in leaves and fruits of papaya genotypes belonging to the Genetic Improvement Program of Embrapa Cassava and Fruits. For the effect of disease on leaves and fruits, 43 genotypes were evaluated, through incubation period, severity, disease index and area under the progress curve. The experimental design was completely randomized, with 43 treatments and 5 replications, with the experimental plot represented by a plant. Data were submitted to analysis of variance at 5% probability and means compared by the Scott-Knott cluster test at 5% probability. Clustering analysis of genotypes was carried out according to their resistance level, considering mean euclidean distance as a dissimilarity measure and the UPGMA method – Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean. The validation of the groups was determined using the cophenetic correlation coefficient and the defining the number of groups criterion was based on the “NbClust” package of the R software. It was possible to classify papaya germplasm into four groups or levels of resistance, as: resistant, moderately resistant, susceptible and highly susceptible. Hybrids L-78x131 and L-78x154 were the most resistant to the disease in relation to leaves and fruits, but none of the genotypes presents pathogen immunity. Disease progress in field is associated with higher precipitation and relative humidity, with a higher symptoms incidence on leaves than fruits under these conditions.

Keywords: *Asperisporium caricae*, *Carica papaya* L., resistance, papaya pox.

1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma cultura de grande expressão socioeconômica e nutricional na fruticultura mundial, apreciada sobretudo em regiões tropicais, na qual o Brasil se destaca como segundo maior produtor da fruta, produzindo no ano de 2021 um total de 1,23 milhão de toneladas em uma área colhida de 28 mil hectares (FAO, 2022).

Diversos são os fatores que afetam a produção nacional de mamão e podem comprometer os cultivos, levando à destruição parcial ou total das plantações e ou prejudicando a qualidade dos frutos produzidos. Dentre estes, a ocorrência de problemas fitossanitários durante o ciclo da cultura está entre os mais importantes, com destaque para a pinta preta, causada pelo fungo *Asperisporium caricae*, considerada uma das doenças fúngicas mais comuns do mamoeiro (VENTURA e REZENDE, 2016; OLIVEIRA e MEISSNER FILHO, 2021).

Os sintomas da doença se apresentam na forma de manchas pequenas, circulares e podem ser observados nas folhas e frutos. Em casos de elevadas severidades, o desenvolvimento da planta é afetado devido ao comprometimento da atividade fotossintética, ocasionada pelo coalescimento de áreas lesionadas e necróticas, que evoluem para a queda de folhas maduras (BARRETO et al., 2011; VENTURA e REZENDE, 2016). Em relação aos frutos, o mau aspecto conferido pela doença deprecia o valor e a qualidade comercial, além disso, as lesões da pinta preta podem servir como porta de entrada para outros patógenos (DIANESE et al. 2007; VIVAS et al., 2012).

De modo geral, as condições epidêmicas favoráveis à ocorrência da pinta preta compreendem temperaturas que variam de 23 °C a 30 °C e umidade relativa de 80% a 100%, com a ocorrência de chuvas e formação de orvalho sobre as folhas. Nessas condições climáticas, a doença é facilmente disseminada e os ventos fortes favorecem a dispersão dos esporos fúngicos das folhas mais velhas, que são a principal fonte de inóculo, para as folhas mais novas e para os frutos (SUZUKI et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2011; SANTOS FILHO e OLIVEIRA, 2021).

Apesar da importância que a pinta preta representa para a cultura do mamoeiro, relativamente, poucos estudos têm sido realizados sobre a relação entre patógeno, hospedeiro e ambiente na severidade e progresso da doença, o que reduz as chances de obtenção de genótipos resistentes (SILVÉRIO et al., 2019).

Este tipo de estudo é fundamental não só para o desenvolvimento de plantas com resistência, mas também para o manejo integrado das doenças no campo (DIANESE et al., 2007).

As pesquisas sobre resistência de plantas a doenças constituem importante fator para amenizar os danos causados por patógenos em diversas culturas (DALAGNOL e ARAÚJO FILHO, 2018), principalmente quando ligados ao melhoramento genético, associados a bancos de germoplasma, onde estão reunidas plantas que podem apresentar características de resistência e produtividade. Assim, este estudo teve como objetivo analisar em condições de ocorrência natural, a severidade da pinta preta e o progresso da doença em folhas e frutos de genótipos de mamoeiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de trabalho, material vegetal e condução do experimento

O trabalho foi conduzido sob condições de campo, em área destinada ao Banco Ativo de Germoplasma de Mamão (BAG-Mamão) da Embrapa Mandioca e Fruticultura. A Unidade está localizada no município de Cruz das Almas, Bahia (12°40'39"S e 39°06'22"W e 220 m de altitude). De acordo com Koppen, o clima da região é classificado como Aw (clima quente e úmido com chuvas de verão), com precipitação pluviométrica média anual é de 1.224 mm, temperatura média anual de 24 °C e umidade relativa do ar de 80%. Os dados meteorológicos foram fornecidos pela estação meteorológica da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Foram avaliados 43 genótipos pertencentes ao programa de melhoramento genético da Embrapa Mandioca e Fruticultura, sendo estes: 34 acessos, sete cultivares e dois híbridos (Tabela 1). De cada genótipo, cinco plantas adultas e saudáveis, sem sintomas de doenças ou deficiência nutricional foram marcadas com um fitilho de cor visível e avaliadas quanto ao período de incubação, severidade e progresso da pinta preta do mamoeiro em folhas e em frutos, sob circunstâncias naturais de infecção.

As adubações e a irrigação, do tipo gotejamento, foram supridas conforme as necessidades da cultura e os tratos culturais como capinas e sexagem foram realizados de acordo com as recomendações para o mamoeiro.

Tabela 1. Código local, instituição doadora e/ou local de coleta, país de origem e grupo heterótico dos acessos de mamoeiro avaliados do BAG-Mamão da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

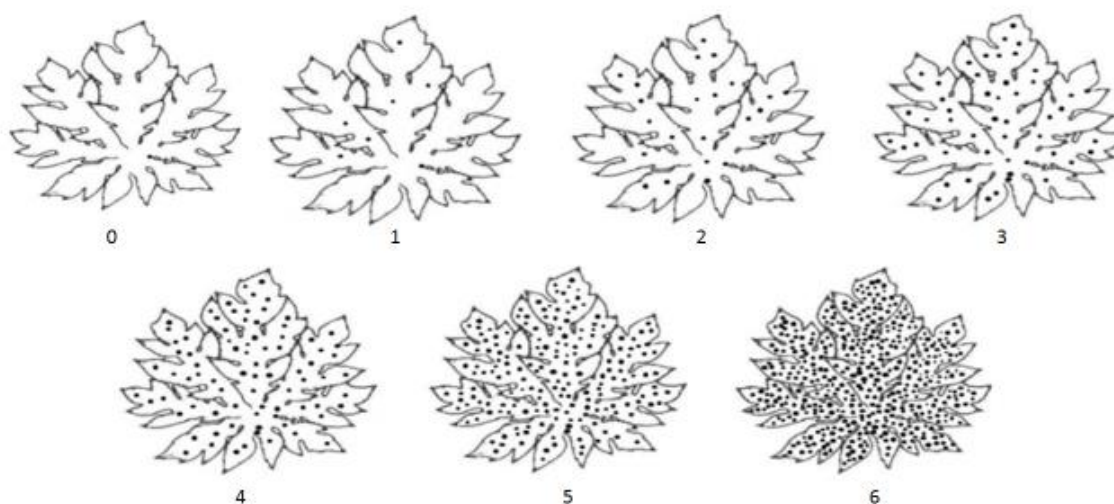
Cód. Local	Instituição	País de Origem	Grupo heterótico
L78X131	Embrapa - CNPMF	Brasil	Solo
L78X154	Embrapa - CNPMF	Brasil	Solo
Aliança	Eunápolis - BA	Brasil	Solo
BRS L78	Embrapa - CNPMF	Brasil	Solo
BS2000	Eunápolis - BA	Brasil	Solo
Golden	Embrapa - CNPMF	Brasil	Solo
Grampola	Embrapa Amazônia	Brasil	Solo
Tainung	Embrapa - CNPMF	Tailândia	Formosa
THB	Eunápolis - BA	Brasil	Solo
CMF003	Cenargen	Taiwan	Formosa
CMF004	Cenargen	Havaí	Formosa
CMF005	Cenargen	Havaí	Solo
CMF006	Cenargen	Havaí/Taiwan	Solo
CMF008	Cenargen	Malásia	Formosa
CMF011	Cenargen	Costa Rica	Formosa
CMF020	Cenargen	Malásia	Formosa
CMF022	Cenargen	Malásia	Formosa
CMF031	EBDA	Costa Rica	Formosa
CMF033	EBDA	Brasil	Formosa
CMF035	EBDA	Brasil	Solo
CMF040	EBDA	Brasil	Formosa
CMF078	Faz. Silva Linhares - BA	Brasil	Solo
CMF087	Kapoho, Hawaii	EUA (Hawaii)	Solo
CMF099	Kapoho, Hawaii	EUA (Hawaii)	Solo
CMF115	África do Sul	África do Sul	Formosa
CMF154	Bahia	Brasil	Formosa
CMF166	Mato Grosso	Brasil	Formosa
CMF187	Cenargen	Brasil	Solo
CMF188	Cenargen	Brasil	Solo
CMF204	Cenargen	Brasil	Formosa
CMF211	Faz. Palmares - BA	Brasil	Solo
CMF220	Faz. Bello Fruit - BA	Brasil	Formosa
CMF230	Cenargen	Brasil	Solo
CMF232	Faz. Bello Fruit - BA	Brasil	Solo
CMF233	Faz. Gondo - BA	Brasil	Solo
CMF234	Nova Viçosa - BA	Brasil	Solo
CMF235	Teixeira de Freitas - BA	Brasil	Solo
CMF245	Teixeira de Freitas - BA	Brasil	Solo

CMF246	Lençóis – BA	Brasil	Solo
CMF247	Cruz das Almas – BA	Brasil	Solo
CMF253	Eunápolis – BA	Brasil	Solo
CMF255	Cruz das Almas - BA	Brasil	Formosa
CMF256	Cruz das Almas - BA	Brasil	Formosa

2.2. Avaliação da severidade foliar

Foram realizadas 14 avaliações, entre os meses de abril e agosto de 2019, seguindo a escala diagramática apresentada por Barreto et al. (2011) com adaptações, expressa em porcentagens de área foliar lesionada e representada na Figura 1.

Figura 1. Escala de notas para avaliação da severidade da pinta preta em folhas de mamoeiro, adaptada de Barreto et al., (2011).

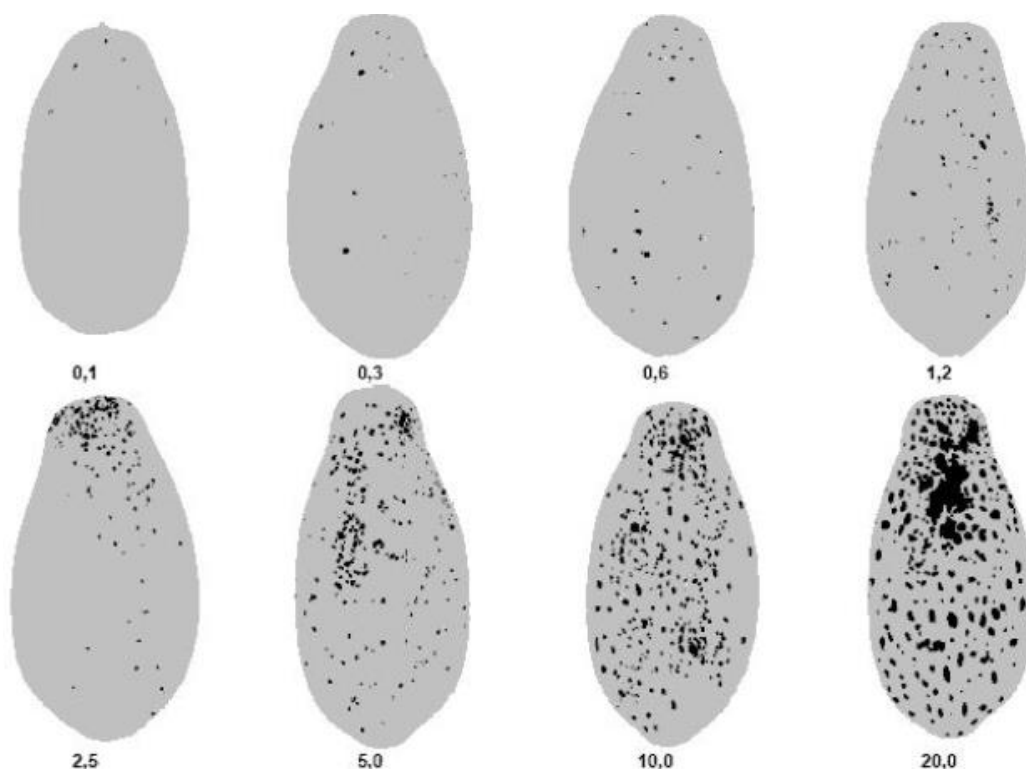


Nota 0: Planta sem lesões; Nota 1: de 1% a 3%; Nota 2: de 4% a 6%; Nota 3: 7% a 14%; Nota 4: de 15% a 24%; Nota 5: de 25% a 50%; Nota 6: mais de 50% de área foliar lesionada.

2.3. Avaliação da severidade de frutos

As avaliações de severidade de frutos foram feitas concomitantemente às foliares, utilizando como base a escala diagramática proposta por Vivas et al. (2010), expressa em porcentagens de área lesionada do fruto conforme a Figura 2.

Figura 2. Escala de notas para avaliação da severidade da pinta preta ou varíola em frutos de mamoeiro, proposta por Vivas et al., (2010).



Nota 1: Fruto apresentando 0,1% da superfície lesionada; Nota 2: 0,3%; Nota 3: 0,6%; Nota 4: 1,2%; Nota 5: 2,5%; Nota 6: 5%; Nota 7: 10%; Nota 8: 20%.

Para cada genótipo, foram avaliados o período de incubação das folhas (PI) e dos frutos (PIF), a severidade foliar (SEV), a severidade de frutos (SEVF) e o índice de doença foliar (ID%) e de frutos (IDF%). O período de incubação foi determinado pelo tempo transcorrido (em dias) entre o início das avaliações até o aparecimento dos primeiros sintomas (pintas). A severidade foliar foi obtida por meio da escala de notas proposta por Barreto et al. (2011), enquanto a severidade de frutos foi obtida com base na escala proposta por Vivas et al. (2010).

Os dados de severidade da doença foram utilizados para obtenção dos índices de doença de McKinney(1923) para folhas e frutos, que por sua vez foi base para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença foliar(AACPD) e para frutos (AACPDF). As curvas de progresso da doença para cada genótipo foram calculadas de acordo com fórmula proposta por Madden et al (2007):

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\left(\frac{(x_{i+1} + x_i)}{2} \right) (t_{i+1} - t_i) \right]$$

Em que:

n: número de avaliações;

xi: severidade da doença na “i”-ésima observação;

ti: tempo em dias na “i”-ésima observação.

2.4. Delineamento e análise estatística

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com 43 genótipos e cinco repetições, sendo uma planta por parcela. Os dados de período de incubação para as folhas e frutos, severidade foliar e de frutos foram submetidos ao teste F da análise de variância e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Também foi realizada análise de agrupamento dos genótipos de acordo ao seu nível de resistência, considerando a distância euclidiana média como medida de dissimilaridade a partir dos dados padronizados. Os agrupamentos hierárquicos a partir da matriz de distância foram obtidos pelo método UPGMA – Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (SNEATH; SOKAL, 1973). A validação dos agrupamentos foi determinada por meio do coeficiente de correlação cofenético (SOKAL; ROHLF, 1962). O critério para definição do número de grupos foi baseado no pacote “NbClust” (CHARRAD et al., 2014) do programa R. As análises foram realizadas com os programas estatísticos Genes (CRUZ, 2014) e R (R CORE TEAM, 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros sintomas da pinta preta nas folhas surgiram a partir da terceira e quarta semana de avaliações após a demarcação das plantas no campo. Verificou-se na face inferior das folhas o surgimento de pequenas lesões circulares e levemente angulosas, com aspecto pulverulento devido a presença dos esporos escuros do fungo.

Foi verificado efeito significativo entre os tratamentos para o período de incubação do fungo nas folhas (PI) e nos frutos (PIF) e para a severidade da doença nas folhas (SEV) e frutos (SEVF), a 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 2).

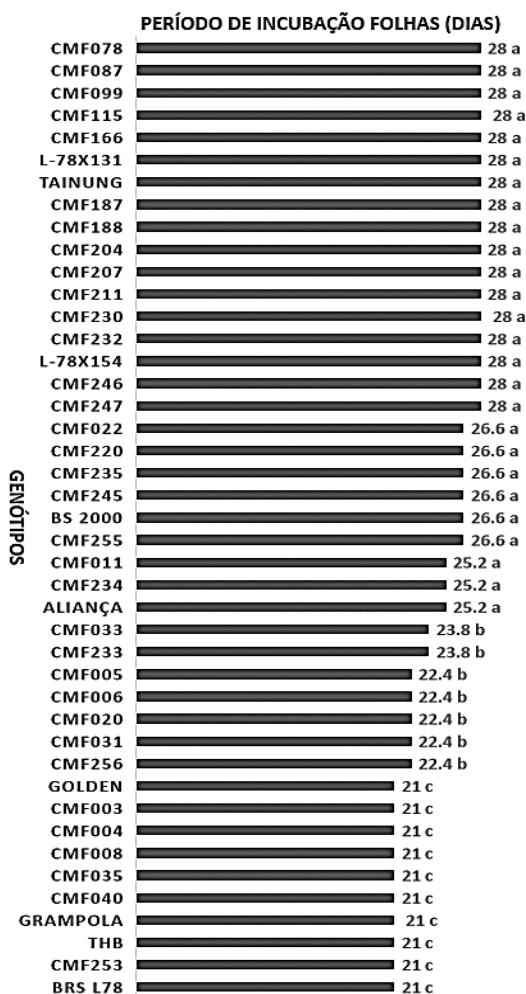
Tabela 2. Resumo da análise de variância de 43 genótipos de mamoeiro avaliados quanto a severidade da pinta preta: período de incubação foliar (PI), período de incubação em frutos (PIF), severidade da doença nas folhas (SEV) e severidade da doença nos frutos (SEVF).

FV	GL	Quadrados Médios			
		PI	PIF	SEV	SEVF
Tratamento	42	42,694**	464,570**	1,437**	2,669**
Resíduo	168	4,221	88,360	0,042	0,161
CV(%)		8,16	23,54	7,63	15,12

** significativo a 1 %, pelo teste F.

O período de início do aparecimento dos primeiros sintomas nas folhas dos diferentes genótipos variou de 21 a 28 dias e suas médias foram alocadas em três grupos, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. O primeiro grupo, formado pelos genótipos CMF078, CMF087, CMF099, CMF115, CMF166, L78x131, Tainung, CMF187, CMF188, CMF204, CMF207, CMF211, CMF230, CMF232, L78x154, CMF246, CMF247, CMF022, CMF220, CMF235, CMF245, BS 2000, CMF255, CMF011, CMF234 e Aliança, apresentou um período para surgimento das primeiras lesões de 25,2 a 28 dias. Médias intermediárias foram observadas para CMF033, CMF023, CMF005, CMF006, CMF020, CMF031 e CMF256, nos quais os sintomas se manifestaram de 22,4 a 23,8 dias. Por fim os genótipos Golden, CMF003, CMF004, CMF008, CMF035, CMF040, Grampola, THB, CMF253 e BRS L78 foram os que apresentaram os sintomas da doença de forma mais precoce, aos 21 dias (Figura 3).

Figura 3. Período médio de incubação de *Asperisporium caricae* em folhas de genótipos de mamoeiro sob condições naturais de infecção, em Cruz das Almas – BA.

