



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

OLIENAIDE RIBEIRO DE OLIVEIRA PINTO

REAÇÃO DE CLONES COMERCIAIS DE CAJUEIRO AO OÍDIO

FORTALEZA

2016

OLIENAIDE RIBEIRO DE OLIVEIRA PINTO

REAÇÃO DE CLONES COMERCIAIS DE CAJUEIRO AO OÍDIO

Tese apresentada ao curso de Doutorado em Agronomia/Fitotecnia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração Fitotecnia/Fitopatologia.

Orientador: Prof. José Emilson Cardoso, PhD.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- P729r Pinto, Olienaide Ribeiro de Oliveira.
Reação de clones comerciais de cajueiro ao oídio / Olienaide Ribeiro de Oliveira Pinto. – 2016.
100 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. José Emilson Cardoso.
1. Pseudoidium anacardii. 2. Análise de cluster. 3. Resistência. 4. Reação de clones de cajueiro. I.
Título.

CDD 630

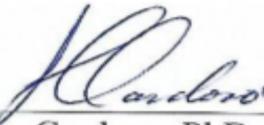
OLIENAIDE RIBEIRO DE OLIVEIRA PINTO

REAÇÃO DE CLONES COMERCIAIS DE CAJUEIRO AO OÍDIO

Tese apresentada ao curso de Doutorado em Agronomia/Fitotecnia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração Fitotecnia/Fitopatologia.

Aprovada em: 02/06/2016.

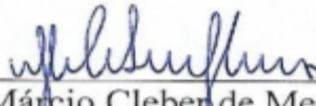
BANCA EXAMINADORA



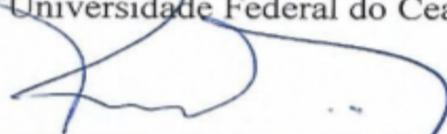
Prof. José Emilson Cardoso, PhD (Orientador)
Embrapa Agroindústria Tropical



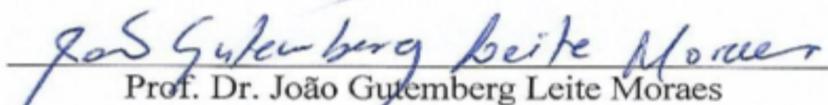
Prof. Dr. Renato Innecco
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Pesquisador Dr. Francisco Marto Pinto Viana
Embrapa Agroindústria Tropical



Prof. Dr. João Gutemberg Leite Moraes
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Aos meus pais José Barbosa e Maria
Minervina Ribeiro,
pelos exemplos de vida e sabedoria.
Ao meu esposo Ciro Pinto pelo amor,
paciência e dedicação de sempre.

Dedico.

Ao meu orientador,
Prof. José Emilson Cardoso,
pelos ensinamentos, paciência, amizade
e confiança durante todo o doutorado.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades ao longo de toda essa caminhada.

À Universidade Federal do Ceará e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, por possibilitar a realização do doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Dr. José Emilson Cardoso, pelos ensinamentos, amizade, confiança na orientação do trabalho de tese.

À pesquisadora Dr^a Aline Holanda Nunes Maia da Embrapa Meio Ambiente pelas valiosas contribuições nas análises estatísticas.

Ao professor Dr. Ciro de Miranda Pinto pelas contribuições nas análises estatísticas.

Aos laboratórios de Fitopatologia e de Microscopia Eletrônica de Varredura da Embrapa Agrindústria Tropical, pela disponibilização de material e equipamentos utilizados na condução dos experimentos.

À Dr^a Celli Rodrigues Muniz pela atenção, ensinamentos no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura e pelas contribuições no trabalho de tese.

À Francisca Samara Assunção, pela disponibilidade, atenção no laboratório de Fitopatologia, ensinamentos e amizade adquirida durante as atividades de pesquisa.

Ao pesquisador Dr. Marlon Vagner Valentim Martins, pelas valiosas contribuições no experimento de campo.

Ao pesquisador Dr. Francisco das Chagas Oliveira Freire, pelas contribuições no trabalho de tese.

Aos professores da banca, pela disponibilidade e contribuição que deram ao trabalho.

Aos professores do Departamento de Fitotecnia do Curso do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, que contribuíram na minha formação para obtenção do título de Doutora.

À amiga Dr^a Karla Belmont pelos ensinamentos e amizade construída durante o doutorado.

Ao colega Joilson Silva Lima pela amizade e contribuições no trabalho de tese.

À Ingrid Bernardo Lima Coutinho pelas colaborações e amizade construída durante o curso.

Aos funcionários do Campo Experimental de Pacajus da Embrapa Agroindústria Tropical, pela imensa colaboração na realização dos experimentos de campo.

Aos amigos da Pós-Graduação João Paulo Cajazeiras, Márcio Ootani, Kellina Oliveira, Ana Kelly Firmino, Lucas Kennedy, Thiago Lima, Livia Karla, Igor Almeida e Dionis Araújo pelos momentos de estudos nas disciplinas e descontrações.

Ao Deocleciano Ivo Xavier, secretário do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela ajuda e atenção sempre que solicitado durante o doutorado.

A todos os meus amigos, mesmo aqueles que, distantes, torcem pelo meu sucesso e pela minha realização profissional.

MUITO OBRIGADA.

“Tudo posso naquele que me fortalece.”

(Filipenses, 4:13)

RESUMO GERAL

O oídio tornou-se um dos principais fitopatógenos dos plantios de cajueiros, causando danos em folhas, inflorescências, maturis, pedúnculos e castanhas. Assim, é de suma importância pesquisas visando estudar o desenvolvimento da doença em clones comerciais de cajueiro nas diferentes fases epidemiológicas da doença, a fim de identificar clones resistentes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a reação de clones comerciais de cajueiro ao oídio baseado em monitoramento da severidade da doença ao longo do tempo, verificar a diferença morfológica entre os tecidos de plantas resistentes e suscetíveis e, desenvolver uma metodologia de inoculação natural como alternativa de seleção precoce de clones de cajueiro. A pesquisa foi dividida em três experimentos na Embrapa Agroindústria Tropical, sendo que o primeiro foi no Campo Experimental de Pacajus, avaliando-se a reação de onze clones ao oídio em três ciclos de produção (2012, 2013 e 2014). O segundo foi no laboratório de microscopia eletrônica de varredura, estudando-se a morfologia do processo de infecção do oídio de seis clones (amostras de flores e folhas). O terceiro foi testar uma metodologia de inoculação natural de oídio para seleção precoce de clones de cajueiro, em que se utilizou muda de dez clones, com um ensaio em Fortaleza e outro em Pacajus. No primeiro e terceiro ensaios, avaliou-se a doença por uma escala descritiva de notas de severidade (0 a 4). No primeiro, se identificou grupos de clones similares na reação ao oídio, através da análise de agrupamento dos três ciclos de produção. Os clones BRS 274, BRS 275, BRS 226 e CCP 1001 foram os mais resistentes, enquanto, os clones BRS 189 e CCP 06 foram os mais suscetíveis. A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) evidenciou que existe diferença entre os clones de cajueiro na reação ao oídio durante os ciclos de produção da cultura. No estudo sob microscopia, notou-se nas inflorescências dos clones uma grande quantidade de conidióforos eretos, exceto, o BRS 253. Nas folhas, foi visto micélio cobrindo suas superfícies, com apressórios bem desenvolvido, penetrando a epiderme. Nas sépalas verificou-se que o fungo investe no processo da conidiogênese. No terceiro ensaio, o método testado foi efetivo para o cajueiro quanto à reação dos clones ao oídio nas folhas, e o clone BRS 274 foi o mais resistente ao oídio para os dois locais. Nessa pesquisa, os clones de cajueiro BRS 274, BRS 226, BRS 275 e CCP 1001 foram identificados como fonte de resistência ao oídio, podendo ser usadas no manejo integrado da doença.

Palavras-chave: *Pseudoidium anacardii*. Análise de *cluster*. Resistência. Reação de clones de cajueiro.

GENERAL ABSTRACT

Powdery mildew has become one of the main pathogens of cashew plantations, causing damage to leaves, inflorescences, maturis, nuts and stalks. Thus, it is very important research aimed at studying the development of the disease in commercial cultivars cashew in different epidemiological stages of the disease in order to identify resistant cultivars. The objective of this study was to evaluate the reaction of commercial cultivars cashew mildew based on monitoring of severity over time disease, check the morphological difference between resistant and susceptible plant tissues and develop a natural inoculation methodology as an alternative early selection of cashew cultivars. The research was divided into three experiments at Embrapa, the first of which was in the Experimental Field of Pacajus, evaluating the reaction of eleven cultivars to mildew in three production cycles (2012, 2013 and 2014). The second was in the laboratory of electronic microscopy, studying the morphology of the powdery mildew infection process six cultivars (samples of flowers and leaves). The third test was a natural inoculation of powdery mildew method for early selection of cashew cultivars, which used ten cultivars changes with a test Fortress and other Pacajus. In the first and third tests, we evaluated the disease severity scale descriptive notes (0 to 4). In the first, it identified groups of similar cultivars in reaction to powdery mildew, through cluster analysis of three production cycles. BRS 274 cultivars BRS 275, BRS 226 and CCP 1001 were the most resistant, while the BRS 189 and cultivars CCP 06 were the most susceptible. The area under the disease progress curve (AUDPC) showed that there is difference between the cashew cultivars in reaction to powdery mildew during the crop production cycle. In the study under microscopy, it was noted in the inflorescences of cultivars a lot of upright conidiophores, except BRS 253. In the leaves, has been seen mycelium covering their surfaces with appressoria well developed, penetrating the epidermis. In sepals it found that the fungus invests in the Conidiogenesis process. In the third test, the test method was effective for cashew about the reaction of cultivars to powdery mildew on the leaves, and cultivar BRS 274 was the most resistant to powdery mildew for the two sites. In this research the cashew cultivars BRS 274, BRS 226, BRS 275 and CCP in 1001 have been identified as sources of resistance to powdery mildew and can be used in the integrated management of the disease.

Keywords: *Pseudoidium anacardii*. Cluster analysis. Resistance. Reaction cashew cultivars.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

- Figura 1 - Croqui das áreas de cultivos dos clones comerciais de cajueiro anão, comum e híbrido (*Anacardium occidentale* L.), Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, 2012, 2013 e 2014.....30
- Figura 2 - Estágio da inflorescência (A e B) do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em que foram marcadas para identificação e avaliação da doença. Pacajus, Ceará.....31
- Figura 3 - Sintomas do oídio do cajueiro (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) A e B - inflorescência, e C - inflorescência e maturi, e D - pseudofruto. Pacajus, Ceará.....31
- Figura 4 - Comportamento do RMSSTD (raiz quadrada do desvio padrão média) em função do número de grupos formados a partir de dados de severidade de onze clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em reação ao oídio (*Pseudoidium anacardii*), em estudo de monitoramento em 2012, 2013 e 2014, campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará.....34
- Figura 5 - Similaridade entre clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) quanto à evolução temporal da severidade do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em monitoramento realizado no campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em três ciclos de produções (2012, 2013 e 2014).....35
- Figura 6 - Evolução temporal da severidade do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) do grupo I formados partir de análise de agrupamentos, conjuntamente dos três ciclos de produção, Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em 2012, 2013 e 2014.....36

Figura 7 - Evolução temporal da severidade do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) no grupo II formados partir de análise de agrupamentos, conjuntamente dos três ciclos de produção. Ensaio conduzido no campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em 2012, 2013 e 2014.....38

Figura 8 - Evolução temporal da severidade do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) no grupo III formados partir de análise de agrupamentos, conjuntamente dos três ciclos de produção. Ensaio conduzido no campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em 2012, 2013 e 2014.....39

Figura 9 - Evolução temporal da severidade do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) no grupo IV formados partir de análise de agrupamentos, conjuntamente dos três ciclos de produção. Ensaio conduzido no campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em 2012, 2013 e 2014.....40

CAPÍTULO III

Figura 1 - Amostras de folhas (A) e inflorescências (B) de clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) infectados pelo oídio (*Pseudoidium anacardii*).....63

Figura 2 - Estruturas morfológicas de *Pseudoidium anacardii*, captadas por microscopia eletrônica de varredura, em flores naturalmente infectadas do clone de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) CCP 09: (A) Conidióforos, 500x; (B) Os conídios, 2000x.....65

Figura 3 - Estruturas morfológicas de *Pseudoidium anacardii*, captadas por microscopia eletrônica de varredura, em flores naturalmente infectadas do clone de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) CCP 76: (A) Conidióforos e pêlos do tricomas, 200x; (B) Processo de conidiogênese entre os pêlos, 500x.....65

Figura 4 - Microfotografias de microscopia eletrônica de varredura de flor assintomática do clone CCP 1001. (A) Sépalas, 34x; B) Pêlos sobre a superfície da sépala, 200x66

Figura 5 - Microfotografias de microscopia eletrônica de varredura de flores naturalmente infectada por oídio (*Pseudoindium anacardii*) do clone de cajueiro BRS 189. (A e D) Conidióforos e pêlos dos tricomas, 200x e 500x; (B) Flor do cajueiro, tricoma glandular, 500x; (C) As hifas ramificadas, 1000x; (E e F) Processo de conidiogênese, 1000x e 2000X.....66

Figura 6 - Imagens de microscopia eletrônica de varredura das folhas naturalmente infectada por oídio (*Pseudoindium anacardii*) do clone de cajueiro CCP 76. (A, B, C) Micélio cobrindo a superfície foliar, 50x, 200x e 500x; (D) Conidióforos, 500x; (E) Hifas e apressórios, 1000x; (F, G) Penetração dos apressórios, 1000x. (H, I) Detalhe de apressórios, 2000x e 3000x.....67

Figura 7 – Microfotografias de microscopia eletrônica de varredura de folha do clone BRS 189 sem sintomas visíveis a olho nu. (A) micélio, 50x; (B) Conidióforo, hifas, apressórios e conídios, 500X.....68

CAPÍTULO IV

Figura 1 - Disposição das mudas dos clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.): (A) condução do ensaio e (B) fonte de inoculação natural de oídio (*Pseudoidium anacardii*), Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, 2014.....81

Figura 2 - Dados climáticos de temperatura e umidade relativa dos ensaios conduzidos na Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza e Pacajus, 2014.....82

Figura 3 - Resultados da RMSSTD (raiz quadrado do desvio padrão médio) em função do número de grupos formados a partir de dados de severidade de mudas de dez clones comerciais de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.) em reação ao oídio (<i>Pseudoidium anacardii</i>) inoculados naturalmente, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza (A) e Pacajus (B), Ceará, 2014.....	84
Figura 4 - Similaridade entre mudas de clones comerciais de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.) quanto à severidade do oídio (<i>Pseudoidium anacardii</i>) por inoculação natural, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza (A) e Pacajus (B), Ceará, 2014.....	85
Figura 5 - Evolução temporal da severidade do oídio (<i>Pseudoidium anacardii</i>) das mudas dos clones comerciais de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.) dos grupos formados a partir de análise de agrupamentos do ensaio conduzido em Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, Ceará, 2014.....	86
Figura 6 - Evolução temporal da severidade do oídio (<i>Pseudoidium anacardii</i>) das mudas dos clones comerciais de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.) dos grupos formados a partir de análise de agrupamentos do ensaio conduzido em Pacajus, Embrapa Agroindústria Tropical, Ceará, 2014.....	88

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1 - Estimativas dos contrastes e respectivos níveis de significância nominal para a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) entre grupos de clones comerciais de cajueiro similares quanto á evolução temporal da reação ao oídio (*Pseudoidium anacardii*), no campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, 2012, 2013 e 2014.....45

Tabela 2 - Estimativas de contrastes e respectivos níveis de significância nominal (entre parênteses), da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) causada pelo oídio (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro, campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em 2012.....49

Tabela 3 - Estimativas de contrastes e respectivos níveis de significância nominal (entre parênteses), da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) causada pelo oídio (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro, campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em 2013.....50

Tabela 4 - Estimativas de contrastes e respectivos níveis de significância nominal (entre parênteses), da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) causada pelo oídio (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro, campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em 2014.....51

CAPÍTULO IV

Tabela 1 - Estimativas dos contrastes da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) dos grupos formados na análise de agrupamento, da reação de mudas de clones de comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) ao oídio (*Pseudoidium anacardii*), Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, 2014.....91

Tabela 2 - Estimativas dos contrastes da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) dos grupos formados na análise de agrupamento, da reação de mudas de clones de comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) ao oídio (*Pseudoidium anacardii*), Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, 2014.....92

Tabela 3 - Estimativas de contrastes e respectivos níveis de significância nominal (entre parênteses), da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em mudas de clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) por infestação natural, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, 2014.....95

Tabela 4 - Estimativas de contrastes e respectivos níveis de significância nominal (entre parênteses), da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em mudas de clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) por infestação natural, Campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, 2014.....96

LISTA DE QUADRO

CAPÍTULO II

Quadro 1 - Características agronômicas dos clones comerciais de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.) avaliados no estudo.....	29
---	----

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO.....	1
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	2
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Cajueiro.....	4
2.2 Oídio do cajueiro.....	6
2.3 Resistência das plantas a patógenos.....	8
2.4 Avaliação de doença.....	10
2.4.1 Severidade.....	11
2.5 Curva de progresso da doença.....	11
2.6 Análise de agrupamento.....	12
2.7 Microscopia Eletrônica de Varredura.....	13
REFERÊNCIAS.....	15
CAPÍTULO II - RESISTÊNCIA DE CLONES COMERCIAIS DE CAJUEIRO AO OÍDIO.....	22
Resumo.....	23
Abstract.....	24
1 INTRODUÇÃO.....	25
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
2.1 Condução do experimento.....	28
2.2 Análises dos dados.....	32
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
3.1 Abordagens descritivas para identificação de clones comerciais de cajueiro com perfis similares de progresso da doença.....	33
3.2 Comparação da AACPD dos grupos de clones em cada ciclo de produção.....	42
3.3 Estimativas dos contrastes da AACPD entre clones de cajueiro em cada ciclo de produção.....	46
4 CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS.....	53
CAPÍTULO III - ANÁLISE MORFOLÓGICA DO PROCESSO DE INFECÇÃO DO OÍDIO EM CLONES COMERCIAIS DE CAJUEIRO.....	58
RESUMO.....	59
ABSTRACT.....	60

1 INTRODUÇÃO.....	61
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	63
2.1 Material Vegetal.....	63
2.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	64
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
4 CONCLUSÕES.....	71
REFERÊNCIAS.....	72
CAPÍTULO IV - REAÇÃO DE MUDAS DE CLONES COMERCIAIS DE CAJUEIRO AO OÍDIO POR INOCULAÇÃO NATURAL.....	75
RESUMO.....	76
ABSTRACT.....	77
1 INTRODUÇÃO.....	78
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	80
2.1 Condução do experimento.....	80
2.2 Análises dos dados.....	81
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	82
3.1 Dados climáticos em Fortaleza e Pacajus.....	82
3.2 Análise descritiva dos perfis temporais da curva de progresso da doença.....	83
3.3 Comparação da AACPD entre grupos de mudas de clones de cajueiro.....	91
3.4 Estimativas dos contrastes da AACPD entre mudas de clones de cajueiro.....	93
4 CONCLUSÕES.....	97
REFERÊNCIAS.....	98

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO GERAL

A produção mundial de castanha de caju, apesar de ocorrer em 33 países, apresenta-se concentrada no Vietnã, Índia, Brasil e nos países africanos como Costa do Marfim, Tanzânia, Moçambique, África do Sul, Benim, Nigéria, Senegal, Malauí e Guiné-Bissau (ALEXANDRE; MOTTA, 2016; PESSOA; LEITE, 2013, FAO, 2013). O Brasil se destaca por ser um dos maiores produtores de castanha de caju do mundo, sendo o Nordeste responsável por quase toda a produção, que gira em torno de 93,2% da produção nacional, com destaque para o Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (CONAB, 2013; FREITAS, 2014).

O cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) é uma planta tropical, dispersa em quase todo o território brasileiro, adaptando-se melhor às condições do litoral do Nordeste (BALASUBRAMANIAN, 2001; MONTENEGRO *et al.*, 2014), principalmente com o cultivo do cajueiro anão, onde as condições edafoclimáticas são favoráveis ao desenvolvimento das plantas em regime de sequeiro (CARDOSO *et al.*, 1994). Nessa região, a cajucultura apresenta relevância social e econômica, gerando emprego e renda para a população (ALVES, 2012).

A inclusão de clones de cajueiro do tipo anão proporcionou o manejo das plantas no campo, a uniformidade do produto e a exploração do mercado de pedúnculo (pseudofruto). Contudo, esse avanço contribuiu para uma diminuição da variabilidade genética, que refletiu no aumento da suscetibilidade das plantas ao ataque de patógenos e, como consequência, doenças que ocorria somente em uma determinada área vêm se tornando epidêmicas nos anos em que as condições do ambiente sejam favoráveis (CARDOSO *et al.*, 2013). O cajueiro é acometido por várias doenças, dentre elas o oídio que vem crescendo em importância no agronegócio do caju nos últimos anos.

O oídio do cajueiro [*Pseudoidium anacardii* (Noack) U. Braun & R.T.A. Cook], apesar da ocorrência generalizada em todas as regiões produtoras de caju, foi por muito tempo declarado uma doença de consequências econômicas irrelevantes e de importância secundária, não somente pela ocorrência restrita a um determinado local, mas, acima de tudo, pelo tipo de sintoma manifestado, uma cobertura rala, branca-acinzentada e pulverulenta sobre a superfície da folha, principalmente, nas folhas mais velhas da planta (FREIRE *et al.*, 2002; CARDOSO *et al.*, 2012).

Na maioria dos países africanos, no entanto, essa doença já tinha grande destaque econômico desde meados do século passado, sendo conhecida como a principal doença do cajueiro em alguns países do leste da África (SHOMARI, 1996; MARTIN *et al.*, 1997). O oídio é um patógeno que se apresenta muito agressivo e manifesta ataque intenso aos tecidos jovens das plantas suscetíveis, como as brotações, as inflorescências, folhas e os maturis (pseudofruto e castanha jovem) (MAIA, 2014; CARDOSO, 2016). Entretanto, no Brasil, há alguns anos atrás, começou a ser verificada a ocorrência de sintomas diferentes do oídio em cajueiros, semelhantes aos sintomas dos países africanos, com ataques, além das folhas, às inflorescências, maturis, pedúnculos e castanhas, ocasionando abortamento de flores, deformações nas castanhas, rachaduras e estrias nos pedúnculos (CARDOSO *et al.*, 2013). Pela ocorrência desses sintomas nos produtos comercializados do cajueiro, o oídio tornou-se um problema fitossanitário muito mais preocupante, tendo como consequência o aumento dos prejuízos dos cajucultores (SERRANO *et al.*, 2013).

A expressão de sintomas diferentes do oídio em cajueiros vinha sendo constatado desde 2006, em Pio IX, PI. Porém, esses sintomas, que eram esporádicos e aleatórios, passaram a ocorrer de forma intensiva e generalizada a partir de 2009, e não somente no Piauí, mas também nas outras áreas produtoras na região do Nordeste brasileiro (CARDOSO *et al.*, 2013). Em algumas áreas, como na região sudeste do Piauí e no litoral do Ceará, o oídio tem provocado perdas severas na produção e na qualidade do caju (SERRANO *et al.*, 2013).

A medida mais utilizada pelos produtores para o controle do oídio do cajueiro é a aplicação de fungicidas, o que acarreta o aumento do custo de produção, por isso, uma alternativa significativa para contribuir no manejo integrado dessa doença é o plantio de clones resistentes. A reação de clones comerciais registrados quanto ao oídio torna-se, portanto, uma importante informação para o uso direto desta forma de controle.

O agrupamento de curvas com padrões temporais por meio de análise multivariada possibilita a formação de grupos homogêneos de acordo com a avaliação simultânea de características de interesse (SILVEIRA, 2010), podendo ser uma ferramenta importante na identificação de grupos de clones comerciais de cajueiro de acordo com suas características de similaridades e assim possibilitar a seleção dos clones que tenham resistência ao patógeno.

A utilização da microscopia eletrônica de varredura (MEV) para estudar a ultraestrutura da patogênese do *P. anacardii* se constitui em um interessante meio de determinação do(s) mecanismo(s) de infecção e da identificação precoce da reação de genótipos de cajueiro ao oídio.

Portanto, os objetivos desta pesquisa foram: avaliar a reação de clones comerciais de cajueiro ao oídio baseado em monitoramento da severidade da doença ao longo do tempo; verificar a diferença morfológica entre os tecidos de plantas resistentes e suscetíveis e; desenvolver uma metodologia de inoculação natural como alternativa de seleção precoce de genótipos de cajueiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cajueiro

O cajueiro está localizado em praticamente todo o mundo tropical, sendo uma planta perene e andromonóica, com mais de 90% de flores masculinas em uma mesma panícula. O fruto propriamente dito é a castanha e o pseudofruto, chamado tecnicamente de pedúnculo floral e popularmente de caju, é rico em açúcares e vitamina C (FERRÃO, 1995; MOREIRA, 2002). A indústria do caju é uma das principais fontes de renda e trabalho no meio rural, possuindo grande importância na economia do Nordeste brasileiro (MOREIRA *et al.*, 2013).

A produção de castanha de caju no mundo varia bastante de um ano para o outro. Os dados mais recentes disponíveis mostram que entre 2009 e 2010 ela aumentou de 3,8 a 7,0 milhões de toneladas, mas caiu em 2011 para 4,2 milhões de toneladas em uma área plantada de 4,7 milhões de hectares (FAO, 2013). O Brasil já foi o maior produtor mundial de castanha de caju, mas, atualmente, responde por apenas 5,4% do montante, ocupando a quinta colocação entre os maiores produtores, atrás do Vietnã (28,5%), Nigéria (19,3%), Índia (16,0%) e Costa do Marfim (10,7%). Juntos com o Brasil, esses países são responsáveis por mais de 80% da produção mundial de castanha de caju (FAO, 2013; FREITAS, 2014). O Ceará está no topo do “ranking” nacional, com uma área plantada de 407.455 hectares, com produção de castanha estimada em 165.143 toneladas e uma produtividade média de 405 quilos por hectare (IBGE, 2014).

O município de Pacajus, no Ceará, foi um dos primeiros locais onde houve plantios sistematizados de cajueiro com fins comerciais. Foi nesse município que, em 1956, o governo federal estabeleceu uma coleção de matrizes de cajueiro, que foi objeto de investigação agrônômica, na Estação Experimental de Pacajus, pertencente ao, então, Ministério da Agricultura (PAIVA *et al.*, 2003). Na segunda metade da década de 60, o governo criou incentivos fiscais para o plantio e beneficiamento do caju na região Nordeste. Devido a essas oportunidades criaram-se em alguns estados, como no Piauí e Bahia, condições apropriadas à implantação de cultivos sistematizados, que passaram a ocupar grandes áreas (RIBEIRO, 2011).

Na década de 80, os primeiros clones comerciais de cajueiro anão, denominados CCP 06, CCP 09, CCP 76 e CCP 1001 foram desenvolvidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE) e em seguida, a Embrapa Agroindústria Tropical deu continuidade ao lançamento de outros clones como o Embrapa 50, Embrapa 51, BRS 189, BRS 226, BRS 253 e BRS 265, todos de cajueiro anão; BRS 274, primeiro clone comercial de cajueiro comum e BRS 275, clone originado de um híbrido entre o cajueiro anão e o comum (CAVALCANT; BARROS, 2015).

A introdução do cajueiro anão nas áreas de cultivo permitiu um grande avanço no seu cultivo, por esse tipo de planta apresentar características favoráveis como maior produtividade, precocidade, porte baixo, uniformidade de castanha e a exploração do mercado de pedúnculo (BARROS; CRISÓSTOMO, 1995), levando, como consequência, a um aumento das áreas de produção. Contudo, esse avanço contribuiu para uma redução da variabilidade genética e consequente aumento da vulnerabilidade das plantas ao ataque de patógenos. No semiárido nordestino, por exemplo, apenas o clone CCP 76 responde por mais de 90% dos pomares de cajueiros implantados nas duas últimas décadas (MOREIRA *et al.*, 2012).

Os fungos são os mais sérios patógenos do cajueiro (FREIRE; CARDOSO, 2003). Têm-se observado alterações epidemiológicas de várias doenças destas espécies nos últimos tempos, que podem de certa forma responder por proporção consistente de reduções na produtividade dos clones comerciais de cajueiro (CARDOSO *et al.*, 2005), a exemplo temos o oídio que vem causando grandes prejuízos na cultura do cajueiro.

2.2 Oídio do cajueiro

O oídio foi relatado pela primeira vez em cajueiro no estado de São Paulo, em 1898 (NOACK, 1898), quando seu agente causal foi nomeado como o fungo *Oidium anacardii* Noack. Posteriormente, Braun e Cook (2012) classificaram esse fungo como *Pseudoidium anacardii* (Noack) U. Braun & R.T.A Cook como sendo um patógeno específico causador de oídio em plantas principalmente da família *Anacardiaceae*.

O oídio é uma doença causada pelo agente *Pseudoidium anacardii*, a qual pertence ao reino Fungi, filo *Ascomycota*, subfilo *Pezizomycotina*, classe *Leotiomycetes*, ordem *Erysiphales*, família *Erysiphaceae*, gênero *Oidium*, subgênero *Pseudoidium* e espécie *P. anacardii* (CABI, 2016).

Os primeiros sintomas do oídio no cajueiro são manchas nas folhas, mais frequentes na face superior, que se juntam e recobrem toda a superfície do limbo foliar, como uma película pulverulenta branco-acinzentada que se assemelha à cinza vegetal e com a evolução do crescimento do fungo, ocorre o escurecimento dessas manchas (FREIRE; CARDOSO, 1995; CARDOSO *et al.*, 2012; VIANA *et al.*, 2014).

Nos anos mais recentes, têm-se observado sintomas desse fungo nas inflorescências e a colonização do fungo tem proporcionado queima das flores. As manchas, da mesma forma, são branco-acinzentadas e às vezes escuras, ocorrem abortamento de flores nas inflorescências, além de causar deformações, rachaduras e varíolas nos pedúnculos e frutos (CARDOSO *et al.*, 2013). Os sintomas descritos acima são oriundos da atividade ectoparasitária do oídio, em que, os conídios do patógeno germinam sobre a superfície das partes da planta de cajueiro afetada formando um tubo germinativo curto, seguido da formação de um apressório que penetra nas células epidérmicas (STADNIK, 2000) e o patógeno emite para o interior da célula do hospedeiro os haustórios, que penetram nos tecidos de onde retiram os nutrientes necessários à sobrevivência e reprodução do fungo (CARDOSO *et al.*, 2012). O *P. anacardii* se caracteriza por conídios apressorial solitários e muitas vezes lobados, produzindo normalmente um conídio por vez (TAKAMATSU, 2013).

O patógeno foi apontado pela primeira vez como notável transtorno agrícola no fim dos anos de 1960, na costa leste da África. No decorrer da primeira metade daquela década, países como Tanzânia, Moçambique, África do Sul e Madagascar sustentavam a posição de maiores produtores mundiais de amêndoa de castanha-decaju. Até que a região começou a enfrentar sérias dificuldades de produtividade, dentre

os principais fatores que contribuíram para isso estava o oídio do cajueiro (CARDOSO, 2016).

Os sintomas do oídio que são observados em plantas de cajueiros no Brasil atualmente são semelhantes ao que ocorrem nos países africanos, pois, nesses países é mais comum o fungo infectar órgãos jovens, provocando quase sempre efeitos devastadores na produção (FREIRE; VIANA, 2001). Estes autores acrescentam que mudas e plantas jovens também se mostram extremamente suscetíveis a esse fungo.

O oídio é considerado uma das principais doenças em minijardim clonal e em casa de vegetação (SILVA, 2011), principalmente em função da umidade, juvenilidade, proximidade das mudas e condições favoráveis ao desenvolvimento desta doença (GRIGOLETTI JÚNIOR *et al.*, 2001). Embora, raramente cause a morte de mudas de plantas, esse patógeno, pode reduzir o potencial produtivo das culturas e pode afetar a qualidade do produto (STADNIK; RIVERA, 2001), sendo as brotações e gemas preferencialmente infectadas e quando não morrem, causam a formação de limbos adultos enrugados, afilados e geralmente com uma metade mais estreita do que a outra (KRUGNER; AUER, 2005).

