



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

JOILSON SILVA LIMA

EPIDEMIOLOGIA QUANTITATIVA DO OÍDIO DO CAJUEIRO
NO CLONE BRS 189

FORTALEZA

2017

JOILSON SILVA LIMA

EPIDEMIOLOGIA QUANTITATIVA DO OÍDIO DO CAJUEIRO
NO CLONE BRS 189

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Orientador: Prof. PhD. José Emilson Cardoso

Coorientador: Dr. Marlon Vagner Valentim Martins

FORTALEZA

2017

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)

- L698e Lima, Joilson Silva.
Epidemiologia quantitativa do oídio do cajueiro no clone BRS 189 / Joilson Silva Lima. – 2017.
82 f. : il.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. José Emilson Cardoso.
Coorientação: Prof. Dr. Marlon Vagner Valentim Martins.
1. *Anacardium occidentale*. 2. *Pseudoidium anacardii*. 3. Severidade. 4. Acurácia. I. Título.
- CDD 630
-

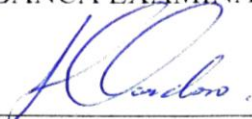
JOILSON SILVA LIMA

EPIDEMIOLOGIA QUANTITATIVA DO OÍDIO DO CAJUEIRO
NO CLONE BRS 189

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Aprovada em: 31 / 01 / 2017.

BANCA EXAMINADORA



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



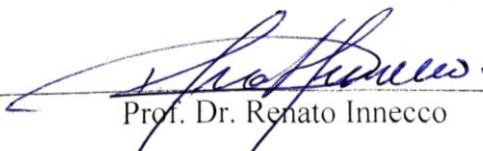
Dr. Marlon Wagner Valentim Martins (Coorientador)
Embrapa Agroindústria Tropical (Embrapa)



Dr. Francisco Marto Pinto Viana
Embrapa Agroindústria Tropical (Embrapa)



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



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

A Deus.

Aos meus pais, João dos Reis e Antonia da Costa.

Aos meus irmãos, Joel e Joilda.

À minha esposa, Elza.

À minha tia, Diva.

Ao meu filho, João Neto.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua bondade e generosidade, por ter me transmitido força e coragem, principalmente nos momentos mais difíceis de minha jornada.

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de ter estado no Curso de Doutorado em Agronomia/Fitotecnia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

À Embrapa Agroindústria Tropical, por ter fornecido todas as condições para que este trabalho pudesse ser realizado.

Ao Dr. José Emilson Cardoso, pela orientação, amizade, confiança, ensinamentos e, sobretudo, pelo exemplo de profissionalismo, dedicação, caráter e desprendimento.

Ao Dr. Marlon Vagner Valentim Martins, pela coorientação, amizade, precioso apoio, conselhos e incentivo.

Ao Dr. Francisco Marto Pinto Viana, pela amizade, apoio, ensinamentos e disponibilidade.

Ao Prof. Dr. Márcio Cléber de Medeiros Corrêa pela colaboração para a conclusão deste trabalho.

Ao Dr. Prof. Renato Innecco pela colaboração para a conclusão deste trabalho.

Ao Dr. Francisco das Chagas Oliveira Freire, pela amizade, apoio e incentivo.

À Francisca Samara, pela amizade, ajuda e disponibilidade.

Aos funcionários do Campo Experimental da Embrapa Pacajus.

A todos os amigos que estiveram conosco no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Agroindústria Tropical: Amanda, Aldiel, Bruna, Daniela, Edite, Edson, Ester, Fabio, Francisco, Glauber, Gustavo, Ingrid, Jaqueline, Kairo, Laís, Lívia, Márcio, Naide, Raiza, Rariérelle, Raul, Renato, Sergio, Suane, Thiago, Weverson e a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos os meus amigos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará.

A todos os professores e funcionário do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para que eu tenha concluído o Curso de Doutorado em Agronomia/Fitotecnia, na realização deste trabalho e que influenciaram positivamente na minha formação acadêmica.

“O sonho é que leva a gente para a frente. Se a gente for seguir a razão, fica aquietado, acomodado.”