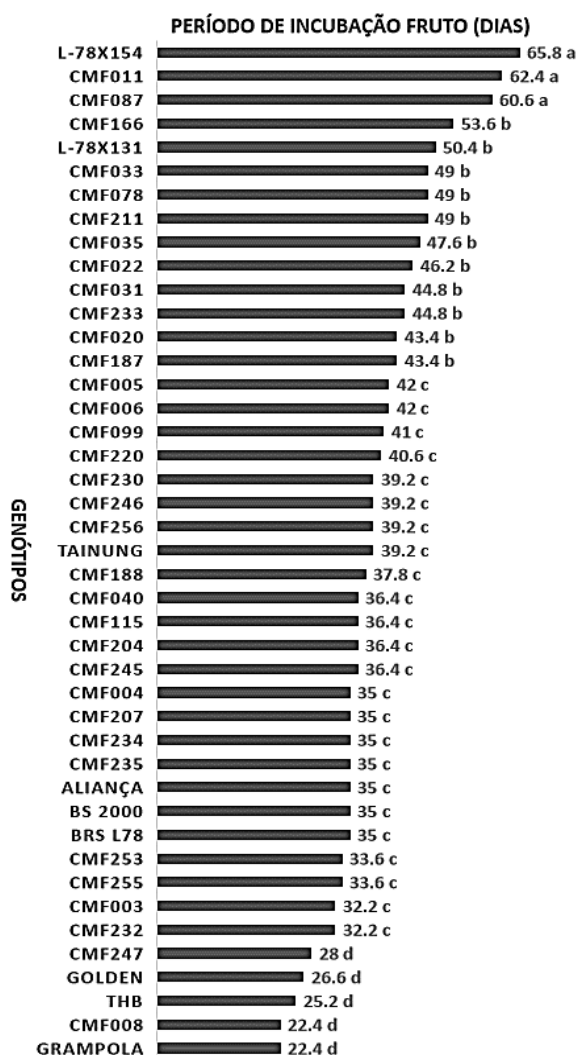


Em relação aos frutos, de modo semelhante ao descrito por Vivas et al. (2015) e Santos Filho; Oliveira (2021), foi observado que os primeiros sintomas se caracterizaram inicialmente pelo aparecimento de áreas circulares rodeadas por um encharcamento no fruto ainda verde, que evoluíram para pústulas marrons e salientes, causando o endurecimento da casca na parte afetada. O tamanho das manchas acompanhou o desenvolvimento dos frutos e a coloração tornou-se preta, ásperas ao tato, limitadas a sua camada superficial e, por vezes, coalesceram tomando grande parte da sua epiderme.

Os genótipos L78x154, CMF011 e CMF087 destacaram-se por apresentarem os maiores períodos para o surgimento dos sintomas (60,6 a 65,8 dias). Os genótipos CMF166, L78x131, CMF033, CMF078, CMF211, CMF035, CMF022, CMF031, CMF233, CMF020 e CMF187 tiveram médias entre 43,4 a 53,6

dias. A maioria dos genótipos variou entre 32,2 e 42 dias (CMF005, CMF006, CMF099, CMF220, CMF230, CMF246, CMF256, Tainung, CMF188, CMF040, CMF115, CMF204, CMF245, CMF004, CMF207, CMF234, CMF235, ALIANÇA, BS 2000, BRS L78, CMF253, CMF255, CMF003 e CMF232). Por fim, os genótipos que apresentaram os menores valores para esta variável (22,4 a 28 dias) foram: CMF247, Golden, THB, CMF008 e Grampola (Figura 4).

Figura 4. Período médio de incubação de *Asperisporium caricae* em frutos de genótipos de mamoeiro sob condições naturais de infecção, em Cruz das Almas – BA.



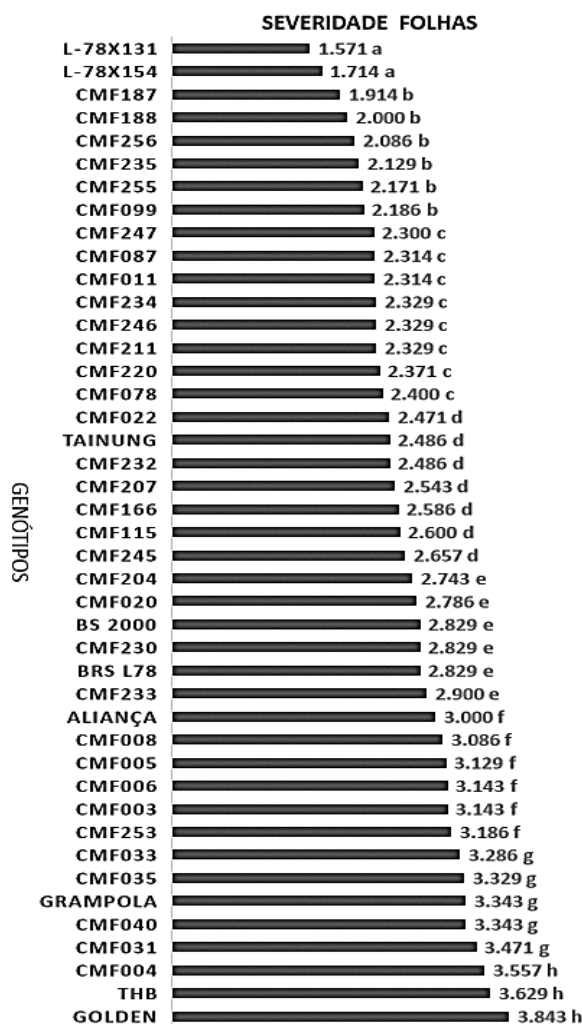
Em relação a severidade da doença nas folhas, verificou-se variação de 1,571 a 3,843 entre os genótipos, cujos valores foram alocados em oito grupos (Figura 5). Os genótipos que apresentaram os menores valores de severidade foram os híbridos L78x131 e o L78x154, com 1,571 e 1,714 respectivamente. Por sua vez, os genótipos mais suscetíveis, devido à maior severidade nas folhas foram

o CMF004, CMF234 e Golden, cujas médias corresponderam a 3,557, 3,629 e 3,843, respectivamente.

Para a quantificação de doenças foliares como a pinta preta, a severidade é a variável mais apropriada, pois determina a porcentagem da área de tecido doente através da medição direta da área afetada, expressando de forma mais precisa a intensidade da doença no campo e o dano real causado pelos patógenos. Além de caracterizar melhor o nível de resistência de um hospedeiro a um patógeno, a obtenção de dados de severidade ao longo do tempo permite a construção de curvas de progresso da doença, integralizando o efeito de hospedeiro, patógeno e ambiente, fundamental para um maior entendimento sobre o patossistema (CAMPBELL & MADDEN, 1990; MORAES, 2007).

O dimensionamento da severidade da pinta preta em folhas de mamoeiro se faz ainda mais necessário, pois o patógeno atinge primariamente este órgão, que passam a ser a principal fonte de inóculo da doença, devido à presença dos conídios (esporos) do fungo. Por serem facilmente disseminados no ambiente, os conídios atingem outras folhas e frutos, causando novas infecções. Compreende-se então, que os genótipos que apresentaram menores valores de severidade nas folhas são menos suscetíveis à doença, resultando na redução da propagação do patógeno para outras folhas e frutos da planta e de outras plantas.

Figura 5. Severidade média da pinta preta em folhas de genótipos de mamoeiro sob condições naturais de infecção, em Cruz das Almas – BA.



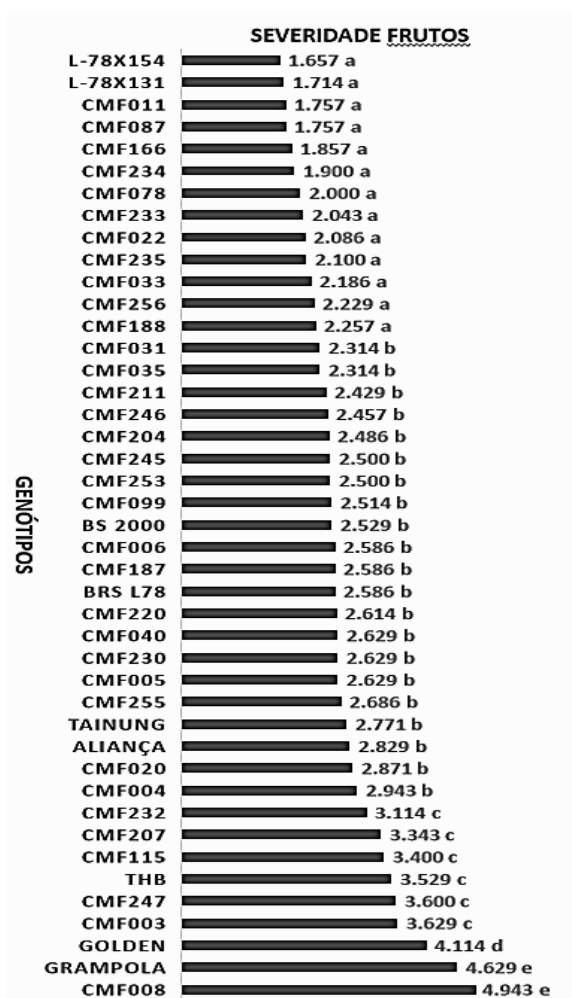
Observou-se menor variabilidade na severidade da pinta preta nos frutos do que nas folhas, ocorrendo a formação de cinco grupos pelo método de agrupamento de Scott-Knott. Os genótipos que se destacaram para esta variável foram: L78x131, L78x154, CMF187, CMF166, CMF234, CMF078, CMF233, CMF022, CMF235, CMF033, CMF256 e CMF188, com médias entre 1,657 e 2,257. Enquanto os que apresentaram maior severidade da doença nos frutos foram a cultivar Grampola (4,629) e o acesso CMF008 (4,943) (Figura 6).

A menor variabilidade verificada pode ser explicada pelo fato de que a doença atinge primeiramente as folhas, sendo necessário que o patógeno complete todo o seu desenvolvimento antes de incidir sobre os frutos. Durante este período, poderão ocorrer condições climáticas adversas ao crescimento das lesões e maturação dos conidióforos, que podem reduzir sua propagação para outras partes

da planta. Adicionalmente, a maior dispersão de esporos fruto a fruto observa-se também a partir da erupção dos estromas, que vão aparecer plenamente no início da sua maturação (SANTOS FILHO et al., 2007).

O estudo da severidade da pinta preta em frutos é fundamental, pois o patógeno é considerado um dos mais importantes da cultura e promove a depreciação do aspecto comercial da fruta. O fruto manchado não é comercializado para o mercado externo ou para mercado interno mais exigente, devido a aparência e, quando comercializados no mercado consumidor, menos exigente, sofrem uma acentuada desvalorização (FARIA et al., 2009).

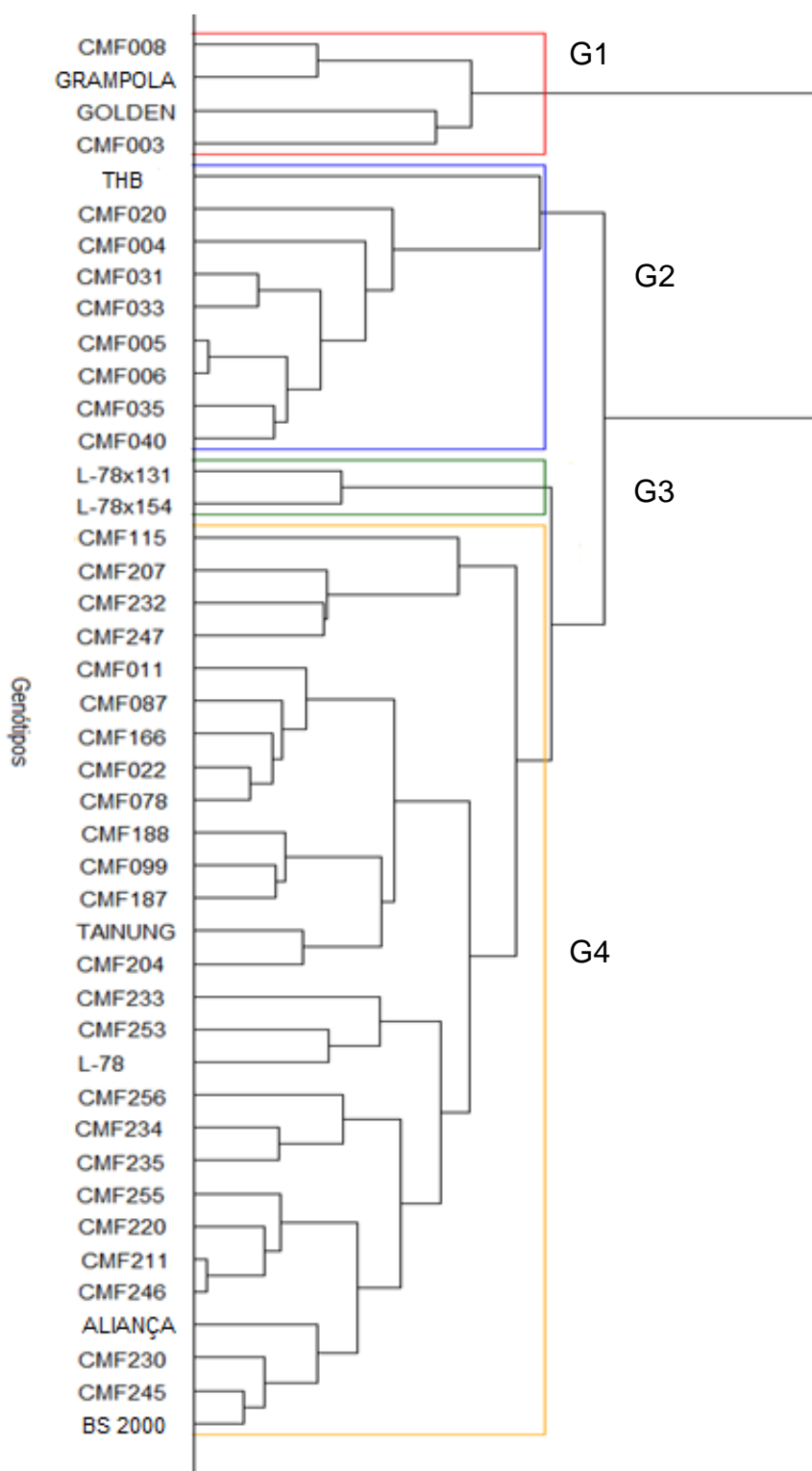
Figura 6. Médias de severidade da pinta preta em frutos de 43 genótipos de mamoeiro em condições naturais de infecção em Cruz das Almas –BA.



Em relação à análise de agrupamento dos genótipos, verificou-se a formação de quatro clusters que indicaram diferentes níveis de resistência: altamente suscetíveis (Grupo 1), suscetíveis (Grupo 2), moderadamente

resistentes (Grupo 4) e resistentes (Grupo 3). O coeficiente de correlação cofenético (CCC) do dendrograma foi de 0,82, valor considerado aceitável como um índice confiável na precisão e consistência dos dados, uma vez que é desejável a obtenção de valores acima de 0,80 (Bussab et al., 1990). Isso indica que a matriz de agrupamento está próxima da matriz de dissimilaridade, assim, o dendrograma representa de maneira fiel os resultados das distâncias genéticas (Figura 7).

Figura 7 - Dendrograma resultante da análise de 43 genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.), com base nos parâmetros de resistência à pinta preta: período de incubação, severidade, índice de doença e área abaixo da curva de progresso da doença de frutos e folhas, obtido pelo método de agrupamento UPGMA e utilizando a distância Euclidiana como medida de distância genética.



G1: Altamente suscetível; G2: Suscetível; G3: Resistente; G4: Moderadamente resistente.

Os resultados da análise de agrupamento permitiram, além da detecção de variabilidade genética na coleção de germoplasma, a identificação e seleção de genótipos que possuem resistência parcial ao patógeno e, conseqüentemente, potencial para uso em futuros trabalhos visando a obtenção de cultivares mais resistentes à pinta preta. Nesta pesquisa, ao considerar vários parâmetros que permitem inferir a resistência dos genótipos, tanto de folhas como também para os frutos, tiveram destaque principalmente os híbridos L78x131 e L78x154. Estes materiais são oriundos de cruzamentos entre a cultivar BRS L78, com os acessos CMF131 e CMF154. Em contrapartida, verificou-se nos genótipos CMF008, Grampola, Golden e CMF003 as maiores taxas de suscetibilidade ao ataque de *A. caricae*.

Os diferentes níveis de resistência observados podem ser explicados devido à ocorrência de um tipo de resistência denominada resistência parcial ou quantitativa. Isso acontece quando um hospedeiro, por diversos motivos, não consegue apresentar mecanismos funcionais de resistência completa ou qualitativa, como a imunidade ativada por padrões de organismos patogênicos (PTI) ou a imunidade ativada pelos efetores (ETI), no momento do reconhecimento e entrada do patógeno nos tecidos da planta. Nesses casos, pode haver reconhecimento, sincronização e sinalização reduzidos, para ativação das defesas e expressão da imunidade do hospedeiro, bem como a presença de um amplo repertório de mecanismos de ataque do patógeno (enzimas, efetores, toxinas), resultando na infecção da planta. Deste modo, o avanço da colonização pelo patógeno será combatido pela resistência incompleta, resistência parcial ou resistência quantitativa do hospedeiro (UMA et al., 2011; BOYD et al., 2013; NIKS et al., 2015).

Como verificado neste experimento, a resistência quantitativa, se caracterizou por promover um atraso do desenvolvimento da epidemia no campo e reduzir a intensidade da doença, mas não foi efetiva ao ponto de evitá-la. A intensidade da resistência pode ser quantificada com base nos componentes de resistência, como eficiência de infecção, período de incubação, período latente, taxa de expansão da lesão, taxa de esporulação por lesão, ou ainda, especialmente em condições de campo, como taxa aparente de infecção e área abaixo da curva de progresso da doença (NIKS et al., 2015; KUSHALAPPA et al., 2016).

Analisando os componentes de resistência utilizados neste trabalho para a

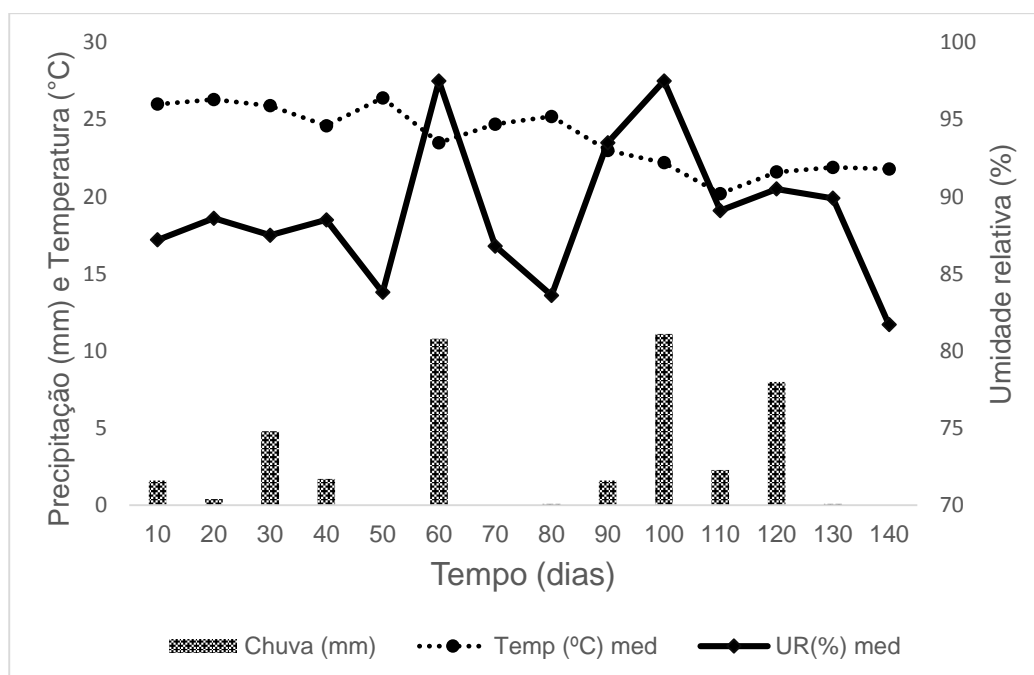
quantificação da epidemia da pinta preta do mamoeiro, sugere-se que os genótipos que apresentaram maiores valores de período de incubação, menor severidade, índice externo de doença e AACPD, tanto nas folhas como em frutos, possuem maiores níveis de resistência quantitativa. Nesses casos o patógeno teve mais dificuldade em se estabelecer e desenvolver no tecido hospedeiro, se comparado aos demais genótipos que apresentaram um período de incubação reduzido.