Esse patógeno progrediu e se desenvolveu com o cajueiro e, portanto, sua estrutura populacional deve ser muito abrangente, contendo configurações diversas das mais distintas, incluindo até formas epifíticas em brotações florais e ramos jovens (CARDOSO, 2011). A sobrevivência do *P. anacardii* ocorre pelo micélio e conídio produzidos pelo fungo em plantas voluntárias ou em hospedeiros alternativos, como ervas daninhas. Estas estruturas fúngicas são provenientes da infecção ativa que se desenvolve nestes hospedeiros e quando a cultura é perene, o patógeno sobrevive na própria planta, tendo um desenvolvimento intenso sobre condições favoráveis (BEDENDO, 1995).

O patógeno pode ser encontrado sobre plantas de cajueiro durante todo o ano, contudo, expressa sua patogênese com maior intensidade de julho a dezembro, quando as temperaturas variam de 23 a 32°C e, mesmo durante este período, normalmente a época mais seca no Nordeste, a umidade relativa pode chegar a atingir de 80% a 90%, facilitando a patogênese do fungo (FREIRE; VIANA, 2001).

A disseminação do oídio ocorre principalmente pelo vento, que distribui os conídios a distância relativamente longa, a água também pode atuar como agente de disseminação, principalmente na forma de respingos, espalhando os conídios dentro da própria planta e para plantas vizinhas e também através do contato entre plantas

doentes e sadias (BEDENDO, 1995). Os conídios do oídio germinam e se desenvolvem quando a umidade do ar situa-se na faixa de 90 a 100% e sobre temperaturas de 26 °C a 28 °C (CARDOSO, 2011). Sua incidência é mais frequente na época de estiagem prolongada (FURTADO *et al.*, 2000).

Os oídios por serem parasitas obrigatórios, devem se adaptar constantemente ao hospedeiro, daí sua alta especificidade na relação patógeno-hospedeiro. Esta especificidade é evidenciada pelas ocorrências de formas especializadas e raças fisiológicas dos patógenos, capazes de atacar determinadas espécies de plantas e variedades de uma mesma espécie vegetal, respectivamente (BEDENDO, 2011).

2.3 Resistência das plantas a patógenos

A resistência das plantas á patógeno é uma das maneiras de controle mais eficiente, simples e de reduzido impacto na natureza. Devido às moléstias patogênicas terem se tornado uma grande ameaça aos campos de produção, a maioria dos programas de melhoramento tem dedicado muito tempo e recursos na busca de genótipos com alta produtividade e elevada resistência a campo e as conquistas geralmente não são muito expressivas, pois os patógenos apresentam algumas vantagens seletivas sobre os genótipos hospedeiros (MATIELLO *et al.*, 2007).

A resistência do hospedeiro ao patógeno pode ser vista como a capacidade da planta em evitar ou atrasar a penetração e/ou o subseqüente desenvolvimento do fungo. Com isso, a planta pode reagir ao ataque do patógeno pela a formação de papilas, reações de hipersensibilidade, síntese de composto antimicrobiano e/ou por alterações metabólicas em seu tecido (STADNIK; MAZZFERA, 2001). Independentemente da resposta ao ataque, o metabolismo das plantas infectadas é afetado sensivelmente como uma consequência da interação entre o patógeno e o seu hospedeiro (BEDENDO, 2011).

As plantas exibem resistência natural ao ataque dos patógenos e a ocorrência de doenças é mais a exceção do que a regra (MATIELLO *et al.*, 2007). A interação entre um patógeno e seu hospedeiro é uma luta entre dois organismos pela própria sobrevivência, em que as células vegetais reagem à penetração do fungo através de vários mecanismos estruturais e/ou bioquímicos, procurando se defender do ataque (PASCHOLATTI; LEITE, 1995). Diante disso, a resistência pode ser caracterizada

pela habilidade da planta diminuir o estabelecimento de certas populações de patógenos, através de seu sistema de defesa direto e ativo (MAC KEY, 1986).

Epidemiologicamente, a resistência é classificada de acordo com sua efetividade contra raças dos patógenos (VANDERPLANK, 1982). Esta classificação epidemiológica permite prever o efeito dos tipos de resistência no progresso da doença no campo, permitindo calcular as suas consequências e subsidiar a tomada de decisão quanto às medidas de controle a serem adotadas (CAMARGO; BERGAMIM FILHO, 1995). A resistência que é efetiva contra uma ou poucas raças do patógeno é dita resistência vertical ou raça-específica, já a resistência que é efetiva contra todas as raças é denominada de resistência horizontal ou raça-inespecífica (BEZERRA, 2009).

A resistência vertical pode ser conceituada como aquela resistência conferida por um ou mais genes (monogênica ou oligogênica), com expressão de genes maiores, apresentando resistência a raças específicas e normalmente revelando pouca estabilidade. Enquanto a resistência horizontal é uniforme, condicionada por vários genes (poligênica) de pequeno efeito, raça não específica, geralmente durável, não existindo interação diferencial entre as raças do patógeno e as variedades do hospedeiro (VANDERPLANK, 1982).

Quanto à durabilidade estima-se que a resistência vertical seja possível de ser mais facilmente suplantada, devido à seleção de raças capazes de vencer os mecanismos de defesa do hospedeiro, controlados por este tipo de resistência. No entanto, a resistência horizontal é mais difícil de ser vencida, tendo maior capacidade de resistir às mudanças genéticas no patógeno. Desta maneira, assume-se que resistência poligênica é muito mais estável do que a monogênica, pois para que surjam formas variantes do patógeno são requeridas mudanças genéticas em vários loci de patogenicidade, ao contrário do sistema monogênico, onde a mudança deve ocorrer em apenas um locus (CAMARGO; BERGAMIM FILHO, 1995).

Quanto ao efeito sobre a epidemia verifica-se que a resistência vertical, por ser efetiva contra algumas raças do patógeno, atua reduzindo a quantidade de inóculo inicial, atrasando o início da epidemia, sendo que o hospedeiro manifesta a resistência como imunidade ou reação de hipersensibilidade. Porém, a resistência horizontal, apesar de ser efetiva contra todas as raças do patógeno, não previne a ocorrência da doença e sim reduz seus sintomas, como: diminui o tamanho das lesões, aumenta o período latente, reduz a produção de esporos e a severidade, sendo estes efeitos todos

semelhantes e quantitativos. E quando somados resultam na redução da taxa de desenvolvimento da doença, sem afetar o inóculo inicial (BEZERRA, 2009).

2.4 Avaliação de doença

A quantificação da intensidade de uma doença é tão importante na fitopatologia quanto o é a diagnose, pois, sem quantificar uma doença, nenhum estudo em epidemiologia ou suas aplicações, seriam possíveis (KRANZ, 1988).

A fitopatometria é um termo utilizado para designar a quantificação de doenças (BERGAMIN FILHO; AMORIN, 1996), visando quantificar a severidade dos sintomas causados pelos agentes patogênicos nas plantas e seus sinais (MORAES, 2014).

Na fitopatologia, a fitopatometria é uma ferramenta bastante utilizada em suas diversas especialidades, pois possui significativa importância quando se estuda a curva de progresso da doença ou ainda quando se deseja quantificar os danos provocados à determinada cultura por um patógeno (BERGAMIN FILHO; AMORIN, 1996), pois, de nada adianta se conhecer o patógeno que causa uma dada doença em planta se não for possível quantificar os sintomas provocados pelo mesmo (AMORIM, 1995).

A metodologia empregada na avaliação de doenças não obedece a uma padronização, o que limita bastante o estudo de perdas e danos (JAMES; TENG, 1979). A crescente preferência pelos sistemas de manejo integrado de doenças e pelos sistemas de previsão e avisos de epidemias tem provocado um aumento na necessidade urgente de padronização de métodos na avaliação e quantificação de doença (BERGAMIN FILHO; AMORIN 1996). A própria terminologia utilizada em fitopatometria tem se constituído em um problema quando da falta de uniformidade dos métodos empregados no estudo de quantificação de danos provocados por doenças (AMORIM; 1995).

As doenças podem ser quantificadas por métodos diretos de avaliação dos sintomas e sinais, como a incidência, severidade, intensidade, ou métodos indiretos, como a determinação da população do patógeno, sua distribuição espacial, seus efeitos na produção (danos e/ou perdas), e a desfolha causada (MORAES, 2014).

2.4.1 Severidade

A severidade é um parâmetro quantitativo, que determina a percentagem da área ou do volume do tecido coberto por sintomas /ou sinais visíveis, através da medição direta da área afetada (BERGAMIN FILHO; AMORIN, 1996). Essa medição pode ser realizada através de medidores eletrônicos, de escalas descritivas ou diagramáticas, medição automática e de sensores remotos (MORAES, 2014).

O parâmetro severidade é um dos mais apropriados para medir doenças foliares, como ferrugens, oídios, míldios e manchas, e nessas doenças a percentagem da área de tecido coberto por sintomas retrata melhor a intensidade da doença que a incidência, onde unicamente a frequência de órgãos doentes é anotada (AMORIM; 1995).

A vantagem do uso da severidade é importante por ser um método de avaliação que expressa o dano real causado pelos patógenos; caracteriza melhor o nível de resistência a um patógeno, expressa com maior fidelidade a intensidade da doença no campo e os danos causados (MORAES, 2014).

As chaves descritivas utilizam escalas arbitrárias com certo número de graus para quantificar doenças e cada grau da escala deve ser apropriadamente descritivo ou definido (BERGAMIN FILHO; AMORIN, 1996). São numerosos os exemplos de utilização de chaves descritivas. Algumas são bastante úteis e largamente empregadas, pois representam uma metodologia uniforme de coleta de dados (AMORIM; 1995). Como exemplo, tem-se a chave descritiva de severidade para o oídio do cajueiro estabelecida por CARDOSO *et al.* (2012). As escalas diagramáticas diferem das escalas descritivas porque são representações ilustrativas de uma série de plantas, folhas ou partes de plantas com sintomas em diferentes níveis de severidade (BERGAMIN FILHO; AMORIN, 1996).

2.5 Curva de progresso da doença

A análise temporal de uma epidemia pode ser obtida construindo-se curvas de progresso da doença (BERGAMIN FILHO, 1995). Essas curvas são consideradas a melhor maneira de representar uma epidemia, sendo expressa pela plotagem da proporção da doença *versus* o tempo (COSTA, 2007).

A epidemiologia comparativa é baseada na curva de progresso, através dela, as interações entre patógeno, hospedeiro e ambiente podem ser caracterizadas, as estratégias de controle podem ser avaliadas e os níveis futuros de doença podem ser previstos (BERGAMIN FILHO; AMORIN, 1996).

Os principais parâmetros a serem considerados no modelo da curva de progresso da doença são: a quantidade de inóculo inicial, a taxa de aumento da doença, a forma da curva de progresso da doença, a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e a duração da epidemia (CAMPBELL; MADDEN, 1990; BERGAMIN FILHO, 1995).

A área abaixo da curva de progresso da doença representa a intensidade da doença integrada entre dois tempos, e tem a finalidade de resumir a curva de progresso da doença, possibilitando padronizar epidemias de diferentes períodos de duração, permitindo desta forma compará-las (CAMPBELL; MADDEN, 1990). Pode-se, portanto, comparar a resistência de genótipos por meio da curva de progresso da doença, desde que as plantas sejam submetidas a condições similares de clima e sob a mesma população patogênica (SPÓSITO, 2004).

Entre as metodologias disponíveis para identificação de genótipos resistentes a patógenos, destaca-se a análise de curvas de progresso da doença que representa a proporção da doença em função do tempo e evidencia as interações que ocorrem entre patógeno e hospedeiro, sob a influência do ambiente (JESUS JÚNIOR *et al.*, 2004). Outra forma de identificação dos genótipos é através da análise de agrupamento (KHATTREE; NAIK, 2000) que possibilita agrupar tratamentos em grupos distintos de acordo com característica de semelhança (FIORINI *et al.*, 2010).

2.6 Análise de agrupamento

A análise de agrupamento, também conhecida como análise de conglomerados, classificação ou *cluster*, tem como objetivo dividir os elementos da amostra, ou população, em grupos de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares de acordo com alguma característica pré-determinada, e os elementos em grupos diferentes sejam heterogêneos em relação a estas mesmas características (MINGOTI, 2005; LINDEN, 2009).

A análise de agrupamento constitui uma das mais importantes técnicas de classificação multivariada, uma vez que permite classificar várias unidades amostrais

em um número reduzido de grupos contendo unidades semelhantes (SILVEIRA, 2010). Contudo, uma das grandes lacunas desta metodologia é a determinação do número ótimo de grupos, pois é um critério que tem como objetivo determinar o ponto de corte do dendrograma (FARIA, 2009; MANLY, 1994) por isso se utiliza o índice RMSSTD (raiz quadrada do desvio padrão da média) para calcular o número ótimo de grupos no dendrograma.

O índice RMSSTD é utilizado para calcular a homogeneidade dos agrupamentos, de forma que quanto mais compactos forem os grupos formados, situação esta verificada na presença de um grande número de grupos, menores serão os seus valores (FARIA, 2009). Desta forma, é possível confeccionar um gráfico que mostra o decréscimo do RMSSTD em função do aumento do número de grupos, todavia, esta trajetória é não linear, e o seu ponto de máxima curvatura indica um limiar entre uma fase de decréscimo e uma fase de estabilização. Após este ponto, denominado de ótimo, mesmo aumentando o número de *clusters* não se verifica grandes declínios nos valores do RMSSTD (SILVEIRA, 2010).

O dendrograma é um gráfico em forma de árvore, que possibilita visualizar a formação dos grupos obtidos pelo índice RMSSTD que é resultado da análise de agrupamento e tem como vantagem mostrar graficamente o quanto é necessário o nível de similaridade para considerar grupos próximos (BUSSAB *et al.*, 1990).

Estudos para a seleção de genótipos resistentes a tipos de doenças utilizando a análise de agrupamento ainda não se verificou para a cultura do cajueiro, no entanto, já foram investigados para outras culturas e em outros patossistemas, como no agrupamento de curvas de progresso de requeima (*Phytophthora infestans*) em tomateiro (*Solanum lycopersicum*) (FIORINI *et al.*, 2010; AZEVEDO *et al.*, 2012), das curvas de produção de café (*Coffea canephora*) (CECON *et al.*, 2008), do acúmulo de matéria seca em plantas de alho (*Allium sativum*) (PUIATTI *et al.*, 2013), do agrupamento em estudo de divergência genética de pimenta (*Capsicum spp*) (FARIA *et al.*, 2012) e da seleção de acessos de tomateiro resistentes à pinta preta (*Alternaria tomatophila*) (LAURINDO *et al.*, 2015).

2.7 Microscopia Eletrônica de Varredura

O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) se tornou uma ferramenta indispensável na pesquisa de ponta e na análise de rotina tanto na ciência biológica,

quanto na indústria. Dentre as inúmeras aplicações do MEV podemos citar a nanotecnologia, análises de folhas, patologia, botânica, ciências forenses, metalurgia, controle ambiental, etc (FUGIWARA, 2007).

O MEV apareceu no mercado, pela primeira vez, em 1965, e desde então se tem revelado indispensável em muitos tipos de pesquisa biológica, contribuindo para a classificação e taxonomia de insetos e fungos, estudo da morfologia de pólenes e em pesquisas de superfícies de diversas estruturas de plantas e animais (GALETT, 2003).

A grande vantagem deste instrumento é a elevada profundidade de campo, da ordem de 10 μm para aumentos de cerca de 10.000 vezes, chegando a 1 cm para aumentos de 20 mil vezes, pois esta característica possibilita obter imagens estereoscópicas e bem enfocadas com espécimes até macroscópicos. Além disso, no MEV a amostra pode ser inclinada e rotacionada sob o feixe eletrônico em todas as orientações, logo precisa estar bem preservada nas três dimensões (CASTRO, 2002).

Estudos utilizando MEV ainda são raros no patossistema do oídio do cajueiro. Entretanto, vários estudos foram descritos em outros patossistemas de etiologia micótica. Silva *et al.* (2013) investigaram decoctos isolados e em mistura com fungicida no controle do oídio em mini cepas de eucalipto através das imagens obtidas por MEV, verificando a ação fungitóxica dos decoctos, do fungicida e das combinações desses produtos sobre o oídio do eucalipto, tais como lise da parede das hifas e dos conidióforos e murchamento dos conídios do fungo. Magnani *et al.* (2007) registraram eventos dos processos de pré-penetração, penetração e colonização de *Phakopsora pachyrhizi*, agente da ferrugem da soja, em folíolos usando MEV, sendo possível observar várias diferenças nos eventos de pré e pós-penetração. Lins *et al.* (2007) observaram via MEV os processos de infecção, colonização e reprodução de diferentes isolados de *Colletotrichum* spp em plântulas de cafeeiro, além de verificar que os isolados mais agressivos tinham locais preferenciais da penetração dos conídios e de formação dos apressórios a partir do tubo germinativo.

REFERÊNCIAS

AMORIM, L. **Avaliação de Doenças**. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (ed.) Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos. São Paulo, Editora Agronômica Ceres Ltda. 1995, v.1, p.645-671.

ALEXANDRE, F.; MOTTA, R. **O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.): de símbolo da cultura nordestina a árvore testemunha da mundialização da economia e dos modos de vida**. Disponível em: <<https://hal-univ-paris13.archives-ouvertes.fr/hal-00993035/document>>, acesso em 30/ 03/2016.

ALVES, E. S.; CARDOSO, J. E.; SILVA, L. G. C. LIMA, J. S. Interação das condições edafoclimáticas com a resinose do cajueiro. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.9, n.16, p.13-20, 2012.

AZEVEDO, C. F.; SILVA, F. F.; RIBEIRO, N. B.; SILVA, D. J. H.; CECON; P. R.; BARILI, L. D.; PINHEIRO, V. R. Classificação multivariada de curvas de progresso da requeima do tomateiro entre acessos do Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFV. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.3, p.414-417, 2012.

BARROS, L. M., CRISÓSTOMO, J. R. **Melhoramento Genético do Cajueiro**. In: ARAÚJO, J.P.P.; SILVA, V. V. Cajucultura: Modernas Técnicas de Produção. EMBRAPA/CNPAT, Fortaleza, p.73-96, 1995.

BALASUBRAMANIAN; D. Physical properties of raw cashew nut. **Journal of Agricultural Research**, v.78, n.3, p.291-7, 2001.

BEDENDO, I. P. **Oídios**. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. Manual de Fitopatologia. v.1. São Paulo: Ed. Ceres, p. 866 - 871. 1995.

BEDENDO, I. P. **Oídios**. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. Manual de Fitopatologia. São Paulo: Ceres, 2011. p. 473 – 477.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1996. p.79-97.

BERGAMIN FILHO, A. **Curvas de progresso da doença**. In: Manual de Fitopatologia. Princípios e conceitos. BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. São Paulo: Editora Ceres, 1995, p.602-626.

BEZERRA, E. J. S. **Indutores de resistência em pepineiro (*Cucumis sativus* L.) contra a mancha de corínéspora [*Corynespora cassicola* (Berk. e Curt.) Wei]**. 2009. 89f. (Dissertação - Mestrado em Agronomia Tropical). Universidade Federal do Amazonas, 2009.

BRAUN, U., COOK, R. T. A. **Taxonomic Manual of the *Erysiphales* (Powdery Mildews)**. CBS Biodiversity Series, 2012, p. 707.

BUSSAB, W. O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. Introdução á análise de agrupamento. In: Simpósio Brasileiro de Probabilidade e Estatística, 9, 1990. **Anais...** São Paulo, 1990, p. 555.

CAMARGO, L. E. A.; BERGAMIM FILHO, A. Controle genético. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3.ed. São Paulo: Ceres, v.1, p.729-760, 1995.

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

CAVALCANTI, J. J. V., BARROS, L. M., 2015. Clones comerciais. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000field1lk02wyiv80...>>. Acesso em: 08/02/ 2015.

CARDOSO, J. E. **Enxofre é indicado para controle do oídio do cajueiro**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/10847075/enxofre-e-indicado-para-controle-do-oidio-do-cajueiro>>, acesso em: 02/05/2016.

CARDOSO, J. E.; CAVALCANTE, M. J. B.; CAVALCANTI, J. J. V., VIEIRA, A. C. F. Identificação de fontes de resistência em clones de cajueiro anão precoce às principais doenças foliares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13., 1994, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1994. p. 297.

CARDOSO, J. E.; SANTOS, A. A.; BEZERRA, M. A.; SOUZA NETO, J.; SOUZA, R. N. M. **Epidemiologia do mofo preto e danos na produção do cajueiro**. Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical. 2005. 16p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 23).

CARDOSO, J. E. **Manejo de doenças na cultura do cajueiro**. In.: MONTENEGRO, A. A. T.; SERRANO, L. A. L.; MESQUITA, A. L. M.; CARDOSO, J. E.; MOURA, C. F. H.; PESSOA, P. F. A. P. (Ed.) Plantio, manejo e comercialização da cultura do caju anão precoce. Fortaleza, CE: Instituto Frutal, 2011, p. 61-72.

CARDOSO, J. E.; MARTINS, M. V. V.; LIMA, J. S.; VIANA, F. M. P.; SILVA, L. G. C. **Controle Químico do Oídio do Cajueiro**. Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, 2012, 4 p. (Comunicado técnico 196).

CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P.; FREIRE, F. C. O.; MARTINS, M. V. V. Doenças do cajueiro. In.: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.) **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, 2013, parte 3, cap. 2, p. 217-238.

CASTRO, L. A. S. **Processamento de mostras para microscopia eletrônica de varredura**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2001. 37p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 93).

CABI. *Oidium anacardii* (cashew powdery mildew). Disponível em: < <http://www.cabi.org/isc/datasheet/37161>>, acesso em: 06/07/2016.

CECON, P. R.; SILVA, F. F.; FERREIRA, A.; FERRÃO, R. G.; CARNEIRO, A. P. S. DETMANN, E.; FARIA, P.;N.; MORAIS, T.;S.;S. Análise de medidas repetidas na avaliação de clones de café ‘Conilon’, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.1171-1176, 2008.

COSTA, F. M. **Curvas de progresso de doenças foliares do milho, sob diferentes tratamentos fungicidas**. 2007. 62 f (Dissertação - Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual Paulista – Jaboticabal, 2007.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento. Castanha de caju**. 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_05_22_14_32_22_castanhadecajuresumoabril2013.pdf>, acesso em: 09/04/2016.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**, 3 ed., Viçosa: UFV, v. 1, 480p. 2004.

FARIA, P. N.; CECON, P. R.; SILVA, A. R.; FINGER, F.L.; SILVA, F.F.; CRUZ, C. D.; SÁVIO, F. L. 2012. Métodos de agrupamento em estudo de divergência genética de pimentas. *Horticultura Brasileira*, v.30, p.428-432, 2012.

FARIA, P. N. **Avaliação de métodos para determinação do número ótimo de clusters em estudo de divergência genética entre acessos de pimenta**. 2009, 67f. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

FAO. **FAOSTAT**. Roma. 2013. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org> >, acesso em: 10/05/2016.

FERRÃO, J. E. M.; **O Cajueiro: *Anacardium occidentale* L**. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1995. 299p.

FREIRE, F. C. O; CARDOSO, J. E. Doenças do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P; SILVA, V. V. (Ed.). **Cajucultura: Modernas técnicas de produção**. Brasília, DF: Embrapa, 1995, p. 249 - 264.

FREIRE, F. C. O.; VIANA, F. M. P. Oídios de fruteiras Tropicais. In: STADNIK, M.J.; RIVERA, M. C. (Ed.). **Oídios**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2001, p. 323-334.

FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; SANTOS, A. A.; VIANA, F. M. P. Diseases of cashew (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. **Crop Protection**, v.21, p. 489-494, 2002.

FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P. **Doenças de fruteiras tropicais de interesse agroindustrial**. Brasília, DF: Embrapa, 2003, p. 201-203.

FREITAS, B. M. **Plano de manejo para polinização da cultura do cajueiro: conservação e manejo de polinizadores para agricultura sustentável**. Rio de Janeiro, RJ, Funbio, 2014. 52 p.

FIORINI, C. V. A., SILVA, D. J. H., SILVA, F. F., MIZUBUTI, E. S. G., ALVES, D. P., CARDOSO, T. S. Agrupamento de curvas de progresso de requeima, em tomateiro originado de cruzamento interespecífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1095-1101, 2010.

FURTADO, E. L.; SANTOS, C. A. G. dos; TAKAHASHI, S. S.; CAMARGO, F. R. A. de. **Doenças em viveiros de Eucalyptus sp: diagnóstico e manejo**. Votorantim / Celulose e Papel. Botucatu, SP, p. 23, 2000.

FUGIWARA. **Microscopia eletrônica de varredura**. Disponível em: <<http://www.fugiwara.com.br/pro/index.htm>>, acesso em: 03/12/2015.

GALLET, S.R. Introdução à microscopia eletrônica. **Biológico**, São Paulo, v.65, n.1, p.33-35. 2003.

GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; AUER, C. G.; SANTOS, A. F. dos. **Estratégias de manejo de doenças em viveiros florestais**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 2001. 6 p. (Circular Técnica, 47)

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: Lavoura permanente no ano de 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=ce&tema=lavourapermanente201>>, Acesso em: 13 /09/2014.

JAMES, W. C.; TENG, P. S. **The quantification of production constrains associated with plant disease**. Applied biology, New York. v.4, p.201-207, 1979.

JESUS JÚNIOR, W. C.; POZZA, E. A.; VALE, F. X. R.; AGUILERA, G. M. Análise temporal de epidemias. In: VALE, F. X. R.; JESUS JÚNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perfil, p.127-191, 2004

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. New Jersey, USA: Englewood Cliffs, 642p. 1992

KRANZ, J. **The methodology of comparative epidemiology**. In: Experimental techines in plant disease epidemiology, Heidelberg, 1988. p.279-289.

KHATTREE, R.; NAIK, D.N. **Multivariate data reduction and discrimination with SAS software**. Cary: SAS Institute, 2000. 574p.

KRUGNER, T. L.; AUER, C. G. Doenças dos eucaliptos. In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 319-332.

LAURINDO, B. S.; LAURINDO, R.D.F.; AZEVEDO, A.M.; NICK, C.; SILVA, D.J.H.; MIZUBUTI, E.S.G. Seleção de acessos de tomateiro resistentes á pinta-preta pela análise de agrupamento das curvas de progresso da doença. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.106-114, 2015.

LINS, S. R. O.; ALVES, E.; ABREU, M. S. Estudos histopatológicos de *Colletotrichum* spp. em plântulas de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.32, p.488-495, 2007.

LINDEN, R. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, n. 4, p. 18-36, 2009.

MANLY, B. F. J. **Multivariate Statistical Methods: A primer**. Second edition. London: Chapman & Hall, 215p.,1994.

MAIA, L. K. R. **Influência do oídio no fruto de cajueiro ano**. 2014, 87f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

MARTIN, P. J., TOPPER, C. P., R. A., BOMA, F., DEWAAL, D., HARRIES, H. C., KASUGA, L. J., KATANILA, N., KIKOKA, L. P., LAMBOLL, R., MADDISON, A. C., MAJULE, A. E., MASAWA, P. A., MILLANZI, K. J., NATHANIELS, N. Q., SHOMARI, S. H., SIJAONA, M. E., STATHERS, T. Cashew nut production in Tanzania: constraints and progress through integrated crop management. **Crop Protection**, v.16, p. 5-14, 1997.

MAGNANI, E. B. Z.; ALVES, E.; ARAÚJO, D. V. Eventos dos Processos de Pré-Penetração, Penetração e Colonização de *Phakopsora pachyrhizi* em Foliolos de Soja. **Fitopatologia Brasileira**, v.32, n.2, p.156-160, 2007.

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

MAC KEY, J. Genetic interaction and breeding strategies in relation to fungai cereal diseases. In: SIDDIQUI, K.A., FARUQUI, A.M. **New genetical approaches to crop improvement**, Karaehi, p.503-525, 1986

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: Uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte, MG, ed: UFMG, 2005, 297p.

MORAES, S. A. **Quantificação de doenças de plantas**. Disponível em: <2014http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/Doencas/Index.htm>, acesso em: 20/10/2014.

MONTENEGRO, A. A. T.; CARBAJAL, A. C. R.; MESQUITA, A. L. M.; AQUINO, A. R. L.; FREIRE, F. C. O.; OLIVEIRA, F. N. S.; ARAÚJO FILHO, G. A.; PAIVA, J. R.; PAZ, J. S.; PARENTE, J. I. G.; MOSCA, J. L.; BARROS, L. M.; CRISOSTOMO, L. A.; PESSOA, P. F. A. P.; LIMA, R. N.; SILVEIRA, S. S. **Cultivo do Cajueiro**. Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Caju/CultivodoCajueiro/i de...>>, acesso em: 11/07/2014.

MOREIRA, A. A. **O Cajueiro: vida, uso e estórias**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2002. 160p.

MOREIRA, R. C.; CARDOSO, J. E.; LIMA, J. S.; SILVA, L. G. C. **Resistência de Clones de Cajueiro-Comum à Resinose**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 18 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento 58).

MOREIRA, R. C.; LIMA, J. S.; SILVA, L. G. C.; CARDOSO, J. E. Resistance to gummosis in wild cashew genotypes in northern Brazil. **Crop Protection**, v. 52, p. 10-13, 2013.

NOACK, F., 1898. **Cogumelos parasitos das plantas de pomar, horta e jardim**. Campinas, SP. In: Boletim do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, v. 9, p. 75-88.

PAIVA, J. R.; CRISÓSTOMO, J. R.; BARROS, L. V. **Recursos genéticos do cajueiro: coleta, conservação, caracterização e utilização**. Fortaleza: Embrapa – CNPAT, 2003. 42 p. (Documentos, 65).

PASCHOLATTI, S. F.; LEITE, B. Hospedeiro: mecanismos de resistência. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. **Manual de Fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. Cap. 22, p. 417-453.

PESSOA, P. F. A. P.; LEITE, L. A. S. **Desempenho do agronegócio caju brasileiro**. In.: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.) **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, 2013, parte 3, cap. 2, p. 217-238.

PUIATTI, G. A.; CECON, P. R.; NASCIMENTO, M.; PUIATTI, M.; FINGER, F. L.; SILVA, A. R.; NASCIMENTO, A. C. C. Análise de agrupamento em seleção de modelos de regressão não lineares para descrever o acúmulo de matéria seca em plantas de alho. **Revista Brasileira de Biometria**, v.31, p.337-351, 2013.

RIBEIRO, J. L. **Cajuína: Informações Técnicas para a Indicação Geográfica de Procedência do Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2011. 99p.

SERRANO, L. A. L.; VIDAL NETO, F. C.; MELO, D. S.; CARDOSO, J. E. **Influência do Oídio nas Castanhas de Diferentes Genótipos de Cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 76).

SILVEIRA, F. G. **Classificação multivariada de modelos de crescimento para grupos genéticos de ovinos de corte**. 2010. 61f. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

SILVA, A. C. **Controle de oídio em eucalipto e da ferrugem asiática da soja por extratos e óleos essenciais de plantas**. 2011. 113f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

SILVA, A. C.; SOUZA, P. E; RESENDE, M. L. V.; SILVA JÚNIOR, M. B.; VITORINO, L. R. R.; BARONI, G. R. Decoetos isolados e em mistura com fungicida no controle do oídio em minicepas de eucalipto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 3, p. 73 - 79, 2013.

STADNIK, M. J., RIVERA, M. C. **Oídios**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000, p. 328-330.

STADNIK, M. J.; MAZZAFERA, P. **Interações Oídio-Hospedeiro**. In: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. **Oídios**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente. p. 79-118. 2001.

SHOMARI, S. H. **Studies on the biology and epidemiology of *Oidium anacardii* (Noack)**. The powdery mildew pathogen of cashew. Ph.D. Thesis, University of Birmingham, 1996.

SPÓSITO, M. B.; BASSANEZI, R. B.; AMORIM, L. Resistência à mancha preta dos citros avaliada por curvas de progresso da doença. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, p. 532-537, 2004.

TAKAMATSU, S. Molecular phylogeny reveals phenotypic evolution of powdery mildews (Erysiphales, Ascomycota). **J. Gen Plant Pathol**, v.79, p.218–226, 2013.

VANDERPLANK, J. E. **Host pathogen interaction in plant disease**. New York: Academic, 1982.

VIANA, F. M. P.; CARDOSO, J. E.; FREIRE, F. C. O. Agência Embrapa de Informação Tecnológica - **Doenças em campo**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000fielsfi902wyiv80z...>>, acesso em: 07/11/2014.