Do mesmo modo, pode-se inferir que os genótipos que possuíram as maiores médias de severidade, índice de doença e AACPD, foram os mais ineficientes em suprimir os mecanismos de ataque do patógeno e por isso são considerados mais suscetíveis à doença. De acordo com Parlevliet (1979), um genótipo considerado resistente parcialmente pode apresentar sintomas semelhantes àqueles de um genótipo suscetível, porém receberá menor evolução da doença e menores danos pela infecção. Dessa forma, variedades resistentes parcialmente podem demandar menor número de aplicações de fungicidas e, assim, contribuir com a redução nos custos de produção da lavoura.

Buscou-se avaliar o progresso da doença, de acordo com os níveis de suscetibilidade dos genótipos, fazendo um comparativo com os dados climáticos do período de condução do trabalho. Temperaturas médias próximas aos 25 °C, alta umidade relativa do ar (em torno de 80%) durante o período de condução do experimento e uma precipitação em torno de 5mm a partir da terceira avaliação (30 dias) (Figura 8), foram fatores que parecem estar relacionados ao início da ocorrência da doença nos genótipos avaliados, uma vez que o aumento da intensidade da doença (Figura 9) coincidiu com o início de período de chuvas, sugerindo assim, uma possível interação entre eles.

Com o decorrer do experimento, foram verificadas pequenas variações na temperatura média diária, que permaneceram próximas aos 25°C, acompanhadas de uma oscilação maior nos valores de umidade relativa que, apesar disso sempre se mantiveram elevados, variando de 80% até próximo de 100% nos dias em que foram detectados maior volume de chuva, aos 30, 60 e 100 dias após início do experimento.

Figura 8. Dados climáticos coletados durante o período de avaliação da severidade da pinta preta em genótipos de mamoeiro (abril/2019 a agosto/2019), em Cruz das Almas - BA. Fonte: Estação meteorológica da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

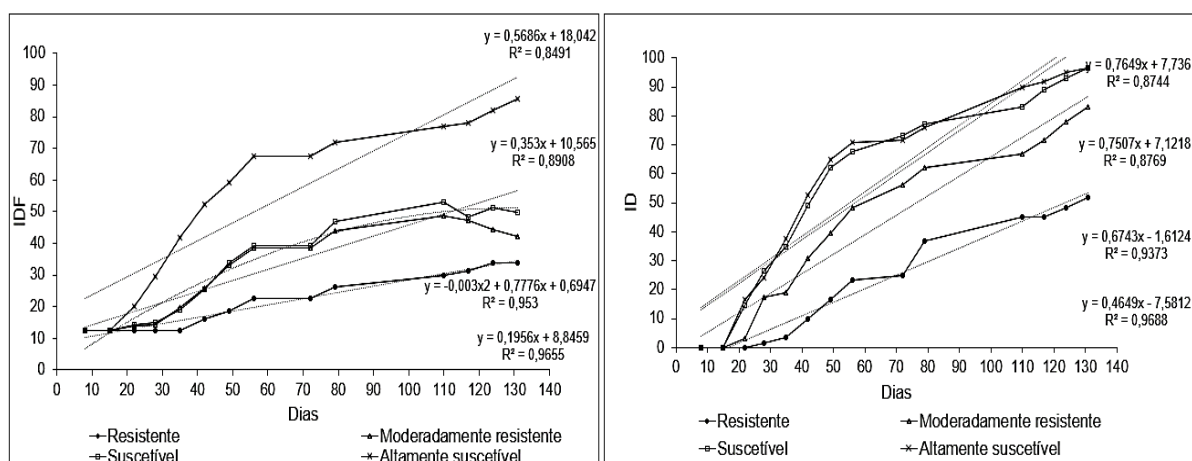


As curvas de progresso da doença nas folhas apresentaram tendência crescente até os 130 dias após início do experimento, para todos os grupos de genótipos avaliados quanto à severidade da pinta preta (Figura 9). Em relação aos frutos, para os genótipos mais resistentes houve a tendência de estabilização da curva na penúltima avaliação (130 dias), redução da severidade para os moderadamente resistentes e suscetíveis, e aumento nos altamente suscetíveis, ao final das avaliações. Diferentemente do que é verificado nas folhas, observa-se que os frutos, principalmente dos genótipos com menor suscetibilidade à doença, não são tão responsivos à evolução dos sintomas em função dos períodos de maior precipitação e umidade (60 e 100 dias).

A combinação de fatores climáticos favoráveis parece ter promovido avanço da doença, provavelmente devido à presença de umidade relativa elevada na área de cultivo, com a formação de gotas de orvalho nas folhas, facilitando a germinação dos esporos do fungo, que já se encontravam presentes nos órgãos da planta e nos restos de cultura. Neste caso tem-se vários ciclos ocorrendo devido à presença do inóculo na própria planta e plantas vizinhas. Sob condições ideais, além de haver uma maior produção de inóculo, os esporos de *A. caricae* se

disseminam facilmente pela ação dos ventos, respingos de orvalho, chuva ou irrigação e, deste modo, são disseminados para as partes da planta em desenvolvimento como folhas novas e frutos, ocorrendo a sua germinação e penetração (REIS & CASA, 2005; FERNANDES et al., 2017).

Figura 9. Curvas de progresso da pinta preta para frutos (IDF) e folhas (ID) de genótipos de mamoeiro, obtidas com base em parâmetros de severidade, de acordo com o resultado do agrupamento em função dos diferentes níveis de resistência.



Diversos autores já abordaram a alta relação existente entre umidade relativa do ar, pluviosidade e a pinta preta do mamoeiro, pois os sintomas da doença tendem a se intensificar nos períodos úmidos, devido à pressão hidrostática das gotas de chuva sobre as estruturas fúngicas, facilitando a liberação dos esporos. Nessa época recomenda-se o controle imediato por meio de pulverização com fungicidas (ADIKARAM; WIJEPALA, 1995; REZENDE; MARTINS, 2005; SUZUKI et al., 2007; MARTELLETO et al., 2009).

A depender da região e das condições climáticas locais, são exigidas, normalmente, frequentes aplicações de fungicidas para um controle eficiente da pinta preta, porém as pulverizações podem ser reduzidas se forem feitos o monitoramento de lesões iniciais do fungo e aplicações em épocas favoráveis (SANTOS FILHO et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2011; SANTOS FILHO e OLIVEIRA, 2021).

A razão pela qual as curvas de progresso apresentaram esse crescimento linear constante, principalmente para as folhas, pode ser explicada pela ocorrência de ciclos secundários devido a presença de fontes de inóculo na planta. De acordo

com Agrios (2005), para o patossistema (mamão x *A. caricae*), as fontes de inóculo são importantes na epidemia da doença, pois ciclos secundários da doença ocorrem quando existem fontes de inóculo, tecido sadio do hospedeiro e condições climáticas favoráveis. Assim, a sobrevivência e a viabilidade de conídios *A. caricae* em folhas, frutos presos à planta ou restos de cultura devem ser considerados como atributos epidemiológicos, pois além de representarem o inóculo inicial para desencadear a epidemia da doença, também são responsáveis por aumentá-la (MARTINS et al., 2012).

Poucos estudos foram conduzidos no Brasil no que tange a relevância dos fatores relacionados às condições climáticas e a epidemiologia da pinta preta do mamoeiro em condições de campo. O comportamento epidemiológico apresentado pelos genótipos de mamoeiro avaliados neste experimento apresentou diferenças significativas no que se refere à severidade da pinta preta, e demonstrou que as condições epidêmicas favoráveis a ocorrência desta doença estão de acordo com a literatura, que foram temperaturas variando de 25 °C a 30 °C e umidade relativa de 80% a 100%, com a disseminação dos sintomas sendo favorecida logo após períodos chuvosos. Deste modo, a observação de alguns aspectos climáticos associados ao progresso da doença no campo, bem como a identificação de genótipos promissores que apresentam maior resistência ao *A. caricae*, contribuem para a definição de estratégias de manejo e para programas de melhoramento da cultura para pinta preta.

4. CONCLUSÕES

Foi possível classificar o germoplasma de mamoeiro em quatro grupos ou níveis de resistência, sendo eles: resistentes, moderadamente resistentes, suscetíveis e altamente suscetíveis.

Os híbridos L-78x131 e L-78x154 são os mais resistentes à doença em relação a folhas e frutos, contudo nenhum dos genótipos sob as condições avaliadas apresenta imunidade ao patógeno.

5. REFERÊNCIAS

ADIKARAM, N.K. B.; WIJAPALA, M. *Asperisporium* black spot in *Carica papaya*: a

new disease in Sri Lanka. **Journal of the National Science Council of Sri Lanka**, Colombo, v.23, n.4, p.213-219, 1995.

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5th ed. San Diego: Academic Press, 2005. 922 p.

BARRETO, L. F.; SAVAN, P. A. L.; LIMA, L. L. de.; LODO, B. N. Avaliação de fungicidas no controle de *Asperisporium caricae* na cultura do mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, p. 399-403, Outubro 2011.

BOYD, L. A. et al. Plant-pathogen interactions: disease resistance in modern agriculture. **Trends in Genetics**, v. 29, p. 233-240, 2013.

BUSSAB, W. de O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. **Introdução à Análise de Agrupamentos**. In: 9º Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, São Paulo. Associação Brasileira de Estatística, 105p.,1990.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. 1. ed. New York: John Wiley, 1990. 532 p.

CHARRAD, N.; GHAZZALI N.; BOITEAU, V.; NIKNAFS, A. NbClust: NbClust package for determining the best number of clusters. R package version 2.0.1. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=NbClust>>. 2014.

CRUZ, C. D. Programa Genes - Aplicativo computacional em genética e estatística. Disponível em: <www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm>. 2014.

DIANESE, A. C.; BLUM, L. E. B.; DUTRA, J. B.; LOPES, L. F.; SENA, M. C.; FREITAS, L. F. & YAMANISHI, O. K. Reação de genótipos de mamoeiro à varíola e à podridão do pé. **Fitopatologia Brasileira** v. 32, p. 419-423, 2007.

FARIA, A. R. N.; NORONHA, A. D. S.; OLIVEIRA, A. A. R.; OLIVEIRA, A. M. G.; CARDOSO, C. E. L.; RITZINGER, C. H. S. P., ... & CORDEIRO, Z. (2009). **A cultura do mamão**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009.

FERNANDES, J.M.C.; NICOLAU, M.; PAVAN, W.; HÖLBIG, C.A.; KARREI, M.; VARGAS, F.; BAVARESCO, J.L.B.; LAZZARETTI, A.T.; TSUKAHARA, R.Y. A weather-based model for predicting early season inoculum build-up and spike infection by the wheat blast pathogen. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, p. 230-237, 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The agricultural production**. 2021 Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 29 nov. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 29 nov. 2022.

KUSHALAPPA, A. C.; YOGENDRA, K. N.; KARRE, S. Plant innate immune

response: qualitative and quantitative resistance. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 35, p. 38-55, 2016.

MADDEN, L. V.; HUGHES, G.; VAN DEN BOSCH, F. **The Study of Plant Disease Epidemics**. St. Paul: American Phytopathological Society Press, 2007. 421p.

MARTELLETO, L. A. P.; RIBEIRO, R. L. D.; CARMO, M. G. F.; SUDO-MARTELLETO, M.; GOES, A. Incidência da varíola, causada por *Asperisporium caricae*, em folhas de mamoeiros submetidos ao manejo orgânico, em diferentes ambientes de cultivo. **Summa Phytopathologica**, v.35, p.288-292, 2009.

MARTINS, M.; VIANA, F.; LIMA, F.; LIMA, J., & MELO, J. **Aprimoramento da germinação e avaliação da viabilidade de *Asperisporium caricae*, extraídos de folhas de mamoeiro como fonte de inóculo**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento. Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543, 65. 22p. 2012.

McKINNEY, H. H. Influence of soil, temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 26, p. 195-217, 1923.

MORAES, S.A. de **Quantificação de doenças de plantas**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/doencas/index.htm>. Acesso em: 10/1/2023.

NIKS, R.; LI, X.; MARCEL, T. C. Quantitative resistance to biotrophic filamentous plant pathogens: concepts, misconceptions, and mechanisms. **Annual Review of Phytopathology**, v. 53, p. 445-470, 2015.

OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS FILHO, H. P. Doenças. In: RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. S. (Ed.). **Mamão: fitossanidade**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 37-46.

OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS FILHO, H. P.; ANDRADE, E. C. de; MEISSNER FILHO, P. E. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do mamoeiro no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. (Ed.). **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 356 p. il Páginas: p. 249-262.

PARLEVLIET, J. E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. **Annual Review of Phytopathology**, v.17, p.203-222,1979.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. Disponível em <<http://www.R-project.org/>>. 2015.

REIS, M. E.; CASA, R. T. Doenças do trigo. In: KIMATI, H.; AMORIM, A.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. (Eds). **Manual de Fitopatologia: Doenças de Plantas Cultivadas**. 4 ed. São Paulo: Editora Ceres, v. 2, p. 631-638, 2005.

REZENDE, J. A. M.; MARTINS, M. C. Doenças do mamoeiro (*Carica papaya* L.).

In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**, Ceres, São Paulo - SP, p 435-443, 2005.

SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, A. A. R. Doenças causadas por fungos, oomicetos e bactérias. **In: A cultura do mamoeiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. 426 p.

SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, A. A. R.; NORONHA, A. C. S.; SANCHES, N. F.; LOPES, F. F.; ANDRADE, P. R. O.; OSÓRIO, A. C. B.; SOUZA, J. A.; OLIVEIRA, A. M. G.; SANTOS, M. J. **Monitoramento e controle da Pinta-preta do mamoeiro**, Cruz das Almas: Embrapa, 5p, (Comunicado técnico 125b), 2007.

SILVÉRIO, T. C.; MARTELLETO, L. A. P.; REZENDE, N. C.; PIVOTO, H. C.; FERREIRA, L. I. Influência das variáveis climáticas na incidência da varíola do mamoeiro “Sunrise Golden” em diferentes densidades de cultivo sob manejo orgânico de produção. **Revista Agrogeoambiental**, v.10, n.4, 2019.

SNEATH, P. H.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy: The principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W. H. Freeman, 1973. 573p.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v. 11 p. 33-40. 1962.

SUZUKI, M. S.; ZAMBOLIM, L.; LIBERATO, J. R. Progresso de doenças fúngicas e correlação com variáveis climáticas em mamoeiro. **Summa Phytopathologica**, v.33, n.2, p.167-177, 2007.

UMA, B.; RANI, T.S.; PODILE, A. R. Warriors at the gate that never sleep: non-host resistance in plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 168, p. 2141-2152, 2011.

VENTURA, J. A.; REZENDE, J. A. M. Doenças do mamoeiro. In: L. AMORIM, J.A.M. REZENDE, A. BERGAMIM FILHO and L.F.A. CAMARGO, eds. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, pp. 497-510, 2016.

VIVAS, J. M. S.; VIVAS, M.; SILVEIRA, S. F. Efeito da temperatura sobre o crescimento e esporulação *in vitro* de fungos hiperparasitas de *Asperisporium caricae*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.45, n.1, p.73-81, 2015.

VIVAS, M.; SILVEIRA, S. F.; VIVAS, J. M. S.; PEREIRA, M. G. Patometria, parâmetros genéticos e reação de progênies de mamoeiro à pinta-preta. **Bragantia**, Campinas, v. 71, p. 235-238, 2012.

VIVAS, M.; TERRA, C.E.P.S.; SILVEIRA, S.F.; FONTES, R.V.; PEREIRA, M. G. Escala diagramática para avaliação da severidade de pinta-preta em frutos de mamoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 2, p. 161-163, 2010.

ARTIGO 2

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MAMOEIRO PARA RESISTÊNCIA À PINTA PRETA (*Asperisporium caricae*)¹

¹Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Pesquisa Agropecuária Brasileira.

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MAMOEIRO PARA RESISTÊNCIA À PINTA PRETA (*Asperisporium caricae*)

Resumo: A varíola do mamoeiro ou pinta preta (*Asperisporium caricae*) é considerada uma das doenças fúngicas mais comuns e danosas do mamoeiro, sobretudo por ser amplamente distribuída e causar perdas qualitativas e quantitativas à produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência à pinta preta em genótipos de mamoeiro pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Mandioca e Fruticultura. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação e Laboratório de Fitopatologia, ambos na Embrapa Mandioca e Fruticultura, município de Cruz das Almas - Bahia, num delineamento inteiramente casualizado com 19 tratamentos e 5 repetições, sendo cada parcela experimental composta por uma planta. Aos 30 dias após transplântio das mudas, a inoculação foi realizada por meio de pulverização de suspensão de conídios de *A. caricae* ajustada para 10^5 esporos mL^{-1} , diretamente na face abaxial das folhas. As plantas foram avaliadas semanalmente até o início da fase reprodutiva, representada pelo surgimento da primeira flor. Determinou-se a incidência e severidade da doença por meio de escala de notas. Os dados foram utilizados para o cálculo do índice de doença, da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), e das curvas de progresso da doença para cada genótipo. Realizou-se análise de agrupamento com base na AACPD, considerando-se a distância euclidiana média e o método UPGMA. Não foram identificados genótipos que apresentem resistência completa à *A. caricae* sob as condições avaliadas, porém foi possível observar diferentes níveis de resistência à doença. O acesso CMF011 juntamente com os híbridos L-78x131 e L-78x154 são considerados com menor suscetibilidade à pinta preta, dentre os genótipos avaliados. Os resultados permitem a identificação e seleção de materiais promissores, que podem ser utilizados em novas etapas do melhoramento para resistência à pinta preta do mamoeiro.

Palavras-chave: *Carica papaya* L., incidência, severidade, varíola do mamoeiro,

SELECTION OF PAPAYA GENOTYPES TO BLACK SPOT RESISTANCE (*Asperisporium caricae*)

Abstract: Papaya pox or papaya black spot (*Asperisporium caricae*) is considered one of the most common and harmful papaya's fungal diseases, mainly because it is widely distributed and causes qualitative and quantitative production losses. The objective of this work was to evaluate papaya black spot resistance of Embrapa Cassava and Fruits Genetic Improvement Program genotypes. The work was carried out in a greenhouse and Phytopathology Laboratory, both at Embrapa Cassava and Fruits, municipality of Cruz das Almas - Bahia in a completely randomized experimental design with 19 treatments and 5 repetitions, each experimental plot consisting by a plant. The inoculation was carried out at 30 days after transplantation, by spraying *A. caricae* conidia suspension adjusted to 10^5 spores mL^{-1} , directly on the leaf abaxial face. The inoculated plants were evaluated weekly until the beginning of the reproductive phase, represented by first flower appearance. The disease incidence and severity were determined using a scale of scores. The data were used to calculate the disease index, the area under the disease progress curve (AACPD), and the disease progress curves for each genotype. Cluster analysis was performed based on the AUDPC, considering the average Euclidean distance and the UPGMA method. Have not been identified genotypes that show *A. caricae* complete resistance to under the evaluated conditions, but it was possible to observe different levels of resistance to the disease. The CMF011 access together with the hybrids L-78x131 and L-78x154 are considered less susceptible to black spot, among the evaluated genotypes. The results allow the identification and selection of promising materials, which can be used in new stages of improvement for resistance to papaya black spot.