CAPÍTULO II

RESISTÊNCIA DE CLONES COMERCIAIS DE CAJUEIRO AO OÍDIO

Resumo

O oídio é uma doença que vem se tornando o principal problema fitossanitário para o cajueiro. Portanto, é de suma importância pesquisas visando estudar o desenvolvimento da doença em clones comerciais de cajueiro nas diferentes fases epidemiológicas da doença, a fim de identificar clones resistentes. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a reação de clones comerciais de cajueiro ao oídio, através do monitoramento da doença durante três ciclos de produção. O trabalho foi conduzido na Embrapa Agroindústria Tropical, Campo Experimental de Pacajus - Ceará, durante três ciclos de produção (2012, 2013 e 2014), através do monitoramento de 11 clones comerciais de cajueiro, a saber: CCP 09, CCP 76, CCP 1001, CCP 06, EMBRAPA 51, EMBRAPA 50, BRS 265, BRS 189, BRS 274, BRS 275 e BRS 226. A avaliação da severidade de oídio foi baseada na escala descritiva de nota de severidade, variando de 0 a 4. Foram identificados grupos de clones com respostas similares à doença, utilizando multivariada através da análise de agrupamento para a severidade do oídio ao longo do tempo, isoladamente ou considerando os três ciclos de produção. As médias da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de cada clone foram comparadas duas a duas pelo teste *t* para contrastes a fim de estabelecer as diferenças entre clones na reação ao oídio. Na análise conjunta para os três ciclos permitiu identificar quatro grupos similares de clones. Os clones do grupo II (BRS 274, BRS 275, CCP 1001 e BRS 226) tiveram menor curva de progresso da doença, já, os clones do grupo III (BRS 189 e CCP 06) apresentaram maior curva de progresso. AACPD para os três ciclos de produção evidenciou que existe diferença entre os grupos de clones formados. AACPD para cada ciclo determinou que os clones do grupo II (CCP 76, EMBRAPA 51, CCP 09) e IV (CCP 06) não apresentaram diferença, em 2014. Os clones BRS 274, BRS 275, CCP 1001 e EMBRAPA 50 não possuem diferença entre si na AACPD, em 2012. Os clones BRS 189, CCP 06, CCP 09 e EMBRAPA 51 mostraram mesma resposta, em 2013. Os clones BRS 265, BRS 274, EMBRAPA 50 e EMBRAPA 51 mostraram proximidade na AACPD em 2014. Assim, permite-se concluir que existe resistência entre os clones comerciais de cajueiro ao oídio ao longo dos três anos de observação de campo. Os clones BRS 274, BRS 275, BRS 226 e CCP 1001 foram os mais resistentes, enquanto, os clones CCP 06 e BRS 189 são os mais suscetíveis ao oídio.

Palavras-chave: *Pseudoidium anacardii*. Análise de grupo. Resistência. Variabilidade de clones.

Abstract

Powdery mildew is a disease that is becoming the main phytosanitary problem for cashew. Therefore, it is very important research aimed at studying the development of the disease in commercial cultivars cashew in different epidemiological stages of the disease in order to identify resistant cultivars. The objective of this research was to evaluate the reaction of commercial cultivars cashew mildew, by monitoring the disease for three production cycles. The work was conducted at Embrapa, Experimental Center of Pacajus - Ceará for three growing seasons (2012, 2013 and 2014), by monitoring 11 commercial cultivars cashew, namely: CCP 09, CCP 76, CCP 1001 CCP 06, EMBRAPA 51, EMBRAPA 50, BRS 265, BRS 189, BRS 274, BRS 275 and BRS 226. Evaluating the severity powdery mildew was based on descriptive severity note scale, ranging from 0 to 4. Were identified groups with cultivars similar responses to disease using multivariable using analysis of grouping for the severity over time powdery mildew, considering you seen separately ou three cycles of production. The mean area under the disease progress curve (AUDPC) of each cultivar was compared in pairs by t test for contrasts in order to establish the differences between cultivars in reaction to powdery mildew. In the pooled analysis for the three cycles has identified four similar groups of cultivars. Cultivars Group II (BRS 274, BRS 275, CCP 1001 and BRS 226) had lower disease progress curve, already the cultivars of group III (BRS 189 and CCP 06) showed greater progress curve. AUDPC for three production cycles showed that there is difference between the groups formed cultivars. AUDPC for each cycle determined that the cultivars of group II (CCP 76, EMBRAPA 51, CCP 09) and IV (CCP 06) showed no difference in 2014. The BRS 274 cultivars BRS 275, CCP 1001 and EMBRAPA 50 have no difference each other in AUDPC in 2012. The BRS189 cultivars CCP 06, CCP 09 and EMBRAPA 51 showed the same response in 2013. BRS 265 cultivars BRS 274, EMBRAPA 50 and EMBRAPA 51 showed closeness in AUDPC in 2014. Thus allows concluding that there is resistance among commercial cultivars cashew mildew over the three years of field observation. BRS 274 cultivars BRS 275, BRS 226 and CCP 1001 were the most resistant, while, the CCP 06 and BRS 189 cultivars are the most susceptible to powdery mildew.

Keywords: *Pseudoidium anacardii*. Group analysis. Resistance. Variability Cultivars.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do cajueiro vem passando por várias transformações, como um crescimento evidenciado em área de cultivo e, principalmente, no estabelecimento de técnicas modernas de manejo, proporcionadas pelo desenvolvimento de métodos assexuados de propagação, ocasionando a introdução de clones de cajueiro do tipo anão, que favoreceu o manejo do pomar, a uniformidade do produto e a exploração do mercado de pedúnculo (pseudofruto) (CARDOSO *et al.*, 2013). Contudo, esses avanços contribuíram para uma redução da variabilidade genética, que refletiu no aumento da vulnerabilidade das plantas a patógenos.

A cajucultura é afetada por várias doenças de importância econômica, a maioria delas causadas por fungos (CARDOSO *et al.*, 2002; FREIRE *et al.*, 2002). Entre as doenças epidêmicas, as mais frequentes são a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* [Penz.] Sac.), a resinose (*Lasiodiplodia theobromae* [Pat.] Griffon), o mofo preto (*Pilgeriella anacardii* von Arx & Miller) e o oídio [*Pseudoidium anacardii* (Noack) U.Braun & R.T.A.Cook].

Diferentemente da maioria dos fungos fitopatogênicos, o agente do oídio cresce superficialmente nos órgãos suscetíveis da planta. Durante a fase de crescimento, as hifas se desenvolvem em ambas as superfícies da folha, embora algumas espécies sejam restritas a uma única superfície foliar, as infecções causadas por este fungo também podem ocorrer em caules, flores e frutos (HEFFER *et al.*, 2006).

O oídio do cajueiro, apesar do acontecimento generalizado em todas as regiões produtoras, foi por muito tempo considerado uma doença cujas consequências econômicas eram consideradas insignificantes e de importância secundária, não somente pela ocorrência em um local restrito, mas, sobretudo, pelo tipo de sintoma apresentado, uma cobertura rala, branca-acinzentada e pulverulenta sobre a superfície foliar (FREIRE *et al.*, 2002; CARDOSO *et al.*, 2012). Em vários países africanos, no entanto, essa doença já era de grande importância econômica desde meados do século passado, sendo considerada a principal doença do cajueiro em alguns países do leste da África (SHOMARI, 1996; MARTIN *et al.*, 1997).

Nos últimos anos, tem-se observado uma crescente incidência de oídio em ramos, inflorescências jovens, maturis e pseudofruto em pomares comerciais de cajueiro comum e anão no Ceará e no Piauí, a exemplo do que já ocorre nos países

africanos (CARDOSO *et al.*, 2012; VIANA *et al.*, 2014), indicando sérios danos à produção e qualidade dos produtos do cajueiro.

Os sintomas do oídio no cajueiro são manchas nas folhas, principalmente na face superior, que se juntam e envolvem toda a superfície da folha, como uma cobertura branco-acinzentada semelhante à cinza vegetal e com a evolução do fungo ocorre o escurecimento dessas manchas (VIANA *et al.*, 2014). Nas inflorescências, a expressão o fungo queima das flores. As manchas promovem a queda prematura de folhas e inflorescências, além de ocasionar alterações, rachaduras e variolas nos pedúnculos e frutos (CARDOSO *et al.*, 2013).

O *Pseudoidium anacardii* (Noack) U.Braun & R.T.A.Cook é um parasita obrigatório e os sintomas que provoca são oriundos da atividade ectoparasitária, através de haustórios que penetram nos tecidos de onde retiram os nutrientes essenciais à sobrevivência e reprodução do patógeno (CARDOSO *et al.*, 2012). Esse patógeno possui dispersão rápida, já que, os conídios germinam em poucas horas e pode ser facilmente disseminado pelo o vento, pois apenas poucas horas de orvalho, é suficiente para sua germinação, situação comum nos sertões nordestinos, uma vez germinados, os conídios penetram facilmente nos tecidos jovens do hospedeiro (CARDOSO, 2016).

No controle do oídio, os produtores de cajueiro adotam quase sempre fungicidas, portanto, uma possibilidade importante para contribuir no manejo integrado do oídio do cajueiro é o plantio de clones resistentes ou tolerantes ao patógeno. Assim, a identificação de possíveis fontes de resistência ou tolerância ao oídio entre os clones comerciais de cajueiro já desenvolvidos é uma possibilidade de estudo.

Estudos com reação de clones de cajueiro em outros patossistemas já foram desenvolvidos, tais como: Uaciquete *et al.* (2013) avaliaram a reação de 229 clones de cajueiro anão e comum a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em três ciclos consecutivos de produção em Moçambique e como resultados identificaram um único clone com elevado nível de resistência, dois tolerantes e dois suscetíveis entre os clones anões e, entre os clones comuns, quatro foram classificados como tolerantes e foram recomendados para serem usados no programa nacional de cultivo do caju. Silva *et al.* (2013), avaliando 20 clones de cajueiro comum na reação a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), tiveram como resultado três clones resistentes e ressaltam que o uso de clones resistentes a patógenos representa uma

forma de manejo econômico, ecológico e seguro, contribuindo para redução dos danos provocados pela doença. Moreira (2011) que estudou a reação de vinte clones de cajueiro comum à resinose (*Lasiodiplodia theobromae*) concluiu que cinco clones se apresentaram como os mais resistentes a resinose e podem ser usados em programas de melhoramento como fonte de resistência. Cavalcanti *et al.* (2000) avaliaram a resistência genética de trinta clones de cajueiro às principais fitomoléstias em dois anos agrícolas, concluíram que quatro clones foram resistentes a antracnose; três para o mofo preto (*Pilgeriella anacardii*) e três para a mancha angular (*Septoria anacardii*) e afirmam ainda que esses resultados indicam ampla variabilidade genética entre os clones, para todas as doenças avaliadas. Cardoso *et al.* (2006) avaliaram a resistência de 28 genótipos de cajueiro anão à resinose (*Lasiodiplodia theobromae*) no nordeste brasileiro por mais de três anos, observaram que houve diferença entre os genótipos, e que a maior parte dos genótipos foi suscetível e apenas um clone mostrou-se como resistente consistente e estável em ambas experiências.

O monitoramento da doença ao longo do tempo e a análise de curvas de progresso da doença (FIORINI *et al.*, 2010; AZEVEDO *et al.*, 2012; LAURINDO *et al.*, 2015) nos clones de cajueiro se constitui uma metodologia acessível para identificação de clones resistentes a patógenos, nesse caso, o agrupamento das curvas com padrões temporais similares por meio de análise de agrupamento é uma estratégia viável, uma vez que agrupam curvas similares, o que facilita a representação gráfica e seleção dos melhores genótipos (FIORINI *et al.*, 2010). Essa estratégia torna alternativa para os estudos do progresso de doenças, como a requeima em tomateiro (*Solanum lycopersicum*) (FIORINI *et al.*, 2010; AZEVEDO *et al.*, 2012), das curvas de produção de café (*Coffea canephora*) (CECON *et al.*, 2008), do acúmulo de matéria seca em plantas de alho (*Allium sativum*) (PUIATTI *et al.*, 2013) e do agrupamento em estudo de divergência genética de pimenta (*Capsicum spp*) (FARIA *et al.*, 2010).

O objetivo desta pesquisa foi determinar a reação de clones comerciais de cajueiro ao oídio, através do monitoramento da doença durante três ciclos de produção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condução do experimento

O experimento foi conduzido em pomares de cajueiro localizados no Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, situado nas coordenadas: 4°11'38,6"S e 38°29'51,5"W e 60 metros acima do nível do mar (IPECE, 2004). A classificação climática, segundo Köppen (1948), é do tipo Aw', com precipitação média anual de 791,4 mm e com temperatura média variando entre 26 e 28°C (IPECE, 2014).

O monitoramento da reação dos clones comerciais de cajueiro ao oídio (*P. anacardii*) foi realizado durante os anos de 2012, 2013 e 2014, mensurando-se a severidade da doença, através de uma escala descritiva de severidade com notas variando de 0 a 4, em que: 0= Ausência da doença; 1= Com pouca doença, ou seja, inflorescências com até 10% de flores infectadas; 2= Nível baixo da doença, inflorescências com 11 a 25% de flores infectadas; 3= Aumento da doença, inflorescências com 26 a 50% de flores infectadas; e 4= Nível alto da doença, inflorescências com mais de 50% de flores infectadas (CARDOSO *et al.*, 2012).

O acompanhamento dos onze clones comerciais de cajueiro para avaliação da severidade do oídio em cada ano foi conduzido entre os meses de julho a dezembro. Os clones utilizados foram nove do tipo anão (CCP 76, CCP 09, CCP 06, CCP 1001, EMBRAPA 51, EMBRAPA 50, BRS 265, BRS 189 e BRS 226), um do tipo comum (BRS 274) e um do tipo híbrido (BRS 275) (Quadro 1).

As plantas dos diferentes clones de cajueiro estavam plantadas, no espaçamento de 7 x 7m em cultivo de sequeiro e para o manejo das plantas daninhas foram utilizadas práticas agrícolas de roço e gradagem. As plantas selecionadas para o experimento foram podadas para renovação vegetativa cerca de três meses antes do início das avaliações de cada ciclo de produção.

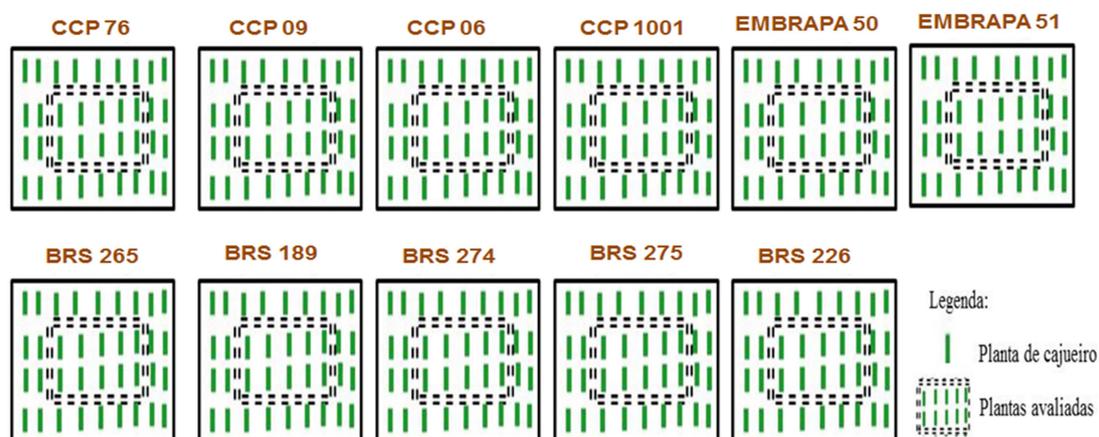
Selecionaram-se, em cada área dos clones de cajueiro dez plantas (repetições) para avaliação da severidade do oídio, perfazendo-se um total de 110 plantas, sendo onze clones, com 10 plantas cada (Figura 1).

Quadro 1 - Características agrônômicas dos clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) avaliados no estudo.

Clone	Ano de plantio	Características*
CCP 76	2003	Clone do tipo anão e sua exploração comercial vêm sendo feita tanto em cultivo de sequeiro como irrigado. No aproveitamento de seus produtos, o pedúnculo é recomendado para o mercado de mesa e a castanha para o mercado de amêndoa.
CCP 09	1986	Clone do tipo anão e foi lançado para o plantio comercial em 1987 tanto para o cultivo de sequeiro como irrigado. Dentre os seus produtos vêm sendo aproveitado o pedúnculo para o mercado de mesa e a castanha para o mercado de amêndoa.
CCP 1001	1996	Clone do tipo anão e sua recomendação comercial vêm sendo realizada tanto para o cultivo de sequeiro como irrigado. No aproveitamento dos seus produtos, o pedúnculo é utilizado para o mercado de mesa e a castanha para o mercado de amêndoa.
CCP 06	2001	Clone de cajueiro do tipo anão, sendo bastante utilizado como fornecedor de sementes para a formação de porta-enxerto e recomendado apenas para este propósito.
EMBRAPA 51	2007	Clone do tipo anão e sua recomendação comercial vêm sendo feita para o cultivo de sequeiro. Dos seus produtos é aproveitada a castanha para o mercado de amêndoa e o pedúnculo para o consumo de mesa.
EMBRAPA 50	1997	Cajueiro do tipo anão, sendo recomendado para plantio comercial em cultivo de sequeiro. Apresenta plantas de porte baixo, sendo recomendado principalmente para a exploração da castanha para o mercado de amêndoa.
BRS 265	2003	Clone do tipo anão, recomendado para o cultivo de sequeiro. O aproveitamento de seus produtos se destina o pedúnculo para o mercado de mesa e a castanha para o mercado de amêndoa.
BRS 189	2001	Clone do tipo anão, sendo recomendado para o plantio comercial sob cultivo irrigado. Apresenta porte baixo e suas excelentes características do pedúnculo o tornam recomendado para o mercado de mesa. O pedúnculo apresenta peso médio de 155,4 g de coloração vermelha clara e baixo teores de tanino.
BRS 274	2003	Clone de cajueiro do tipo comum que foi originado da seleção fenotípica de uma planta matriz de cajueiro comum em população segregante, na Fazenda Uruanã no município de Beberibe, Ceará, sendo recomendado para o cultivo de sequeiro. Dos seus produtos a castanha é utilizada para o mercado de amêndoa e o pedúnculo para o mercado de mesa, principalmente na produção de sucos.
BRS 275	2003	Clone de cajueiro do tipo híbrido que foi originado do cruzamento de cajueiro anão com cajueiro comum e foi lançado pela Embrapa Agroindústria Tropical em parceria com a Companhia de Óleos do Nordeste (CIONE). Sua recomendação comercial é para o cultivo de sequeiro. Os seus produtos atende a exploração da castanha para o mercado de amêndoa e o pedúnculo para a indústria de sucos.
BRS 226	2003	Clone do tipo anão, sendo recomendado para cultivo de sequeiro na região do Semiárido do Piauí e em outras regiões com as mesmas características. Dentre os seus produtos comerciais, destaca-se a castanha para o mercado de amêndoas.

*Fonte: Embrapa (CAVALCANTI; BARROS, 2015).

Figura 1 - Croqui das áreas de cultivos dos clones comerciais de cajueiro anão, comum e híbrido (*Anacardium occidentale* L.), Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, 2012, 2013 e 2014.



As avaliações das plantas foram iniciadas em cada ciclo anual da doença, quando esta começava a se manifestar em campo, finalizando quando a severidade do oídio atingia seu estágio máximo. As mesmas plantas marcadas nas áreas de cultivo no primeiro ciclo de produção da cultura (2012) foram avaliadas também nos dois ciclos subsequentes (2013 e 2014), caracterizando um estudo de medidas repetidas no tempo.

A avaliação da evolução temporal da doença nos onze clones comerciais de cajueiro foi realizada nas plantas selecionadas em cada tipo de clone a partir do surgimento dos primeiros sinais do oídio nas respectivas épocas de floração até a doença atingir a nota máxima em cada ciclo em estudo. As avaliações foram realizadas em intervalos de quinze dias em cada ano avaliado. Assim, a duração do período de monitoramento variou de ano para ano: 75 dias em 2012, 135 dias em 2013 e 165 dias em 2014.

Em cada planta de cajueiro foram selecionadas panículas (inflorescências) nos quatro pontos cardeais para avaliação da severidade (Figura 2). Quando as primeiras flores das panículas marcadas chegavam ao estágio de maturi ou quando atingiam a nota máxima de severidade, novas panículas próximas (novas floradas do cajueiro) foram marcadas, considerando-se os mesmos pontos cardeais para prosseguimento da avaliação temporal da doença. Sendo avaliadas mais de uma florada, diferente em cada ano.

Figura 2 - Estágio da inflorescência (A e B) do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em que foram marcadas para identificação e avaliação da doença. Pacajus, Ceará.



Na Figura 3, tem-se a ilustração dos sintomas do oídio do cajueiro em inflorescência, maturi, fruto e pseudofruto como foram observados durante as avaliações dos ciclos de produção da cultura.

Figura 3 - Sintomas do oídio do cajueiro (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) A e B - inflorescência e C - inflorescência e maturi e D - pseudofruto. Pacajus, Ceará.



Ao final das avaliações de cada ciclo de produção dos clones comerciais de cajueiro, os dados de severidade foram utilizados para estimar a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) calculada pela fórmula (CAMPBELL; MADDEN, 1990):

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(Y_{i+1} + Y_i)}{2} \times (T_{i+1} - T_i),$$

Sendo: “n” é o número de avaliações, “Y” é o índice de severidade da doença, e “T” é o tempo (dias) de cada avaliação, a partir da avaliação inicial.

2.2 Análises dos dados

Na análise descritiva dos dados, foi utilizada a análise de agrupamento para identificar clones de cajueiro com perfis similares, considerando as avaliações longitudinais de severidade da doença ao longo de cada ciclo reprodutivo. Foi também realizada uma análise conjunta dos agrupamentos, considerando os dados de severidade do oídio dos três ciclos de produção dos clones de cajueiro.

Para análise conjunta dos agrupamentos dos três ciclos, utilizaram-se os pacotes estatísticos PROC PRINCOMP para reduzir a dimensão dos dados de severidade e o PROC CLUSTER para realizar a análise de agrupamento, ambos do programa estatístico SAS[®]/STAT (SAS[®], 2008).

Na análise de agrupamento, foram construídos dendrogramas, utilizando-se o método de ligação por centróide e como métrica, a distância euclidiana. O método gráfico baseado no índice RMSSTD (raiz quadrada do desvio padrão média) (SHARMA, 1996) foi utilizado para determinação do número ótimo de grupos no dendrograma. Gráficos descritivos dos perfis similares foram construídos para cada grupo de modo a representar a evolução temporal da doença nos clones em função dos dias de avaliações. Determinou-se também o ponto de máximo para os gráficos descritivos dos perfis similares dos grupos de clones utilizando a análise de regressão.

Na análise da AACPD de cada ciclo empregou-se o PROC CLUSTER para realizar a análise de agrupamento, que possibilitou determinar grupos de clones similares em cada ciclo. A partir desses resultados, foi possível comparar os grupos

de clones formados em cada ano por meio de análise de contrastes via testes t utilizando o PROC MIXED (LITTELL *et al.*, 1996) do software SAS[®]/STAT (SAS[®], 2008).

Na análise da AACPD entre clones também foi utilizando o PROC MIXED para a determinação dos contrastes. As médias da AACPD de cada clone foram comparadas duas a duas, via testes t para contrastes. Os níveis de significância nominal (valores p) associados à análise de contrastes indicaram o grau de evidência contra a hipótese de igualdade da AACPD entre grupos de clones e nas comparações entre cada clone.

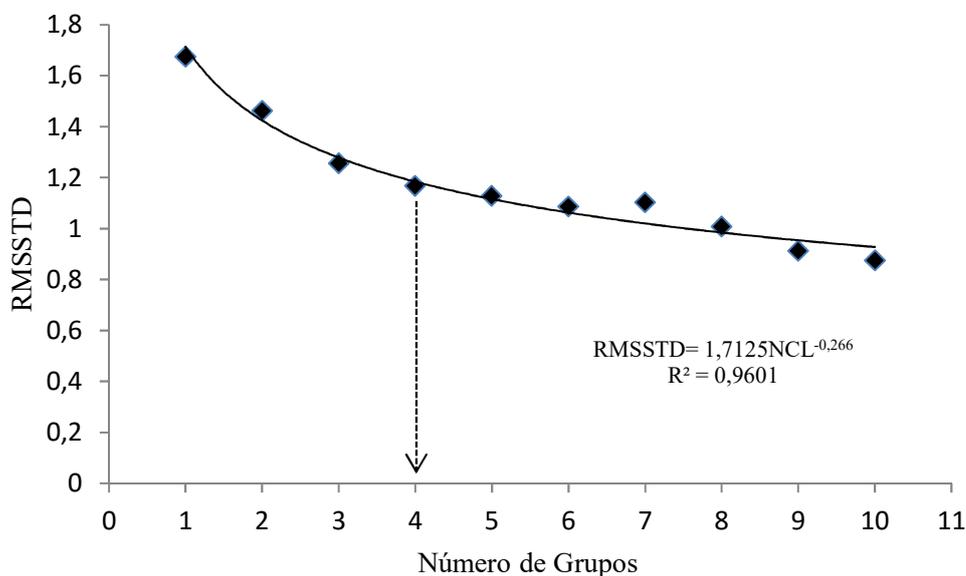
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Abordagens descritivas para identificação de clones comerciais de cajueiro com perfis similares de progresso da doença

Os onze clones comerciais de cajueiro estudados em 2012, 2013 e 2014, foram agrupados, em quatro grupos similares. O número ótimo de grupos foi definido pela análise gráfica da estatística RMSSTD que a partir de quatro grupos, os valores RMSSTD continuam decrescendo a taxas bem menores, indicando que a formação de novos agrupamentos, já não contribui efetivamente para a redução do RMSSTD (Figura 4).

A utilização do método estatístico RMSSTD é vantajoso, em razão de, permite que o número de grupos definidos no dendograma não seja escolhido de forma subjetiva (LIU *et al.*, 2013). Conforme Sharma (1996) quanto menor o valor da estatística RMSSTD, mais homogêneos serão os grupos formados. Faria *et al.* (2012) identificaram a formação de sete grupos, em divergência genética de pimentas (*Capsicum chinense*) e concluíram que esse método possuem um maior poder de discriminação dos grupos contendo acessos similares.

Figura 4 - Comportamento do RMSSTD (raiz quadrada do desvio padrão média) em função do número de grupos formados a partir de dados de severidade de onze clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em reação ao oídio (*Pseudoidium anacardii*), em estudo de monitoramento em 2012, 2013 e 2014, campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará.

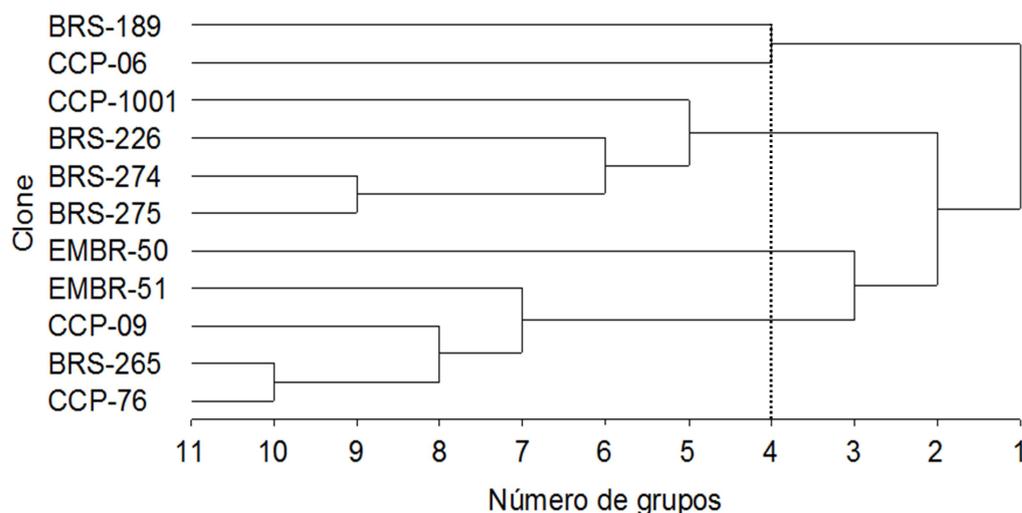


A análise de agrupamentos pelo método do centróide originou o dendrograma que representa a similaridade entre clones comerciais de cajueiro quanto à evolução temporal da doença (Figura 5). A linha vertical no dendrograma determina o número de grupos definido pela análise gráfica do RMSSTD (Figura 4). Assim, foram estabelecidos quatro grupos similares de clones de cajueiro, a saber: grupo I (CCP 76, BRS 265, CCP 09 e EMBRAPA 51), grupo II (BRS 275, BRS 274, BRS 226 e CCP 1001), grupo III (CCP 06 e BRS 189) e grupo IV (EMBRAPA 50).

Os grupos de clones de cajueiro ilustrados no dendrograma permitiu verificar que foram formados de acordo com as características em comum que os clones possuem quando reagiram ao ataque do oídio durante as avaliações conduzidas nos três ciclos de produção do cajueiro, possibilitando desta forma, selecionar quais clones apresentaram características de resistência ao oídio. Estudos semelhantes utilizando análise de agrupamento para identificação de fontes de resistências a patógenos já foi utilizado em outros patossistemas, como Laurindo *et al.* (2015) na seleção de acessos de tomateiro resistentes a pinta-preta (*Alternaria tomatophila*), Azevedo *et al.* (2012) e Fiorini *et al.* (2010) em agrupamentos de curvas de progressos da requeima do tomateiro (*Phytophthora infestans*) e Santos *et al.* (2007)

nas comparações entre grupos de genótipos para a resistência parcial à ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*).

Figura 5 - Similaridade entre clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) quanto à evolução temporal da severidade do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em monitoramento realizado no campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em três ciclos de produções (2012, 2013 e 2014).

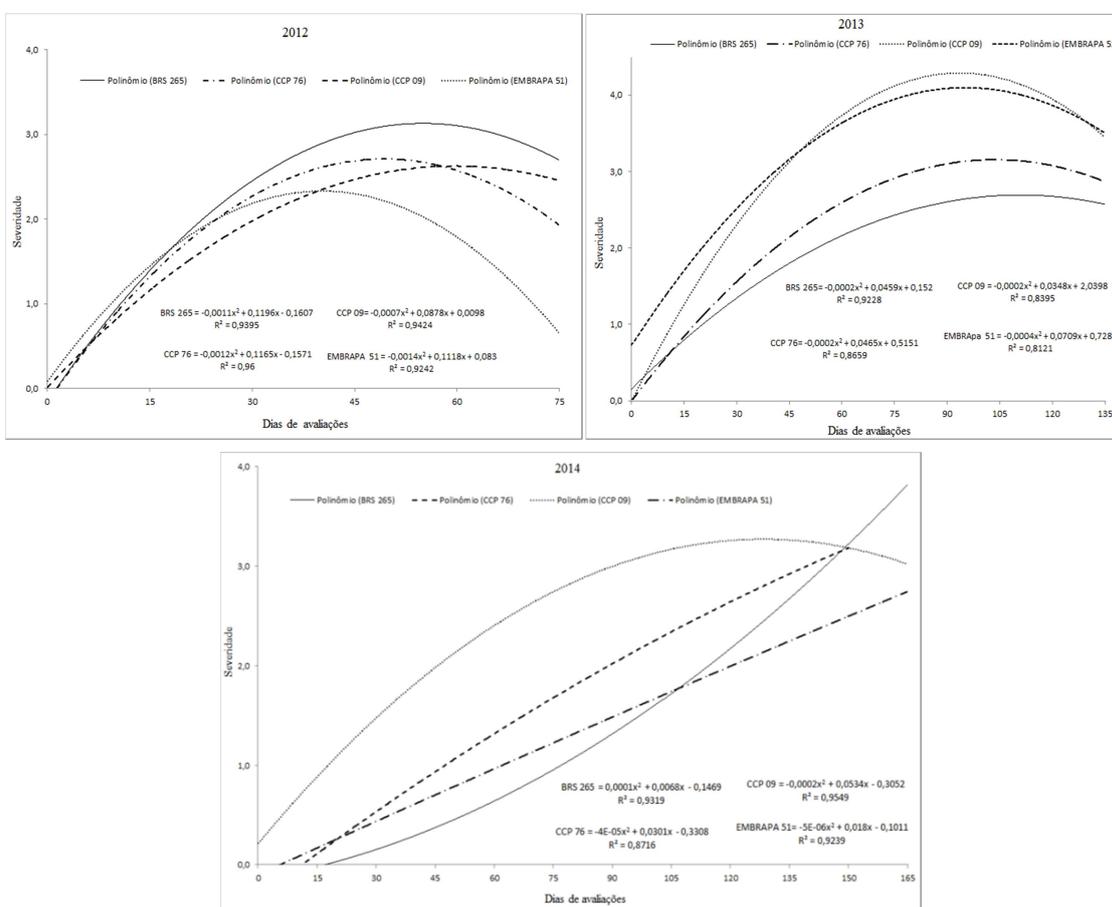


Analisando-se a severidade do oídio para os grupos de clones de cajueiro formados em função dos dias avaliados dos estudos conduzidos em três anos de produção do cajueiro (2012, 2013 e 2014), observou-se na análise de regressão que dentre os modelos testados o quadrático teve melhor ajuste (Figuras 6, 7, 8 e 9).