Key words: *Carica papaya* L., incidence, severity, papaya pox.

1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro é uma das principais fruteiras cultivadas nas regiões tropicais e subtropicais do planeta, apresentando uma produção total correspondente a 14,09 milhões de toneladas (FAO, 2022). É uma cultura relevante para o Brasil, segundo produtor mundial (1,25 milhões de toneladas), e para o estado da Bahia, segundo produtor nacional, com 400 mil toneladas colhidas na safra 2021 (IBGE, 2022).

A pinta preta ou varíola, causada pelo fungo *Asperisporium caricae*, é considerada uma das doenças fúngicas mais comuns e danosas da cultura, sobretudo por estar distribuída em praticamente todas as regiões onde o mamoeiro é explorado, causando perdas qualitativas e quantitativas à produção com sérios prejuízos aos produtores. O patógeno pode infectar tanto as folhas como os frutos, causando redução da taxa fotossintética pela queda prematura de folhas, além de depreciar a qualidade comercial dos frutos (SANTOS FILHO et al., 2007; VENTURA e REZENDE, 2016; SANTOS et al., 2019).

O controle da pinta preta consiste basicamente na aplicação de fungicidas. Entretanto, além de ser oneroso, o uso frequente de defensivos causa danos ao meio ambiente e, a depender da quantidade de resíduos no fruto, sua comercialização pode ser inviabilizada (PEREIRA et al., 2018). No Brasil, poucas variedades vem sendo cultivadas, resultando em limitada variabilidade genética nos campos de produção, o que agrava a sustentabilidade desta cultura e gera uma maior suscetibilidade das lavouras ao ataque de pragas e de doenças.

O estudo sobre resistência de plantas à doenças é fundamental para amenizar os danos causados por patógenos em diversas culturas, pois sabe-se que os vegetais possuem a capacidade de responder à infecção por meio do reconhecimento da presença do patógeno e assim induzir respostas de defesa (ZHU et al., 2003; AGRIOS, 2005). O sistema de defesa de plantas é bastante complexo, podendo ser um constituinte morfofisiológico ou ser ativado em função da detecção do microrganismo. Esse processo pode ocorrer de forma isolada e/ou conjunta, sendo muito difícil separar os efeitos e identificar a real contribuição de cada mecanismo, além de existir variação de acordo com o patógeno e o modo de infecção (DALAGNOL e ARAÚJO FILHO, 2018).

A resistência genética é a forma mais desejável para o controle da maioria

da doenças de plantas, devido a seu baixo custo, fácil adoção e por não causar impactos negativos ao ambiente. No caso da pinta preta, ainda não existem cultivares de mamoeiro imunes, dessa forma, estudos buscando selecionar genótipos resistentes, têm comprovado a variabilidade genética quanto à resistência para esta doença (DIANESE et al., 2007; VIVAS et al., 2012; VIVAS et al., 2013).

Para que cultivares mais resistentes sejam disponibilizadas, é primordial a identificação e seleção de fontes de resistência à doenças. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar e selecionar genótipos de mamoeiro pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Mandioca e Fruticultura quanto à resistência à pinta preta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de trabalho e material vegetal

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia e em casa de vegetação, ambos da Embrapa Mandioca e Fruticultura. A Unidade está localizada no município de Cruz das Almas, Bahia (12°40'39"S e 39°06'22"W e 220 m de altitude). De acordo com Koppen, o clima da região é classificado como Aw (clima quente e úmido com chuvas de verão), com precipitação pluviométrica média anual é de 1.224 mm, temperatura média anual de 24°C e umidade relativa do ar de 80%.

Foram avaliados 19 genótipos do Banco Ativo de Germoplasma de Mamão (BAG-Mamão) da Embrapa Mandioca e Fruticultura, sendo estes: 12 acessos, cinco cultivares e dois híbridos (Tabela 1). Verificou-se a incidência e severidade da pinta preta do mamoeiro, mediante infecção forçada por inoculação.

Tabela 1. Código local, instituição de origem, país e grupo heterótico dos genótipos do BAG-Mamão da Embrapa Mandioca e Fruticultura, avaliados quanto a resistência à pinta preta.

Genótipos	Instituição de origem	País	Grupo heterótico
L-78 X 131	Embrapa - CNPMF	Brasil	Solo
L-78 X 154	Embrapa - CNPMF	Brasil	Solo
ALIANÇA	Eunápolis - BA	Brasil	Solo
BRS L78	Embrapa - CNPMF	Brasil	Solo
GRAMPOLA	Embrapa Amazônia	Brasil	Solo
RUBI	Incaper	Brasil	Formosa
SUNRISE	Embrapa - CNPMF	EUA (Hawaii)	Solo
TAINUNG	Embrapa - CNPMF	Tailândia	Formosa
CMF002	Cenargen	Costa Rica	Formosa
CMF011	Cenargen	Costa Rica	Formosa
CMF035	EBDA	Brasil	Solo
CMF036	EBDA	Brasil	Solo
CMF075	EBDA	Brasil	Formosa
CMF087	Kapoho, Hawaii	EUA (Hawaii)	Solo
CMF146	Sergipe	Brasil	Formosa
CMF233	Faz. Gondo - BA	Brasil	Solo
CMF251	Ribeira do Pombal- BA	Brasil	Formosa
CMF255	Cruz das Almas - BA	Brasil	Formosa
CMF256	Cruz das Almas - BA	Brasil	Formosa

2.2. Preparo das mudas

Para o preparo das mudas, foram utilizadas sementes de genótipos do BAG-Mamão da Embrapa, armazenadas em câmara fria a 4 °C até a época da semeadura. Durante a época do florescimento, as flores foram protegidas a fim de evitar uma possível contaminação com pólen de outras plantas e manter a fidelidade genética dos acessos.

Para a semeadura, foram utilizadas bandejas de polietileno de capacidade de 6 L (188 cm³ por célula), preenchidas com substrato comercial para mudas da marca Vivatto®. Foram colocadas três sementes em cada célula da bandeja e, após a germinação, foi feito o desbaste de plântulas, deixando apenas uma por célula. Aos trinta dias após emergência (DAE) as mudas foram transplantadas para vasos de 16 L preenchidos com solo de textura franco-arenosa e mantidas em ambiente de casa de vegetação, onde permaneceram até o final do experimento.

2.3. Coleta e isolamento de *Asperisporium caricae*

O procedimento de coleta e isolamento de *A. caricae* foi realizado de acordo com Santos (2009). As estruturas do fungo foram provenientes de folhas contendo sintomas de pinta preta, retiradas de forma aleatória em diversos acessos de mamoeiro situados na área experimental do BAG-Mamão da Embrapa. As folhas coletadas foram levadas para o Laboratório de Fitopatologia, onde foram cuidadosamente lavadas em água corrente para retirada das impurezas superficiais e em seguida secas em temperatura ambiente. Com uma seringa com a ponta da agulha levemente torcida, as lesões de pinta preta foram raspadas para a retirada dos esporos do patógeno.

Os esporos foram imediatamente transferidos para microtubos do tipo *Eppendorf* contendo 2 mL água destilada e esterilizada (ADE). Após a obtenção de grande quantidade de esporos, o conteúdo do microtubo foi transferido para um béquer com 10 mL de ADE e mantido por 48 horas em geladeira numa temperatura em torno de 6 ± 2 °C até o preparo da suspensão e inoculação das plantas.

2.4. Preparo da suspensão de esporos e inoculação das plantas

O procedimento para a produção do inóculo e inoculação das mudas seguiu a metodologia descrita por Santos (2009) e foi realizado aos trinta dias após o transplântio (60 DAE). No dia da inoculação, a solução de esporos de *A. caricae*, obtidos conforme o item 2.3, foi filtrada em camada dupla de gaze para retenção de restos vegetais. Posteriormente, adicionou-se à solução 80 µL de Tween 20 para dispersão dos esporos, e a mesma permaneceu sob agitação mecânica durante cinco minutos. O número de esporos foi contabilizado em Câmara de Neubauer em microscópio óptico de luz com aumento de 40 X e em seguida a suspensão dos esporos foi ajustada para uma concentração de 10^5 esporos mL⁻¹.

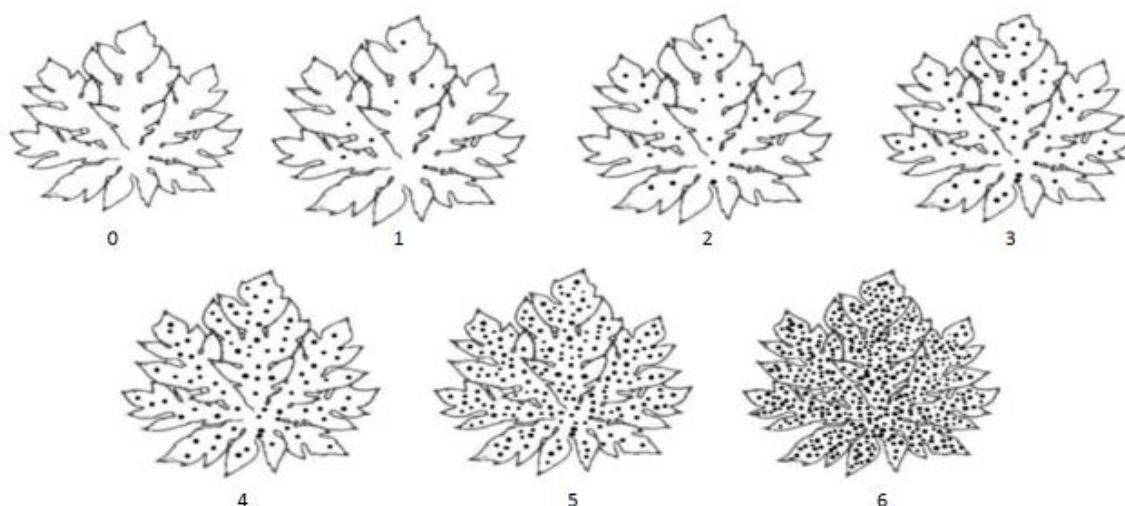
As folhas das mudas de mamoeiro foram inoculadas na face inferiro, pelo método de aspersão, sendo estas pulverizadas com um pulverizador de compressão (marca Guarany, modelo PCP-1P), até cobrir toda a superfície. Imediatamente após a inoculação, as plantas foram protegidas com sacos plásticos previamente atomizados com água destilada, fixados no caule da planta com fita adesiva, de forma a simular uma câmara úmida e assim favorecer o

desenvolvimento do fungo, permanecendo nessas condições por um período de 24 horas. Após a remoção dos sacos plásticos, as plantas foram pulverizadas diariamente com água de torneira, na face abaxial das folhas.

2.5. Avaliação da incidência e severidade

As avaliações foram feitas semanalmente, a partir da data da inoculação, seguindo a escala diagramática apresentada por Barreto et al. (2011), com adaptações, expressas em porcentagens de área foliar lesionada e mostradas na Figura 1.

Figura 1. Escala de notas para avaliação da severidade da pinta preta em folhas de mamoeiro, adaptada de Barreto et al., (2011).



Nota 0: Planta sem lesões; Nota 1: de 1% a 3%; Nota 2: de 4% a 6%; Nota 3: 7% a 14%; Nota 4: de 15% a 24%; Nota 5: de 25% a 50%; Nota 6: mais de 50% de área foliar lesionada.

Os dados de severidade da doença foram utilizados para obtenção do índice de doença de McKinney (1923), que por sua vez foi base para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e as curvas de progresso da doença para cada genótipo, de acordo com fórmula proposta por Madden et al (2007):

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\left(\frac{x_{i+1} + x_i}{2} \right) (t_{i+1} - t_i) \right]$$

Em que:

n: número de avaliações;

xi: severidade da doença na “i”-ésima observação;

ti: tempo em dias na “i”-ésima observação.

Para cada genótipo, além da AACPD foram avaliados o período de incubação (PI), a severidade (SEV) e incidência (INC). O período de incubação foi determinado pelo tempo transcorrido (em dias) entre a inoculação e o aparecimento dos primeiros sintomas (pintas). A severidade foi obtida por meio da escala de notas (BARRETO et al., 2011). As plantas também foram avaliadas quanto à incidência da doença, representada pela razão entre o total de folhas e número de folhas com sintomas. As mudas inoculadas foram avaliadas durante 90 dias, período correspondente ao início da fase reprodutiva, assinalada pelo surgimento da primeira flor.

2.6. Delineamento e análise estatística

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com 19 genótipos e cinco repetições, sendo uma planta por parcela e uma testemunha para cada genótipo. O tratamento testemunha foi constituído pela aplicação de água estéril sobre as folhas, da mesma forma e no mesmo volume da suspensão de inóculo.

Os dados de período de incubação, severidade e incidência foram submetidos ao teste F da análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Foi realizada análise de agrupamento considerando a distância euclidiana média como medida de dissimilaridade a partir dos dados padronizados. Os agrupamentos hierárquicos a partir da matriz de distância foram obtidos pelo método UPGMA – Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (SNEATH; SOKAL, 1973). A validação dos agrupamentos foi determinada por meio do coeficiente de correlação cofenético (SOKAL; ROHLF, 1962). O critério para

definição do número de grupos foi baseado no pacote “NbClust” do programa R (CHARRAD et al., 2014). As análises foram realizadas com auxílio dos programas estatísticos Genes (CRUZ, 2014) e R (R CORE TEAM, 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros sintomas visíveis nas plantas jovens de mamoeiro foram caracterizados por pequenas manchas de aspecto aquoso situadas na parte abaxial das folhas. A partir daí as lesões evoluíram e formaram estruturas compactas, enegrecidas e pulverulentas, conforme descrito por Ventura e Rezende (2016) (Figura 2).

Figura 2. A: Sintomas iniciais da pinta preta (*Asperisporium caricae*) em folha de mamoeiro, apresentando pequenas manchas de aspecto aquoso; B: Folha afetada por lesões apresentando estruturas compactas, enegrecidas e pulverulentas.



Autor: Franklin Damasceno (2019).

Foram observadas diferenças significativas entre os acessos de mamoeiro para o período de incubação (PI), incidência (INC) e severidade (SEV) da doença, o que demonstra a existência de variabilidade genética para todas as variáveis analisadas, sendo este um indicativo favorável para o melhoramento genético. Contudo, não foram identificados acessos totalmente resistentes ao *Asperisporium*

caricae (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo do quadro da análise de variância para as variáveis período de incubação (PI), incidência (INC) e severidade (SEV) em 19 genótipos de mamoeiro inoculados com *Asperisporium caricae*.

FV	GL	Quadrados médios		
		PI	INC	SEV
Acessos	18	124,363**	154,039**	0,86223**
Resíduo	76	70,147	34,814	0,19415
Total	94			
CV(%)		24,29	14,51	22,23

**significativo, pelo teste F a 1% de probabilidade.

Para a variável período de incubação, observou-se que os primeiros sintomas da pinta preta surgiram em alguns genótipos a partir de 21 dias após a inoculação, enquanto o período médio de incubação variou de 28 a 44,8 dias (Tabela 3). Stevens (1939) e Liberato e Zambolim (2002), relatam que o período de incubação da pinta preta é de oito a dez dias e o período latente de 18 a 21 dias. Esses resultados diferem dos encontrados no presente estudo e também daqueles verificados por Souza et al. (2014), que ao inocularem mudas sadias de mamoeiro do grupo Solo no Amazonas, identificaram um período de 60 dias para manifestação dos primeiros sintomas. Apesar da metodologia de inoculação ser semelhante a deste trabalho, a quantidade de inóculo utilizada foi pequena e, provavelmente, tenha influenciado no período de incubação da doença.

Por outro lado, Santos (2009), utilizou uma concentração de inóculo maior (10^6 esporos mL^{-1}) que a usada neste estudo (10^5 esporos mL^{-1}) e verificou um período de incubação de apenas 15 dias. Isso implica que a quantidade de inóculo está inversamente proporcional ao período de incubação. Este fato reforça a importância de um dos principais métodos recomendados para controle da pinta preta no campo, que consiste na retirada das folhas e frutos doentes do pomar, para reduzir as fontes de inóculo e assim reduzir a epidemia (VENTURA e REZENDE, 2016).

De acordo com o teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, os genótipos dividem-se em apenas dois grupos quanto ao período de incubação (Tabela 3). Os maiores valores foram observados para os dois híbridos avaliados, L-78x54 e L-78x131, com 42 e 44,8 dias, respectivamente. Ao todo, sete dos 19

acessos apresentaram período de incubação variando de 36,4 a 44,8 dias, o que demonstra que esses genótipos apresentaram maior resistência inicial à infecção pelo patógeno em relação aos demais, e poderiam ser classificados como portadores de resistência parcial à pinta preta.

Matiello et al. (1997) salientaram que a resistência também pode ser caracterizada pelo desenvolvimento mais lento da doença, ocasionado por alterações no processo de estabelecimento da infecção, como é o caso do período de incubação e quantidade de esporos. Dessa forma, os menores períodos de incubação estão diretamente ligados à uma maior suscetibilidade do hospedeiro em relação ao patógeno, o que foi evidenciado na maioria dos genótipos que apresentaram médias variando de 28 a 35 dias.

Tabela 3. Valores médios para período de incubação, incidência e severidade da doença, em genótipos de mamoeiro inoculados com *Asperisporium caricae*¹.

Genótipos	Período de incubação (dias)	Incidência (%)	Severidade (Notas)
L-78 X 131	44,8 b	30,17 b	1,25 c
L-78 X 154	42,0 b	34,23 b	1,35 c
ALIANÇA	33,6 a	41,90 a	1,97 a
BRS L78	30,8 a	42,93 a	1,98 a
GRAMPOLA	28,0 a	48,73 a	2,71 a
RUBI	35,0 a	41,60 a	2,10 a
SUNRISE	33,6 a	42,45 a	2,07 a
TAINUNG	30,8 a	45,08 a	2,32 a
CMF002	28,0 a	49,61 a	2,58 a
CMF011	40,6 b	29,64 b	1,14 c
CMF035	37,8 b	35,91 b	1,74 b
CMF036	33,6 a	44,02 a	2,14 a
CMF075	28,0 a	41,27 a	2,11 a
CMF087	36,4 b	38,38 b	1,82 b
CMF146	30,8 a	46,69 a	2,44 a
CMF233	30,8 a	35,78 b	1,72 b
CMF251	39,2 b	42,43 a	1,92 a
CMF255	39,2 b	39,47 a	2,10 a
CMF256	23,2 a	42,12 a	2,10 a
CV (%)	22,29	14,51	22,23

¹Letras iguais nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A incidência da pinta preta nas folhas foi observada a partir da terceira semana após a inoculação, e de forma semelhante ao período de incubação, as médias foram agrupadas em dois níveis de resistência. Dessa vez, seis genótipos

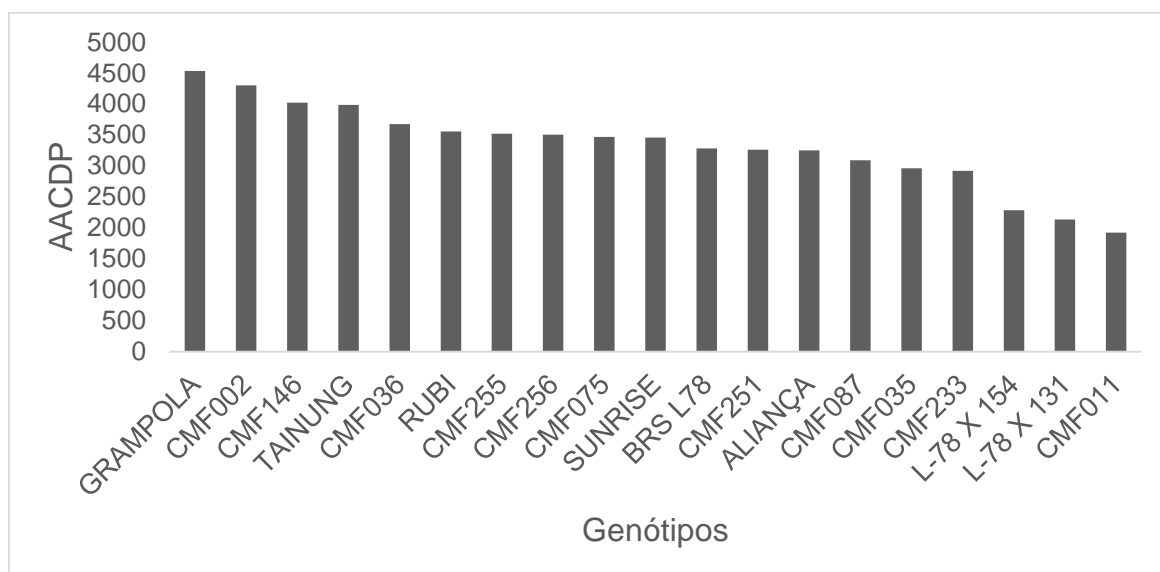
apresentaram incidência superior aos demais (Tabela 3). O grupo dos mais resistentes novamente incluiu os genótipos CMF011, CMF035, CMF087 e os híbridos L-78x54 e L-78x131, com valores 30,17% a 38,38% de incidência na planta, o que os tornam promissores na busca por genótipos menos suscetíveis ao ataque de *A. caricae*. O outro grupo de acessos apresentou médias de incidência variando de 39,47% a 49,61%.

Para esse patossistema, embora a incidência seja um parâmetro de quantificação simples e menos preciso que a severidade, seu estudo na planta ou no campo é de grande interesse e tem sido explorado em trabalhos anteriores, a exemplo de Vivas et al. (2013; 2015), uma vez que a incidência pode auxiliar tanto no entendimento da epidemiologia da doença quanto na busca por parâmetros genéticos que darão mais suporte no processo de seleção.

Assim como a incidência, a severidade da pinta preta nos genótipos de mamoeiro também aumentou com o decorrer das avaliações. Para esta variável, as médias foram alocadas em três grupos (Tabela 3). Alguns acessos merecem destaque no Programa de Melhoramento, pois apresentaram maior resistência quanto ao período de incubação e quanto à incidência da doença, bem como menor severidade dentre os demais, a exemplo do CMF011 e dos híbridos L-78x54 e L-78x131. O segundo grupo reuniu os genótipos com severidade intermediária que foram: CMF035, CMF087 e CMF233 e os 13 restantes foram reunidos no grupo que apresentou maior suscetibilidade, com maior valor observado na cultivar Grampola (2,71).

Por meio da escala de notas atribuídas à severidade e do cálculo do índice da doença, foi possível traçar a curva de progresso da doença, assim como obter os valores que correspondem à área abaixo da curva (AACPD). Foram observados valores variando entre 1920,785 e 4533,396, sendo o genótipo CMF011 e a cultivar Grampola os que apresentaram o menor e o maior valor de AACPD, respectivamente. Os híbridos L-78x54 e L-78x131 também apresentaram valores reduzidos de AACPD de 2284,154 e 2136,039, respectivamente, em comparação aos demais genótipos (Figura 3).

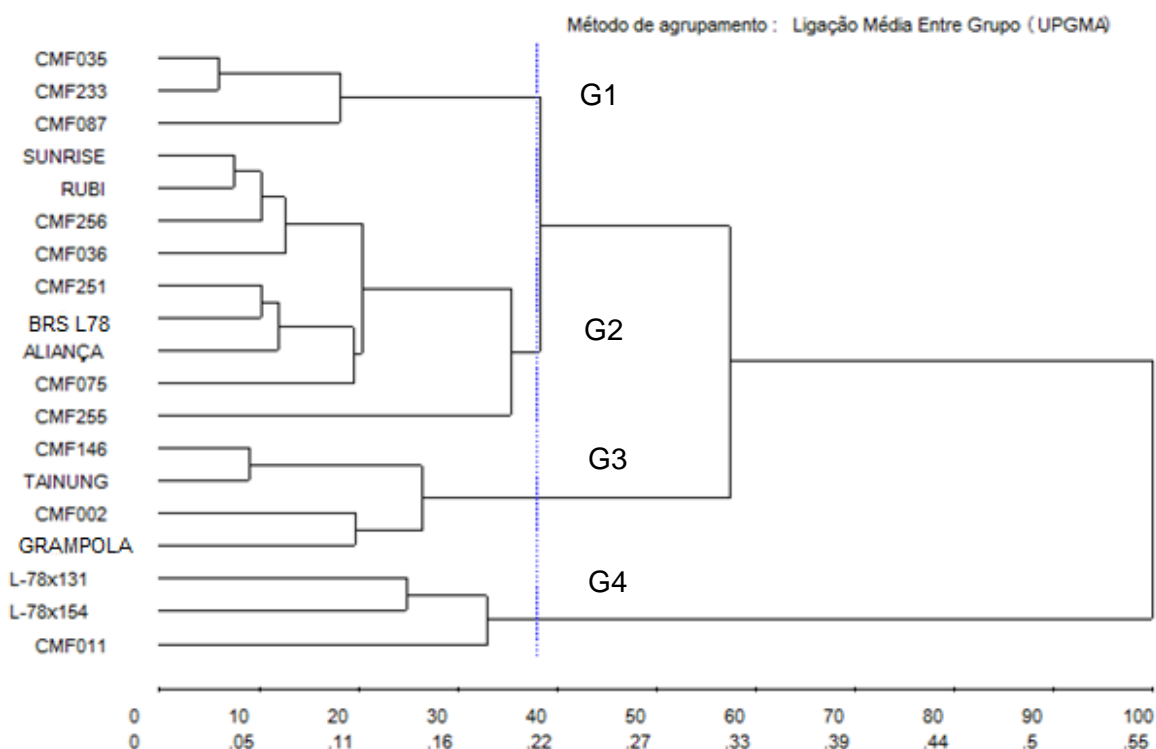
Figura 3. Valores correspondentes a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da pinta preta (*Asperisporium caricae*) em genótipos de mamoeiro.



A partir da AACPD foi realizada a análise de agrupamento, utilizando a distância Euclidiana como medida de dissimilaridade e o método UPGMA para agrupar de forma hierárquica os 19 genótipos de mamoeiro. Verificou-se a formação de quatro grupos, indicando diferentes níveis de resistência: altamente suscetíveis (Grupo 3), suscetíveis (Grupo 2), moderadamente resistentes (Grupo 1) e resistentes (Grupo 4) (Figura 4). De acordo com Vivas et al. (2012) esses resultados possibilitam a identificação e seleção de materiais que apresentam resistência parcial ao patógeno e, conseqüentemente, potencial para uso em hibridações visando atender a busca por genótipos mais resistentes à pinta preta.

O coeficiente de correlação cofenético (CCC) do dendrograma foi de 0,84, valor considerado adequado, uma vez que é desejável a obtenção de valores acima de 0,80 (Bussab et al., 1990). Isso indica que a matriz de agrupamento está próxima da matriz de dissimilaridade e que o dendrograma representa de maneira fiel os resultados das distâncias genéticas. O valor estimado está entre os valores aceitáveis como um índice confiável na precisão e consistência dos dados.

Figura 4. Dendrograma gerado pelo agrupamento UPGMA, construído com base na distância Euclidiana, a partir dos valores médios da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da pinta preta (*Asperisporium caricae*) em genótipos de mamoeiro.

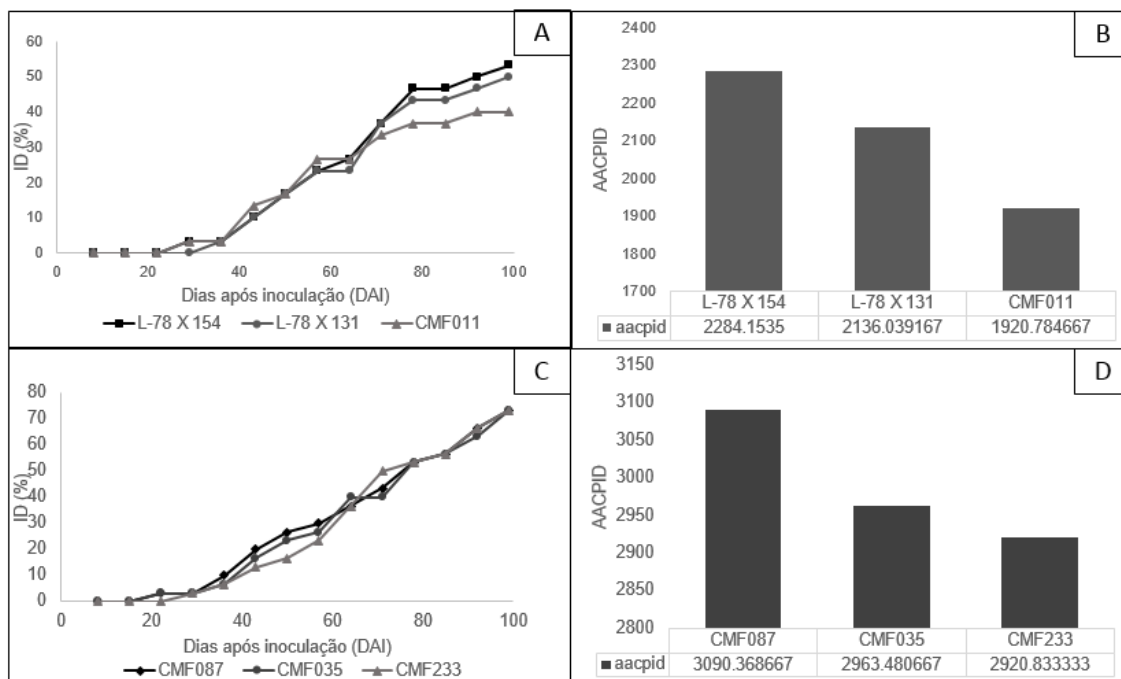


G1: Moderadamente resistente; G2: Suscetível; G3: Altamente suscetível; G4: Resistente.

Dos 19 genótipos avaliados, apenas três foram considerados como resistentes à pinta preta (Grupo 4): CMF011, L-78x54 e L-78x131, por apresentarem menores valores de AACPD (1920,78 a 2284,15), indicando que possuem maior resistência ao patógeno dentre todos avaliados (Figuras 5A e 5B).

O Grupo 1 reuniu três genótipos denominados como moderadamente resistentes, com valores de AACPD de 2920,83 a 3090,37 (Figuras 5C e 5D). Pode-se dizer então que o CMF035, CMF087 e CMF233 também possuem mecanismos de resistência, mas que atuam em menor intensidade do que os observados no grupo anterior.

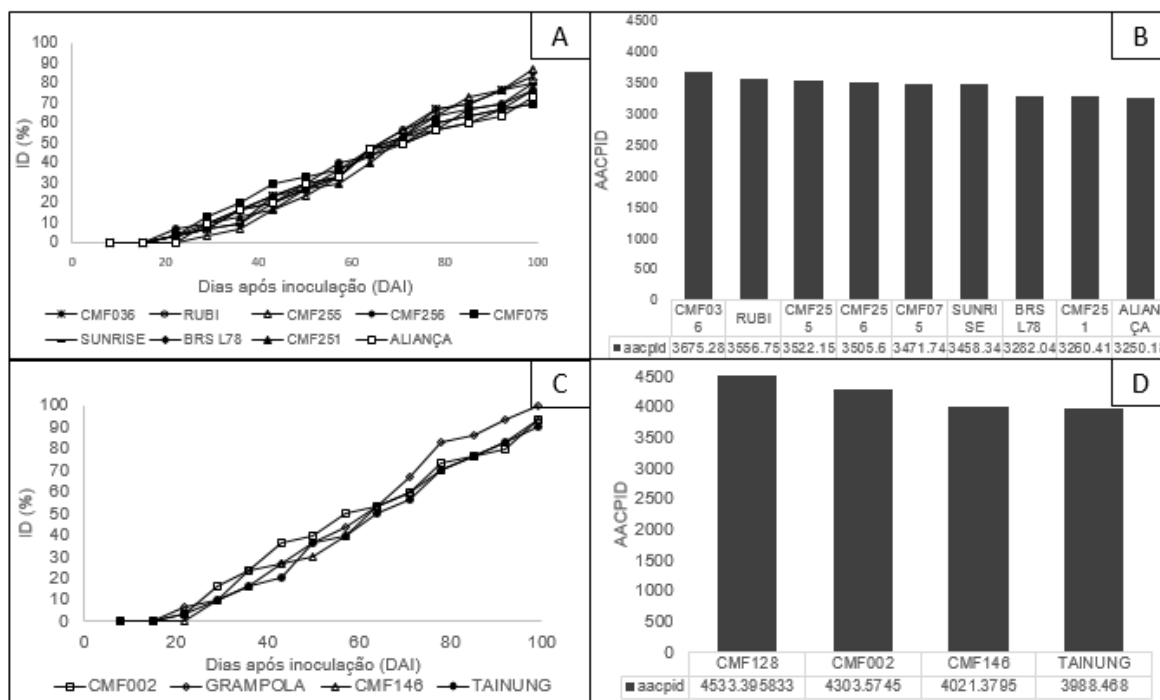
Figura 5. Curvas de progresso da doença e áreas abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), calculadas a partir do índice de doença (ID) para sintomas externos da pinta preta do mamoeiro, mediante inoculação com *Asperisporium caricae*. A, B: Resistente; C, D: Moderadamente resistente.



A maioria dos genótipos compõem o Grupo 2: CMF036, CMF075, CMF251, CMF255 e CMF256, as cultivares Sunrise, Rubi e Aliança e BRS L78, sendo considerados como suscetíveis à doença, pois apresentaram valores para AACPD de 3250,18 a 3675,27 (Figuras 6A e 6B).

O último grupo, formado por quatro genótipos (CMF002, CMF149 e as cultivares Grampola e Tainung), foi considerado como altamente suscetível ao *A. caricae*. Conforme as Figuras 6C e 6D, os valores para AACPD observados nestes genótipos foram de 3988,47 a 4536,40, os maiores verificados neste estudo.

Figura 6. Curvas de progresso da doença e áreas abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), calculadas a partir do índice de doença (ID) para sintomas externos da pinta preta do mamoeiro, mediante inoculação com *Asperisporium caricae*. A, B: Suscetível; C, D: Altamente suscetível.



De acordo com Sobreira et al. (2010), a AACPD reflete basicamente o ciclo de desenvolvimento do patógeno na planta. Portanto, são considerados mais resistentes os genótipos com menor AACPD, pois o patógeno manifestou-se tardiamente e/ou apresentou evolução lenta, representado por maiores períodos de incubação nos hospedeiros em estudo.

Existem diversos mecanismos de resistência a patógenos que incidem sobre folhas e frutos, que podem ser inerentes aos genótipos e retardam o desenvolvimento de doenças. De acordo com Dalagnol e Araújo Filho (2018), o sistema de defesa de plantas é bastante complexo e pode ser de origem morfofisiológica da planta ou ser produzido em função da detecção do microrganismo.

Características morfológicas como estômatos pequenos e pouco numerosos, epiderme e cutícula espessas, e lignificação dos tecidos têm sido correlacionadas positivamente com a resistência em várias pesquisas (GABLER et al., 2003; SERRANO, 2014). Essas características causam maior resistência devido ao fato de possibilitarem uma maior resistência natural à infecção pelo

patógeno, pois atuam como barreira física impedindo a degradação das células hospedeiras pelas enzimas do agente patogênico (KO, 1994; STICHER et al., 1997). Sugere-se que estas podem estar associadas aos genótipos que apresentaram maior resistência, mesmo com a forte pressão exercida sobre essas plantas pela inoculação de *A. caricae* em condições de elevada umidade foliar, favorável ao seu desenvolvimento.

Outro fator que pode ter contribuído para as diferenças de resistência entre os genótipos é a capacidade de responder à infecção por meio do reconhecimento da presença do patógeno e assim induzir respostas de defesa, a exemplo da produção de enzimas como a β -1-3 glucanase, a peroxidase e a quitinase, que são tóxicas para o patógeno e criam condições que inibem o desenvolvimento da doença na planta (ZHU et al., 2003; AGRIOS, 2005). Shi et al. (2011) e Meng et al. (2015), observaram o controle de outras doenças como a antracnose do mamoeiro e da bananeira indiretamente por meio do aumento da atividade dessas enzimas.

No caso do mamoeiro, a planta possui ainda o próprio látex, bem como fitoalexinas e outros compostos fenólicos (EBEL, 1986; AGRIOS, 2005). Essas substâncias são tóxicas a diversos organismos fitopatogênicos, assim como foi verificado nos trabalhos de Dianese et al. (2007) e Dianese et al. (2009), que por meio da aplicação de fosfitos, detectaram um estímulo à produção e acúmulo de fitoalexinas, que reduziu os índices de infecção de *Phytophthora palmivora* no mamoeiro.

É importante destacar que a atuação dos mecanismos de defesa pode se dar de forma isolada e/ou conjunta, sendo muito difícil separar estes efeitos e identificar a real contribuição isolada de cada mecanismo, além da contribuição de cada um variar de acordo com o tipo de agente patogênico e o modo de infecção (DALAGNOL e ARAÚJO FILHO, 2018).

Assim como verificado neste trabalho, outras pesquisas apontam a existência de variabilidade genética em relação à resistência de mamoeiro à pinta preta. Os trabalhos de Ide et al. (2001) destacaram a cultivar Maradol como resistente, por apresentar menor número de pinta preta no lóbulo central foliar em relação a variedade Sunrise Solo 72/12. Dianese et al. (2007) e Poltronieri et al. (2017) identificaram menor severidade da doença nas folhas do genótipo Sekati e verificaram também a presença de variabilidade genética, que refletiu não só em folhas mas também em frutos de mamoeiro, assim como Vivas et al. (2012; 2015)

na tentativa de identificar genótipos resistentes à pinta preta, detectaram variabilidade genética em avaliação de acessos crioulos de mamoeiro.

Por outro lado, Vivas (2009), avaliando acessos do Banco de Germoplasma da UENF/Caliman, observou uma baixa variabilidade genética para a resistência à pinta preta entre os indivíduos avaliados, o que evidencia a necessidade da investigação por parte das instituições de pesquisa, acerca da identificação e quantificação de fontes de resistência contidos em seus germoplasmas.

O presente estudo também corrobora Vivas et al. (2013), que afirmam que no mamoeiro, a resistência completa à pinta preta ainda não tem sido observada em genótipos comerciais e/ou genótipos que já tenham passado por ciclos de seleção. Portanto, existe a necessidade de aumentar a base genética de materiais disponíveis por meio de estudos sobre a dinâmica da doença possibilitando o controle pela resistência genética, porém neste caso, ainda inexistem fontes de resistência que viabilizem essa prática (VIVAS et al., 2015).

Gabrekiristos (2020) afirma existir ainda uma lacuna na pesquisa sobre este patossistema, no que se refere a estudos básicos de identificação morfológica para caracterização de isolados. Assim, a triagem de germoplasma de mamoeiro deve ser intensamente realizada para identificação de genótipos tolerantes/resistentes à varíola, no intuito de planejar opções de manejo para um controle efetivo.

4. CONCLUSÕES

Há diferentes níveis de resistência à pinta preta entre os genótipos, contudo, nenhum apresenta resistência completa ao patógeno sob as condições avaliadas.

O acesso CMF011 e os híbridos L-78x131 e L-78x154 são considerados como mais resistentes à pinta preta dentre os genótipos avaliados.

5. REFERÊNCIAS

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5th ed. San Diego: Academic Press, 2005. 922 p.

BARRETO, L. F.; SAVAN, P. A. L.; LIMA, L. L. de.; LODO, B. N. Avaliação de fungicidas no controle de *Asperisporium caricae* na cultura do mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, p. 399-403, Outubro 2011.

BUSSAB, W. de O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. **Introdução à Análise de Agrupamentos**. In: 9º Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, São Paulo. Associação Brasileira de Estatística, 105p.,1990.