No grupo I (BRS 265, CCP 76, CCP 09 e EMBRAPA 51), para o primeiro ciclo de produção (2012) a doença evoluiu deste do início das avaliações tendo um pequeno decréscimo no final (Figura 6). Aos 45 dias a doença começou a decrescer para o clone EMBRAPA 51, sendo considerado o que teve a severidade mais reduzida dentre os clones deste grupo, atingido ponto de máximo da doença aos 40 dias com nota de 2,3. Enquanto, o clone BRS 265 foi o que apresentou maior curva de progresso da doença chegando ao ponto de máximo aos 54 dias e nota de severidade três, evidenciando que as inflorescências possuíram de 26 a 50% das flores infectadas pelo o oídio. Os clones CCP 76 e CCP 09 apresentaram proximidade na severidade da doença durante este ciclo atingindo pontos de máximo aos 49 e 63 dias com nota de severidade de 2,6 e 2,7, respectivamente. Em condições de campo Martins *et al.* (2008) estudaram a reação de genótipos de maracujazeiro-amarelo ao *Colletotrichum gloeosporioides* e também obtiveram equações de

regressão para as análises de severidade do tipo quadrática com ponto de máximo de 54 e 56 dias, respectivamente. De um modo geral, nesse primeiro ciclo de produção, as curvas de progressos da doença de cada clone mostraram tendência semelhante na evolução da doença observando que esses clones possuem características similares na reação ao patógeno.

Figura 6 - Evolução temporal da severidade do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) do grupo I formados partir de análise de agrupamentos, conjuntamente dos três ciclos de produção, Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em 2012, 2013 e 2014.



No segundo ciclo de produção (2013), o período de avaliação da doença foi mais longo em comparação a 2012, por ter sido avaliada mais de uma florada do cajueiro. A doença nos clones desse grupo evoluiu desde o início das avaliações e no final do período ocorreu decréscimo. O clone CCP 09 apresentou ponto de máximo da doença aos 87 dias e nota de severidade de 3,5. O clone EMBRAPA 51 foi o que demonstrou maior curva de progresso com máximo da doença aos 87 dias e nota de

severidade de 3,8. Porém, o clone BRS 265 foi o que apresentou menor curva de progresso da doença com máximo aos 114 dias e nota de 2,7. Para o clone CCP 76 a doença chegou ao ponto de máximo aos 116 dias com nota de 3,2.

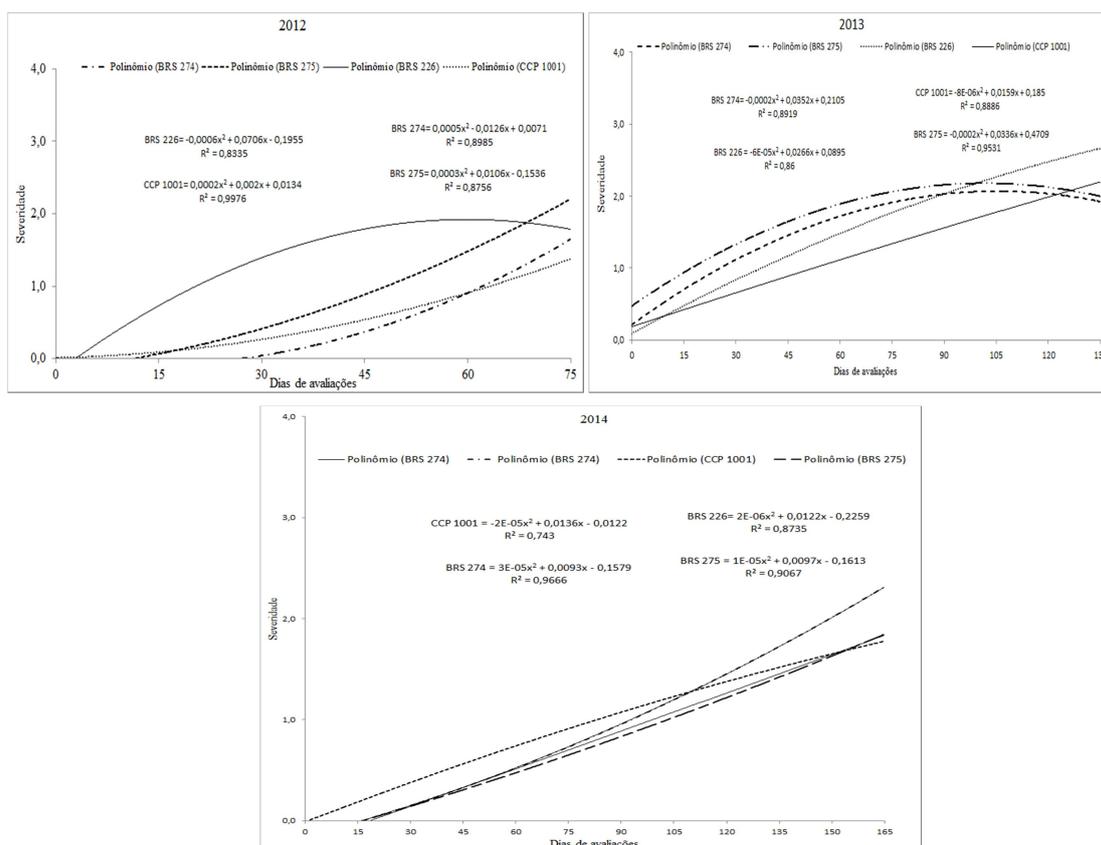
No terceiro ciclo (2014), os clones desse grupo apresentaram comportamento diferente na evolução da doença quando comparado aos ciclos anteriores. Os clones BRS 265, CCP 76, CCP 09 e EMBRAPA 51 até os 60 dias de avaliações apresentaram pequena evolução da doença com nota um na escala de severidade, após esse período a doença evoluiu para todos os clones desse grupo. Com o aumento do período avaliação tanto em 2013 como em 2014, observou-se que ao avaliar outras panículas para os clones desse grupo, ou seja, novas floradas, o sinal do fungo continuava presente e evoluindo de acordo com as características de reação de cada clone. O clone CCP 09 foi o que apresentou maior curva de progresso da doença com ponto ótimo aos 114 dias. Enquanto, o clone EMBRAPA 51 apresentou menor curva de progresso da doença e ponto de máximo aos 150 dias.

No grupo II (BRS 274, BRS 275, BRS 226 e CCP 1001), os clones apresentaram variações na severidade do oídio durante os três anos, no entanto, ocorreu pequena evolução da doença ao longo dos dias avaliados (Figura 7). Em 2012, os clones BRS 274 e BRS 275 permaneceram com nota de severidade na escala zero até os 45 dias e a partir de então houve uma pequena evolução da doença e no final permaneceu a nota dois, com inflorescências de 11 a 25% das flores infectadas pelo fungo. No entanto, o clone BRS 226 foi o que apresentou maior curva de progresso da doença com ponto máximo aos 59 dias e nota de severidade 2,2. O clone CCP 1001 apresentou menor crescimento da doença com ponto ótimo aos cinco dias e nota de severidade um. Com o aumento do período de avaliações em 2013, verificou-se que os clones BRS 274, BRS 275, BRS 226 e CCP 1001 iniciaram aumento na severidade deste da primeira avaliação e aos 75 dias apresentaram nota de severidade um, significando até 10% das flores das inflorescências com estruturas do fungo. Com a avaliação de novas floradas, ocorreu novamente evolução da doença, sendo que o clone BRS 274 se destacou apresentando ponto de máximo aos 88 dias com nota 1,7.

Em 2014, os clones desse grupo até os 75 dias a nota de severidade do oídio permaneceu na escala um, com avaliações de novas panículas, ocorreu uma evolução na doença, sendo o clone BRS 274 o que apresentou maior curva de progresso da

doença com nota dois aos 165 dias, evidenciando nível baixo de doença, ou seja, inflorescências com 11 a 25% das flores infectadas pelas estruturas do patógeno.

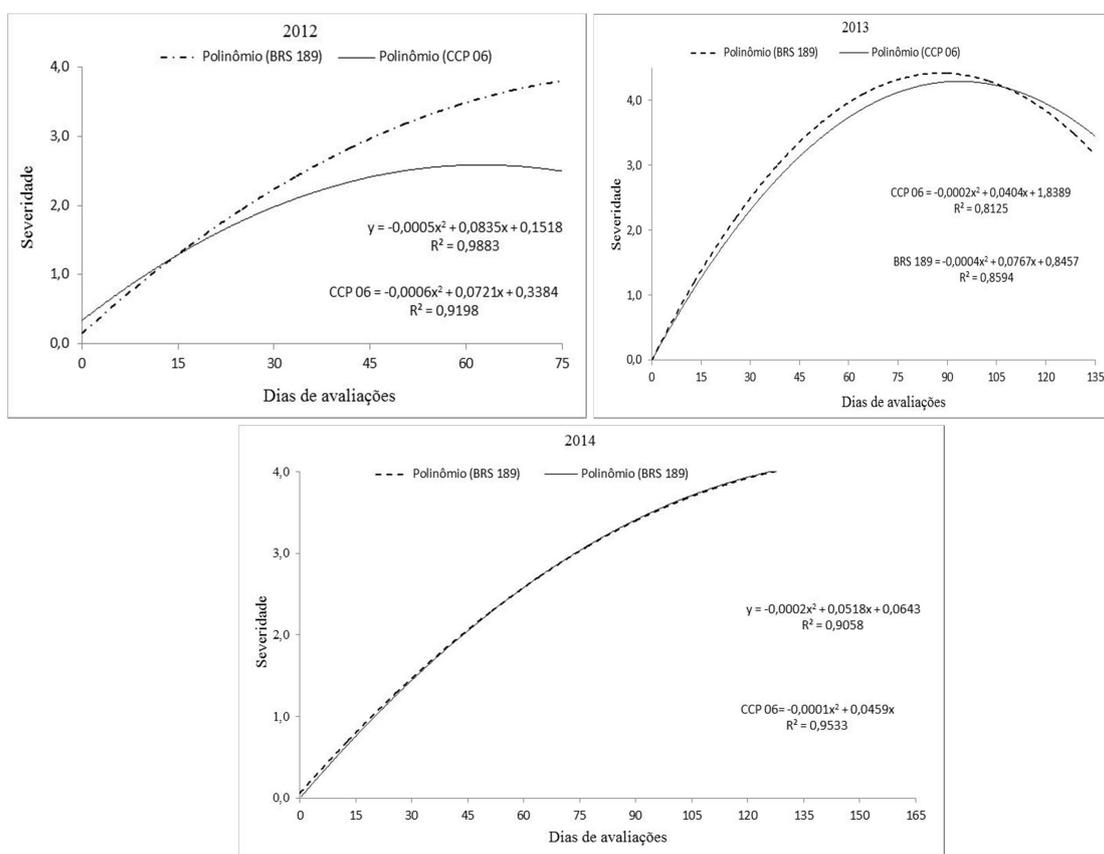
Figura 7 - Evolução temporal da severidade do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) no grupo II formados partir de análise de agrupamentos, conjuntamente dos três ciclos de produção. Ensaio conduzido no campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em 2012, 2013 e 2014.



No grupo III (BRS 189 e CCP 06), os clones apresentaram curva de progresso da doença crescente durante os três ciclos de produção (Figura 8). Em 2012, os clones desse grupo iniciaram aumento da severidade da doença a partir da primeira avaliação, porém, o clone CCP 06 teve menor crescimento da doença quando comparado com o BRS 189. O CCP 06 apresentou ponto de máximo da doença aos 60 dias com severidade 2,4, enquanto o clone BRS 189 apresentou ponto ótimo da doença aos 75 dias e nota 3,6 ressaltando que a severidade do oídio foi crescente em todas as avaliações para esse clone.

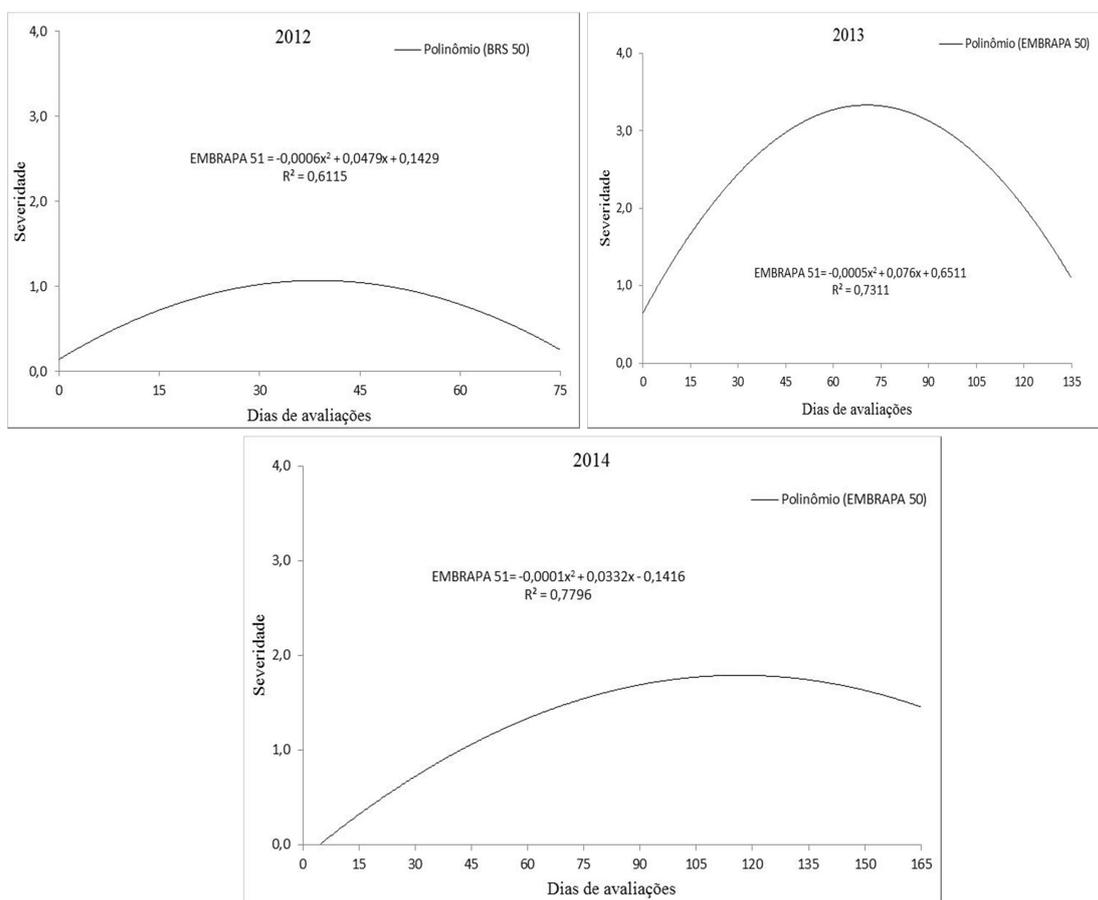
Nos anos de 2013 e 2014 os clones tiveram comportamentos semelhantes na severidade do oídio, com curva de progresso da doença crescente. Em 2013 o clone CCP 06 apresentou ponto de máximo aos 96 dias com nota quatro, enquanto o BRS 189 foi aos 101 dias com nota de severidade 3,9. Em 2014 o ponto ótimo da doença para o CCP 06 foi aos 125 dias e nota 3,1 e para o BRS 189 foi aos 129 com nota 3,8.

Figura 8 - Evolução temporal da severidade do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) no grupo III formados partir de análise de agrupamentos, conjuntamente dos três ciclos de produção. Ensaio conduzido no campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em 2012, 2013 e 2014.



O grupo IV formado pelo clone EMBRAPA 50 demonstrou variações na severidade do oídio durante os três ciclos (Figura 9). Em 2012, observou-se crescimento da doença a partir da primeira avaliação permanecendo durante esse ciclo com severidade na escala um, evidenciando ponto de máximo da doença aos 39 dias e nota de severidade de 1,1.

Figura 9 - Evolução temporal da severidade do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) no grupo IV formados partir de análise de agrupamentos, conjuntamente dos três ciclos de produção. Ensaio conduzido no campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em 2012, 2013 e 2014.



No ano seguinte (2013), a curva de progresso da doença foi crescente e apresentou ponto ótimo da doença aos 76 dias e severidade três, a partir desse dia houve um decréscimo no progresso da doença. Nos terceiro ano (2014) a curva de progresso da doença foi crescente apresentando ponto de máximo aos 165 dias e severidade 2,3.

Dentre os quatro grupos formados, os clones do grupo III (BRS 189 e CCP 06) foram os que apresentaram maior curva de progresso da doença nos três ciclos de produção independente do período de avaliação, consequentemente, os que apresentaram maior suscetibilidade ao oídio. Os clones do grupo I foram considerados suscetíveis intermediários quando se compara com os clones do grupo III. Nos anos de 2013 e 2014, como o período de avaliação foi mais longo por se

avaliar novas floradas, percebeu-se que a severidade teve pequena redução no final das avaliações para a maior parte dos clones desse grupo.

Os clones dos grupos II e IV apresentaram as menores curvas de progresso da doença, com destaque para os clones do grupo II (BRS 274, BRS 275, BRS 226 e CCP 1001) que foram os mais resistentes ao patógeno por apresentarem menores notas de severidade da doença em três anos consecutivos. Estudos equivalentes foram demonstradas por Uaciquete *et al.* (2013) que avaliaram a reação de clones de cajueiro anão e comum a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em três ciclos consecutivos e identificaram um único clone com elevado nível de resistência, dois tolerantes e dois suscetíveis entre os clones anões e, entre os clones comuns, quatro foram classificados como tolerantes. Cardoso *et al.* (2006) avaliaram a resistência de genótipos de cajueiro anão à resinose (*Lasiodyplodia theobromae*) durante três anos, observaram que um genótipos foi suscetível e apenas um clone mostrou-se como resistente. Moreira (2011) que estudou a reação de clones de cajueiro comum à resinose concluiu que cinco clones se apresentaram como resistentes.

Independente dos grupos de clones formados, a elaboração das curvas de progresso da doença para cada clone através dos perfis similares foi relevante, pois, possibilitou verificar o desempenho da doença nos três ciclos do cajueiro e através dessas curvas pode auxiliar na identificaram de quais clones apresentaram resistência ao oídio. Essa metodologia também foram utilizadas por Fiorini *et al.* (2010) e Azevedo *et al.* (2012) que ressaltam sobre os perfis de evolução temporal da doença por grupo fornecendo informações importantes sobre progresso da doença, e esse critério também pode ser utilizado como ferramenta auxiliar na seleção de clones a patógeno. Maia *et al.* (2009) afirmam que o método de agrupamento multivariado tem grande potencial na comparação de curvas de progresso da doença e é uma estratégia mais viável que os testes de identidade de modelo. Laurindo *et al.* (2015) em estudo de acessos de tomateiro resistentes à pinta-preta constataram a formação de 24 grupos distintos com base no agrupamento das curvas de progresso da doença, o que possibilitou identificar quatro acessos de tomateiro como potenciais fontes de resistência à doença. Fiorini *et al.* (2010) em agrupamento de curvas de progresso de requeima de tomateiro verificaram pela a análise de agrupamento a existência de oito grupos similares de híbridos, sendo considerado quatro híbridos com menor curva de progresso de requeima e, conseqüentemente, maior resistência à doença.

Com a identificação de clones resistentes ao oídio no decorrer dos três ciclos de produção, pode-se notar a importância de pesquisas desta natureza na busca de fontes duradouras de resistência ao patógeno, considerando que o oídio tornou-se um sério problema fitossanitário nos últimos anos, causando prejuízos aos cajucultores. A identificação de fontes de resistência nos clones comerciais representa uma opção direta de manejo da doença através da recomendação de plantio de clones conforme a sua reação de resistência. Para os pequenos agricultores, clones resistentes ao oídio podem representar uma forma econômica e ecologicamente segura para o manejo da cultura.

A análise dos resultados permitiu determinar a existência de clones de cajueiro com resistência genética ao oídio, sendo estes os clones CCP 1001, BRS 274, BRS 275 e BRS 226, revelando resistência consistente e estável ao longo dos três anos de observação de campo. Os dados também confirmaram que os clones BRS 189 e CCP 06 foram os mais suscetíveis ao patógeno.

No presente estudo, os quatro clones identificados como fontes de resistência ao oídio são passíveis de utilização no manejo integrado da cultura, podendo possibilitar a redução do progresso da doença no campo, das perdas decorrentes da doença e do número de aplicações de fungicidas para o seu controle.

3.2 Comparação da AACPD dos grupos de clones em cada ciclo de produção

As comparações dos contrastes da AACPD entre grupos de clones originados em cada ciclo de produção são apresentados na Tabela 1. Em 2012, foram formados cinco grupos, a saber: o grupo I: BRS 274, BRS 275, CCP 1001; o grupo II: CCP 09, EMBRAPA 51, BRS 226; o grupo III: CCP 06, CCP 76, BRS 265; o grupo IV: BRS 189 e o grupo V: EMBRAPA 50. Os contrastes realizados entre o grupo I com os grupos II, III, IV e V, entre o grupo II com os grupos III, IV e V, entre o grupo III com os grupos IV e V, entre o grupo IV com o grupo V, diferiram entre si nas comparações da AACPD ($p \leq 0,05$).

Nesse ano, o contraste entre o grupo I com o grupo IV apresentou maior valor da AACPD e foi significativo a 5% de probabilidade (Tabela 1). O grupo I é representado por clones resistentes e o grupo IV por clone suscetível, e quando houve a comparação do contraste prevaleceu às características de suscetibilidade. Enquanto o grupo IV com o grupo V na comparação da AACPD apresentou maior valor

negativo e foi significativa na estimativa do contraste, indicando maior suscetibilidade do grupo IV (BRS 189) em comparação ao grupo V (EMBRAPA 50) doença.

No ano de 2013, formaram-se quatro grupos (grupo I: BRS 226, CCP 1001; grupo II: BRS 189, EMBRAPA 51, CCP 09, EMBRAPA 50, CCP 06; grupo III: BRS 274, BRS 275 e grupo IV: BRS 265, CCP 76) evidenciando que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os grupos nas comparações da AACPD. Os contrastes entre o grupo I com os grupos II, III e IV, revelaram valores negativos e significativos na AACPD, provavelmente pelo o fato do grupo I ser constituído por clones considerados como resistentes, o grupo II por clones suscetíveis e um moderadamente resistente (EMBRAPA 50) e grupo IV por clones resistentes, mostrando que existem diferenças nos metabolismos dos clones que compõem os grupos o que influenciou na determinação da AACPD.

O grupo III versus grupo IV apresentou maior valor da AACPD e foi significativo, observando que existe diferença na AACPD, por o grupo III ser formado por clones resistentes e o grupo IV por clones suscetíveis. A AACPD do grupo III é superior a do grupo IV e quando se estimou o contraste prevaleceram às características de suscetibilidade. O contraste entre o grupo II com o grupo IV mostrou menor AACPD e houve significância a 5% de probabilidade, observando que os clones desses grupos são suscetíveis ao oídio, dessa maneira, apresentam características semelhantes na reação ao patógeno.

No terceiro ciclo de produção (2014), houve a formação de cinco grupos (grupo I: BRS 226, BRS 275, BRS 265, BRS 274, CCP 1001; grupo II: CCP 76, EMBRAPA 51, CCP 09; grupo III: BRS 189; grupo IV: CCP 06 e grupo V: EMBRAPA 50) evidenciando que existe diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os grupos de clones nas comparações dos contrastes para a AACPD. Os contrastes executado entre o grupo I e os grupos II, III, IV e V; entre o grupo II e os grupos III, V; entre o grupo III e os grupos IV e V; entre o grupo IV e o grupo V, foram significativos ($p \leq 0,05$) na comparação da AACPD entre os clones, verificando que esses clones possuem diferenças em seus metabolismos para o ataque do fungo. O contraste entre o grupo II com o grupo IV apresentou menor AACPD e não foi significativo, pelo motivo de o grupo I e o grupo IV serem formados por clones suscetíveis, portanto, são semelhantes na reação ao ataque do fungo.

Os grupos de clones formados em cada ciclo de produção do cajueiro na determinação da AACPD permitiu observar que alguns clones fazem parte dos mesmos grupos em ciclos diferentes, mostrando-se que esses clones possuem características em comuns de um ano para outro com relação à resistência ou suscetibilidade ao patógeno. Segundo Campbell e Madden (1990), a AACPD tem a finalidade de resumir a curva de progresso da doença, sendo uma ferramenta importante na seleção de genótipos a patógeno, levando a conclusões com relação à suscetibilidade e/ou resistência, principalmente, quando se avalia mais de um ciclo de produção.

A utilização da AACPD para identificação de clones resistentes ao oídio nos três ciclos de produção do cajueiro permitiu observar que existem diferenças entre os clones na reação ao oídio, possibilitando dessa forma, a identificação de clones como fontes de resistências no banco de germoplasma dos clones comerciais de cajueiro da Embrapa. Pesquisas semelhantes utilizando a AACPD para seleção de genótipos resistentes a patógenos, já foram utilizadas por Nechet e Halfeld-Vieira (2007) que estudaram a reação de cultivares de feijão de corda (*Vigna unguiculata*) à mela (*Rhizoctonia solani*) em dois ciclos de produções. Os autores observaram diferença significativa entre a AACPD dos genótipos, tanto em 2005, como em 2006. Duas cultivares e uma linhagem mantiveram a mesma ordem de resistência de um ano para outro, sendo classificadas como a mais resistente e a mais suscetível, respectivamente. Matsuo *et al.* (209) estudaram a ocorrência de oídio (*Erysiphe diffusa*) em genótipos de soja (*Glycine Max*), observaram que houve diferença significativa entre os genótipos testados quanto a AACPD e que foi possível discriminar os genótipos mais resistentes dos suscetíveis, nos três grupos de genótipos, utilizando a AACPD. Machado *et al.* (2009) selecionaram genótipos de algodoeiro resistentes a murcha-de-fusário (*Fusarium oxysporum* f. sp.) utilizando AACPD em dois ensaios, possibilitando diferenciar genótipos resistentes e suscetíveis a doença. Torres (2011) verificou níveis de resistências em 39 genótipos de cacau (*Theobroma cacao* L.) à monília (*Moniliophthora roreri*), observando que cinco genótipos apresentaram menor AACPD, conseqüentemente, foram considerados os mais resistentes à doença.

Tabela 1 - Estimativas dos contrastes e respectivos níveis de significância nominal para a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) entre grupos de clones comerciais de cajueiro similares quanto à evolução temporal da reação ao oídio (*Pseudoidium anacardii*), no campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, 2012, 2013 e 2014.

Grupo/Grupo*	Ano 2012				Ano 2013			Ano 2014			
	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Grupo V	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Grupo V
Grupo I	36,25 (<0,001)	21,56 (<0,001)	80,75 (<0,001)	-51,44 (<0,001)	-115,40 (<0,001)	-246,28 (<0,000)	-147,09 (<0,000)	104,00 (<0,000)	61,87 (<0,00)	-103,69 (<0,000)	-172,13 (<0,000)
Grupo II		- 14,68 (0,0021)	44,50 (<0,001)	-87,68 (<0,001)		-130,88 (<0,000)	31,69 (<0,000)		165,88 (<0,00)	0,3125 (0,9798)	-68,12 (<0,000)
Grupo III			59,18 (<0,001)	73,00 (<0,001)			99,18 (<0,000)			-33,11 (<0,000)	-46,8000 (<0,000)
Grupo IV				-132,19 (<0,001)							-13,69 (<0,000)

Ano de 2012: Grupo I: BRS 274, BRS 275, CCP 1001; Grupo II: CCP 09, EMBRAPA 51, BRS 226; Grupo III: CCP 06, CCP 76, BRS 265; Grupo IV: BRS 189 e Grupo V: EMBRAPA 50.

Ano de 2013: Grupo I: BRS 226, CCP 1001; Grupo II: BRS 189, EMBRAPA 51, CCP 09, EMBRAPA 50, CCP 06; Grupo III: BRS 274, BRS 275 e Grupo IV: BRS 265, CCP 76.

Ano de 2014: Grupo I: BRS 226, BRS 275, BRS 265, BRS 274, CCP 1001; Grupo II: CCP 76, EMBRAPA 51, CCP 09; Grupo III: BRS 189; Grupo IV: CCP 06 e Grupo V: EMBRAPA 50.

*Contraste realizado pelo teste *t* a 5% de probabilidade.

3.3 Comparação da AACPD entre clones de cajueiro em cada ciclo de produção.

As comparações da AACPD entre clones em cada ciclo de produção da cultura avaliado permitiu-se observar que houve diferença significativa para as estimativas dos contrastes a 5% de probabilidade. Em 2012 (Tabela 2), os contrastes entre os clones BRS 189 e BRS 265; BRS 274 e BRS 275; BRS 274 e CCP 1001; BRS 274 e EMBRAPA 50; BRS 275 e CCP 1001; CCP 06 e CCP 76 e entre CCP 09 e EMBRAPA 51 não foram significativos. Respostas dessa natureza expressam comportamento semelhante entre clones, ou seja, semelhança no valor da AACPD.

Os contrastes entre o clone BRS 189 com os clones BRS 274, CCP 1001 e BRS 275 foram maiores na AACPD e significativos, por o clone BRS 189 ser mais suscetível e os clones BRS 274, CCP 1001 e BRS 275 serem os mais resistentes ao oídio, e como resultados das estimativas dos contrastes da AACPD, predominaram as características de suscetibilidade. Nos contrastes entre os clones BRS 275 e CCP 06, CCP 1001 e CCP 76 e BRS 274 e CCP 76, apresentaram maiores valores negativos e significativos, indicando que existe diferença entre os clones na reação ao patógeno.

Os contrastes entre o clone BRS 189 com os clones BRS 274, CCP 1001 e BRS 275 foram maiores na AACPD e significativos, devido o clone BRS 189 ser mais suscetível e os clones BRS 274, CCP 1001 e BRS 275 são os mais resistentes ao oídio, assim como resultados das estimativas dos contrastes da AACPD, predominaram as características de suscetibilidade. Nos contrastes entre os clones BRS 275 e CCP 06, CCP 1001 e CCP 76 e BRS 274 e CCP 76, apresentaram maiores valores negativos e significativos, indicando que existe diferença entre os clones na reação ao patógeno, devido às comparações da AACPD terem sido realizadas entre clones resistentes e suscetíveis. O clone CCP 09 e EMBRAPA 51 expressaram menor valor da AACPD e não existiu diferença na estimativa do contraste, visto que, apresentam as mesmas características de suscetibilidade em relação ao fungo.

Em 2013 (Tabela 3), notou-se que houve diferença significativa entre os clones quando se estimou os contrastes para a AACPD ($p \leq 0,05$). Os contrastes entre os clones BRS 189 com os clones CCP 06, CCP 09, EMBRAPA 51, entre os clones BRS 226 e BRS 274, BRS 226 e BRS 275, BRS 265 e BRS 274, BRS 265 e BRS 275, BRS 274 e BRS 275, CCP 06 e EMBRAPA 51, CCP 09 e EMBRAPA 51 e entre CCP 76 e EMBRAPA 50 não foram significativos, em razão, dos valores da

AACPD apresentaram similaridade e manifestaram as mesmas características de resistência ou suscetibilidade nas comparações dos contrastes.

Contrastes entre o clone BRS 189 com os clones BRS 226, BRS 274, BRS 275 e CCP 1001 e entre o clone CCP 06 com CCP 1001 mostraram maiores valores da AACPD ($p \leq 0,05$). Isso ocorreu em virtude das comparações da AACPD terem sido entre clone suscetível e resistente, mostrando que existe diferença entre os clones na reação ao fungo.