CHARRAD, N.; GHAZZALI N.; BOITEAU, V.; NIKNAFS, A. NbClust: NbClust package for determining the best number of clusters. R package version 2.0.1. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=NbClust>>. 2014.

CRUZ, C. D. Programa Genes - Aplicativo computacional em genética e estatística. Disponível em: <www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm>. 2014.

DALLAGNOL, L. J.; ARAUJO FILHO, J. V. Resistência genética de plantas a patógenos. **Pelotas: UFPel**, 437p., 2018.

DIANESE, A. C., BLUM, L. E. B., DUTRA, J. B., LOPES, L. F., SENA, M. C., FREITAS, L. F. & YAMANISHI, O. K. Reação de genótipos de mamoeiro à varíola e à podridão do pé. **Fitopatologia Brasileira** v. 32, p. 419-423, 2007.

DIANESE, A. C.; BLUM, L. E. B.; DUTRA, J. B., LOPES. Aplicação de fosfito de potássio, cálcio ou magnésio para a redução da podridão do pé do mamoeiro em casa de vegetação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2309-2314, 2009.

EBEL, J. Phytoalexin Synthesis: The Biochemical Analysis of the Induction Process. **Annual Review of Phytopathology**, v. 24, n. 1, p. 235-264, 1986.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The agricultural production**. 2020 Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Consultado em: 12 de Fevereiro de 2021.

GABREKIRISTOS, E. A Newly Emerging Disease of Papaya in Ethiopia: Black Spot (*Asperisporium caricae*) Disease and Management Options. **Journal of Plant Pathology & Microbiology**, v. 11, n.488, p. 1-5, 2020.

GABLER, F. M.; SMILANICK, J. L.; MANSOUR, M.; RAMMING, D. W.; MACKEY, B. E. Correlations of morphological, anatomical and chemical features of grape berries with resistance to *Botrytis cinerea*. **Phytopathology**, v. 93, p. 1263-1273, 2003.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 12 fev. 2021.

IDE, C. D.; MARTELLETO, L. A. P.; MARIN, S. L. D.; YAMANISHI, O. K. **Resposta de diferentes genótipos de mamoeiro à manifestação de varíola**. PESAGRO-RIO, Niterói/RJ. Comunicado Técnico nº 259. 3 p. 2001.

LIBERATO, J. R.; ZAMBOLIM, L. Controle das doenças causadas por fungos, bacterias e fitonematóides em mamoeiro. In: Zambolim, L., Vale, F. X. R., Monteiro, A. J. A. & Costa H (Eds.) **Controle de doenças de plantas fruteiras**. v.2. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. p.1023-1169, 2002.

KO, W. H. *Phytophthora* fruit rot and root rot. In. PLOETZ, R. C., ZENTMYER, G. A., NISHIJIMA, W. T., ROHRBAXH, K. G., OHR, H. D (Eds.) **Compendium of tropical fruit diseases**. St. Paul. American Phytopathological Society Press. p. 61-62, 1994.

MADDEN, L.V.; HUGHES, G.; VAN DEN BOSCH, F. **The Study of Plant Disease Epidemics**. St. Paul: American Phytopathological Society Press, 2007. 421p.

MATIELLO, R. R.; BARBIERI, R. L.; CARVALHO, F. I. F. de. Resistência das plantas a moléstias fúngicas. **Cienc. Rural [online]**, v. 27, n. 1, p. 161-168, 1997.

McKINNEY, H.H. Influence of soil, temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 26, p. 195-217, 1923.

MENG, X.; LI, J.; BI, F.; ZHU, L.; MA, Z. Antifungal Activities of Crude Extractum from *Camellia semiserrata* Chi (Nanshancha) Seed Cake Against *Colletotrichum musae*, *Colletotrichum gloeosporioides* and *Penicillium italicum* *in vitro* and *in vivo* Fruit Test. **The Plant Pathology Journal**, v. 31, n. 4, p. 414-420, 2015.

PEREIRA, M. G.; FERREGUETTI, G. A.; RAMOS, H. C. C.; SANTA CATARINA, R.; VETTORAZZI, J. C. F.; POLTRONIERI, T. P. S.; ARÊDES, F. A. S.; ET AL. **Melhoramento genético do mamoeiro: Programa Uenf/Caliman**. In: VII Simpósio do Papaya Brasileiro: Produção e Sustentabilidade Hídrica. Vitória - ES, 22 a 25 de agosto de 2018, Anais...Incaper:Vitória - ES, 2018.

POLTRONIERI, T. P. S.; SILVEIRA, S. F.; VIVAS, M.; SANTA CATARINA, R.; CORTES, D. F. M.; AZEVEDO, A. O. N.; PEREIRA, M. G. Selecting black-spot resistant papaya genotypes derived from backcrossing and hybrids. **Genetics and molecular research**, v. 16, n. 1, 2017.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. Disponível em <<http://www.R-project.org/>>. 2015.

SANTOS, V. J. **Avaliação de resistência de genótipos de mamoeiro à *Asperisporium caricae***. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB. Cruz das Almas, BA, 2009. 57f.

SANTOS, P. H. D.; OLIVEIRA, C. R. R.; GONÇALVES, V.M. L.; AREDES, F. A. S.; CARVALHO, B. M.; PEREIRA, M. G.; SILVEIRA, S. F. Phylogeographic distribution of *Asperisporium caricae* isolates in brazilian southeastern and northeastern coastal Regions. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 35, n. 3, p. 859-868, 2019.

SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, A. A. R.; NORONHA, A. C. S.; SANCHES, N. F.; LOPES, F. F.; ANDRADE, P. R. O.; OSÓRIO, A. C. B.; SOUZA, J. A.; OLIVEIRA,

A. M. G.; SANTOS, M. J. **Monitoramento e controle da Pinta-preta do mamoeiro**, Cruz das Almas: Embrapa, 5p, (Comunicado técnico 125b), 2007.

SERRANO, M., et al. The cuticle and plant defense to pathogens. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, p. 274, 2014.

SHI, J.; LIU, A.; LI, X.; FENG, S.; CHEN, W. Inhibitory mechanisms induced by the endophytic bacterium MGY2, In: Controlling anthracnose of papaya. **Biological Control**, v. 56, n. 1, p. 2-8, 2011.

SNEATH, P. H.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy: The principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W. H. Freeman, 1973. 573p.

SOBREIRA, F. M.; SOBREIRA, F. M.; CABRAL, M. B. G.; CONTARATO, C. C. C.; NEDER, D. G.; MATTA, F. P. Resistência à requeima (*Phytophthora infestans*) entre genótipos de tomateiro tipo salada e tipo cereja. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 22, n. 1, p. 28-34, 2010.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v. 11 p. 33-40. 1962.

SOUZA, M. G.; PEREIRA, J. C. R.; GARCIA, M. V. B.; KANO, C.; BRIOSO, P. S. T. **Primeiro relato de Pinta-preta, causada por *Asperisporium caricae*, em Mamoeiro no Amazonas**, Comunicado técnico 109p. 2014.

STEVENS, H. E. Papaya diseases. **Proceedings of The Florida State Horticultural Society**, v. 52, p. 57-63, 1939.

STICHER, L.; MAUCH MANI, B.; METRAUX, J. P. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v. 35, p. 235-270, 1997.

VENTURA, J. A.; REZENDE, J. A. M. Doenças do mamoeiro. In: L. AMORIM, J.A.M. REZENDE, A. BERGAMIM FILHO and L.F.A. CAMARGO, eds. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 497-510, 2016.

VIVAS, M. **Avaliação de germoplasma e híbridos de mamoeiro quanto a resistência à doenças causadas pelos fungos *Asperisporium caricae*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Oidium caricae* e *Phoma caricae-papayae***, Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 111p., 2009.

VIVAS, J. M. S.; VIVAS, M.; SILVEIRA, S. F. Efeito da temperatura sobre o crescimento e esporulação *in vitro* de fungos hiperparasitas de *Asperisporium caricae*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 73-81, 2015.

VIVAS, M.; SILVEIRA, S. F.; VIVAS, J. M. S.; PEREIRA, M. G. Prediction of genetic gain and progenies selection of papaya for resistance to black spot. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 2, p. 142-148, 2013.

VIVAS, M.; SILVEIRA, S. F.; VIVAS, J. M. S.; PEREIRA, M. G. Patometria,

parâmetros genéticos e reação de progênies de mamoeiro à pinta-preta. **Bragantia**, Campinas, v. 71, p. 235-238, 2012.

VIVAS, M.; TERRA, C.E.P.S.; SILVEIRA, S.F.; FONTES, R.V.; PEREIRA, M. G. Escala diagramática para avaliação da severidade de pinta-preta em frutos de mamoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 2, p. 161-163, 2010.

ZHU, Y. J.; QIU, X.; MOORE, P. H.; BORTH, W.; HU, J.; FERREIRA, S.; ALBERT, H. H. Systemic acquired resistance induced by BTH in papaya. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 63, p. 237-248, 2003.

ARTIGO 3**INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DA PINTA PRETA
(*Asperisporium caricae*) DO MAMOEIRO¹**

¹Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Fruticultura

INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DA PINTA PRETA (*Asperisporium caricae*) DO MAMOEIRO

Resumo: Entre as estratégias de controle alternativo de doenças está o uso de produtos indutores de resistência. Estes produtos se destacam por apresentar eficiência no controle de doenças de plantas pela ativação de seus mecanismos de defesa, o que possibilita combater um amplo espectro de patógenos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de indutores de resistência no controle da pinta preta em genótipos de mamoeiro. O estudo foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia e em casa de vegetação, ambos da Embrapa Mandioca e Fruticultura, no município de Cruz das Almas - Bahia. O experimento foi instalado em esquema fatorial 5x4 (indutores x genótipos), sob delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, sendo a parcela experimental representada por uma planta. Os genótipos foram selecionados com base no seu nível de resistência à pinta preta, sendo: L-78x131, L-78x154 (baixa suscetibilidade) e as cultivares BRS L78 e Grampola (média e alta suscetibilidade), todos oriundos do Banco Ativo de Germoplasma de Mamão da Embrapa. Foram feitas quatro aplicações quinzenais dos indutores: Ecolife®, Biopirrol®, Bion® e AgroMos®, via pulverização foliar, sendo a primeira realizada aos dez dias antes da inoculação. Aos 60 dias após a emergência as plantas foram inoculadas via pulverização com suspensão de conídios de *A. caricae*, ajustada para 10^5 esporos mL⁻¹ diretamente na face abaxial das folhas. As plantas foram avaliadas durante 90 dias para determinação do período de incubação e da severidade da pinta preta por meio de escala de notas. Posteriormente, foram calculados o índice de doença, a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e as curvas de progresso da doença para cada tratamento. A aplicação dos indutores de resistência Bion®, Ecolife®, Biopirrol® e AgroMos® promove atraso no processo de estabelecimento da pinta preta, ao aumentar o período de incubação de *A. caricae* e, conseqüentemente, reduzir a severidade e a AACPD em relação à testemunha, sob as condições avaliadas. O Bion® é capaz de induzir o mesmo nível de resistência à pinta preta, independente do grau de suscetibilidade dos genótipos avaliados.

Palavras-chave: AgroMos®, Bion®, Biopirrol®, *Carica papaya* L., Ecolife®, varíola do mamoeiro.

RESISTANCE-INDUCING PRODUCTS IN PAPAYA BLACK SPOT (*Asperisporium caricae*) CONTROL

Abstract: Among the disease control alternative strategies is the use of resistance-inducing products. These products stand out for being efficient in controlling plant diseases by activating their defense mechanisms, which makes it possible to combat a wide spectrum of pathogens. The objective of this work was to evaluate the efficiency of resistance inducers in controlling black spot in papaya genotypes. The study was conducted at the Phytopathology Laboratory and in a greenhouse, both at Embrapa Mandioca e Fruticultura, in the municipality of Cruz das Almas - Bahia. The experiment was set up in a 5x4 factorial scheme (inducers x genotypes), in a completely randomized design with five replications, with the experimental plot represented by one plant. The genotypes were selected based on their level of black spot resistance, as follows: L-78x131, L-78x154 (low susceptibility) and the cultivars BRS L78 and Grampola (medium and high susceptibility), all originating from the Active Germplasm Bank of Papaya from Embrapa. Four biweekly applications of the inducers were made: Ecolife®, Biopiról®, Bion® and AgroMos®, via foliar spraying, the first being carried out ten days before inoculation. At 60 days after emergence, the plants were inoculated via spraying with a suspension of *A. caricae* conidia, adjusted to 10^5 spores mL⁻¹ directly on the leaf abaxial surface. The plants were evaluated during 90 days to determine incubation period and severity of black spot using a rating scale. Subsequently, the disease index, the area under the disease progress curve (AUDPC) and the disease progress curves were calculated for each treatment. The resistance inducers applications Bion®, Ecolife®, Biopiról® and AgroMos® delay the black spot establishment process, by increasing the *A. caricae* incubation period and, consequently, reducing the severity and AUDPC in relation to witness, under to evaluated conditions. Bion® is able to inducing the same level of black spot resistance, regardless the evaluated genotypes susceptibility level.

Key words: AgroMos®, Bion®, Biopiról®, *Carica papaya* L., Ecolife®, papaya pox.

1. INTRODUÇÃO

Entre as doenças que afetam a cultura do mamoeiro, a pinta preta ou varíola, causada pelo fungo *Asperisporium caricae*, destaca-se como o principal patógeno foliar da cultura, caracterizada por ser uma doença agressiva e de comum ocorrência, que provoca perdas econômicas nas lavouras pela redução da área foliar ativa e redução do valor comercial dos frutos (VENTURA e REZENDE, 2016).

Como consequência do ataque de doenças, o mamoeiro é uma cultura altamente dependente do uso de defensivos agrícolas durante todo ciclo de produção, sendo a aplicação de fungicidas o principal método empregado no combate à pinta preta. Entre as estratégias alternativas ao controle químico, está o uso de produtos indutores de resistência. Estes indutores destacam-se por apresentar eficiência no controle de doenças em várias culturas, pois intensificam nas plantas uma reação de ativação de seus mecanismos de defesa antes mesmo da chegada do invasor, o que possibilita combater um amplo espectro de patógenos (MARTELLETO et al. 2008; OLIVEIRA e NISHIJIMA 2014, SANTOS et al. 2017). Além disso, os indutores são praticamente atóxicos, não apresentam riscos à saúde do homem e não deixam resíduos que possam prejudicar o meio ambiente (RESENDE et al., 2007).

Tais produtos são aceitos pela agricultura orgânica devido aos seus resultados satisfatórios na proteção de plantas (DEMARTELAERE et al., 2017). Alguns desses indutores são indicados para complementar e equilibrar o estado nutricional da planta, a exemplo do Ecolife® e dos fosfitos, além de possuírem propriedades antifúngicas como o AgroMos® ou ativarem mecanismos de defesa das plantas, no caso do Bion®, que atua no estímulo à síntese de substâncias naturais de autodefesa, como as fitoalexinas, que protegem as plantas do ataque de fungos (DIANESE et al., 2008; LOPES, 2008 e DEMARTELAERE et al., 2017).

No mamoeiro, alguns estudos avaliando indutores de resistência para o controle da pinta preta, encontraram bons resultados com o uso do acibenzolar-S-methyl (ASM), produto comercial Bion® (SANTOS, 2013; OLIVEIRA e NISHIJIMA, 2014). De acordo com os autores, a substância induz resistência parcial contra esta doença e pode ser uma opção para o seu controle.

Outros indutores de resistência a exemplo do Ecolife®, que é um fertilizante foliar organo-mineral, também têm sido relatados como alternativa para o controle

de doenças do mamoeiro, como a pinta preta e a podridão do pé. O Biopiról® ou extrato pirolenhoso, substância obtida no processo de produção de carvão, além de induzir resistência à patógenos de algumas culturas, se mostrou eficiente na redução de lesões da antracnose em mamoeiro na pós-colheita (MELO et al., 2016; RIBEIRO, SERRA; ARAÚJO, 2016).

Mesmo com os esforços empregados no desenvolvimento de métodos alternativos de controle da pinta preta do mamoeiro, é sabido que nenhum produto induz resistência total na planta. Dessa forma, o uso de genótipos mais resistentes aliado ao uso de indutores de resistência, são uma alternativa na busca por uma produção com a qualidade requerida pelo mercado consumidor e com menor quantidade de resíduos de defensivos agrícolas. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência de indutores de resistência no controle da pinta preta em genótipos de mamoeiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de trabalho e material vegetal

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia e em casa de vegetação, ambos da Embrapa Mandioca e Fruticultura. A Unidade está localizada no município de Cruz das Almas, Bahia (12°40'39"S e 39°06'22"W e 220 m de altitude). De acordo com Koppen, o clima da região é classificado como Aw (clima quente e úmido com chuvas de verão), com precipitação pluviométrica média anual é de 1.224 mm, temperatura média anual de 24°C e umidade relativa do ar de 80%.

Foram avaliados quatro genótipos oriundos do Banco Ativo de Germoplasma de Mamão da Embrapa Mandioca e Fruticultura, selecionados de acordo com o primeiro capítulo, com base no padrão de resistência à pinta preta: os híbridos L-78x131, L-78x154, considerados com baixa suscetibilidade; a cultivar BRS L78, com média suscetibilidade; e a cultivar Grampola, que se mostrou altamente suscetível à doença.

2.2. Preparo das mudas

Para a formação das mudas, foram utilizadas bandejas de polietileno de

capacidade de 6 L (188 cm³ por célula), preenchidas com substrato comercial para mudas da marca Vivatto®. A semeadura consistiu na colocação de três sementes em cada célula da bandeja, sendo realizado após a germinação, o desbaste de plântulas deixando apenas uma por célula.

Após trinta dias da emergência, as mudas foram transplantadas para vasos de 16 L preenchidos com solo de textura franco-arenosa e mantidas em ambiente de casa de vegetação, onde permaneceram até o final do experimento.

2.3. Tratamentos e aplicação dos indutores de resistência

Foram testados quatro produtos indutores de resistência: Ecolife® (Quinabra), um fertilizante foliar organo-mineral; Biopirrol® (Ecolmax), chamado de extrato pirolenhoso, uma solução aquosa de compostos orgânicos gerada em conjunto com a produção industrial de carvão vegetal; Bion® (Syngenta), um ativador de plantas à base de acibenzolar-S-methyl (ASM) e AgroMos®, (Alltech Crop Science), fertilizante composto por nutrientes, aminoácidos e polissacarídeos resultantes de processos bióticos de fermentação (Tabela 1). Os indutores foram aplicados nas plantas em quatro pulverizações quinzenais com um pulverizador manual, sendo a primeira aplicação realizada aos dez dias antes da inoculação com o patógeno. Os tratamentos avaliados foram: 1 – Testemunha; 2 – Ecolife®; 3 – Biopirrol®; 4 – Bion® e 5 – AgroMos®. Os indutores de resistência foram diluídos e aplicados via foliar, conforme a dose recomendada pelos fabricantes, de modo a cobrir toda a superfície das folhas até o ponto de escorrimento. O tratamento testemunha foi constituído pela aplicação de água destilada estéril sobre as folhas, da mesma forma dos indutores.

Tabela 1. Indutores de resistência à pinta preta avaliados em genótipos de mamoeiro.

Produto Comercial	Fabricante	Ingredientes ativos	Dosagem*
Ecolife®	Quinabra	Biomassa cítrica, bioflavonóides cítricos (vitamina P), ácido ascórbico (vitamina C) e fitoalexinas cítricas	2 mL.L ⁻¹
Biopirol®	Ecolmax	Ácidos e matéria orgânicos ultra decompostos semelhantes aos encontrados nos vegetais	2 mL.L ⁻¹
Bion®	Syngenta	Acibenzolar-S-metil	0,06 g.L ⁻¹
AgroMos®	Alltech Crop Science	Mananoligossacarídeo fosforilado, sulfato de cobre e sulfato de zinco	2 mL.L ⁻¹

*Dose recomendada pelo fabricante para controle de doenças foliares.

2.4. Coleta e isolamento de *Asperisporium caricae*

O procedimento de coleta e isolamento de *A. caricae* foi realizado de acordo com Santos (2009). Os esporos do fungo foram provenientes de folhas contendo sintomas de pinta preta, retiradas de forma aleatória em diversos acessos de mamoeiro situados na área experimental do BAG-Mamão da Embrapa. As folhas coletadas foram levadas para o Laboratório de Fitopatologia, onde foram cuidadosamente lavadas em água corrente para retirada das impurezas superficiais e em seguida secas em temperatura ambiente. Com uma seringa com a ponta da agulha levemente torcida, as lesões de pinta preta foram raspadas para a retirada dos esporos do patógeno.

Os esporos foram imediatamente transferidos para microtubos de centrífuga do tipo *Eppendorf* contendo 2 mL água destilada e esterilizada (ADE). Após a obtenção de grande quantidade de esporos, o conteúdo do eppendorf foi transferido para um béquer com 10 mL de ADE e mantido por 48 horas em geladeira numa temperatura em torno de 6 ± 2 °C até o preparo da suspensão e inoculação das plantas.

2.5. Preparo da suspensão de esporos e inoculação das plantas

O procedimento para a produção do inóculo e inoculação das mudas seguiu a metodologia descrita por Santos (2009) e foi realizado aos trinta dias após o transplântio (60 DAE). No dia da inoculação, a solução de esporos de *A. caricae* foi

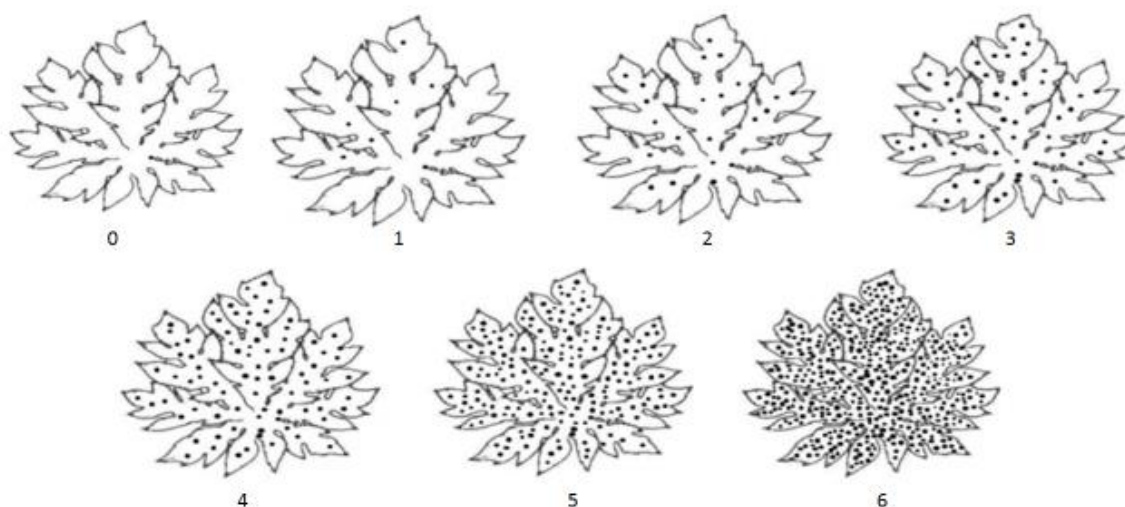
filtrada em camada dupla de gaze para retenção de restos vegetais. Posteriormente, adicionou-se à solução 80 µL de Tween 20, e a mesma permaneceu sob agitação mecânica durante cinco minutos. O número de esporos foi contabilizado em Câmara de Neubauer em microscópio óptico de luz com aumento de 40 X e em seguida a suspensão foi ajustada para uma concentração de 10^5 esporos mL⁻¹.

Após esse procedimento, a inoculação foi realizada manualmente com pulverizador de compressão da marca Guarany, modelo PCP-1P, até cobrir toda a superfície da face abaxial das folhas. Imediatamente após a inoculação, as plantas foram protegidas com sacos plásticos previamente pulverizados com água destilada, presos no caule da planta com fita adesiva, de forma a simular uma câmara úmida e assim favorecer o desenvolvimento do fungo, permanecendo nessas condições por um período de 24 horas. Após a remoção dos sacos plásticos, as plantas foram atomizadas diariamente com água de torneira, na face abaxial das folhas.

2.6.Avaliação da severidade

As avaliações foram feitas semanalmente, a partir da data da inoculação dos isolados, seguindo escala diagramática apresentada por Barreto et al. (2011), com adaptações, mostrada na Figura 1.

Figura 1. Escala de notas para avaliação da severidade da pinta preta em folhas de mamoeiro, adaptada de Barreto et al., (2011).



Nota 0: Planta sem lesões; Nota 1: de 1% a 3%; Nota 2: de 4% a 6%; Nota 3: 7% a 14%; Nota 4: de 15% a 24%; Nota 5: de 25% a 50%; Nota 6: mais de 50% de área foliar lesionada.

Os dados de severidade da doença foram utilizadas para obtenção do índice de doença de Mckinney(1923), que por sua vez foi base para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e das curvas de progresso da doença para cada acesso, de acordo com fórmula proposta por Madden et al (2007):

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\left(\frac{(x_{i+1} + x_i)}{2} \right) (t_{i+1} - t_i) \right]$$

Em que:

n: número de avaliações;

x_i : severidade da doença na "i"-ésima observação;

t_i : tempo em dias na "i"-ésima observação.

Para cada acesso, além da AACPD foram avaliados o período de incubação (PI), a severidade (SEV) e incidência (INC). O período de incubação foi determinado pelo tempo transcorrido (em dias) entre a inoculação e o aparecimento dos primeiros sintomas (pintas). A severidade foi obtida por meio da escala de notas

(BARRETO et al., 2011). As plantas também foram avaliadas quanto à incidência da doença, representada pela razão entre o total de folhas e número de folhas com sintomas. As mudas inoculadas foram avaliadas semanalmente durante 90 dias, período correspondente ao início da fase reprodutiva, assinalada pelo surgimento da primeira flor.

2.7. Delineamento e análise estatística

O experimento foi instalado num esquema fatorial 5x4 (indutores x genótipos), sob delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, sendo a parcela experimental representada por uma planta.

As análises foram realizadas com auxílio do software estatístico R (R CORE TEAM, 2015). Os dados de período de incubação, severidade e incidência foram submetidos ao teste F da análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre os fatores genótipos e indutores para as variáveis período de incubação e severidade da pinta preta, o que sugere a existência de uma dependência entre os mesmos, sendo que a resposta de um fator depende da ausência ou presença do outro. Os dados indicam uma dupla contribuição, podendo haver um efeito sinérgico ou antagônico dos fatores em questão, que determinam a intensidade da doença observada nas plantas e conseqüentemente a resistência de cada tratamento (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo do quadro da análise de variância para período de incubação (PI) e severidade (SEV) de *Asperisporium caricae* (pinta preta), em genótipos de mamoeiro submetidos à aplicação de indutores de resistência.

FV	GL	Quadrados Médios	
		PI	SEV
Indutores	4	6278,9	5,7786
Genótipos	3	2576,7	2,9554
Indutores*Genótipos	12	157,8**	0,1598**
Resíduo	80	32,8	0,0314
Total	99		
CV(%)		8,16	24,46

**significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Para a variável período de incubação, foi observado que os primeiros sintomas da pinta preta surgiram 28 dias após a inoculação do patógeno, variando até 96,6 dias (Tabela 3). De forma geral, os menores valores foram observados no tratamento testemunha. As médias variaram de 28 dias para o genótipo mais suscetível (Grampola) a 49 dias para os mais resistentes (L-78x131 e L-78 x 154).

A utilização de indutores de resistência proporcionou um incremento no período de incubação em relação à testemunha para todos os genótipos, visto que as médias diferiram (Tukey a 5%), com exceção do tratamento utilizando Biopiról® na cultivar BRS L78 (Tabela 3). No geral, o uso do indutor Bion® (acibenzolar-S-metil - ASM) retardou o aparecimento dos primeiros sintomas da pinta preta, sobretudo quando associado aos genótipos L-78 x 131, L-78 x 154 e BRS L78. As médias para o período de incubação com o uso deste indutor variaram de 85,4 a 96,6 dias. O Ecolife® também proporcionou incrementos significativos no período de incubação em relação à testemunha, variando de 54,6 a 89,6 dias. As médias apresentadas pelo uso do AgroMos® variaram entre 58,8 a 82,6 dias, e por sua vez, as do extrato pirolenhoso Biopiról® de 51,8 a 75,6 dias.

Tabela 3. Médias do período de incubação de *Asperisporium caricae* (pinta preta), em genótipos de mamoeiro tratados com indutores de resistência.

Indutores	Genótipos			
	L-78 x 131	L-78 x 154	BRS L78	Grampola
Testemunha	49,0 aC	49,0 aC	44,8 aC	28,0 bC
Ecolife®	89,6 aA	85,4 aAB	71,4 bB	54,6 cB
Biopiról®	75,6 aB	75,6 aB	56,0 bC	51,8 bB
Bion®	96,6 aA	93,8 abA	89,6 abA	85,4 bA
AgroMos®	77,0 abB	82,6 aB	68,6 bB	58,8 cB

Médias com letras minúsculas iguais na linha e com letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si, com base no teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação aos genótipos, nos híbridos de L-78 avaliados, o *A. caricae* apresentou as maiores médias de período de incubação, confirmando serem mais resistentes à doença, ao apresentarem padrão de resistência superior aos demais materiais genéticos avaliados. A cultivar BRS L78 apresentou resultados intermediários, corroborando o padrão de medianamente suscetível à pinta preta, e a cultivar Grampola foi o que exibiu menor período de incubação do fungo demonstrando sua alta suscetibilidade ao *A. caricae*, conforme determinado no

Capítulo 1.

Como as variáveis severidade e período de incubação da pinta preta estão relacionadas, isto é, o tempo existente entre o primeiro contato do patógeno com o hospedeiro até o aparecimento dos primeiros sintomas determinará a a severidade e progresso da doença (ALFONSI et al., 2019), as respostas para aplicação de indutores de resistência foram semelhantes. Mais uma vez, a utilização de indutores proporcionou aumento da resistência, com a diminuição da severidade da doença em relação à testemunha para todos os genótipos (Tabela 4).

As plantas pulverizadas com o indutor Bion® apresentaram menores índices de severidade em todos os genótipos avaliados (0,06 a 0,24), mesmo na cultivar Grampola que é altamente suscetível à pinta preta. Observa-se também que não houve variação significativa entre os genótipos avaliados, demonstrando que esse indutor é capaz de promover significativa indução de resistência independentemente do nível de suscetibilidade à doença. A severidade da doença em plantas tratadas com Ecolife® variou de 0,17 a 0,94, com menores índices de severidade nos híbridos L-78x131 e L-78x154 (menor suscetibilidade) em relação à BRS L78 (média suscetibilidade), que por sua vez foi superior à cultivar Grampola (alta suscetibilidade). O AgroMos® apresentou resultados semelhantes ao Ecolife®, contudo não houve diferença significativa entre as cultivares BRS L78 e Grampol. O Biopiro® foi o que resultou em menor proteção à pinta preta nos genótipos mais suscetíveis à pinta preta, dentre os quatros indutores avaliados (Tabela 4).

Tabela 4. Médias de severidade da pinta preta em genótipos de mamoeiro tratados com produtos indutores de resistência.

Indutores	Genótipos			
	L-78 x 131	L-78 x 154	BRS L78	Grampola
Testemunha	1,20 aC	1,14 aC	1,65 bD	2,31 cD
Ecolife®	0,17 aAB	0,21 aAB	0,57 bB	0,94 cB
Biopiro®	0,45 aB	0,48 aB	1,04 bC	1,34 cC
Bion®	0,06 aA	0,11 aA	0,17 aA	0,24 aA
AgroMos®	0,38 aB	0,28 aAB	0,70 bB	0,98 bB

Médias com letras minúsculas iguais na linha e com letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si, com base no teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observou-se que a eficiência no controle da pinta preta, no que se refere

ao aparecimento dos primeiros sintomas e redução da severidade, deve-se ao efeito de sinergia entre os fatores estudados. O uso dos indutores incrementou as respostas de resistência em relação à testemunha, independentemente do genótipo avaliado.

A resistência a doenças induzida por ASM (produto comercial Bion®) em mamoeiro foi avaliada em outros estudos, como os de Martins et al. (2008), Terra (2009), Santos (2013) e Santos et al. (2017). Esses autores testaram em diversos genótipos, produtos alternativos que atuam como possíveis indutores de resistência para o controle da pinta preta em casa de vegetação. Os autores concluíram que o Bion® foi o indutor mais eficiente no controle da doença, além de verificarem uma interação positiva entre o indutor e o uso de caldas cúpricas. No controle biológico da doença, o Bion® também teve destaque, ao apresentar compatibilidade com fungos hiperparasitas do patógeno, podendo ser utilizados em conjunto (VIVAS et al., 2020).

Oliveira e Nishijima (2014) observaram aumento na atividade de proteínas relacionadas à patogênese como a β -1, 3-glucanase e quitinase nas folhas de mamoeiro “Rainbow” tratados com ASM em concentrações de 25-100 mM. Os autores evidenciaram sua eficácia na indução de resistência parcial contra a pinta preta, e concluíram que a aplicação deste indutor juntamente com os fungicidas convencionais pode proporcionar ao agricultor uma nova opção para controlar a doença. Entretanto, são necessárias mais pesquisas para estabelecer uma recomendação geral para a cultura.

Os resultados deste trabalho estão de acordo com a literatura, pois houve incremento da resistência à pinta preta nas plantas pré-tratadas com Bion®. Tais resultados se devem a relação existente entre o aumento da resistência das culturas à ocorrência de doenças, pela aplicação do Bion® ou de outro método artificial de indução de resistência, que ocorre principalmente pela ativação da via de transdução de sinal da Resistência Sistêmica Adquirida ou SAR (GOWTHAMI, 2018). Nesse tipo de resposta geral de defesa, os mecanismos que conferem proteção à planta são ativados no momento do reconhecimento pelo hospedeiro, da molécula de benzotiadiazol (BTH), principal ingrediente ativo do produto Bion® análogo ao ácido salicílico. Esse composto químico atua como agente efetor, de forma a desencadear no vegetal uma cascata de respostas de defesa por meio da rota do ácido salicílico (AS), importante na proteção de plantas contra doenças. O

BTH apresenta baixa toxicidade para plantas e animais e, como sua resposta é sistêmica, fornece proteção duradoura contra um amplo espectro de agentes patogênicos (IRITI e FAORO, 2003).

A partir daí são produzidos pelo hospedeiro uma série de metabólitos secundários, fitoalexinas, enzimas de defesa, espécies reativas de oxigênio e ativação gênica, que implicará na síntese e acúmulo de proteínas relacionadas à patogênese (PR), como a β -1,3-glucanase e quitinase. Tais proteínas possuem forte atividade antifúngica e antimicrobiana, com a capacidade de degradar a parede celular de patógenos, além de estarem associadas ao fortalecimento das células hospedeiras, como a produção de papilas e lignina, o que implica num incremento na resistência da planta (AGRIOS, 2005; STANGARLIN et al., 2011). O aumento da resistência dos genótipos de mamoeiro tratados com Bion® neste trabalho, pode ter ocorrido devido à ativação dos mecanismos de defesa da planta, desencadeados pelo seu contato e reconhecimento. Sua aplicação de forma quinzenal, sendo a primeira antes mesmo do contato entre patógeno e hospedeiro se traduziu num eficiente controle da pinta preta, com o efeito sistêmico de resistência a perdurar durante todo o período de condução do experimento.

Os tratamentos com uso de Ecolife® também diferiram estatisticamente da testemunha e promoveram aumento no período de incubação e redução da severidade da pinta preta para todos os genótipos. Estes resultados podem estar ligados ao fato do Ecolife® possuir compostos naturais biologicamente ativos em sua constituição, como ácidos orgânicos (ascórbico, cítrico e láctico), bioflavonóides, polifenóis e fitoalexinas, os quais conferem uma ação antioxidante e microbiostática, que retarda e reduz o crescimento de patógenos, além de ativar a resistência de plantas contra fungos e bactérias, por meio do acúmulo de enzimas de defesa. Adicionalmente, esse produto também possui função nutricional, pois a ação sinérgica dos seus componentes contribui para reduzir o estresse e regular o direcionamento de reservas energéticas para a reprodução da planta, regulando assim o vigor vegetativo (FURTADO et al., 2010; VIVAS et al., 2021).

Trabalhos realizados por Santos et al., (2017) e Terra (2009) destacaram o potencial de uso do Ecolife® no controle da pinta preta do mamoeiro, cujos tratamentos reduziram a incidência da doença e foram mais eficientes que outros produtos, a exemplo de fungicidas comuns como a calda bordalesa. Carnellosi et al. (2009) e Demartelare et al. (2017) também destacaram resultados positivos para

o seu uso no controle da antracnose em mamoeiro, causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, sendo o produto mais eficiente na redução da severidade e da área abaixo da curva de progresso da doença dentre os demais tratamentos.

O AgroMos® é um fertilizante foliar e ativador de plantas, cuja composição é a base de mananoligossacarídeo fosforilado, derivado da parede celular da levedura *Saccharomyces cerevisiae* (Desm.) Meven e de um biocomplexo de micronutrientes como cobre e zinco. Este fertilizante que tem sido utilizado para proteger as plantas contra doenças, pois desempenha importante papel na ativação enzimática e na regulação hormonal (ZANARDO et al., 2009; COSTA et al., 2010; SILVA et al., 2020). Adicionalmente, o efeito tóxico do cobre em sua composição no metabolismo fúngico, pode ter proporcionado um maior controle da pinta preta em relação à testemunha, assim como observado por Dantas et al. (2003). Esses autores avaliaram o controle da antracnose do mamoeiro por meio da aplicação deste indutor, onde identificaram não somente o potencial fungitóxico (efeito direto) atribuído a ele, mas também seu modo ativador de enzimas (efeito indireto), que influenciaram no aumento da resistência e foram responsáveis pela redução da incidência da doença.