Os contrastes entre os clones BRS 189 com os clones CCP 06, CCP 09, entre CCP 09 com o EMBRAPA 50, BRS 274 com o clone BRS 275, e entre BRS 226 com os clones BRS 274 e BRS 275 apresentaram proximidade nos valores estimados da AACPD. Isso aconteceu em razão dos clones demonstraram similaridade na reação ao ataque do patógeno, independente se as comparações da AACPD tiverem sido realizadas entre clones resistentes e resistentes e entre clones suscetíveis e suscetíveis, sempre mostraram diferença pequena na AACPD. Marim *et al.* (2009) frisam que a existência de acessos semelhantes às cultivares é interessante, pois, caso haja alguma característica diferencial, como a resistência a doenças, sua inclusão nos programas de melhoramento não prejudicaria as demais características de interesse agrônomo.

No ensaio conduzido em 2014 (Tabela 4), os resultados demonstram respostas significativas para as estimativas da AACPD ($p \leq 0,05$). Os contrastes entre os clones BRS 189 e CCP 06, BRS 226 e BRS 275, BRS 265 e BRS 274, BRS 265 e EMBRAPA 50, BRS 265 e EMBRAPA 51, BRS 274 e EMBRAPA 50, BRS 274 e EMBRAPA 51, CCP 09 e CCP 76 e EMBRAPA 50 com o EMBRAPA 51 manifestaram menores valores da AACPD e não foram significativos, revelando que esses clones possuem similaridade na AACPD.

Os contrastes entre o clone BRS 189 com os clones BRS 226, BRS 275, BRS 274, CCP 1001, entre BRS 226 e CCP 06, BRS 275 e CCP 06 e CCP 06 e CCP 1001 apresentaram maiores valores da AACPD ($p \leq 0,05$), por esses clones possuírem características diferentes. Dentre os contrastes realizados entre o clone BRS 189 e os demais clones deste ciclo, com exceção do CCP 06, foram significativos indicando que esse clone é mais suscetível ao patógeno, não somente nesse ciclo de produção, mais também em 2012 e 2013 ocorreu esse comportamento de suscetibilidade. Esse fato foi observado principalmente, nas comparações dos contrastes entre o clone BRS 189 com os clones com características de resistência (clones BRS 274, BRS 275,

BRS 226 e CCP 1001) que apresentaram maior AACPD, evidenciando que esses clones são diferentes na reação ao oídio.

No monitoramento dos três ciclos de produções da cultura notaram-se variações no comportamento dos clones em relação à AACPD. Em 2013 e 2014 os contrastes entre os clones BRS 189 e CCP 06, BRS 226 e BRS 274, BRS 265 e BRS 274, BRS 274 e BRS 275 comportaram-se como não significativos. Em 2012 e 2013 os contrastes entre BRS 274 e EMBRAPA 50 apresentaram a mesma resposta. Em 2012 e 2014 o clone CCP 09 e EMBRAPA 51 também não foram significativos. Resposta desse tipo indica similaridade na AACPD entre os clones, observando-se que essa característica de semelhança no metabolismo dos clones se repetiram em ciclos diferentes durante os três anos de avaliação.

A AACPD é uma medida muito útil, portanto, nesse estudo AACPD evidenciou que existem diferenças entre os clones comerciais de cajueiro já desenvolvidos pela Embrapa quando estes clones reagiram ao oídio em cada ciclo de produção. Miranda (2004) reporta que AACPD sumariza os dados de severidade da epidemia no decorrer do período de avaliação possibilitando a identificação de genótipos como fonte de resistência ao patógeno. Em razão de ser um parâmetro utilizado para identificação de clones ou genótipos resistentes a patógenos, a AACPD tem sido aplicada por diversos pesquisadores para quantificar diferenças entre níveis de resistência em vários patossistemas e seleção de genótipos resistentes (KUMAR; SRIVASTAVA, 2013; GRIGOLLI *et al.*, 2011; CAMPBELL; MADEN, 1990). Silva *et al.* (2013) avaliaram a resistência de clones de cajueiro comum à antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) e Moreira *et al.* (2013) investigaram a resistência de clones de cajueiro à resinose (*Lasiodiplodia theobromae*), ambos constataram fontes de resistências para as doenças através da AACPD e permitiram concluir que AACPD é uma variável importante na seleção de clones de cajueiro como fontes de resistências às doenças.

Dentre os clones comerciais de cajueiro monitorados durante o período de três anos (2012, 2013 e 2014) para verificar a reação ao oídio, observou-se que o clone BRS 189 foi o que apresentou maior AACPD, constatando que esse clone é o mais suscetível ao oídio quando comparado com os demais clones estudados. Enquanto os clones BRS 226, BRS 274, BRS 275 e CCP 1001 apresentaram menores AACPD nas estimativas dos contrastes evidenciando resistência desses clones ao oídio.

Tabela 2 - Estimativas de contrastes e respectivos níveis de significância nominal (entre parênteses), da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) causada pelo oídio (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro, campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em 2012.

Clone/Clone*	Ano agrícola de 2012									
	BRS-226	BRS-265	BRS-274	BRS-275	CCP-06	CCP-09	CCP-1001	CCP-76	EMBR-50	EMBR-51
BRS-189	71,25 (<0,0001)	7,50 (0,3633)	132,19 (<0,0001)	137,63 (<0,00010)	30,56 (0,0002)	52,50 (<0,0001)	136,50 (<0,0001)	28,68 (0,0005)	117,94 (<0,0001)	53,81 (<0,0001)
BRS-226		-63,75 (<0,0001)	60,94 (<0,0001)	66,38 (<0,0001)	-40,69 (<0,0001)	-18,75 (0,0233)	65,26 (<0,0001)	-42,57 (<0,0001)	46,69 (<0,0001)	-17,44 (0,0348)
BRS-265			124,69 (<0,0001)	130,13 (<0,0001)	23,06 (0,0053)	45,00 (<0,0001)	129,00 (<0,0001)	21,19 (0,0104)	110,44 (<0,0001)	46,31 (<0,0001)
BRS-274				5,43 (0,5098)	-101,63 (<0,0001)	-79,68 (<0,0001)	4,31 (0,6011)	-103,50 (<0,0001)	-14,26 (0,0844)	-78,38 (<0,0001)
BRS-275					-107,06 (<0,0001)	-85,13 (<0,0001)	-1,13 (0,8915)	-108,94 (<0,0001)	-19,69 (0,0173)	-83,82 (<0,0001)
CCP-06						21,94 (0,0080)	105,94 (<0,0001)	-1,88 (0,8202)	87,38 (<0,0001)	23,26 (0,0050)
CCP-09							84,00 (<0,0001)	-23,82 (0,0040)	65,44 (<0,0001)	1,31 (0,8736)
CCP-1001								-107,81 (<0,0001)	-18,57 (0,0247)	-82,69 (<0,0001)
CCP-76									89,26 (<0,0001)	25,13 (0,0024)
EMBR-50										-64,13 (<0,0001)

*Contraste realizado pelo teste *t* a 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Estimativas de contrastes e respectivos níveis de significância nominal (entre parênteses), da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) causada pelo oídio (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro, campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em 2013.

Clone/Clone*	Ano agrícola de 2013									
	BRS-226	BRS-265	BRS-274	BRS-275	CCP-06	CCP-09	CCP-1001	CCP-76	EMBR-50	EMBR-51
BRS-189	232,69 (<0,0001)	201,50 (<0,0001)	220,88 (<0,0001)	219,75 (<0,0001)	-6,00 (0,7052)	27,38 (0,0846)	293,06 (<0,0001)	133,95 (<0,0001)	118,50 (<0,0001)	21,19 (0,1818)
BRS-226		-31,19 (0,0495)	-11,83 (0,456)	-12,94 (0,414)	-238,69 (<0,0001)	-205,31 (<0,0001)	60,38 (0,0001)	-98,74 (<0,0001)	-114,19 (<0,0001)	-211,50 (<0,0001)
BRS-265			19,38 (0,2220)	18,25 (0,2500)	-207,50 (<0,0001)	-174,12 (<0,0001)	91,56 (<0,0001)	-67,55 (<0,0001)	-83,00 (<0,0001)	-180,31 (<0,0001)
BRS-274				-1,13 (0,9434)	-226,87 (<0,0001)	-193,50 (<0,0001)	72,19 (<0,0001)	-86,93 (<0,0001)	-102,37 (<0,0001)	-199,69 (<0,0001)
BRS-275					-225,75 (<0,0001)	-192,38 (<0,0001)	73,32 (<0,0001)	-85,80 (<0,0001)	-101,25 (<0,0001)	-198,56 (<0,0001)
CCP-06						33,38 (0,0355)	299,06 (<0,0001)	139,95 (<0,0001)	124,50 (<0,0001)	27,19 (0,0867)
CCP-09							265,69 (<0,0001)	106,58 (<0,0001)	91,13 (<0,0001)	-6,19 (0,6964)
CCP-1001								-159,11 (<0,0001)	-174,56 (<0,0001)	-271,88 (<0,0001)
CCP-76									-15,45 (0,3301)	-112,76 (<0,0001)
EMBR-50										-97,32 (<0,0001)

*Contraste realizado pelo teste *t* a 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Estimativas de contrastes e respectivos níveis de significância nominal (entre parênteses), da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) causada pelo oídio (*Pseudoidium anacardii*) em clones comerciais de cajueiro, campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, em 2014.

Clone/Clone*	Ano agrícola de 2014									
	BRS-226	BRS-265	BRS-274	BRS-275	CCP-06	CCP-09	CCP-1001	CCP-76	EMBR-50	EMBR-51
BRS-189	257,44 (<0,0001)	158,63 (<0,0001)	171,00 (<0,0001)	256,69 (<0,0001)	23,4375 (0,1214)	91,8750 (<0,0001)	226,13 (<0,0001)	106,13 (<0,0001)	168,56 (<0,0001)	165,37 (<0,0001)
BRS-226		-98,82 (<0,0001)	-86,43 (<0,0001)	-0,75 (<0,9605)	-234,00 (<0,0001)	-165,56 (<0,0001)	-31,32 (0,0386)	-151,31 (<0,0001)	-88,88 (<0,0001)	-92,06 (<0,0001)
BRS-265			12,3750 (0,4133)	98,0625 (<0,0001)	-135,19 (<0,0001)	-66,7500 (<0,0001)	67,5000 (<0,0001)	-52,5000 (0,0005)	9,9375 (0,5112)	6,7500 (0,6554)
BRS-274				85,69 (<0,0001)	-156,37 (<0,0001)	-77,44 (<0,0001)	57,75 (0,0001)	-78,57 (<0,0001)	-8,63 (0,5686)	-24,57 (0,1046)
BRS-275					-233,25 (<0,0001)	-164,81 (<0,0001)	-30,57 (0,0435)	-150,56 (<0,0001)	-88,13 (<0,0001)	-91,32 (<0,0001)
CCP-06						68,44 (<0,0001)	202,69 (<0,0001)	82,69 (<0,0001)	145,13 (<0,0001)	141,94 (<0,0001)
CCP-09							134,25 (<0,0001)	14,25 (0,3462)	76,69 (<0,0001)	73,50 (<0,0001)
CCP-1001									-120,00 (<0,0001)	57,57 (0,0001)
CCP-76									62,44 (<0,0001)	59,25 (<0,0001)
EMBR-50										-3,1875 (0,8331)

*Contraste realizado pelo teste *t* a 5% de probabilidade.

4 CONCLUSÕES

Nos clones comerciais de cajueiro pertencente ao banco de germoplasma da Embrapa existe resistência ao oídio.

Os clones CCP 1001, BRS 274, BRS 275 e BRS 226 são os mais resistentes ao oídio.

Os clones BRS 189 e CCP 06 são os mais suscetíveis ao oídio.

Os clones BRS 265, CCP 76, CCP 09 e EMBRAPA 51 são suscetíveis intermediários.

O clone EMBRAPA 50 tem resistência intermediária ao oídio.

Área abaixo da curva de progresso da doença evidencia que têm diferenças entre os clones comerciais de cajueiro na reação ao oídio.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, C. F.; SILVA, F. F.; RIBEIRO, N. B.; SILVA, D. J. H.; CECON; P. R.; BARILI, L. D.; PINHEIRO, V. R. Classificação multivariada de curvas de progresso da requeima do tomateiro entre acessos do Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFV. **Ciência Rural**, v.42, p.414-417, 2012.

BALASUBRAMANIAN, D. Physical properties of raw cashew nut. **Journal of Agricultural Research**, v.78, p.291-7, 2001.

BRAUN, U.; COOK, R. T. A. **Taxonomic Manual of the *Erysiphales* (Powdery Mildews)**. CBS Biodiversity Series, p.707, 2012.

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

CAVALCANTI, J. J. V.; BARROS, L. M.; **Clones comerciais**. Disponível em: <[CARDOSO, J. E. **Enxofre é indicado para controle do oídio do cajueiro**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/10847075/enxofre-e-indicado-para-controle-do-oidio-do-cajueiro>>, acesso em: 02/05/2016.](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000field1lk02wyiv80.>, acesso em: 08/11/15.</p>
</div>
<div data-bbox=)

CARDOSO, J. E.; VIANA, F.M.P.; FREIRE, F. C. O.; MARTINS, M. V. V. **Doenças do cajueiro**. In: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.) **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, pp.217-238, 2013.

CARDOSO, J. E.; MARTINS, M. V. V.; LIMA, J. S.; VIANA, F. M. P.; SILVA, L. G. C. **Controle Químico do Oídio do Cajueiro**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2012, p.4 (Comunicado Técnico, 196).

CARDOSO, J. E.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; SANTOS, A. A.; VIDAL, J. C. Evaluation of resistance in dwarf cashew to gummosis in north-eastern Brazil. **Crop Protection**, v.25, p.855-859, 2006.

CARDOSO, J. E.; FREIRE, F. C. O. **Identificação e manejo das principais doenças**. In: Melo, Q. M. S. (Ed.). **Caju: fitossanidade**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, pp.41-51, 2002.

CECON, P. R.; SILVA, F. F.; FERREIRA, A.; FERRÃO, R. G.; CARNEIRO, A. P. S. DETMANN, E.; FARIA, P.;N.; MORAIS, T.;S.;S. Análise de medidas repetidas na avaliação de clones de café 'Conilon'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1171-1176, 2008.

CUNHA, E. M. **Caracterização preliminar dos produtores de caju beneficiados pelo projeto Cajusol em Serra do Mel – RN.** 2014. 35 f. (Monografia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Angicos, Rio Grande do Norte, 2001.

FAOSTAT – **Estatística do Fundo das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura.** Disponível em: < <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx...>>, acesso em: 01/13/14.

FARIA, P. N.; CECON, P. R.; SILVA, A. R.; FINGER, F.L.; SILVA, F.F.; CRUZ, C. D.; SÁVIO, F. L. 2012. Métodos de agrupamento em estudo de divergência genética de pimentas. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.428-432, 2012.

FREIRE, F.C.O.; CARDOSO, J. E.; SANTOS, A. A.; VIANA, F. M. P. Diseases of cashew (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. **Crop Protection**, v. 21, p.489-494, 2002.

FIORINI, C. V. A.; SILVA, D. J. H.; SILVA, F. F.; MIZUBUTI, E. S. G.; ALVES, D. P.; CARDOSO, T. S. Agrupamento de curvas de progresso de requeima, em tomateiro originado de cruzamento interespecífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1095-1101, 2010.

IPECE - **Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil básico municipal - Pacajus.** Fortaleza, CE, p. 10, 2004.

IPECE - **Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, Perfil básico municipal - Pacajus.** Fortaleza, CE, p. 5, 2014.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra.** Mexico: Fondo de Cultura Económica, p. 478, 1948.

LAURINDO, B. S.; LAURINDO, R. D. F.; AZEVEDO, A. M.; NICK, C.; SILVA, D. J. H.; MIZUBUTI, E. S. G. Seleção de acessos de tomateiro resistentes à pinta-preta pela análise de agrupamento das curvas de progresso da doença. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.106-114, 2015.

LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R. D. **SAS System for mixed models.** Cary. SAS Institute, 1996.

LIMA, J. S.; MOREIRA, R. C.; CARDOSO, J. E.; SILVA, L. G. C. **Resistência de Clones de Cajueiro-comum à Antracnose.** Fortaleza, CE. In: Embrapa Agroindústria Tropical, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, vol. 73, p. 19, 2013.

LIU, Y.; LI, Z.; XIONG, H.; GAO, X.; WU, J.; WU, S. Understanding and enhancement of internal clustering validation measures. **IEEE Transactions on Cybernetics**, v.43, p.982-993, 2013.

MACHADO, L. P.; SAMI J. MICHEREFF, S.J.; FALLEIRO, B. A. S.; OLIVEIRA, M. G.; COUTINHO, W. M.; MORELLO, C. L.; SUASSUNA, N. D. Um método simples e rápido de seleção para resistência à murcha-de-fusário em genótipos de algodoeiro. **Tropical Plant Pathology**, v.34, n.1, p. 51-55, 2009.

MAIA, E.; SIQUEIRA, D.L. de; SILVA, F.F. e; PETERNELLI, L.A.; SALOMÃO, L.C.C. Método de comparação de modelos de regressão não-lineares em bananeiras. **Ciência Rural**, v.39, p.1380-1386, 2009.

MATSUO, E.; SEDIYAMA, T.; BARROS, H. B.; CRUZ, C. D.; TEIXEIRA, R. C.; BOLDT, A. F.; BOLDT, A. S. Análise de repetibilidade de ocorrência de oídio em genótipos de soja. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 2, p. 87-98, 2009.

MARIM, B. G.; SILVA, D. J. H. da; CARNEIRO, P. C. S.; MIRANDA, G. V.; MATTEDI, A. P.; CALIMAN, F. R. B. Variabilidade genética e importância relativa de caracteres em acessos de germoplasma de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1283-1290, 2009.

MARTIN, P. J.; TOPPER, C. P.; BASHIRU, R. A.; BOMA, F.; DEWAAL, D.; HARRIES, H. C.; KASUGA, L. J.; KATANILA, N.; KIKOKA, L. P.; LAMBOLL, R.; MADDISON, A. C.; MAJULE, A. E.; MASAWA, P. A.; MILLANZI, K. J.; NATHANIELS, N. Q.; SHOMARI, S. H.; SIJAONA, M. E.; STATHERS, T., Cashew nut production in Tanzania: constraints and progress through integrated crop management. **Crop Protection**, v.16, p.5-14, 1997.

MARTINS, I.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. V. T.; MELLO, SUELI, C.M. Reação de genótipos de maracujazeiro-amarelo ao *Colletotrichum gloeosporioides*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.639-643, 2008.

MEIER, V.D.; LESSMAN, R. J. Estimation of optimum field plot shape and size for testing yield in *Crambe abyssinica* Hochst. **Crop Science**, v.11, p.648-645, 1971.

MIRANDA, J. F. **Reação de variedades de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) a bacteriose causada por *Xanthomonas campestris* pv. *Passiflorae***. 2004. 48 f. (Dissertação em Fitopatologia). Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2004.

MOREIRA, R. C. **Reação de clones de cajueiro comum à resinose**. 2001. 51 f. (Dissertação em Agronomia/Fitotecnia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2011.

MOREIRA, R.C.; LIMA, J.S.; SILVA L. G. C.; CARDOSO, J. E. Resistance to gummosis in wild cashew genotypes in northern Brazil. **Crop Protection**, 52, p. 10-13, 2013.

MONTENEGRO, A. A. T.; CARBAJAL, A. C. R.; MESQUITA, A. L. M.; AQUINO, A. R. L.; FREIRE, F. C. O.; OLIVEIRA, F. N. S.; ARAÚJO FILHO, G. A.; PAIVA, J. R., PAZ, J. S.; PARENTE, J. I. G.; MOSCA, J. L.; BARROS, L. M.; CRISOSTOMO, L. A.; PESSOA, P. F. A. P.; LIMA, R. N.; SILVEIRA, S. S. **Cultivo do Cajueiro**. Disponível em:

<<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Caju/CultivodoCajueiro/>>, acesso em: 07/11/14.

NECHET, K. L.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Reação de cultivares de feijão-caupi à mela (*Rhizoctonia solani*) em Roraima. **Fitopatologia Brasileira**, v.32, p.424-428, 2007.

NOACK, F. **Cogumelos parasitos das plantas de pomar, horta e jardim**. Campinas, SP. In: Boletim do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, vol. 9, p. 75-88, 1898.

OLIVEIRA, F. N. S.; MONTENEGRO, A. A. T.; CARBAJAL, A. R.; MESQUITA, A. L. M.; AQUINO, A. R. L.; FREIRE, F. C. O.; ARAÚJO FILHO, G. C.; PARENTE, J. G.; MOSCA, J. L.; PAIVA, J. R.; CAJAZEIRA, J. P.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; PESSOA, P. F. A. P.; SILVEIRA, S. S. **Sistema de produção para manejo do cajueiro comum e recuperação de pomares improdutivos**. Fortaleza, CE. In: Embrapa, Sistemas de Produção, v. 2, p. 37, 2014.

PUIATTI, G. A.; CECON, P. R.; NASCIMENTO, M.; PUIATTI, M.; FINGER, F. L.; SILVA, A. R.; NASCIMENTO, A. C. C. Análise de agrupamento em seleção de modelos de regressão não lineares para descrever o acúmulo de matéria seca em plantas de alho. **Revista Brasileira de Biometria**, v.31, p.337-351, 2013.

REGAZZI, A. J. INF 766 - **Análise multivariada. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas**. Departamento de Informática. Apostila de disciplina. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, p. 166, 2001.

SANTOS, J. A.; JULIATTI, F. C.; SANTOS, V. A.; POLIZEL, A.C.; JULIATTI, F. C.; HAMAWAKI, O. T. Caracteres epidemiológicos e uso da análise de agrupamento para resistência parcial à ferrugem da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.443-447, 2007.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT user's guide** / Version 9.2. SAS Institute Inc., Cary, NC, 2008.

SHARMA, S. **Applied multivariate techniques**. NewYork: John Wiley & Sons, 493p, 1996.

SHOMARI, S. H. **Studies on the biology and epidemiology of *Oidium anacardii* (Noack)**. The powdery mildew pathogen of cashew. Ph.D. Thesis, University of Birmingham, 1996.

TORRES, .G. P. S. **Niveles de resistencia de genotipos promisorios de cacao (*Theobroma cacao* L.), colección ict para *Moniliophthora roreri* en la región San Martín.** 2011. 75 f. (Monografía). Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Tarapoto, Perú, 2011.

UACIQUETE, A.; KORSTEN, L.; VAN DER WAALS, J. E. A search for anthracnose resistant cashew cultivars in Mozambique. **Crop Protection**, v. 50, p.6-11, 2013.

VIANA, F. M. P.; CARDOSO, J. E.; FREIRE, F. C. O. Agência Embrapa de Informação Tecnológica - **Doenças em campo** disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000fielsfi902wyiv80z...>>, acesso em: 07/11/14.

CAPÍTULO III

ANÁLISE MORFOLÓGICA DO PROCESSO DE INFECÇÃO DO OÍDIO EM CAJUEIRO

RESUMO

O oídio do cajueiro [*Pseudoidium anacardii* (Noack) U. Braun & R.T.A. Cook] tem surgido como uma séria ameaça à cultura do cajueiro nos últimos anos, principalmente na Região Nordeste, onde uma diminuição considerável da produção e da qualidade de caju tem sido atribuída a este fungo. Estudos morfológicos e ultraestruturais sobre os processos de infecção desse patógeno, embora importantes para a elucidação das relações entre o patógeno e hospedeiro, ainda não foram desenvolvidos nesse patossistema. Este trabalho teve como objetivo descrever a morfologia do processo de infecção do oídio no cajueiro, visando também estabelecer possíveis diferenças ultraestruturais entre clones comerciais de cajueiro com diferentes reações à doença. Amostras de flores e folhas foram retiradas de seis clones comerciais de cajueiro (CCP 09, CCP 76, BRS 189, BRS 229, BRS 253 e CCP 1001) e foram processadas para microscopia eletrônica de varredura. Observou-se que nas inflorescências um agregado enorme de conidióforos eretos decorrentes lado a lado ou inserido entre as sépalas, foram detectados em todos os clones, exceto o clone BRS 253. Para as folhas, foi constatado micélio cobrindo suas superfícies inteira, com apressórios bem desenvolvidos, de formas variadas, de frente, aos pares ou individuais, penetrando vigorosamente a epiderme das folhas. Nas folhas do clone BRS 189 verificou-se que estas foram totalmente cobertas por micélio e conidióforos do fungo. O fungo instalado sobre as superfícies das sépalas investe essencialmente no processo da conidiogênese, produzindo uma grande quantidade de conídios. Nas folhas sem sintomas foram encontradas estruturas de fungos, principalmente em folhas do clone BRS 189. Este achado é uma informação importante para a detecção precoce da epidemia da doença, especialmente no monitoramento do progresso da doença. Os clones CCP 76 e BRS 189 apresentaram flores e folhas infectadas, enquanto que, os outros clones tinham apenas inflorescências atacadas. Monitoramento de pomares de cajueiro pode ser feito antes do aparecimento visual de sintomas, por simples investigação microscópica das folhas. Sugere-se que a anatomia dos órgãos da planta, variável sobre o clone de cajueiro, podem estar envolvidos nos mecanismos de defesa das plantas e estas informações podem ser utilizadas em um programa de melhoramento do cajueiro.

Palavras-chave: *Pseudoidium anacardii*. Inflorescência. Apressório. Conídio. Parasita obrigatório.

ABSTRACT

Powdery mildew cashew [*Pseudoidium anacardii* (Noack) U. Braun & R.T.A. Cook] has emerged as a serious threat to cashew cultivation in recent years, mainly in the Northeast, where a considerable decrease in cashew yield and quality has been attributed to this fungus. Morphologic and ultrastructural processes of infection by this plant pathogen, although very important for elucidating this pathogen-host interaction, have not been undertaken as yet. This work aims to describe the morphology of powdery mildew infection process in cashew commercial cultivars in order to establish the differences related to the severity of the disease and its relationship with the clones. Flower and leaf samples were removed from six commercial cultivars cashew (CCP 09, CCP 76, BRS 189, BRS 229, BRS 253 and CCP 1001) and processed for scanning electron microscopy. A huge array of erect conidiophores arising side by side or inserted between the sepals was observed on the inflorescences in all samples, except on BRS 253 cultivar. On leaf samples, mycelium was found entireling covering their surface with well developed appressoria with many forms, opposite, in pairs or individually vigorously penetrating the epidermis of the leaf. In BRS 189 cultivar, mycelium and conidiophores were found, completely covering the leaf surface. The fungus installed on the surfaces of sepals primarily invests in the spore production process, producing a large amount of conidia. In leaves, no symptoms fungal structures were found, especially the leaves of cultivars BRS 189. This finding is important information for early detection of the outbreak of the disease, especially in monitoring the progress of the disease. CCP 76 and BRS 189 cultivars showed infected leaves and flowers, whereas other cultivars had only attacked inflorescences. Monitoring can be done prior to the onset of visible symptoms by simple microscopic investigation of the leaves. The anatomy of plant organs, which varies among cashew cultivars, may probably be involved in the defense mechanisms of plants. Presented informations may be used in a cashew improvement program.

Keywords: *Pseudoidium anacardii*. Inflorescence. Appressoria. Conidia. Obligate parasite.

1 INTRODUÇÃO

O oídio (ordem *Erysiphales*) pertence ao grupo dos ascomicetos, sendo considerado um importante grupo de patógenos de plantas, com mais de 800 espécies responsáveis por atacar aproximadamente 1.500 gêneros de plantas (BRAUN; COOK, 2012). Várias culturas importantes são consideradas como hospedeiros para este agente patogênico, incluindo frutíferas, hortaliças e plantas ornamentais, mantendo-se em todas as partes do mundo, este fungo é considerado um problema fitopatológico (HEFFER *et al.*, 2006).

Dentro desse grupo, a espécie *Pseudoidium anacardii* (Noack) U. Braun & R. T. A. Cook agente causador do oídio das anacardiáceas tem surgido como uma séria ameaça às culturas de cajueiro na Tanzânia (SIJAONA *et al.*, 2001), Moçambique (UACIQUETE *et al.*, 2013), China (ZHONGRUN *et al.*, 2007), África do Sul (SWART, 2004), Quênia (SIBOE, 2002) e Uganda (KIWUSO *et al.*, 2013). Na Tanzânia, as perdas variaram de 50 a 70%, em 1999 (SHOMARI; KENNEDY, 1999), evoluindo para 70% e 100%, em 2013 (AGBOTON *et al.*, 2013). Recentemente, uma diminuição considerável da produção de caju no Brasil tem sido comprometida devido à ocorrência do *P. anacardii* e os produtores de caju associaram que as perdas da produção estão relacionadas a esta doença, colocando em risco a produção brasileira de castanha de caju (SERRANO *et al.*, 2013).

Diferentes partes da planta podem ser danificadas por este fungo, incluindo folhas, inflorescências, maturi, pseudofruto ("falso fruto") e castanha (VIANA *et al.*, 2011). Este patógeno obrigatório forma um pó branco-acinzentado sobre as folhas, flores ou frutas, de onde adquirem nutrientes através do tecido epidérmico do hospedeiro. Na reprodução assexuada deste fungo, os conídios são produzidos na superfície das plantas durante o crescimento do micélio, estes conídios desenvolvem-se individualmente sobre as hifas e são propagados pelo vento (BROWN; HOVMEØLLER, 2002; HEFFER *et al.*, 2006).

Braun (2013) sugere a manutenção do nome *Erysiphe quercicola* da fase teleomorfa S. Takam. & U. Braun, como relatado por Takamatsu *et al.* (2007), rejeitando assim o *Oidium anacardii* nome típico da fase anamorfa. A morfologia taxonômica de *Erysiphe quercicola* S. Takam. & U. Braun é dada em detalhes para todas as estruturas, incluindo os conídios, conidióforos, apressorio, hifas e cleistotécio (BRAUN; COOK, 2012). O *P. Anacardii*, nome anamorfo, foi assumido, com ênfase

em todos os nomes anteriores como *Oidium anacardii*, *O. mangiferae*, *O. bixae*, *O. erysiphoides* e *O. citri* (BRAUN; COOK, 2012).

A análise morfológica dos estágios de desenvolvimento de diferentes oídios ilustra as primeiras etapas do desenvolvimento do conidiósporo após a inoculação natural ou artificial. Um tubo germinativo apressorial é gerado poucas horas depois, após o surgimento do conidiósporo que penetra na cutícula da folha, desencadeando o processo de colonização (EICHMANN; HÜCKELHOVEN, 2008; SPANU *et al.*, 2010). O detalhamento morfológico desses processos está disponível na literatura, apenas para alguns gêneros, como *Blumeria* e *Golovinomyces*, infectando cevada (*Hordeum vulgare* L.) e *Arabidopsis thaliana* (EICHMANN; HÜCKELHOVEN, 2008), *Oidium lycopersici*, colonizando plantas de tomate (JONES *et al.*, 2000), *Microidium* em *Phyllanthus* spp. (PARA-ANUN *et al.*, 2005), *Oidium heveae* em seringueira (LIMKAISANG *et al.*, 2005) e *Oidium cassiae-siamea* em *Cassia corymbosa* (GUI-HUA *et al.*, 2010). Em plantas de cajueiro, Uaciquete (2006) utilizou inoculações artificiais para pesquisar o processo de infecção das folhas jovens, sob microscopia eletrônica.

Os sintomas associados às plantas de cajueiro incluem manchas espalhadas na parte adaxial das folhas. Essas manchas, sob a forma de pó branco-acinzentado, evoluem com o crescimento do fungo, cobrindo toda a superfície do limbo foliar. Nas inflorescências, as manchas tornam-se escuras com a colonização e evolução do fungo, levando à senescência precoce (CARDOSO *et al.*, 2013). Até agora, não há qualquer relato descrevendo o processo de infecção de flores e folhas naturalmente infectadas sob microscopia eletrônica de varredura em cajueiros no Brasil. Diferenças microscópicas entre os clones de cajueiro com diferentes reações também não foram observadas, tampouco comparando com as características de amostras assintomáticas. Nessa pesquisa, apresentamos pela primeira vez, aspectos morfológicos de *P. anacardii* infectando flores e folhas em amostras de clones de cajueiro com diferentes reações à doença.

O objetivo dessa pesquisa foi estabelecer diferenças ultraestruturais entre patossistemas com diferentes severidades da doença, visando descrever a morfologia do processo de infecção do oídio em relação aos clones comerciais de cajueiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta do material Vegetal

O estudo de microscopia eletrônica de varredura foi desenvolvido em amostras de tecidos de seis clones comerciais de cajueiro, sendo três suscetíveis (CCP 09, CCP 76 e BRS 189) e três resistentes (CCP 1001, BRS 226 e BRS 253).

As plantas de cajueiro utilizadas para coleta de material vegetal do experimento estavam localizadas no Campo Experimental da Embrapa, em Pacajus, Ceará. Todas as plantas estavam plantadas num espaçamento 7 x 7m sob cultivo de sequeiro.

As amostras foram coletadas no segundo semestre de 2014, período de alta vulnerabilidade à doença. Em cada clone selecionado foram coletadas amostras de flores e folhas sintomáticas e assintomáticas (Figura 1).

Figura 1 - Amostras de folhas (A) e inflorescências (B) de clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) infectados pelo oídio (*Pseudoindium anacardii*).



As amostras dos órgãos infectados foram imediatamente pré-fixadas no fixador de Karnovsky (KARNOVSKY, 1965) em tubos Eppendorf e levadas para processamento no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura da Embrapa Agroindústria Tropical, onde foram realizados os estudos morfológicos.

Nas amostras de folhas foram cortados fragmentos foliares em torno de 0,5 x 0,5 cm e colocados em tubos Eppendorf com o fixador e para as flores também foram colocadas nos tubos com o fixador sem a necessidade de cortar.

2.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Na análise de MEV, o material fixado foi submetido a três mudanças de tampão de fosfato de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (4°C , pH 7,0) com intervalo de 10 minutos e em seguida o material foi pós-fixado durante 1 h em 1% de tetróxido de ósmio em $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ de tampão (4°C , pH 7,0) e desidratado à temperatura ambiente em intervalos de 15 min. As amostras foram lavadas durante três vezes em água destilada a intervalos de 10 minutos, sendo sucessivamente transferidas para uma série alcoólica crescente de 30, 50, 60, 70, 80, 90 e 100%, permanecendo por 15 minutos em cada solução, quando chegou em 100% foi repetido três vezes a lavagem das amostras na série.

Em seguida, as amostras foram secas usando EMS 850 aparelho de ponto de secagem crítica usando o CO_2 como fluido de transição. Após a secagem, as amostras foram revestidas com platina (30 nm de espessura) em um metalizador e examinadas num Zeiss 940A Microscópio Eletrônico de Varredura, com menos de 15 KV de aceleração.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise morfológica através da microscopia eletrônica de varredura das flores infectadas por oídio (*P. anacardii*) revelou a ocorrência de um agregado massivo de conidióforos eretos dispostos lado a lado (Figura 2A) ou inseridos entre as sépalas e pétalas (Figuras 3A, 3B, 5A, 5D, 5E e 5F). Estes padrões de conidióforos foram encontrados nas amostras de todos os clones de cajueiro estudado, exceto nas flores do clone BRS 253. O registro de uma grande quantidade de conidióforo e conídios inseridos entre os pêlos das sépalas e pétalas foi que o designou o processo de conidiogênese (Figuras 3B, 5E e 5F).

Sépalas e pétalas das flores foram extensivamente cobertas por pêlos do tricoma, que bloquearam a observação do oídio (Figuras 4A e 4B). Contudo, as diferenças entre os pêlos dos tricomas e conidióforos foram claramente distinguíveis, uma vez que os pêlos são de forma pontiaguda (Figura 4B), diferentes do ápice arredondado dos conidióforos (Figuras 5E e 5B).

Os conidióforos suportam isoladamente conídios (*i. e.* não catenulado) (Figura 4E). O conídio é ovóide-elipsóide, com ápice arredondado e com uma média de 20 a 45 μm de comprimento e mostraram parede exterior enrugada ou parede externa lisa

(Figuras 2B, 5E e 5F). O micélio também foi observado, formando manchas irregulares ao longo da superfície da pétala com hifas ramificadas (Figura 5C). Na flor foram detectados tricomas glandulares, mostrando duas colunas com uma cabeça glandular e quatro unicelulares (Figuras 5B e 5C).

Figura 2 - Estruturas morfológicas de *Pseudoidium anacardii*, captadas por microscopia eletrônica de varredura, em flores naturalmente infectadas do clone de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) CCP 09: (A) Conidióforos, 500x; (B) Os conídios, 2000x.

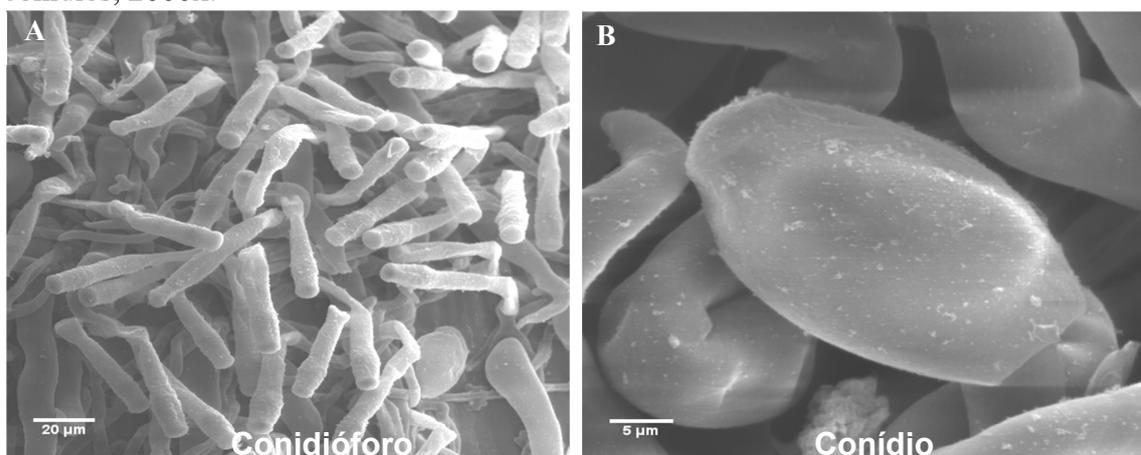


Figura 3 - Estruturas morfológicas de *Pseudoidium anacardii*, captadas por microscopia eletrônica de varredura, em flores naturalmente infectadas do clone de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) CCP 76: (A) Conidióforos e pêlos do tricomas, 200x; (B) Processo de conidiogênese entre os pêlos, 500x.

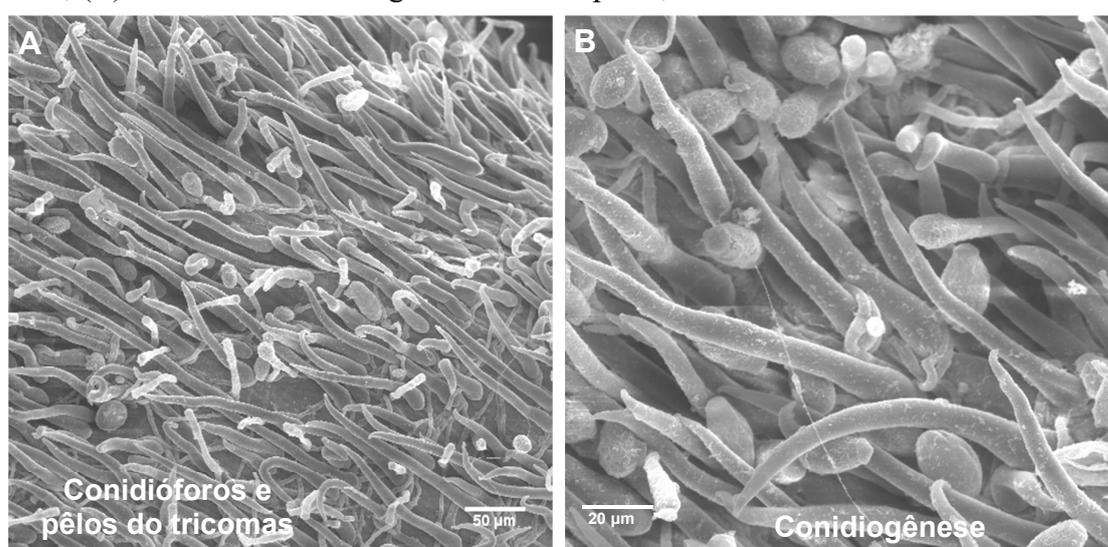


Figura 4 - Microfotografias de microscopia eletrônica de varredura de flor assintomática do clone CCP 1001. (A) Sépalas, 34x; B) Pêlos sobre a superfície da sépala, 200x.

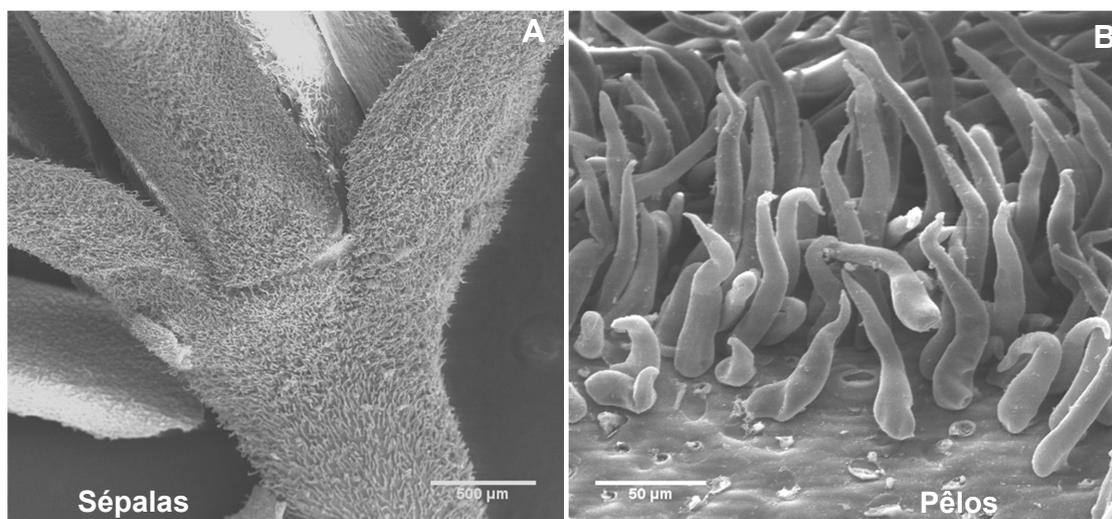
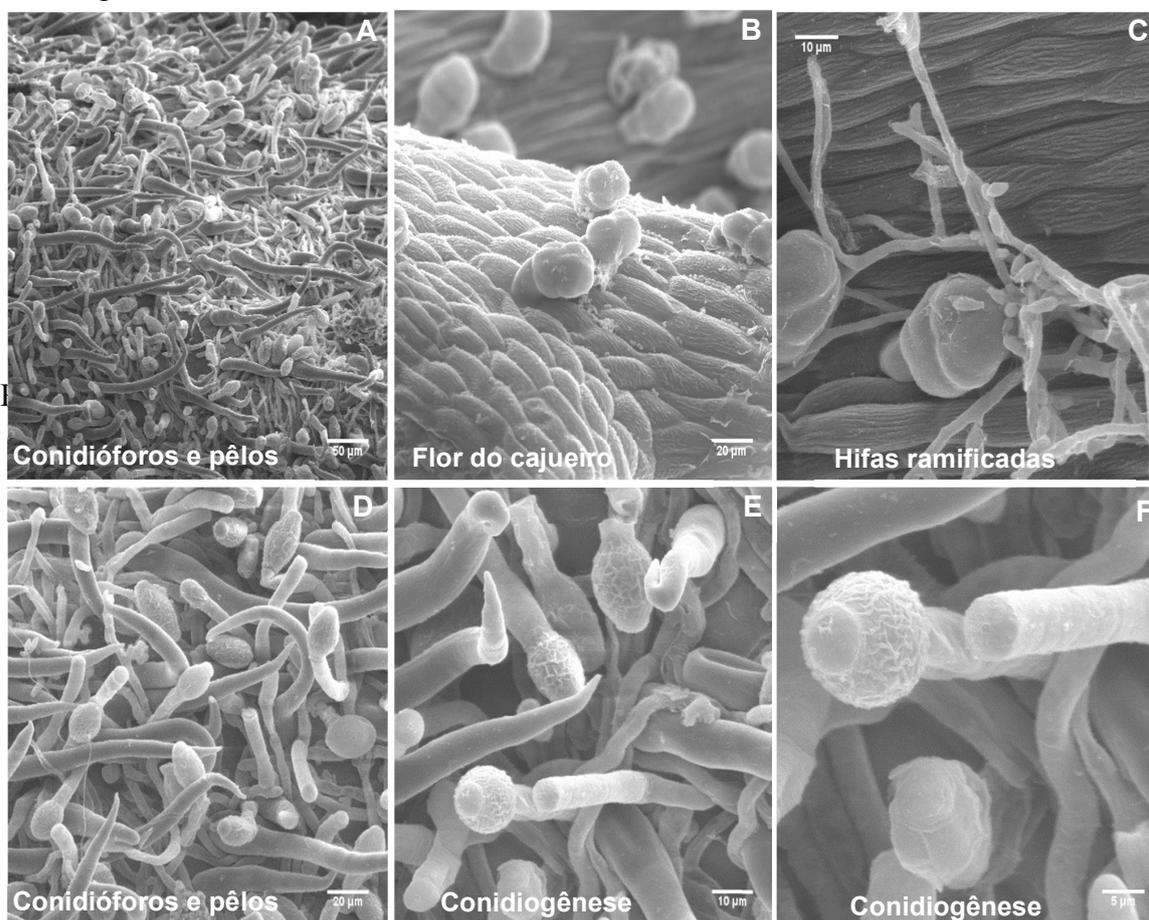


Figura 5 - Microfotografias de microscopia eletrônica de varredura de flores naturalmente infectada por oídio (*Pseudoindium anacardii*) do clone de cajueiro BRS 189. (A e D) Conidióforos e pêlos dos tricomas, 200x e 500x; (B) Flor do cajueiro, tricoma glandular, 500x; (C) As hifas ramificadas, 1000x; (E e F) Processo de conidiogênese, 1000x e 2000X.



O micélio cobriu toda a superfície das folhas, exibindo ramos com 3-4 μ m de largura (Figuras 6A, 6B e 6C). Algumas áreas da superfície foliar foram totalmente cobertas por conidióforos, da mesma forma que as das flores (Figura 6D). Os conídios apresentaram forma cilíndrica em forma de tambor (Figuras 6D e 6F). As hifas mais jovens sobrepõem-se aos conídios mais velhos, formando estruturas em forma de cotovelo, freqüentemente observada ao longo da superfície infectada (Figuras 6E e 6G).

Os apressórios se mostraram bem desenvolvidos de várias formas, de frente, aos pares ou individuais, vigorosamente penetrando a epiderme da folha (Figuras 6F, 6G, 6H e 6I). Folhas sem sintomas visuais (a olho nu) do clone BRS 189 estavam totalmente cobertas por micélio e conidióforos do fungo, além de hifas e da formação de apressórios (Figura 7A e 7B).

Figura 6 - Imagens de microscopia eletrônica de varredura das folhas naturalmente infectada por oídio (*Pseudoindium anacardii*) do clone de cajueiro CCP 76. (A, B, C) Micélio cobrindo a superfície foliar, 50x, 200x e 500x; (D) Conidióforos, 500x; (E) Hifas e apressórios, 1000x; (F, G) Penetração dos apressórios, 1000x. (H, I) Detalhe de apressórios, 2000x e 3000x.

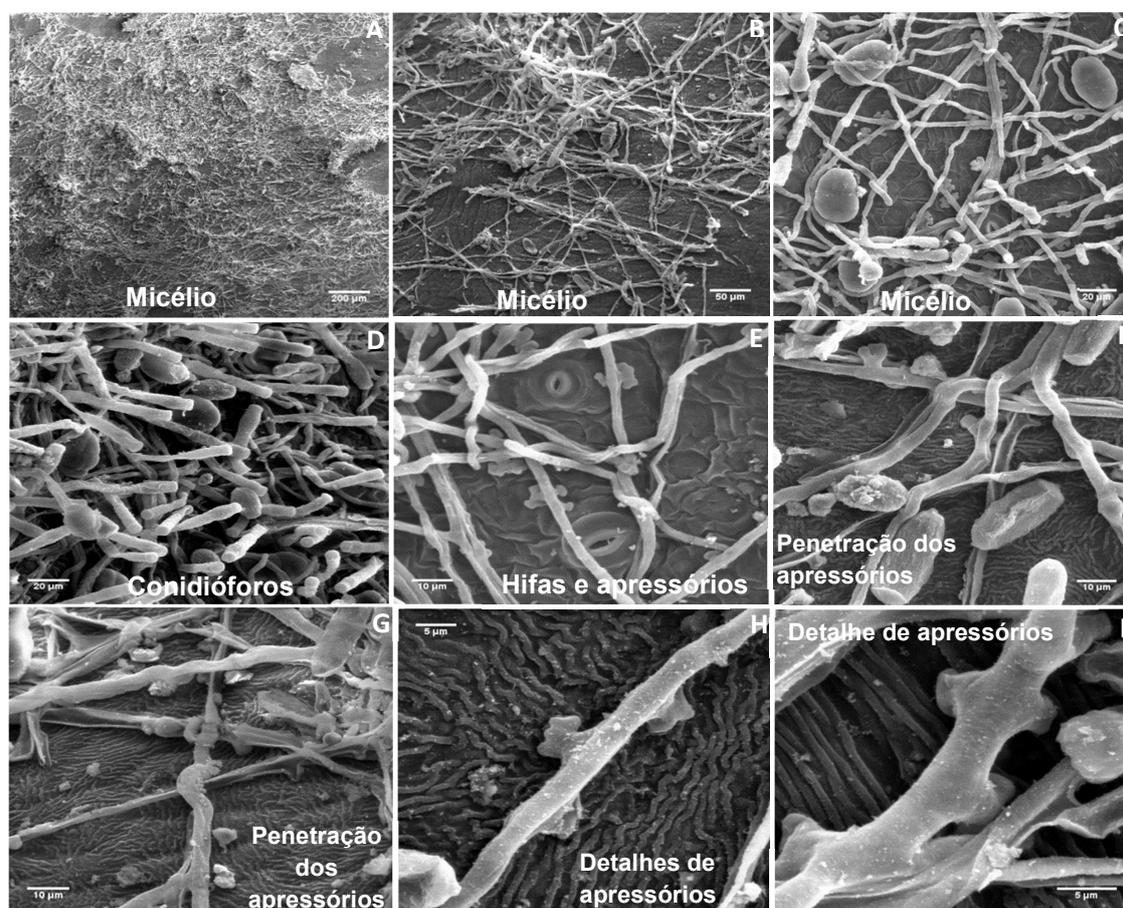
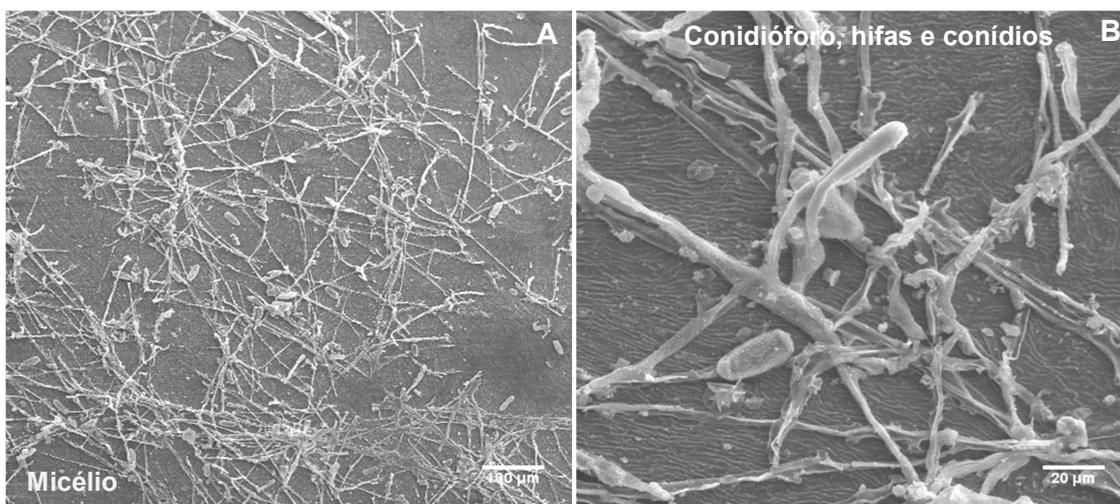


Figura 7 – Microfotografias de microscopia eletrônica de varredura de folha do clone BRS 189 sem sintomas visíveis a olho nu. (A) micélio, 50x; (B) Conidióforo, hifas, apresórios e conídios, 500X.



Este é o primeiro estudo com microscopia relatando os aspectos de infecção de folhas e flores de clones de cajueiro no Brasil por oídio (*P. Anacardii*). Inicialmente, esta doença foi descrita apenas como uma doença foliar, no entanto, mais tarde, os sintomas também foram detectados em inflorescências, maturis (fruto jovem de caju), pseudofruto e castanha, tornando-se, assim, uma doença difícil de ser controlada (CARDOSO *et al.*, 2013). Serrano *et al.* (2013) demonstraram diferenças entre características biométricas de castanhas de caju com sintomas de oídio e castanhas saudáveis de genótipos de cajueiro distintos do Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Agroindústria Tropical, mostrando que ação do fungo na castanha afeta negativamente as suas características biométricas e as das amêndoas, sendo que a influência é genótipo-dependente, abrindo a oportunidade de seleccionar plantas com base na sua resistência ou tolerância a esta doença.

Em todas as amostras dos clones comerciais de cajueiro analisadas pela microscopia eletrônica de varredura, o fungo foi encontrado estabelecido, apresentando micélio, apresório, conidióforos e conídios, sendo que nos clones suscetíveis (BRS 189, CCP 76 e CCP 09) as estruturas do fungo apresentaram-se bastante desenvolvidas. Enquanto nos clones resistentes, observou-se que ocorreu a presença de estruturas do patógeno, porém com menos agressividade na relação patógeno e o hospedeiro, verificado, portanto que nesses clones o oídio não se estabelece nos órgãos das plantas de cajueiro com tanta frequência como nos clones suscetíveis. As sepálas foram os sítios mais fortemente infectados nas flores. Do mesmo modo que o *P. Anacardii*, o *O.*

neolycopersici ocasiona lesões semelhantes sobre a superfície foliar e sobre sépalas de cultivares de tomate (JACOB *et al.*, 2008). As superfícies das sépalas, totalmente cobertas por pêlos, não parecem ser um problema para o fungo colonizar, uma vez que investe essencialmente no processo de conidiogênese, produzindo uma grande quantidade de conídios.

Diferentemente das flores, as áreas claras sobre as superfícies de folhas, livre de pêlos, permitiu-nos observar estruturas diferentes, produzidas pelo fungo, visto nas amostras dos clones CCP 76 e BRS 189. Foram observados fenômenos diferentes: germinação de conídios, formação de tubo germinativo apressorial, produção de conídios em conidióforos e alongamento de hifas ao longo da superfície da folha. No entanto, nas amostras de flores pouco se observou cobertura de hifas sobre a superfície, presumivelmente, isso aconteceu pela existência de pêlos sobre as flores que dificultou a visualização durante o estudo de microscopia. É neste ponto que o acúmulo de nutrientes através da epiderme da folha é intensificado, permitindo a dispersão de hifas fúngicas ao longo da superfície da folha inteira. Nossas descobertas são consistentes com os resultados de Uaciquete (2006) que demonstrou que o crescimento epífito do oídio do cajueiro alongava hifas secundárias e conidióforas emergentes para liberar conidiósporos recém-formados na área circundante.

Os relatos de Takamatsu *et al.* (2007), sobre as descrições de conídios que se formaram isoladamente exibindo formas ovóides-elipsóides, estão de acordo com os resultados do presente estudo. Yi e Valent (2013) reportaram que a decomposição da cera epicuticular ou camada de cutícula que cobre a superfície da folha poderia ser o resultado da atividade enzimática derivada do patógeno e complementaram ainda que a atividade do oídio seja derivada de cutinases, celulases, xilanases e pectinase. Diferenças químicas entre ceras epicuticulares de diferentes clones poderia influenciar a invasão das suas folhas pelo patógeno. Brown e Hovmeøller (2002) sugerem que a quebra da cutícula e da parede celular durante a penetração na célula hospedeira requer uso de ambas as atividades enzimáticas e de pressão mecânica.

Sijaona *et al.* (2001) avaliaram a divisão temporária de áreas brilhantes e viscosas de folhas jovens de cajueiro e associaram a um fenômeno de formação de cutícula. Eles descobriram que a superfície brilhante foi mais suscetível à doença. No nosso estudo, além de folhas sintomáticas, nas folhas sem sintomas foram encontradas estruturas de fungos, especialmente, as folhas do clone BRS 189, o que demonstrou que mesmo quando não apresentava sintomas visíveis, alguns clones podem conter o

patógeno bem estabelecido na sua filosfera. Esta descoberta é uma informação importante para a detecção precoce da epidemia da doença, especialmente no progresso da doença durante o monitoramento. Amostras dos clones CCP 76 e BRS 189 apresentavam flores e folhas naturalmente infectadas, enquanto, nos outros clones as estruturas fúngicas estavam restritas às inflorescências. Esta é outra informação que possibilitará a seleção de clones de cajueiro em relação ao ataque do oídio.

Muitos aspectos morfológicos de infecção de plantas de cajueiro por *P. anacardium* são comuns a outras espécies de *Pseudopodes*. Neste estudo, as diferenças entre a morfologia das infecções nas folhas e nas flores foram apresentadas. Além disso, as diferenças relacionadas com o grau e a gravidade da doença sob o nível microscópico foram definidas, dependendo do clone de cajueiro estudado. Assim, pode-se elucidar que a anatomia e morfologia dos órgãos da planta, variável entre clones de cajueiro, podem estar envolvidos nos mecanismos de defesas das plantas. Essa informação torna-se importante na percepção antecipada da epidemia ocasionada pelo oídio, especialmente no monitoramento do progresso da doença. Desta maneira, essa descoberta pode ser transmitida para o produtor que poderá utilizar no manejo integrado da cultura, podendo facilitar o controle da doença no campo e as reduções dos custos de produção da cultura.

4 CONCLUSÕES

Sintomas da infecção por *Pseudoidium anacardii* são observados em flores e folhas dos clones CCP 76 e BRS 189.

Nos clones CCP 09, CCP 1001, BRS 226 e BRS 253 são constatados sintomas da infecção por *Pseudoidium anacardii* apenas nas inflorescências.

O oídio estabelecido sobre as superfícies das sépalas investe basicamente no processo de conidiogênese.

Nas inflorescências são vistos uma grande quantidade de conidióforos entre as sépalas de todos os clones, menos no clone BRS 253.

Nas folhas do clone CCP 76, consta micélio cobrindo suas superfícies inteiras, com apressórios bem desenvolvidos penetrando a epiderme foliar.

Micélio e conidióforos cobrem totalmente a superfície das folhas do clone BRS 189.

Mesmo em folhas sem sintomas visíveis são encontradas estruturas do fungo, especialmente, as do clone BRS 189.

Os exames microscópicos através de microscopia eletrônica de varredura são importantes na detecção precoce do estabelecimento das estruturas do patógeno.

REFERÊNCIAS

- AGBOTON, B. V.; SALIFU, D.; SEGUNI, Z.; SIJAONA, M. E.; SHOMARI, S.; EKESI, S.; MANIANIA, N. K. Bioecology of some key cashew insect pests and diseases in diverse habitats and landscapes in Tanzania. **Journal Applied Entomology**, v.137, n.10, p. 782-789, 2013.
- BRAUN, U.; COOK, R. T. A. **Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews)**. APS Press, St. Paul, USA, 2012.
- BRAUN, U. Proposals to conserve the teleomorph-typified name *Blumeria* against the anamorph-typified name *Oidium* and twenty-two teleomorph typified powdery mildew species names against competing anamorph-typified names (Ascomycota: Erysiphaceae). **Taxon**, v.62, p.1328-1331, 2013.
- BROWN, J. K. M.; HOVMEØLLER, M. S. Aerial dispersal of pathogens on the global and continental scales and its impact on plant disease. **Science**, v.297, p.537-541, 2002.
- CARDOSO J. E.; VIANA, F. M. P.; FREIRE, F. C. O.; MARTINS, M. V. V. **Doenças do cajueiro**. In ARAÚJO, J. P. P. Ed, Agronegócio caju: práticas e inovações. Embrapa, Brasília, DF, Brazil, p.217-238, 2013.
- EICHMANN, R.; HÜCKELHOVEN, R. Accommodation of powdery mildew fungi in intact plant cells. **Journal Plant Physiol**, p.165: 5-18, 2008.
- GUI-HUA, Z.; DE-WEI, L.; GANG-JUN, X. First report of powdery mildew caused by *Oidium cassiae-siameae* on *Cassia corymbosa*. **Mycosystema**, v.29, n.6, p.869-873, 2010.
- HEFFER, V.; JOHNSON, K. B.; POWELSON, M. L.; SHISHKOFF, N. **Identification of Powdery Mildew Fungi anno 2006**. DOI: 10.1094/PHI-I-2006-0706 01. Disponível em: <<https://www.apsnet.org/edcenter/K12/TeachersGuide/PowderyMildew/Documents/PwderyMildewLab.pdf>>, acesso em: 13/02/ 2016.
- JACOB, D.; DAVID, D. R.; SZTJENBERG, A.; ELAD, Y. Conditions for development of powdery mildew of tomato caused by *Oidium neolycopersici*. **Phytopathology**, n.98, n.3, p.270-281, 2008.
- JONES, H. E; WHIPPS, J. M.; THOMAS, B. J.; CARVER, T. L. W.; GURR, S. J. Initial events in the colonisation of tomatoes by *Oidium lycopersici*, a distinct powdery mildew fungus of *Lycopersicon* species. **Canadian Journal of Botany**, n. 78, v.10, p.1361-1366, 2000.
- KARNOVSKY, M. J. A Formaldehyde-Glutaraldehyde Fixative of High Osmolarity for use Electron Microscopy. 1. **Journal of Cell Biology**. V.27, p.137, 1965.

KIWUSO, P., ESEGU, J. F. O.; MUJUNI, D.; EPILA-OTARA, J. **Key diseases and insect pests of cashew nut (*Anacardium occidentale L.*) in the Teso and Lango farming systems of Uganda.** In: Masawe, P. A. L.; Esegu, J. F. O.; Kasuga, L. F. J.; Mneney, E. E.; Mujuni, D. Eds, Proceedings of the Second International Cashew Conference, Kampala, Uganda, p.26-29 April, 2010. CAB International, Wallingford, UK. 2013

LIMKAISANG S.; KOM-UN, S.; FURTADO, E. L.; LIEW, K. W.; SALLEH, B.; SATO, Y.; TAKAMATSU, S. Molecular phylogenetic and morphological analyses of *Oidium heveae*, a powdery mildew of rubber tree. **Mycoscience**, v.46, p.220–226, 2005.

SERRANO, L. A. L.; VIDAL NETO, F. C.; MELO, D. S.; CARDOSO, J. E. **Influência do oídio nas castanhas de diferentes genótipos de cajueiro.** Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, Ceará, Brazil. 2013 22p (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 76).

SHOMARI, S. H.; KENNEDY, R. Survival of *Oidium anacardii* on cashew (*Anacardium Occidentale L.*) in southern Tanzania. **Plant Pathology**, v.48, n.4, p.505-513, 1999.

SIBOE, G. M. The cashew (*Anacardium occidentale L.*) powdery mildew disease epidemic in Kenya. **Journal Trop Microbiol**, v.1, n.1, p.8-13, 2002.

SIJAONAA, M. E. R.; CLEWERB, A.; MADDISONC, A.; MANSFIELDA, J. W. Comparative analysis of powdery mildew development on leaves, seedlings and flower panicles of different genotypes of cashew. **Plant Pathology**, v.50, p.234-243, 2001.

SPANU, P. D *et al.* Genome expansion and gene loss in powdery mildew fungi reveal tradeoffs in extreme parasitism. **Science**, v. 330, n.6010, p.1543-1546, 2010.

SWART, W. J. First report of powdery mildew of cashew caused by *Oidium anacardii* in South Africa. **Plant Disease**, v.88, n.11, p.1284, 2004.

TAKAMATSU S, BRAUN, U.; LIMKAISANG, S.; KOM-UN, S.; SATO, Y.; CUNNINGTON, J. H. Phylogeny and taxonomy of the oak powdery mildew *Erysiphe alphitoides* sensu lato. **Mycological Research**, v.111, n.7, p.809-826, 2007.

TO-ANUN, C.; KOM-UN, S.; SUNAWAN, A.; FANGFUK, W.; SATO, Y.; TAKAMATSU, S. A new subgenus, *Microoidium*, of *Oidium* (Erysiphaceae) on *Phyllanthus* spp. **Mycoscience**, v.46, p.1-8, 2005.