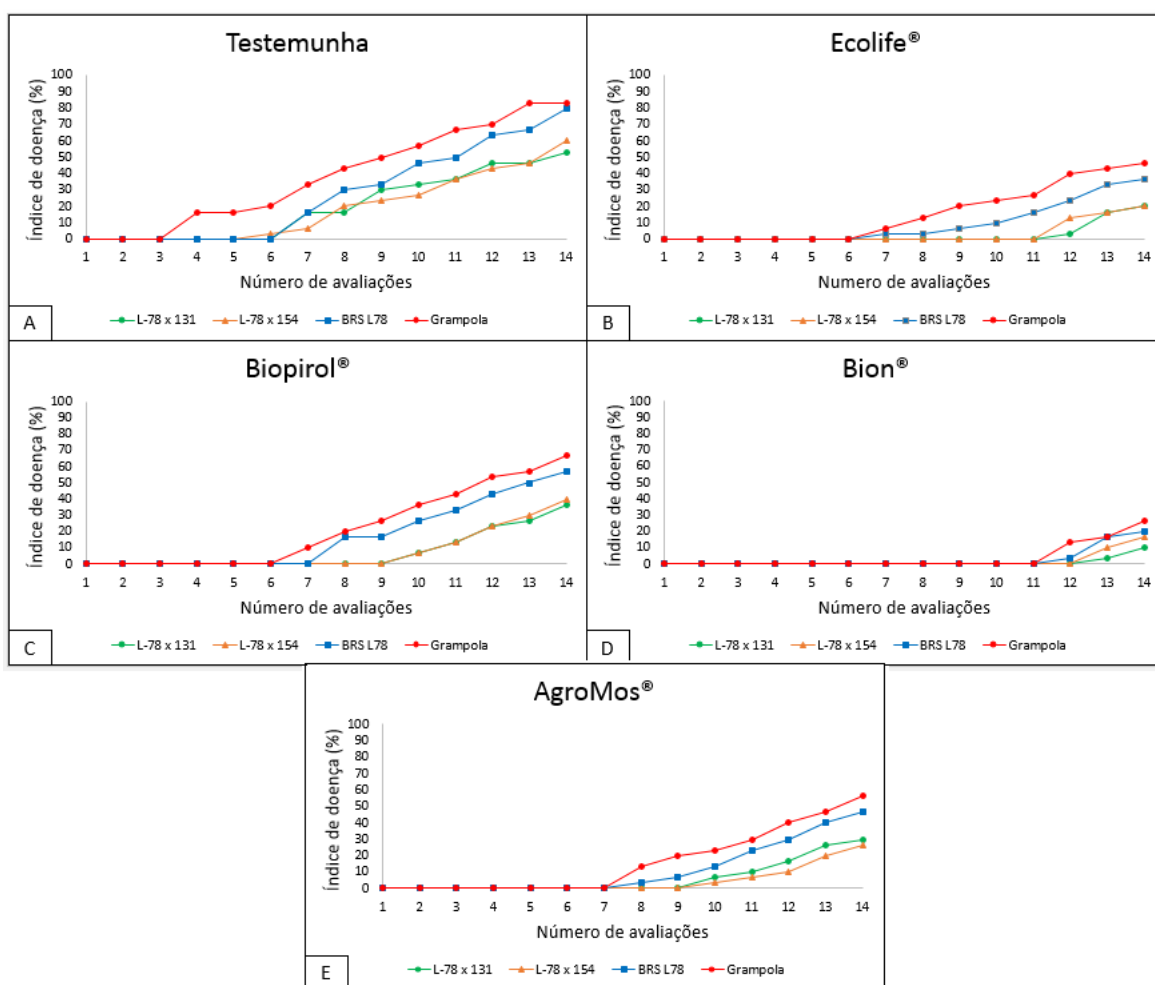
Em relação aos tratamentos com Biopiro®l, apesar de apresentarem as menores respostas de resistência dentre os demais indutores avaliados, foram superiores à testemunha, demonstrando que também possui potencial de uso para o controle da pinta preta do mamoeiro. Resultados semelhantes foram obtidos por alguns autores como Gomes e Serra et al. (2013) e Ribeiro et al. (2016), que verificaram eficiente redução na incidência de *C. gloeosporioides* em pimenteira e mamoeiro tratados com Biopiro®l, em comparação a outros produtos naturais, principalmente em fase de pós-colheita. O Biopiro®l era utilizado principalmente como biopesticida, como mostram as pesquisas de Azevedo et al., (2005) e Morandi Filho et al. (2006), no controle da mosca branca (*Bemisia tabaci*) em melão, e da lagarta-das-fruteiras *Argyrotaenia sphaleropa* (Meyrick, 1909) (Lepidoptera: Tortricidae), em videira. Os autores relataram que o indutor funciona como um ativador fisiológico ao estimular a produção de substâncias do metabolismo secundário, induzindo a resistência das plantas ao ataque das pragas e doenças.

Além de proporcionar aumento da resistência em diversas culturas, esses produtos alternativos não agredem o meio ambiente e não levam ao acúmulo de

resíduos tóxicos nos produtos colhidos, podendo fornecer alimentos de alta qualidade com tempo de armazenamento prolongado, sem alterar suas características físicas, químicas e sensoriais preferidas pelos consumidores (DEMARTELAERE et al. 2015; GUIMARÃES et al., 2017). O uso destes indutores pode ser encarado como uma ferramenta complementar no controle da pinta preta, ou até mesmo atuar junto aos fungicidas tradicionais e outras técnicas de manejo, que auxiliariam no combate eficaz da doença.

A partir das médias de severidade, determinou-se o índice de doença para cada tratamento e em seguida as curvas de progresso da doença (Figura 2) para a obtenção da variável AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença), representada pela figura 3.

Figura 2. Curvas de progresso da doença pinta preta, calculadas a partir do índice de doença (ID) em genótipos de mamoeiro, submetidos à aplicação de indutores de resistência. A: Testemunha; B: Ecolife®; C: Biopiról®; D: Bion®; E: AgroMos®.



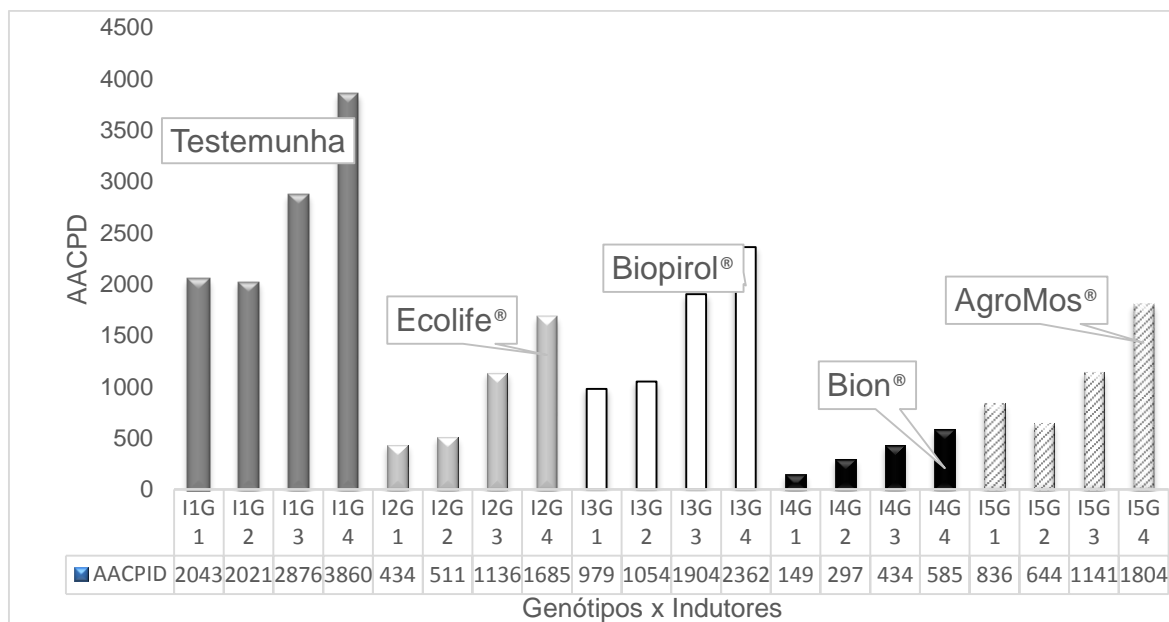
As curvas de progresso que atingem os maiores índices de doença são referentes à testemunha. É possível verificar que o período de incubação é menor, sendo necessário menos dias para detectar os sintomas da pinta preta, sobretudo nos genótipos mais suscetíveis como a cultivar Grampola, que apresentou os primeiros sintomas logo na terceira avaliação. Esse genótipo atingiu ao final do experimento um índice de doença de 83,33% (Figura 2A).

Por outro lado, com o efeito da ativação dos mecanismos de defesa, proporcionado pelos indutores de resistência (Figuras 2B, 2C, 2D e 2E), verifica-se redução da doença por meio do atraso no aparecimento dos primeiros sintomas, o que está diretamente ligado à redução dos índices de doença destes tratamentos.

Embora exista o aumento da resistência dos genótipos, promovido por todos os indutores avaliados, é importante salientar que a intensidade desse efeito de proteção variou de acordo com o nível de resistência de cada genótipo. Um genótipo com algum nível de resistência pode apresentar sintomas semelhantes aos de um genótipo suscetível, porém mostrará menor evolução da doença e menores danos pela infecção. Adicionalmente, cultivares com resistência parcial, manejadas com indução, podem demandar um menor número de aplicações de fungicidas e, assim, contribuir com a redução nos custos de produção da lavoura (JULIATTI et al., 2019).

Os valores de AACPD variaram de 149 (Bion® em L-78x131) até 3860 (Testemunha em Grampola), com as menores médias verificadas nos genótipos que receberam o indutor Bion®, seguidos pelas dos tratamentos em que foram aplicados Ecolife®, AgroMos® e Biopirol® (Figura 3). Houve uma redução da AACPD devido às respostas de defesa desencadeadas pelos indutores e com isso pode-se inferir que o melhor controle da pinta preta em estágios iniciais de cultivo do mamoeiro, foi alcançado nos tratamentos que unem o uso dos híbridos com características superiores (L-78x131 e L-78x154), juntamente com um manejo adicional, representado pela ativação de mecanismos de resistência por meio da aplicação de indutores como o Bion®. Ademais, de acordo com Sobreira et al. (2010), a AACPD reflete basicamente o ciclo de desenvolvimento do patógeno na planta, portanto, são considerados mais resistentes os genótipos com menor AACPD.

Figura 3. Valores correspondentes a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de genótipos de mamoeiro (G1: L-78x131, G2: L-78x154, G3: BRS L78 e G4: Grampola) tratados com indutores de resistência (I1: Testemunha, I2: Ecolife®, I3: Biopiról®, I4: Bion® e I5: AgroMos®).



Apesar das vantagens obtidas pela aplicação de indutores de resistência, seu uso pode requerer um custo fisiológico de adequação das plantas, que é um efeito negativo resultante da expressão da resistência. Se a energia é alocada para a proteção, em condições desfavoráveis à ocorrência da doença, a aplicação do indutor pode não ser recomendada (BOSTOCK, 2005; DIETRICH; PLOSS; HEIL, 2005). Assim, pesquisas devem ser realizadas a fim de se obter mais esclarecimentos sobre a recomendação de indutores de resistência para o controle de doenças, no que se refere a melhor época, dosagem e número de aplicações, considerando as particularidades de cada patossistema e as implicações da indução nos componentes de produção das culturas.

4. CONCLUSÕES

A aplicação dos indutores de resistência Bion®, Ecolife®, Biopiról® e AgroMos® promove atraso no processo de estabelecimento da pinta preta, ao aumentar o período de incubação de *A. caricae* e, conseqüentemente, reduzir a severidade e a AACPD da doença em relação à testemunha, sob as condições avaliadas.

O Bion[®] é capaz de induzir o mesmo nível de resistência à pinta preta, independente do grau de suscetibilidade dos genótipos avaliados.

5.REFERÊNCIAS

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5th ed. San Diego: Academic Press, 2005. 922 p.

Alfonsi, W.M.V.; Coltri, P.P.; Zullo Júnior, J.; Patrício, F.R.A.; Alfonsi, E.L. Período de incubação da ferrugem do cafeeiro. *Summa Phytopathologica*, v.45, n.2, p.134-140, 2019.

AZEVEDO, F. R.; GUIMARÃES, J. A.; BRAGA SOBRINHO, R.; Lima, M. A. A. Eficiência de produtos naturais para o controle de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em meloeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.72, n.1, p.73-79, 2005.

BARRETO, L. F.; SAVAN, P. A. L.; LIMA, L. L. de; LODO, B. N. Avaliação de fungicidas no controle de *Asperisporium caricae* na cultura do mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, p.399-403, Outubro 2011.

BOSTOCK, R. M. Signal crosstalk and induced resistance: straddling the line between cost and benefit. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.42, p. 545-580, 2005.

DIETRICH, R.; PLOSS, K.; HEIL, M. Growth responses and fitness cost after induction of pathogen resistance depend on environmental condition. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.28, p.211-222, 2005.

CARNELOSSI, P. R.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; CRUZ, M. E. S.; ITAKO, A. T.; MESQUINI, R. M. Óleos essenciais no controle pós-colheita de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.11, p.399-406, 2009.

COSTA, J. C. B.; RESENDE, M. L. V.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; CAMILO, F. R.; MONTEIRO, A. C. A; PEREIRA, R. B. Indução de resistência em mudas de cacaueteiro contra *Moniliophthora perniciosa* por produto à base de mananoligossacarídeo fosforilado. **Tropical Plant Pathology**, v.35, n.5, p.285-294, 2010.

DANTAS, S. A.; OLIVEIRA, S.; MICHEREFF, S. J.; NASCIMENTO, L. C.; GURGEL, L.; PESSOA, W. R. Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na Central de Abastecimento do Recife. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, p.528-533, 2003.

DEMARTELAERE, A. C. F.; GUIMARÃES, G. H. C.; SILVA, J. A.; LUNA, R. G.; NASCIMENTO, L. C. Extratos vegetais no controle da antracnose e na conservação da qualidade em frutos de mamoeiro. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, p.1041-1048, 2015.

DEMARTELAERE, A. C. F.; NASCIMENTO, L. C.; GUIMARÃES, G. H. C.; SILVA, J. A.; LUNA, R. G. Elicitors on the control of anthracnose and post-harvest quality in papaya fruits. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.47, n.2, p. 211-217, 2017.

GUIMARÃES, G. H. C.; DANTAS, R. L.; DE SOUSA, A. S. B.; SOARES, L. G.; MELO, R. D. S.; DA SILVA, R. S.; SILVA, S. D. M. Impact of cassava starch-alginate based coatings added with ascorbic acid and elicitor on quality and sensory attributes during pineapple storage. **African Journal of Agricultural Research**, v.12, n.9, p.664-673, 2017.

DIANESE, A. C.; BLUM, L. E. B.; DUTRA, J. J.; LOPES, L. F.; SENA, M. C.; FREITAS, L. F. Avaliação do efeito de fosfitos na redução da varíola (*Asperisporium caricae*) do mamoeiro (*Carica papaya*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.3, p.834-837, 2008.

FURTADO, L. M.; RODRIGUES, A. A. C.; ARAÚJO, V. S.; SILVA, L. L. S.; CATARINO, A. M. Utilização de Ecolife® e Acibenzolar-s-metil (ASM) no Controle da Antracnose da banana em pós-colheita. **Summa Phytopathologica**, v.36, n.3, p.237-239, 2010.

GOMES, E. C.; SERRA, I. M. R. S. Eficiência de produtos naturais no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em pimenta na pós colheita. **Summa Phytopathologica**, v.39, n.4, p.290-292, 2013.

GOWTHAMI, L. Role of elicitors in plant defense mechanism. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v.7, p.2806, 2018.

JULIATTI, F. C.; MESQUITA, A. C. O.; TEIXEIRA, F. G.; BELOTI, I. F.; MOTA, L. C. B. M.; FONSECA, L. J.; SOUSA, L. A.; SOUZA, M. S. X. A.; SILVA, N. S.; ZANCAN, N. L. B.; MORAIS, T. P. Caracterização de genótipos de soja com resistência parcial à ferrugem da soja. **Summa Phytopathologica**, v.45, n.3, p.313-319, 2019.

LOPES, L. F. **Efeitos de aplicações pós-colheita de fosfitos, ácido acetilsalicílico e 1-metilciclopropeno sobre a antracnose do mamoeiro.** Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 82p. 2008.

MADDEN, L.V.; HUGHES, G.; VAN DEN BOSCH, F. **The Study of Plant Disease Epidemics.** St. Paul: American Phytopathological Society Press, 2007. 421p.

MARTELLETO, L. A. P.; RIBEIRO, R. L. D.; SUDO-MARTELLETO, M.; VASCONCELLOS, M. A. S.; MARIN, S. L. D.; PEREIRA, M. B. Cultivo orgânico do mamoeiro 'Baixinho de Santa Amália' em diferentes ambientes de proteção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.3, p. 662-666, 2008.

MARTINS, M., ZAMBOLIM, L., VIANNA, D., de SANTANA, E. N., & VIEIRA, P. (2017, January). **Controle químico da pinta-preta (*Asperisporium caricae*) em folhas do mamoeiro.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA, 15., 2008, Guarapari, ES. Anais... Guarapari: CBA, 2008

McKINNEY, H. H. Influence of soil, temperature and moisture on infection of wheat

seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 26, p. 195-217, 1923.

MELO, L. G. L.; CANDIDO E SILVA, E. K.; CAMPOS NETO, J. R. M.; LINS, S. R. O.; RODRIGUES, A. A. R.; OLIVEIRA, S. M. A. Indutores de resistência abióticos no controle da fusariose do abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.10, p.1703-1709, 2016.

MORANDI FILHO, W. J.; BOTTON, M.; GRÜTZMACHER, A. D.; GIOLO, F. P.; MANZONI, C. G. Action of natural products on the survival of *Argyrotaenia sphaleropa* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) and selectivity of insecticides used in the organic production of vine on *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Tricho-grammatidae). **Ciência Rural** v.36, n.4, p.1072-1078, 2006.

OLIVEIRA, A.; NISHIJIMA, W. Induction of Resistance to Papaya Black Spot Elicited by Acibenzolar-S-Methyl. **Plant Pathology Journal**, v.13, n.2, p.120-124, 2014.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. Disponível em <<http://www.R-project.org/>>. 2015.

RESENDE, M. L. V.; CAVALCANTI, F. R.; SANTOS, F.S.; AMARAL, D. R.; RIBEIRO JUNIOR, MARTINS, P.; COSTA, J. C. B.; CAMILO, F.R.; ISHIDA, A. K. N.; SOUZA, R. M. Novos indutores de resistência contra doenças em cafeeiro, cacaueteiro, algodoeiro e tomateiro: perspectivas de utilização. In: RODRIGUEZ, F.; ROMEIRO, R. **Indução de Resistência em Plantas à Patógenos**. Reunião brasileira sobre indução de resistência a patógenos, Viçosa, Anais...Viçosa. Cap. 8, v. 1, p. 161-182, 2007.

RIBEIRO, J. G.; SERRA, I. M. R. S.; ARAÚJO, M. U. P. Uso de produtos naturais no controle de antracnose causado por *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Summa Phytopathologica**, v.42, n.2, p.160-164, 2016.

SANTOS, P. H. D. Produtos alternativos no controle de doenças fúngicas em folha e fruto de mamoeiro. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 76p. 2013.

SANTOS, P. H. D.; SILVEIRA, S. F.; VIVAS, M.; CARVALHO, B. M.; PEREIRA, M. G. Alternative control to black spot disease in papaya genotypes. **Summa Phytopathologica**, v.43, n.1, p.60-62, 2017.

SANTOS, V. J. Avaliação de resistência de genótipos de mamoeiro à *Asperisporium caricae*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB. Cruz das Almas, BA, 2009. 57p.

SILVA, M. T. R.; CONDUTA, N. S.; PONTALTI, P. R. B.; COMAR, C. G.; NOLLA, A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. Combined use of a resistance inducer (Agro-Mos) and micronutrients for the control of '*Meloidogyne javanica*' in soybean. **Australian Journal of Crop Science**, v.14, n.9, p.1415-1419, 2020.

SOBREIRA, F. M.; CABRAL, M. B. G.; CONTARATO, C. C. C.; NEDER, D. G.; MATTA, F. P. Resistência à requeima (*Phytophthora infestans*) entre genótipos de tomateiro tipo salada e tipo cereja. **Magistra**, Cruz das Almas, v.22, n.1, p.28-34, 2010.

STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; TOLEDO, M. V.; PORTZ, R. L.; PASCHOLATI, S. F. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.10, n.1, p.18-46, 2011.

TERRA, C. E. P. S. **Avaliação de genótipos e indutores de resistência no controle da pinta-preta do mamoeiro**. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2009. 58f.

VENTURA, J. A.; REZENDE, J. A. M. Doenças do mamoeiro. In: L. AMORIM, J.A.M. REZENDE, A. BERGAMIM FILHO; CAMARGO, L. F. A. Eds. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 497-510, 2016.

VIVAS, J. M. S.; SILVEIRA, S. F.; MUSSI-DIAS, V.; SANTOS, P. H. D.; RAMOS, G. K. S.; SANTOS, P. R.; ALMEIDA, R. N. Sensitivity of hyperparasitic fungi to alternative products for use in the control of papaya black spot. **Brazilian Journal of Biology**, v.81, p.27-36, 2020.

ZANARDO, N. M. T.; PASCHOLATI, S. F.; FIALHO, M. B. Resistance of cucumber seedlings to *Colletotrichum lagenarium* induced by fractions of *Saccharomyces cerevisiae* extract. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1499-1503, 2009.