UACIQUETE, A. **Epidemiology and control of powdery mildew (*Oidium anacardii* Noack) on cashew (*Anacardium occidentale L.*) in Mozambique.** Master diss. University of Pretoria, Pretoria, South Africa, 2006. Disponível em: <<http://repository.up.ac.za/handle/2263/24486>>, acesso em: 13/02/ 2016.

VIANA, F. M. P.; CARDOSO, J. E.; VALENTIM, M. V.; FREIRE, F. C. O. **Oídio do cajueiro. Uma Ameaça à Cajucultura.** Fôlder, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brazil. 2011. 2p.

YI, M.; VALENT, B. Communication between filamentous pathogens and plants at the biotrophic interface. **Annual Review of Phytopathology** , v.51, p.587-611, 2013.

ZHONGRUN, Z.; LIHONG, L.; XIN, M.; WEIJIAN, H. First report of *powdery mildew* cashew caused by *Oidium* sp. in China. **Journal of Tropical Organisms**, v.1, p.27, 2007.

CAPÍTULO IV

REAÇÃO DE MUDAS DE CLONES COMERCIAIS DE CAJUEIRO AO OÍDIO POR INOCULAÇÃO NATURAL

RESUMO

O oídio é uma doença que no cajueiro, provoca sintomas nas folhas, flores, pseudofruto e castanhas, causando perdas significativas na produção. Os sintomas do oídio ocorrem sob a forma de um pó pulverulento branco acinzentado sobre os órgãos suscetíveis da planta. O oídio é causado pelo fungo biotrófico *Pseudoidium anacardii*, conseqüentemente demanda uma metodologia específica de inoculação, uma vez que este patógeno não se desenvolve nos meios de cultura tradicionais. O objetivo da pesquisa foi testar uma nova metodologia para avaliar o método de inoculação natural como alternativa de seleção precoce de genótipos de cajueiro na reação ao oídio. Dois ensaios foram conduzidos na Embrapa Agroindústria Tropical, um em Fortaleza (sede) e o outro em Pacajus (Campo Experimental de Pacajus) usando mudas enxertadas em tubetes dos clones: CCP 06, CCP 09, CCP 76, EMBRAPA 51, BRS 189, BRS 226, BRS 253, BRS 265, BRS 274 e BRS 275. A inoculação natural baseou-se na distribuição das mudas aleatoriamente abaixo da copa de plantas severamente afetadas pelo oídio. O delineamento estatístico foi de blocos ao acaso com 10 tratamentos (clones) e quatro repetições com quatro mudas por parcela. Na avaliação da doença utilizou-se uma escala descritiva de notas da severidade variando de 0 a 4. As avaliações foram realizadas semanalmente. A análise de agrupamento foi utilizada para análise da severidade do oídio ao longo tempo para a identificação de clones similares. A AACPD foi determinada para os clones e comparada duas a duas pelo teste *t* para contrastes. No ensaio em Fortaleza foram identificados quatro grupos de clones similares. As mudas do clone EMBRAPA 51 foram as mais suscetíveis e os clones BRS 274 e BRS 253 foram os mais resistentes ao oídio. Os clones BRS 189, BRS 275, BRS 265, BRS 226, CCP 76, CCP 09 e CCP 06 apresentaram suscetibilidade intermediária. Não se constatou diferença na AACPD dos clones pelas estimativas dos contrastes. Em Pacajus, identificaram-se cinco grupos de clones similares. As mudas do clone CCP 06 foram as mais suscetíveis ao oídio. As mudas dos clones BRS 274, CCP 76 EMBRAPA 51, BRS 275, BRS 265, BRS 226, CCP 76 e CCP 09 tiveram menor curva de progresso da doença. As mudas desses clones tiveram diferenças na AACPD através das estimativas dos contrastes. O clone BRS 274 foi considerado o mais resistente ao patógeno neste trabalho. A metodologia testada pelo método de inoculação natural, apesar de eficaz, teve os sintomas restritos às folhas.

Palavras-chave: Produção de mudas. Inoculação natural. *Pseudoidium anacardii*. Reação de clones.

ABSTRACT

Powdery mildew is a disease that in cashew causes symptoms in the leaves, flowers, pseudofruto and nuts, causing significant losses in production. The symptoms of powdery mildew occur in the form of a grayish white powdery dust on susceptible plant organs. Cashew powdery mildew is caused by *Pseudoidium anacardii* an obligate parasite which requires specific methods of inoculation, as it does not grow on conventional culture media. The objective of the research was to evaluate a method of natural inoculation as an alternative for early selection of cashew genotypes in their reactions to powdery mildew. Two trials were conducted at Embrapa, one in Fortaleza (headquarters) and the other in Pacajus (Experimental Center of Pacajus). In both trials, grafted plants kept into tubets of CCP 06, CCP 09, CCP 76, EMBRAPA 51, BRS 189, BRS 226, BRS 253, BRS 265, BRS 274 and BRS 275 cashew clones were used. The natural inoculation consisted of placing the small plants under the canopy of severely affected adult plant. The experimental design was randomized blocks with 10 treatments (cultivars) and four replications with four plants per plot. In the evaluation of the disease used a descriptive scale severity Note ranging from 0 to 4. The evaluations were performed weekly. Cluster analysis was used to analyze the severity of powdery mildew over time to identify similarity cultivars. The AUDPC was determined for the cultivars and compared two by two by t-test for contrasts. In the test it was observed that fortress has identified four groups of similarity cultivars. Seedlings of EMBRAPA 51 cultivar were the most susceptible and BRS 274 and BRS 253 cultivars were the most resistant to powdery mildew. BRS 189 cultivars BRS 275, BRS 265, BRS 226, CCP 76, CCP 09 and CCP 06 presented intermediate susceptibility. There was no difference in AUDPC of cultivars by estimates of contrasts. In Pacajus, they identified five groups of similarity cultivars. Seedlings of CCP 06 cultivar were the most susceptible to powdery mildew. Seedlings of BRS 274 clones CCP 76 EMBRAPA 51, BRS 275, BRS 265, BRS 226, CCP 76 and CCP 09, had lower disease progress curve. The seedlings of cultivars showed differences in AUDPC through estimates of contrasts. The BRS 274 cultivar was considered the most resistant pathogen in both locations. The methodology used by natural inoculation method although efficacious is limited to leaf symptoms only.

Keywords: Seedling production. Natural inoculation. *Pseudoidium anacardii*. Reaction genotypes.

1 INTRODUÇÃO

A cajucultura é uma atividade de grande importância econômica, concentrando a maior parte dos pomares de cajueiro na região Nordeste, possibilitando a geração de emprego e renda para a população nordestina. Após o surgimento de clones do tipo anão promoveu maior produtividade, favorecendo na colheita e na condução dos pomares em razão de seu porte baixo, uniformização da castanha, do pedúnculo e da produção, permitindo uma exploração comercial (CYSNE, 2009). No entanto, este avanço contribuiu para o aumento da área plantada e redução da variabilidade genética, ocasionando o aumento da instabilidade das plantas ao ataque de fitopatógenos.

As doenças do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) estão entre os principais obstáculos à exploração adequada da cultura (CARDOSO; FREIRE, 2002), dentre as principais, o oídio (*Pseudoidium anacardii*) destaca-se por causar reduções na produção de castanha e pedúnculo, principalmente nos anos mais recentes.

O oídio é um fungo parasita obrigatório, que depende do hospedeiro vivo para crescer e reproduzir (BEDENDO, 1995). Os sintomas da doença são distinguidos pela formação de uma película rala, branca-acinzentada e pulverulenta sobre o limbo foliar, com predominância de ataque nos tecidos juvenis, inflorescências, pedúnculos e frutos, além de ocasionar abortamento de flores, deformações, rachaduras e varíolas nos pedúnculos e frutos (CARDOSO *et al.*, 2012). Além dos sintomas acima descritos, é observado um aumento de variação do pedúnculo em quase todos os clones comerciais, limitando o valor no mercado de mesa, considerado um importante mercado do agronegócio do caju (CARDOSO *et al.*, 2013). Em virtude desses sintomas nos produtos comercializados do cajueiro, o oídio vem se tornando um problema fitossanitário muito mais preocupante, pois, tem aumentado os prejuízos dos cajucultores (SERRANO *et al.*, 2013).

O oídio também é uma doença encontrada em viveiro de produção de mudas, podendo ocorrer a infecção nas folhas das plantas, e a doença pode ser levada ao pomar ocasionando danos na planta e na sua produção (HICKEY; YODER, 1990). Os viveiros de produção de mudas constituem um ambiente propício ao desenvolvimento de doenças de plantas, em função da umidade e temperatura, estando também relacionadas às características fisiológicas dos hospedeiros (tecidos vegetais tenros com brotações novas) e a fatores físicos (número elevado de mudas por metro quadrado de viveiro) que predis põem as plantas ao aparecimento de doenças. Quando estas ocorrem, o produtor

precisa estar preparado, pois normalmente as condições citadas fazem com que os danos causados sejam extensos e muito rápidos (MARTINS *et al.*, 2014).

Nas mudas, o oídio ocorre em folhas e brotos jovens, e sobre a superfície foliar observa-se massa pulverulenta de coloração acinzentada, causando encarquilhamento foliar e superbrotamento das plantas (FERREIRA, 1997). O superbrotamento afeta a qualidade das mudas, devido à perda da dominância apical. A doença pode acarretar a morte de até 50% das mudas no viveiro (MUCCI; PITTA; YOKOMIZO, 1980), sendo considerada uma das principais enfermidades de viveiros e jardins clonais (VALERIANO, 2013). Para o oídio são poucos os produtos registrados para seu controle químico, levando produtores a buscarem, no melhoramento genético, clones de cajueiro resistentes como a principal alternativa para seu controle efetivo. O monitoramento de mudas de clones comerciais de cajueiro já desenvolvidos torna-se uma alternativa viável para se identificar clones com resistência a esse patógeno.

A utilização de mudas para estudar a resistência de clones ao oídio é uma medida viável, pois, no viveiro pode-se verificar o surgimento da doença e assim selecionar os clones que apresentem características de resistência. Desta maneira, torna-se importante o estudo com mudas de clones de cajueiro já estabelecidos na tentativa de identificar quais clones são resistentes ou suscetíveis à doença. Trabalho realizado com esse tipo de metodologia foi desenvolvido por Sholberg *et al.* (2000) que estabeleceram uma nova técnica de avaliação de mudas de cultivares de maçã para se verificar a suscetibilidade ao oídio (*Podosphaera leucotricha*). Valeriano (2013) determinou uma escala diagramática e verificou a reação de clones de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) ao oídio (*Oidium eucalypti*).

Uma das formas viáveis para a identificação de clones resistentes ao oídio é a determinação da curva de progresso da doença, que representa as informações sobre o desenvolvimento da doença (AZEVEDO *et al.*, 2012), podendo possibilitar a seleção dos melhores genótipos (FIORINI *et al.*, 2010). Desta forma, a análise de agrupamento representa uma solução viável, uma vez que possibilita agrupar clones de acordo com suas características de similaridades (KHATTREE; NAIK, 2000). Essa estratégia de estudos do progresso de doenças para identificação de genótipos resistentes foi estudada por alguns pesquisadores como: na seleção de acessos de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) resistentes à pinta preta (*Alternaria tomatophila*) (LAURINDO *et al.*, 2015), na requeima (*Phytophthora infestans*) em tomateiro (AZEVEDO *et al.*, 2012), das curvas de produção de café (*Coffea canephora*) (CECON *et al.*, 2008), do acúmulo de

matéria seca em plantas de alho (*Allium sativum*) (PUIATTI *et al.*, 2013) e do estudo de divergência genética de pimentas (*Capsicum spp.*) (FARIA *et al.*, 2010).

Neste contexto, o objetivo da pesquisa foi avaliar uma metodologia de inoculação natural como alternativa de seleção precoce de genótipos de cajueiro na reação ao oídio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condução do experimento

Na Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza (sede), e no Campo Experimental de Pacajus, em 2014, entre os meses de agosto a novembro, foram realizados dois experimentos de inoculação natural de oídio em mudas enxertadas de clones comerciais de cajueiro.

As mudas utilizadas nos dois ensaios foram dos clones: CCP 06, CCP 09, CCP 76, EMBRAPA 51, BRS 189, BRS 226, BRS 253, BRS 265, BRS 274 e BRS 275 e, como método de inoculação natural, essas mudas foram distribuídas sob a copa de plantas adultas de cajueiro severamente afetadas por oídio (*P. anacardii*) dos clones CCP 76 (tipo anão) no ensaio de Fortaleza e C1PO (tipo comum) no ensaio de Pacajus.

Após 30 dias da instalação dos experimentos nos dois locais, foram iniciadas as avaliações da severidade da doença, utilizando uma escala de notas descritiva de variando de 0 a 4 de Cardoso *et al.* (2012). Onde: 0= Ausência de doença; 1= Com pouca doença, ou seja, folhas com até 10% da área infectada; 2= Nível baixo de doença, folhas com 11 a 25% da área infectada; 3= Aumento da doença, folhas com 26 a 50% da área infectada; e 4= Nível alto de doença, folhas com mais de 50% da área infectada.

As avaliações foram realizadas semanalmente e as plantas amostradas foram avaliadas individualmente, observando-se toda a planta. A duração de cada experimento foi de 72 dias em Fortaleza e 56 de dias em Pacajus.

Durante os experimentos foram anotados os dados de temperatura e umidade relativa do ar, sendo os dados de Fortaleza medidos pela estação meteorológica da Universidade Federal do Ceará e os de Pacajus no próprio Campo experimental da Embrapa.

No final do experimento, foi estimada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) pela fórmula:

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(Y_{i+1} + Y_i)}{2} x (T_{i+1} - T_i),$$

Sendo: “n” o número de avaliações, “Y” o índice de severidade do oídio, e “T” o tempo (mês) de cada avaliação (CAMPBELL; MADDEN, 1990).

Figura 1 - Disposição das mudas dos clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.): (A) condução do ensaio e (B) fonte de inoculação natural de oídio (*Pseudoidium anacardii*), Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, 2014.



O delineamento estatístico utilizado foi de blocos ao acaso com 10 tratamentos (mudas de clones comerciais de cajueiro) e quatro repetições com quatro mudas por parcela e bordadura simples entre os blocos.

2.2 Análises dos dados

Na análise da severidade do oídio, foi utilizada análise de agrupamento (multivariada) empregando o PROC CLUSTER do software SAS[®]/STAT (SAS[®], 2008).

Na elaboração dos dendrogramas utilizou-se o método de ligação por centroide e, como métrica, a distância euclidiana. Na determinação do número ótimo de grupos no dendrograma, foi utilizado o método gráfico baseado no índice RMSSTD (raiz quadrado do desvio padrão médio) (SHARMA, 1996).

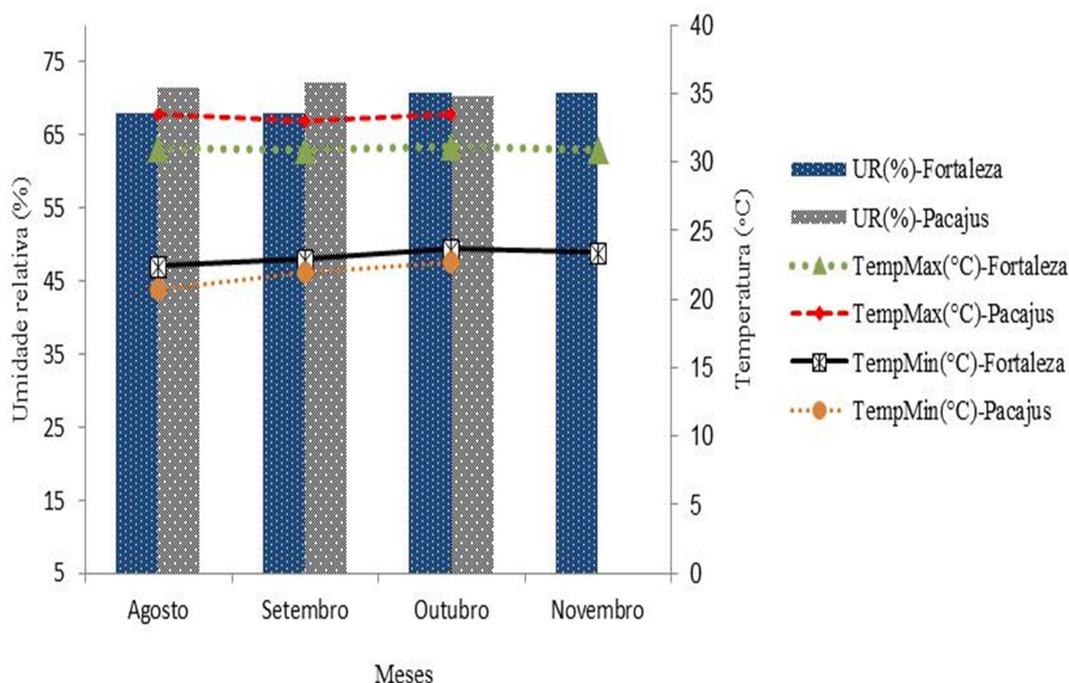
Na análise da AACPD das mudas dos clones foi utilizado o PROC MIXED, (LITTELL *et al.*, 1996) do software SAS[®]/STAT (SAS[®], 2008) para a determinação dos contrastes. A média da AACPD de cada clone foi comparada duas a duas via testes *t* para contrastes. As médias da AACPD para os grupos de clones foram formados através da análise de agrupamento no ano estudado foram também comparadas por meio de análise de contrastes. Nessas análises os níveis de significância nominal (valores *p*) associados a esses testes indicaram o grau de evidência contra a hipótese de igualdade da AACPD dos clones em grupos e nas comparações entre clones.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Dados climáticos em Fortaleza e Pacajus

Os dados de temperatura e umidade relativa referentes a Fortaleza e Pacajus estão ilustrados na Figura 2. Nos dois locais, observou-se que ocorreu variações na temperatura e umidade relativa. Em Fortaleza, a temperatura mínima foi 22,4°C e máxima 31°C e a umidade relativa variou entre 68% a 71%. Em Pacajus, a temperatura mínima foi 20,7°C e a máxima 33,6°C e a umidade relativa variou entre 70,6% a 72,2%.

Figura 2 - Dados climáticos de temperatura e umidade relativa dos ensaios conduzidos na Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza e Pacajus, 2014.



Essas variações na temperatura e umidade relativa foram um pouco diferentes para o desenvolvimento da doença, pois, Bedendo (1995) relata que nas nossas condições, a germinação dos conídios é favorecida quando a temperatura varia entre 20 a 25 °C e a umidade em torno de 95%. Freire e Viana (2001) reportam que o *P. anacardii* expressa sua patogênese com maior intensidade de julho a dezembro, quando as temperaturas variam de 23 a 32°C. Cardoso (2011) completa que os conídios do oídio germinam e se desenvolvem quando a umidade do ar situa-se na faixa de 90 a 100% e sob temperaturas de 26°C a 28°C. Alves *et al.* (2013) acrescentam que o desenvolvimento das doenças depende das condições de ambiente, contudo, a temperatura e a umidade são os principais fatores envolvidos no processo, sendo que a temperatura afeta a germinação e o crescimento do fungo, já a umidade é indispensável para a germinação dos esporos e penetração no hospedeiro.

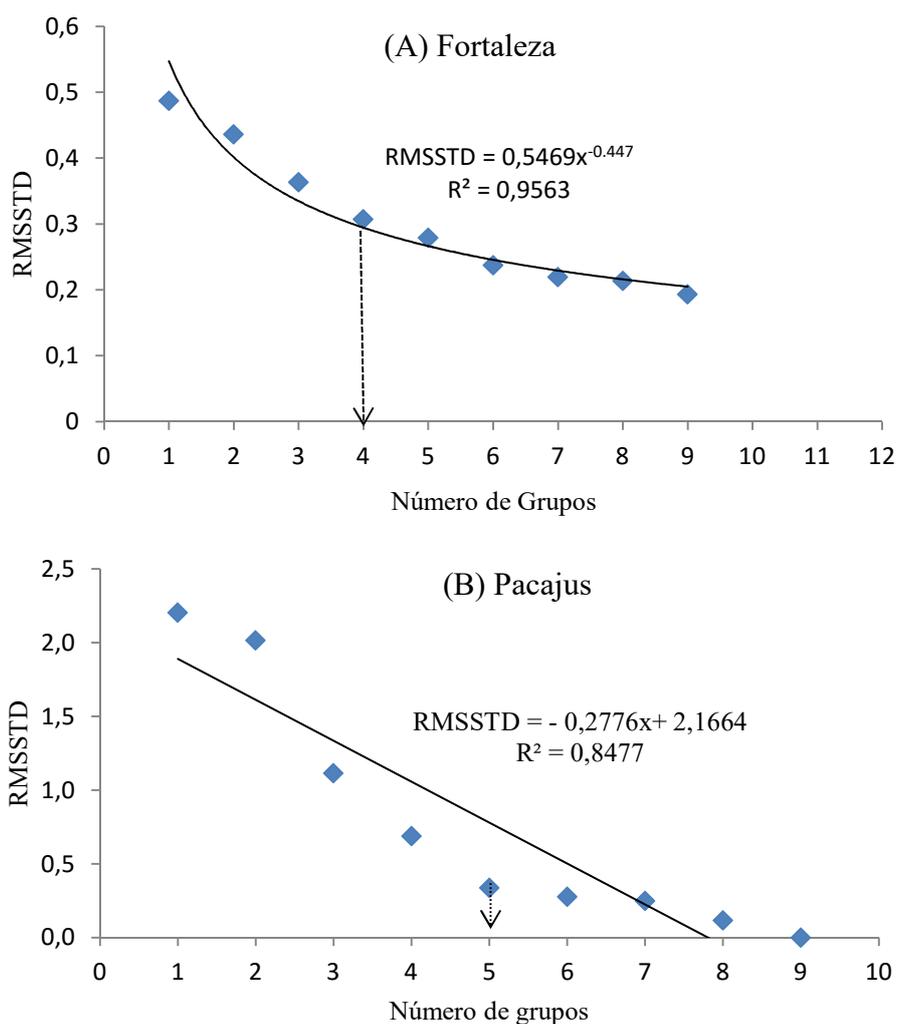
3.2 Análise descritiva dos perfis temporais da curva de progresso da doença

O número ótimo de grupos, determinados de acordo com o comportamento da estatística RMSSTD, em razão do número de agrupamentos, foi quatro para os clones avaliados em Fortaleza e cinco para Pacajus (Figura 3). Observou-se que a partir de quatro (Fortaleza) e cinco (Pacajus) grupos formados, os valores RMSSTD continuam decrescendo, porém muito lentamente, e indica que a formação de novos agrupamentos já não reduz efetivamente o RMSSTD.

O RMSSTD mede a homogeneidade dos grupos formados (LIU *et al.*, 2013) e possibilita assinalar o número ótimo de grupos (CECON *et al.*, 2008). A utilização dessa metodologia é favorável, logo, assegura que o número de grupos estabelecido no dendograma não seja adotado de forma subjetiva (LIU *et al.*, 2013). Cecon *et al.* (2008), aplicando essa mesma metodologia para agrupar curvas de produção de cafeeiros, mencionam que esse método previne a escolha subjetiva do número de agrupamentos, o que confere maior confiança àqueles obtidos. Faria *et al.* (2010) que também adotaram a metodologia do RMSSTD em métodos de agrupamento em estudo de divergência genética de pimentas, propiciaram concluir que o RMSSTD tem maior poder de discriminação, possibilitando a identificação de mais grupos contendo acessos semelhantes. Azevedo *et al.* (2012), utilizando o RMSSTD para determinação do número ótimo de grupos de acessos em tomateiro apurando a resistência à requeima

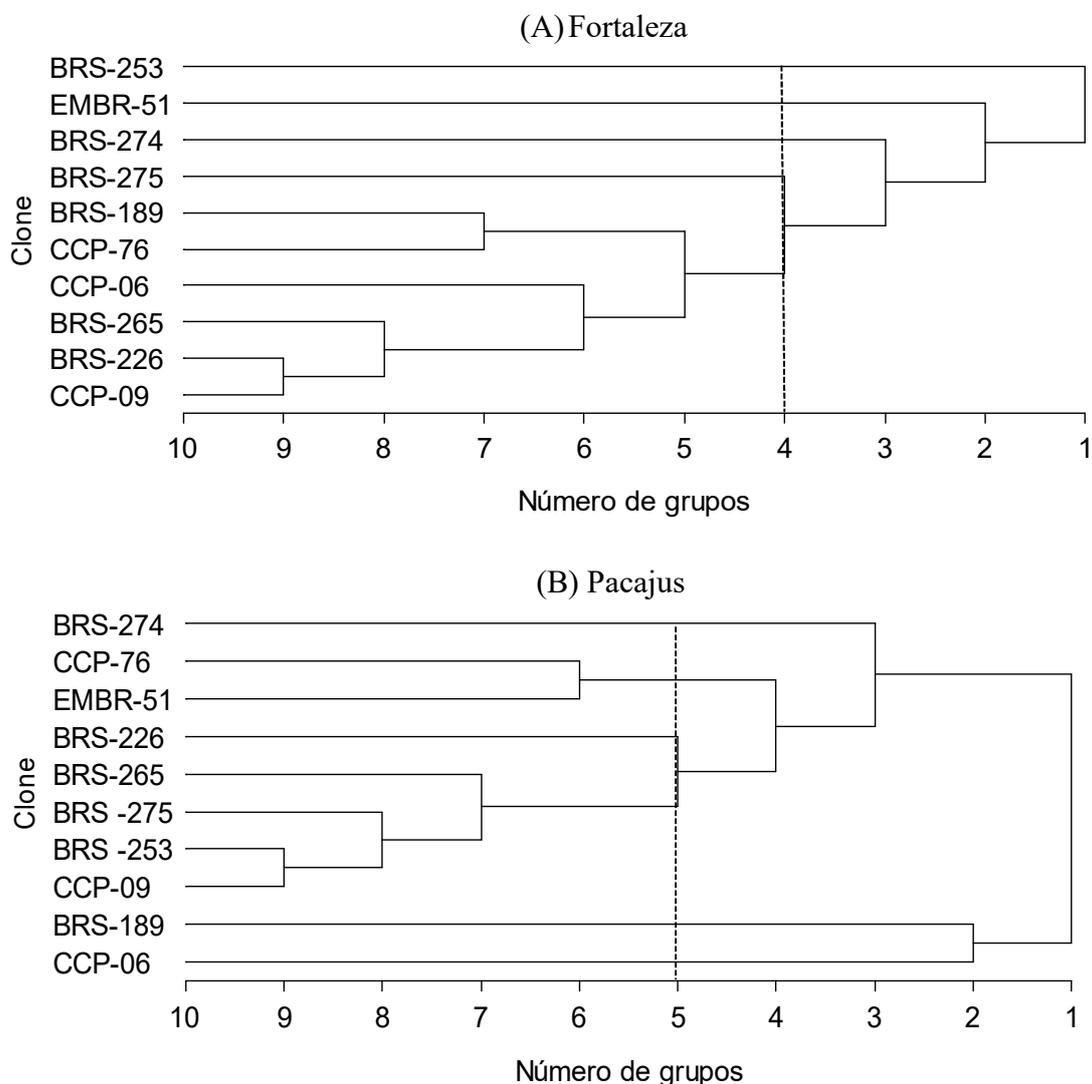
(*Phytophthora infestans*), comprovaram que essa estatística é um parâmetro apropriado para determinar grupos de acordo com suas características de similaridades.

Figura 3 - Resultados da RMSSTD (raiz quadrado do desvio padrão médio) em função do número de grupos formados a partir de dados de severidade de mudas de dez clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em reação ao oídio (*Pseudoidium. anacardii*) inoculados naturalmente, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza (A) e Pacajus (B), Ceará, 2014.



A similaridade entre as mudas de clones comerciais de cajueiro em relação à severidade do oídio por inoculação natural é ilustrada em dendrogramas para os dois ensaios (Figura 4). O ponto de corte nestes gráficos foi determinado pelo início da estabilização do índice RMSSTD em função do número ótimo de grupos.

Figura 4 - Similaridade entre mudas de clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) quanto à severidade do oídio (*Pseudoidium anacardii*) por inoculação natural, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza (A) e Pacajus (B), Ceará, 2014.



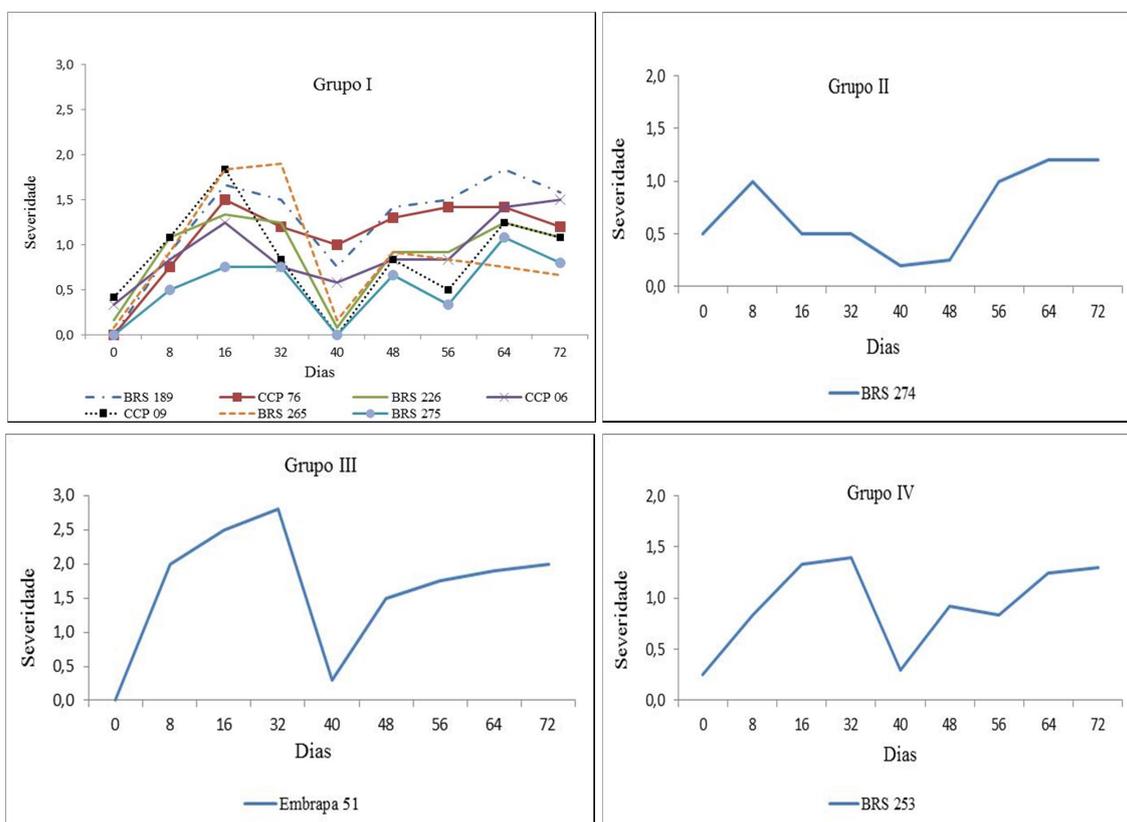
Os grupos de clones de cajueiro elaborados por meio do dendrograma foram: no ensaio de Fortaleza: grupo I (BRS 226, BRS 275, BRS 265, BRS 189, CCP 76, CCP 06 e CCP 09), grupo II (BRS 274), grupo III (EMBRAPA 51) e grupo IV (BRS 253); no ensaio de Pacajus: grupo I (BRS 253, CCP 09; BRS 275, BRS 226, BRS 265); grupo II (CCP 76, Embrapa 51); grupo III (BRS 274); grupo IV (BRS 189) e grupo V (CCP 06). A utilização do dendrograma para outros patossistemas foram demonstradas por Azevedo *et al.* (2012) que explicaram o comportamento de 42 acessos, e dividiram em seis grupos, enquanto Fiorini *et al.* (2010) descreveram o comportamento de 27 acessos de tomateiro de resistência à requeima (*Phytophthora infestans*), em oito grupos e

Laurindo *et al.* (2015) verificaram a seleção de 134 acessos de tomateiro resistentes à pinta-preta (*Alternaria tomatophila*), em 24 grupos.

Na formação dos grupos de clones pertencentes a cada local, constatou-se que as características de similaridades entre clones proporcionou melhor visualização e interpretação dos dados, possibilitando identificar quais clones foram mais resistentes ou suscetíveis ao oídio nos ensaios. Nesses locais, os clones CCP 09, BRS 265, BRS 226 e BRS 275 apresentaram-se nos mesmos grupos nos dois locais. Isto ocorreu pelas similaridades entre clones, ocasionando o mesmo comportamento dos clones na reação ao patógeno. Outra informação a ser considerada, foi que o clone BRS 274 apresentou-se num grupo isolado na formação dos grupos nos experimentos.

A evolução temporal da severidade do oídio dos perfis similares dos grupos de clones formados a partir do ensaio conduzido em Fortaleza pela utilização de mudas dos clones comerciais de cajueiro por inoculação natural de oídio é demonstrada através das curvas de progresso da doença em função dos dias avaliados (Figura 5).

Figura 5 - Evolução temporal da severidade do oídio (*Pseudoidium anacardii*) das mudas dos clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) dos grupos formados a partir de análise de agrupamentos do ensaio conduzido em Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, Ceará, 2014.



Nesse ensaio, dos clones que compõem o grupo I (BRS 226, BRS 275, BRS 265, BRS 189, CCP 76, CCP 06 e CCP 09), os clones BRS 189 e CCP 76 foram os que mostraram maior evolução da doença, tendo um declínio aos 40 dias, quando se avaliaram novas folhas que estavam nas proximidades e em seguida a severidade da doença cresceu e aos 72 dias a nota apresentou-se na escala dois. De uma forma geral, os clones desse grupo apresentaram no final das avaliações nota de severidade na escala dois, evidenciando nível baixo de doença nas folhas dos clones representando de 11 a 25% da área foliar infectada pelo patógeno.

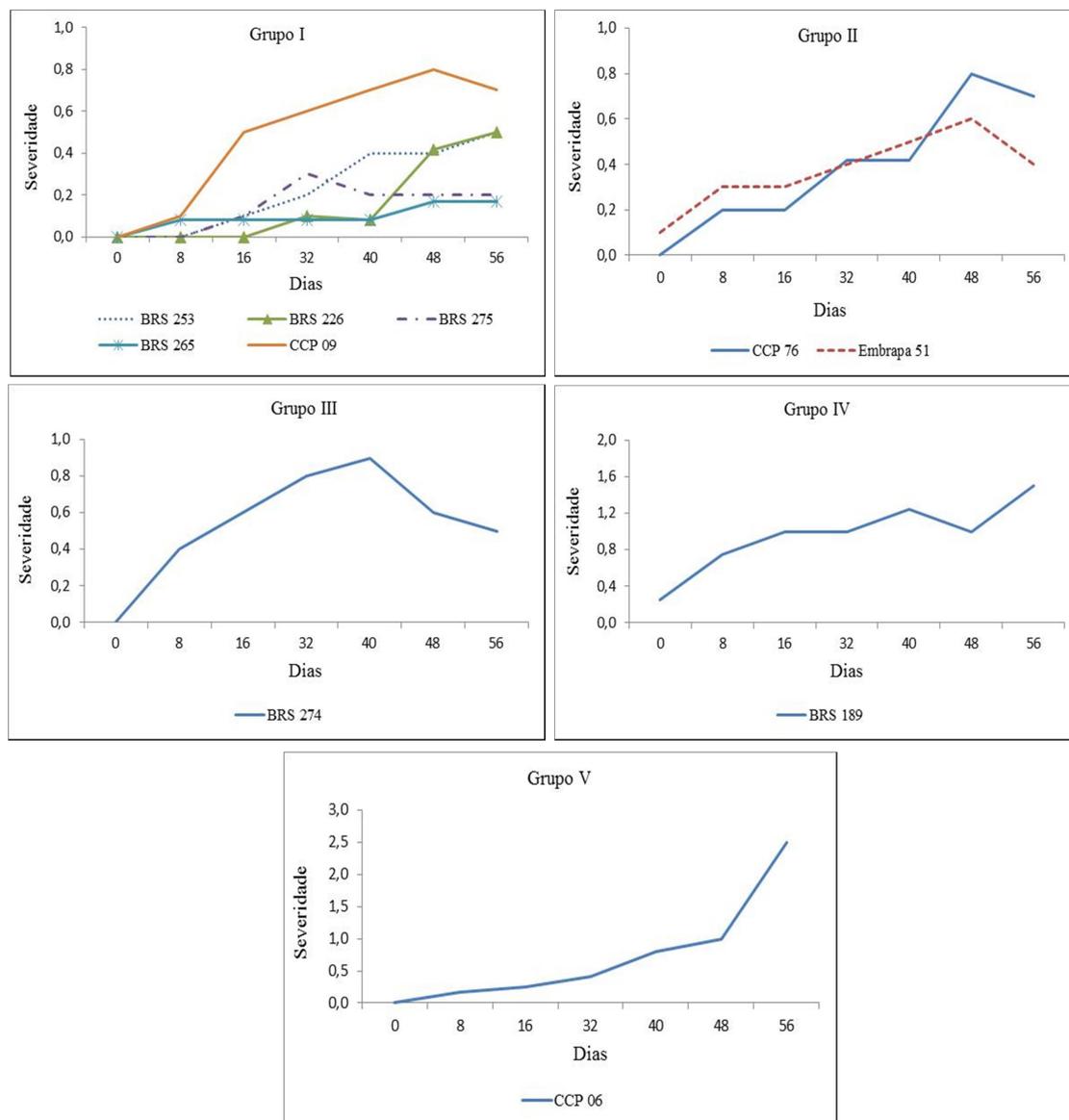
Os clones que constituem os grupos II (BRS 274), III (EMBRAPA 51) e IV (BRS 253) também apresentaram mudanças na severidade da doença durante os dias de avaliações, no entanto, o clone Embrapa 51 foi o que demonstrou maior crescimento na severidade da doença, com nota na escala três no final, representando crescimento de 26 a 50% da área foliar do clone infectada pelas estruturas do oídio. Já, o clone BRS 253 até os 32 dias apresentou curva de progresso da doença crescente com nota de severidade entre um e dois. Quando se avaliou novas folhas, ocorreu decréscimo na severidade, sendo que, no final a nota foi equivalente a um, significando até 10% da área foliar infectada pelo o fungo.

Na figura 6, consta a evolução temporal da severidade do oídio dos perfis similares dos grupos de clones de cajueiro formados pela análise de agrupamento do ensaio em Pacajus em função dos dias avaliados.

Em Pacajus, o grupo I (BRS 253, CCP 09; BRS 275, BRS 226, BRS 265) foi o que apresentou maior número de clones por características de similaridades. Esses clones tiveram curvas de progresso da doença crescente com pequenas reduções durante o período do ensaio e todos os clones apresentaram notas de severidade da doença na escala um. Os clones dos grupos II (CCP 76, Embrapa 51) e III (BRS 274) tiveram o mesmo comportamento na reação ao patógeno com nota de severidade na escala um durante todas as avaliações.

Os clones dos grupos IV (BRS 189) e V (CCP 06) apresentaram maior crescimento da severidade da doença, sendo que no final das avaliações a nota de severidade foi equivalente a dois para o clone BRS 189 e de três para o CCP 06. Considerando o clone do grupo V como o mais suscetível ao oídio nesse ensaio.

Figura 6 - Evolução temporal da severidade do oídio (*Pseudoidium anacardii*) das mudas dos clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) dos grupos formados a partir de análise de agrupamentos do ensaio conduzido em Pacajus, Embrapa Agroindústria Tropical, Ceará, 2014.



Comparando os grupos de clones do estudo realizado em Fortaleza e Pacajus, observou-se que os clones apresentaram comportamento diferenciado com relação à evolução temporal da doença. Em Fortaleza, o clone do grupo III foi o que mostrou maior crescimento da doença, sendo considerado o mais suscetível ao oídio neste ensaio. Enquanto, os clones dos grupos II e IV foram os que apresentaram menor progresso da doença sendo os mais resistentes. Para Pacajus, o clone do grupo V foi que apresentou maior evolução temporal da doença, consequentemente, foi considerado o

mais suscetível ao patógeno. Os clones dos grupos I, II, III e IV foram os que demonstraram menor desenvolvimento da doença. Já, o clone BRS 274 comportou-se como resistente ao oídio nos dois locais apresentando menor curva de progresso da doença.

Na seleção precoce de genótipos de cajueiro por inoculação natural de oídio nas mudas de dez clones comerciais de cajueiro dos ensaios desenvolvidos em Fortaleza e Pacajus, pode-se comprovar que a doença permaneceu no nível baixo de evolução do fungo, ou seja, apresentou-se abaixo de 50% da área foliar infectada pelas estruturas do patógeno, fato esse constatado pela utilização da escala descritiva de severidade do oídio de Cardoso *et al.* (2012). Esse evento ocorreu possivelmente pelas variações de temperatura e umidade relativa (Figura 2) de cada ensaio, que podem ter influenciado na germinação e no crescimento do fungo no órgão da planta infectada ou na fonte de inóculo adotada.

As curvas de progresso da doença para os clones de cada grupo tiveram por finalidade verificar o comportamento dos clones na reação ao oídio em cada cidade avaliada e assim possibilitou identificar quais clones foram mais resistentes ou suscetíveis ao patógeno. Esse tipo de análise foi notável, já que, segundo Azevedo *et al.* (2012) a curva de progresso da doença retrata a evolução da severidade da doença em função do tempo proporcionando a identificação de clones resistentes a patógenos. Fiorini *et al.* (2010) afirmaram que essas curvas representam todas as interações que acontecem entre patógeno e hospedeiro, sobre interferência do ambiente, e uma vez agrupadas as curvas similares, a representação gráfica das curvas de progresso torna-se mais clara e permite auxiliar na seleção dos melhores genótipos.

No teste de inoculação natural de oídio, os clones que são considerados como suscetíveis em observações de infecção do patógeno em inflorescência, como os clones CCP 76, BRS 265, CCP 09, EMBRAPA 51 e BRS 189, comportaram-se de maneira diferente durante a inoculação natural das mudas nos ensaios. Como as mudas raramente emitem inflorescência resta, portanto apenas as folhas para serem infectadas, porém, sabe-se que alguns clones têm as inflorescências como órgãos preferenciais de ocorrência, conseqüentemente nas folhas desses clones se observou baixa incidência da doença.

Nos ensaios o fungo desenvolveu suas estruturas somente em folhas, principalmente, para a maioria dos clones do ensaio conduzido em Fortaleza e, o fungo pouco se estabeleceu nas folhas das mudas na maior parte dos clones estudados em

Pacajus. Essa descoberta foi primordial, pois, dependendo do local em estudo, o fungo vai infectar determinado órgão da planta para manifestar os sintomas podendo o mesmo clone ser resistente ou suscetível ao patógeno o que vai variar é o órgão da planta infectado. Ademais, esses dados comprovam a “preferência” do patógeno por órgãos específicos.

Então, levanta-se a hipótese de que o patógeno possui formas variantes de manifestar os sintomas da doença, sendo que em alguns clones, o fungo se desenvolve em folhas e em outros clones em inflorescências tendo suas resistências ou suscetibilidades variáveis de acordo o tipo de órgão da planta que o patógeno se estabelece na relação patógeno hospedeiro. Esse evento possivelmente ocorreu por influência das fontes de inóculos que foram diferentes nos locais estudados, pela preferência do patógeno de infectar apenas determinados órgãos das plantas, época propícia para o desenvolvimento da doença e por fatores ambientais de cada local. Cardoso *et al.* (2012) reportam que o oídio manifesta seus sintomas em vários órgãos das plantas de cajueiro, como, nas folhas, nos tecidos juvenis, nas inflorescências, nos pedúnculos e nos frutos, causando abortamento de flores, deformações, rachaduras e varíolas nos pedúnculos e frutos.

Método análogo de inoculação natural com oídio em mudas já foi aplicado por Sholberg *et al.* (2000) com o oídio da maçã (*Podosphaera leucotricha*). Os autores relatam que essa técnica empregando cultivares de maçãs enxertadas sujeitas à inoculação natural, possibilitou identificar cultivares resistentes e suscetíveis ao oídio, ressaltando que a vantagem dessa metodologia é a de fornecer informações confiáveis em avaliações de métodos de manejo de doenças. Os autores informam ainda, que essa técnica pode prover informações mais confiáveis se as cultivares em teste forem avaliadas durante um período superior a um ano e em locais diferentes na mesma época de avaliação. Valeriano (2013) desenvolveu uma escala diagramática e examinou a reação de mudas de clones de eucalipto por inoculação natural em casa de vegetação, e concluiu que esse método difunde a possibilidade de verificar a reação entre os clones de eucalipto ao oídio.

A metodologia testada foi considerável, podendo ser uma possibilidade de utilizar esse método para a seleção precoce de mudas de clones de cajueiro resistentes ou suscetíveis ao patógeno em viveiro ou jardins clonais de produção de mudas evitando, dessa forma, a propagação e o estabelecimento da doença no campo.

Assim, pode se constatar que essa metodologia foi válida para reação dos clones em que as estruturas do patógeno se desenvolveram em folhas. Como sugestão para novas pesquisas que forem utilizar essa metodologia, precisa-se padronizar a fonte de inóculo, estudar os fatores ambientais principalmente temperatura e umidade relativa, as formas variantes do patógeno e a época que propicia a fonte de inóculo.

3.3 Comparação da AACPD entre grupos das mudas dos clones de cajueiro

Nas estimativas dos contrastes para a AACPD entre os grupos de clones avaliados em Fortaleza constatou-se que não houve diferença significativa (Tabela 1), sugerindo que esses clones possuem similaridade na reação ao patógeno.

Tabela 1 - Estimativas dos contrastes da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) dos grupos formados na análise de agrupamento, da reação de mudas de clones de comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) ao oídio (*Pseudoidium anacardii*), Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, 2014.

Fortaleza - 2014			
Grupo/Grupo*	Grupo II	Grupo III	Grupo IV
Grupo I	2,28 (0,8243)	15,38 (0,1363)	9,95 (0,3343)
Grupo II		17,66 (0,1956)	7,66 (0,5736)
Grupo III			25,33 (0,0641)

Grupo I: BRS 226, CCP 09; BRS 265, BRS 189; CCP 76; CCP 06; BRS 275; **Grupo II:** BRS 274; **Grupo III:** EMBRAPA 51; **Grupo IV:** BRS 253.

*Contraste realizado pelo teste *t* a 5% de probabilidade

No contraste entre os grupos III e IV apresentou maior AACPD. Isso ocorreu por que o grupo III (EMBRAPA 51) apresentou maior curva de progresso da doença nesse estudo (Figura 4). No entanto, o contraste entre o grupo I com o grupo II mostrou-se com menor AACPD, isto foi possível em razão dos clones que compõem estes grupos mostrarem semelhança na severidade e por apresentarem proximidade no valor da AACPD.

Nas comparações da AACPD entre os grupos de clones estudados em Pacajus, evidenciou-se que houve diferença significativa a 5% de probabilidade (Tabela 2). Os

contrastes entre grupo I com o grupo V e do grupo III com o grupo IV não foram significativos e apresentaram menor AACPD, em virtude dos clones terem expressado semelhança no valor da AACPD e na reação ao oídio.

Tabela 2 - Estimativas dos contrastes da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) dos grupos formados na análise de agrupamento, da reação de mudas de clones de comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) ao oídio (*Pseudoidium anacardii*), Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, 2014.

Pacajus - 2014				
Grupo/Grupo*	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Grupo V
Grupo I	12,10 (<0,0001)	7,46 (0,0402)	7,46 (0,0402)	5,20 (0,1513)
Grupo II		31,66 (<0,0001)	31,66 (<0,0001)	19,00 (<0,0001)
Grupo III			2,93 (1,0000)	12,66 (0,0073)
Grupo IV				12,66 (0,0073)

Grupo I: BRS 253, CCP 09; BRS 275, BRS 226, BRS 265; **Grupo II:** CCP 76, Embrapa 51; **Grupo III:** BRS 274; **Grupo IV:** BRS 189; **Grupo V:** CCP 06.

*Contraste realizado pelo teste *t* a 5% de probabilidade

Nos contrastes entre o grupo II com o grupo III e grupo II com o grupo IV demonstraram maior valor da AACPD e foram significativos ($p \leq 0,05$), possivelmente pelo fato dos clones que pertencem a esses grupos possuírem em seus metabolismos características diferentes na reação ao patógeno decorrente da existência de clones suscetíveis e resistentes.

Os grupos formados nos dois locais pelo o clone BRS 274 apresentou o mesmo comportamento de reação ao oídio nas folhas das mudas dos clones de cajueiro, ou seja, mostrou menor AACPD nas comparações dos contrastes entre os grupos, significando que esse clone foi o mais resistente ao patógeno para os estudos de inoculação natural de oídio dos ensaios em Fortaleza e Pacajus. Diante dessa informação, consta-se que o BRS 274 possui resistência ao oídio em diferentes órgãos das plantas do cajueiro.

Nas mudas dos clones do estudo em Fortaleza, reagiram de forma similar ao oídio para AACPD, mostrando que esses clones possuíram severidades semelhantes durante todo o ensaio. Já para os clones do ensaio de Pacajus mostraram distinção na AACPD na reação ao patógeno. Essa diferenciação na AACPD foi importante por que

evidenciou definir quais clones foram resistentes, tolerantes ou suscetíveis ao fungo em cada local. Diante disso, levanta-se a hipótese de que o fungo possui diferenças no processo de infecção em relação aos clones, dependente do microambiente (órgão da planta) e dos fatores ambientais de cada local.

3.4 Comparação da AACPD entre as mudas dos clones de cajueiro.

Na determinação dos contrastes para AACPD entre as mudas dos clones de cajueiro em Fortaleza, notou-se que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) (Tabela 1). Os contrastes entre o clone BRS 189 com os clones BRS 226, BRS 253, BRS 265, CCP 06, CCP 76 e EMBRAPA 51 comportaram-se como significativos a 5% de probabilidade. Nas comparações entre os clones BRS 226 e BRS 274, BRS 226 e EMBRAPA 51, BRS 226 e BRS 275, BRS 253 e EMBRAPA 51, BRS 265 e BRS 275, BRS 274 e CCP 09, BRS 274 e EMBRAPA 51, BRS 275 e CCP 76, BRS 275 e EMBRAPA 51, CCP 09 e EMBRAPA 51 e CCP 76 e EMBRAPA 51 também foram significativos ($p \leq 0,05$) apresentando diferença na AACPD, logo, possuem comportamentos diferenciados entre os clones na reação ao ataque do patógeno.

O contraste entre os clones BRS 189 e EMBRAPA 51 apresentaram maior valor da AACPD, podendo considerar que existiu diferença entre os clones. A menor AACPD foi apresentada pelo contraste entre os clones BRS 253 e CCP 09 mostrando que houve similaridade na severidade da doença. Outros contrastes entre os clones BRS 226 e BRS 265, BRS 235 e CCP 09 e CCP 06 e CCP 09 também mostraram esse mesmo comportamento no valor da AACPD.

No estudo em Pacajus, as comparações para AACPD entre os clones de cajueiro possibilitou verificar que houve diferença significativa a 5% de probabilidade (Tabela 4). Nas comparações entre o clone BRS 189 com os BRS 253, BRS 275, CCP 06, CCP 76, entre o clone BRS 226 com os clones BRS 253, BRS 275, CCP 06, CCP 76, EMBRAPA 51, BRS 265, BRS 274, BRS 275, CCP 09, CCP 76, EMBRAPA 51, entre o clone BRS 265 com os clones BRS 275 e CCP 06, entre o BRS 274 com os clones BRS 275 e CCP 06, entre o CCP 09 com os clones CCP 76 e EMBRAPA 51, CCP 06 com os clones CCP 09 e CCP 76 e entre CCP 06 com EMBRAPA 51 foram significativos mostrando que esses clones são diferentes na AACPD. O contraste entre os clones BRS 226 com o BRS 253 apresentou maior AACPD, demonstrando que esses clones são diferentes na AACPD e na reação ao patógeno.

O contraste entre o clone BRS 189 com o CCP 09 foi o que apresentou menor AACPD e entre os clones BRS 265 e BRS 274 apresentaram comportamento semelhante no valor da AACPD, portanto, esses clones são similares na reação ao oídio. O clone BRS 274 apresentou-se como resistente ao oídio nos dois ensaios, pois, na comparação dos contrastes entre esse clone e a maior parte dos demais mostrou baixa AACPD.

A utilização da AACPD para verificar a reação dos clones de cajueiro ao oídio representou a sumarização dos dados de severidade da epidemia no decorrer do período de avaliação (MIRANDA, 2004) dos ensaios conduzidos em Fortaleza e Pacajus. As mudas dos clones tiveram comportamento diferenciado durante a inoculação natural de oídio de um local para o outro. Várias situações podem ser consideradas para esse fato, porém a que melhor explica é a fonte primária de inóculo em cada local. Em Fortaleza, as mudas foram dispostas abaixo de planta adulta do clone CCP 76 e enquanto que, em Pacajus sob a copa do cajueiro comum C1PO, essas fontes primárias de inóculo são suscetíveis ao patógeno. A utilização dessas fontes pode ter influenciado na reação dos clones ao patógeno durante o processo de inoculação natural em cada local.

Portanto, para se verificar o comportamento consistente dos clones em relação às fontes primárias de inóculos seria a padronização, ou seja, empregar clones suscetíveis ao patógeno. Além disso, também se devem estudar os fatores ambientais de cada local que possivelmente poderam vir a influenciar na evolução da doença. Pesquisas posteriores devem ser conduzidas utilizando clones mais suscetíveis ao patógeno como fonte primária de inóculo e na época mais vulnerável à ocorrência da doença.

Tabela 3 - Estimativas de contrastes e respectivos níveis de significância nominal (entre parênteses), da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em mudas de clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) por infestação natural, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, 2014.

Clone/clone*	Fortaleza- 2014								
	BRS-226	BRS-253	BRS -265	BRS -274	BRS -275	CCP -06	CCP 09	CCP -76	EMBR -51
BRS -189	49,33 (0,0004)	29,33 (0,0323)	46,66 (0,0007)	21,33 (0,1185)	5,00 (0,7135)	29,00 (0,0343)	26,33 (0,0544)	37,66 (0,0062)	71,33 (0,0001)
BRS -226		20,00 (0,1431)	2,66 (0,8448)	28,00 (0,0409)	44,33 (0,0013)	20,33 (0,0925)	23,00 (0,0925)	11,66 (0,3921)	42,00 (0,0023)
BRS -253			17,33 (0,2041)	8,00 (0,5571)	24,33 (0,0752)	0,33 (0,9805)	3,00 (0,8256)	8,33 (0,5408)	42,00 (0,0023)
BRS -265				25,33 (0,0641)	41,66 (0,0025)	17,66 (0,1956)	20,33 (0,1366)	9,00 (0,5089)	24,66 (0,0714)
BRS -274					16,33 (0,2313)	7,66 (0,5736)	37,00 (0,0018)	16,33 (0,2313)	50,00 (0,0003)
BRS -275						24,00 (0,0793)	21,33 (0,1185)	32,66 (0,0173)	66,33 (0,0001)
CCP -06							2,66 (0,8448)	8,66 (0,5247)	20,00 (0,1431)
CCP 09								11,33 (0,4057)	45,00 (0,0011)
CCP -76									33,66 (0,0142)

*Contraste realizado pelo teste *t* a 5% de probabilidade

Tabela 4 - Estimativas de contrastes e respectivos níveis de significância nominal (entre parênteses), da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em mudas de clones comerciais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) por infestação natural, Campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus, Ceará, 2014.

Clone/clone*	Pacajus - 2014								
	BRS -226	BRS -253	BRS -265	BRS -274	BRS -275	CCP -06	CCP -09	CCP -76	EMBR -51
BRS -189	1,33 (0,8494)	41,66 (<0,0001)	3,00 (0,6692)	3,33 (0,6350)	18,33 (0,0099)	28,33 (<0,0001)	113E-16 (1,0000)	14,00 (0,0477)	12,66 (0,0728)
BRS-226		43,00 (<0,0001)	4,33 (0,5373)	4,66 (0,5065)	16,66 (0,0057)	29,66 (<0,0001)	1,33 (0,8494)	15,33 (0,0303)	14,00 (0,0477)
BRS- 253			38,66 (<0,0001)	38,33 (<0,0001)	23,33 (0,0011)	13,33 (0,0591)	41,66 (<0,0001)	27,66 (0,0001)	29,00 (0,0001)
BRS -265				0,33 (0,9621)	15,33 (0,0303)	25,33 (0,0004)	3,00 (0,6692)	11,00 (0,1187)	9,66 (0,1700)
BRS -274					15,00 (0,0341)	25,00 (0,0005)	3,33 (0,6350)	10,66 (0,1302)	9,33 (0,1302)
BRS -275						10,00	18,33 (0,0099)	4,33 (0,5373)	5,66 (0,4201)
CCP -06							28,33 (<0,0001)	14,33 (0,0427)	15,66 (0,0270)
CCP 09								14,00 (0,0477)	12,66 (0,0728)
CCP -76									1,33 (0,8494)

*Contraste realizado pelo teste *t* a 5% de probabilidade

4 CONCLUSÕES

O método de inoculação natural usando mudas colocadas sob a copa de cajueiros infectados é efetivo para o cajueiro quanto à reação ao oídio nas folhas.

A fonte primária de inóculo influencia na reação do cajueiro ao oídio.

O clone BRS 274 é resistente ao oídio nos diferentes órgãos da planta de cajueiro.

A área abaixo da curva de progresso da doença evidencia diferenças entre as mudas dos clones de cajueiro na reação ao oídio.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. S.; CARDOSO, J. E.; SILVA, L. G. C.; LIMA, J. S. Interação das condições edafoclimáticas com a resinose do cajueiro. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.16; p.1320-1345, 2013.

AZEVEDO, C. F.; SILVA, F. F.; RIBEIRO, N. B.; SILVA, D. J. H.; CECON, P. R.; BARILI, L. D.; PINHEIRO, V. R. Classificação multivariada de curvas de progresso da requieima do tomateiro entre acessos do Banco de Germoplasma de Hortaliças da UFV. **Ciência Rural**, v.42, n.3, 2012.

AQUINO, A. R. L.; OLIVEIRA, F. N. S.; ROSSETTI, A. G.; LEAL, T. C. A. B. **Levantamento de plantas daninhas na cultura do cajueiro nos Baixões Agrícolas Piauienses**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p.6, 2003 (Comunicado Técnico, 89).

BEDENDO, I. P. **Oídios**. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. Manual de Fitopatologia. São Paulo: Ed. Ceres, v.1, p. 866 - 871. 1995.

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

CECON, P. R.; SILVA, F. F.; FERREIRA, A.; FERRÃO, R. G.; CARNEIRO, A. P. S.; DETMANN, E.; FARIA, P. N.; MORAIS, T. S. S. Análise de medidas repetidas na avaliação de clones de café 'Conilon'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1171-1176, 2008.

CYSNE, A. Q. **Epidemiologia comparativa da resinose (*Lasiodiplodia theobromae*) do cajueiro em pomares comerciais no semiárido nordestino**. 2009. 69f. Dissertação (Agronomia área de concentração em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, 2009.

CECON, P. R.; SILVA, F. F.; FERREIRA, A.; FERRÃO, R. G.; CARNEIRO, A. P. S.; DETMANN, E.; FARIA, P. N.; MORAIS, T. S. S. Análise de medidas repetidas na avaliação de clones de café 'Conilon'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1171-1176, 2008.

CARDOSO, J. E. ; FREIRE, F. C. O. **Identificação e manejo das principais doenças**. In: MELO, Q. M. S. (Org.). Caju-Fitossanidade. ed. 1, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.41-51, 2002.

CARDOSO, J. E. **Manejo de doenças na cultura do cajueiro**. In.: MONTENEGRO, A. A. T.; SERRANO, L. A. L.; MESQUITA, A. L. M.; CARDOSO, J. E.; MOURA, C. F. H.; PESSOA, P. F. A. P. (Ed.) Plantio, manejo e comercialização da cultura do caju anão precoce. Fortaleza, CE: Instituto Frutal, 2011, p. 61-72.

CARDOSO, J. E., MARTINS, M. V. V., LIMA, J. S., VIANA, F. M. P., SILVA, L. G. C. **Controle Químico do Oídio do Cajueiro**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2012, p.4 (Comunicado Técnico, 196).

CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P.; FREIRE, F. C. O.; MARTINS, M. V. V. Doenças do cajueiro. In.: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.) **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, 2013, parte 3, cap. 2, p. 217-238.

FARIA, P. N.; CECON, P. R.; SILVA, A. R.; FINGER, F. L.; SILVA, F. F.; CRUZ, C. D.; SÁVIO, F. L. Métodos de agrupamento em estudo de divergência genética de pimentas. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p.428-432, 2012.

FERREIRA, F. A. Eucalipto (*Eucalyptus* spp.): controle de doenças. In: VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**: Vicososa: Universidade Federal de Vicososa, v.2, p.925-951, 1997.

FREIRE, F. C. O.; VIANA, F. M. P. **Oídios de fruteiras Tropicais**. In: STADNIK, M.J.; RIVERA, M. C. (Ed.). **Oídios**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2001, p. 323-334.

FIORINI, C. V. A.; SILVA, D. J. H.; SILVA, F. F.; MIZUBUTI, E. S. G.; ALVES, D. P.; CARDOSO, T. S. Agrupamento de curvas de progresso de requeima, em tomateiro originado de cruzamento interespecífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.10, p.1095-1101, 2010.

FIORINI C. V. A.; SILVA, D. J. H.; MIZUBUTI, E. S. G.; BARROS, J. S.; SILVA, L. J.; MILAGRES, C.; ZAPAROLI, M. R. Caracterização de linhagens de tomateiro originadas de cruzamento interespecífico quanto à resistência à requeima. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.197-202, 2010.

HICKEY, K. D.; YODER, K. S. Powdery mildew. In: JONES, A. L.; ALDWINCKLE, H. S. Eds. **Compendium of apple and pear diseases**. APS Press, St. Paul, MN, p.9-10, 1990.

KHATTREE, R.; NAIK, D.N. **Multivariate data reduction and discrimination with SAS software**. Cary: SAS Institute, 574p, 2000.

LAURINDO, B. S.; LAURINDO, R. D. F.; AZEVEDO, A. M.; NICK, C.; SILVA, D. J. H.; MIZUBUTI, E. S. G. Seleção de acessos de tomateiro resistentes à pinta-preta pela análise de agrupamento das curvas de progresso da doença. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.2, p.106-114, 2015.

LIU, Y.; LI, Z.; XIONG, H.; GAO, X.; WU, J.; WU, S. Understanding and enhancement of internal clustering validation measures. **IEEE Transactions on Cybernetics**, v.43, p.982-993, 2013.

MARTINS, A. N.; SILVEIRA, A. P.; SALES, S. L. T. B. Manejo de doenças de seringueira em viveiro. **Pesquisa e Tecnologia**, v. 11, n. 1, p.5, 2014.

MIRANDA, J. F. **Reação de variedades de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) a bacteriose causada por *Xanthomonas campestris* pv. *Passiflorae***. 2004. 48 f. (Dissertação em Fitopatologia). Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2004.

MUCCI, E. S. F.; PITTA, G. P. S.; YOKOMIZO, N. K. S. **O Oídio em mudas de eucalipto**. São Paulo. Instituto Florestal/Instituto Biológico, 1980. (Mimeografado)

PUIATTI, G.A.; CECON, P.R.; NASCIMENTO, M.; PUIATTI, M.; FINGER, F.L.; SILVA, A.R. da; NASCIMENTO, A.C.C. Análise de agrupamento em seleção de modelos de regressão não lineares para descrever o acúmulo de matéria seca em plantas de alho. **Revista Brasileira de Biometria**, v.31, p.337-351, 2013.

SAS - Institute Inc. **SAS/STAT user's guide / Version 9.2**. SAS Institute Inc., Cary, NC, 2008.

SERRANO, L. A. L.; VIDAL NETO, F. C.; MELO, D. S.; CARDOSO, J. E. **Influência do oídio nas castanhas de diferentes genótipos de cajueiro**. Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, Ceará, Brazil. 2013 22p (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 76).

SHARMA, S. **Applied multivariate techniques**. NewYork: John Wiley e Sons. 493p, 1996.

SHOLBERG, P. L.; LANE, W. D.; HAAG, P.; BEDFORD, K.; LASHUK, L. A novel technique for evaluation of apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars for susceptibility to powdery mildew. **Agriculture and Agri-Food Canada**, p.289-296, 2000.

VALERIANO, R. **Escala diagramática e reação diferencial de clones para oídio do eucalipto**. 2013. 53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia área de concentração Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, 2013.