(Ariano Suassuna)

RESUMO

O cajueiro (*Anacardium occidentale*) é uma das principais frutíferas cultivadas e adaptadas às regiões tropicais de clima semiárido do mundo. No entanto, apesar de sua rusticidade, é acometido por um grande número de doenças, principalmente causadas por fungos. Dentre essas, o oídio, causada por *Pseudoidium anacardii*, é atualmente a principal enfermidade dessa cultura, afetando folhas, inflorescências e frutos da planta. Devido à importância dessa doença, à carência na literatura de trabalhos detalhados que associem o efeito de *P. anacardii* à produtividade de *A. occidentale* e, ainda, à ausência de métodos padronizados para a quantificação da severidade da doença nesse patossistema, objetivou-se com o presente estudo determinar a relação entre a intensidade do oídio e a produção do clone de cajueiro anão BRS 189, elaborar e validar uma escala diagramática descritiva para a avaliação da severidade do oídio nesta planta. Para avaliar o efeito do oídio na produção do clone BRS 189, um experimento foi realizado em Pacajus, Ceará, com oito tratamentos (T1 - 0 g, T2 - 0,5 g, T3 - 1 g, T4 - 2 g, T5 - 3 g, T6 - 4 g, T7 - 5 g e T8 - 7 g de enxofre/L de água). Avaliou-se a severidade e a incidência do oídio nas plantas e esses dados foram relacionados com produção e características biométricas de frutos e de pseudofrutos. Uma escala diagramática descritiva com os níveis 0 (Nota 0), 5 (Nota 1), 17,5 (Nota 2), 37,5 (Nota 3), 62,5 (Nota 4) e 87,5% de área superficial lesionada (Nota 5) foi proposta, elaborada e testada para a acurácia, precisão e reprodutibilidade das estimativas de severidade do ataque do fungo em castanhas de cajueiro. A escala foi validada por vinte pessoas (dez com experiência e dez sem experiência) que utilizaram cinquenta castanhas com diferentes níveis de severidade. Os resultados mostraram que o oídio não afeta a produtividade de castanhas no clone BRS 189, mas ocasiona a redução da massa e tamanho das amêndoas, comprometendo também a massa, o tamanho e a qualidade de pedúnculos, inviabilizando a produção de caju de mesa quando o controle não é eficiente. Além disso, a escala diagramática descritiva proposta, mostrou ser de fácil utilização, e melhorou a acurácia, a precisão e a reprodutibilidade das estimativas, apresentando-se como uma excelente ferramenta em estudos epidemiológicos da doença, levantamento de campo, estudos de resistência e controle do oídio.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale*. *Pseudoidium anacardii*. Severidade. Acurácia.

ABSTRACT

The cashew (*Anacardium occidentale*) is one of the main fruit trees cultivated and adapted to semi-arid tropical regions of the world. However, despite its rusticity, cashew plant is affected by a large number of diseases, mainly caused by fungi. Among these, powdery mildew, caused by *Pseudoidium anacardii* is currently the main disease of this crop, affecting leaves, inflorescences, and fruits of the plant. Due to powdery mildew importance, the lack of detailed published studies which associate the effect of *P. anacardii* on the yield of *A. occidentale* and the absence of a standardized method to quantify severity in this pathosystem, the present study was developed to determine the relationship between the intensity of the powdery mildew and the cashew yield clone BRS 189, as well as to elaborate and validate a diagrammatic descriptive scale to evaluate powdery mildew severity. In order to evaluate the effect of powdery mildew on the clone BRS 189, an experiment was carried out in Pacajus, Ceará State, with eight treatments (T1 - 0 g, T2 - 0,5 g, T3 - 1 g, T4 - 2 g, T5 - 3 g, T6-4 g, T7-5 and T8-7 g enxofre/L water). The severity and incidence of powdery mildew was evaluated and data were correlated to the yield and biometric characteristics of fruits and pseudofruit (apples). On the other hand, the descriptive diagrammatic scale with levels 0 (Note 0), 5 (Note 1), 17.5 (Note 2), 37.5 (Note 3), 62.5 (Note 4) and 87.5% (5) was proposed, elaborated and tested for the accuracy, precision, and reproducibility of severity estimates of the disease on cashew fruits. The scale was validated by twenty persons (ten with experience and ten without experience) who used fifty nuts with different levels of severity. The results showed that the powdery mildew does not affect the nut yield in the cashew clone BRS 189, but causes a reduction in the weight and nut size, also compromising the weight, the size, and the quality of apples. In addition, the proposed scale proved to be easily used and improved the accuracy, precision and reproducibility, showing to be an excellent tool in epidemiological studies of the disease, field survey, resistance studies and control of the powdery mildew.

Keywords: *Anacardium occidentale*. *Pseudoidium anacardii*. Severity. Accuracy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO II - Danos do oídio no clone de cajueiro anão BRS 189.....	34
Figura 1 - Relação entre a severidade do oídio em panículas (SevPan) de cajueiro anão BRS 189 e o número de frutos produzidos por panícula (A), o número de castanhas produzidas por planta (B), e a produção (Kg) de castanhas/planta (C); Relação entre a área abaixo da curva de severidade do oídio em panículas (AACPSevPan) de cajueiro e o número de frutos produzidos/panícula (D), o número de castanhas produzidas/planta (E), e a produção (Kg) de castanhas/planta (F).....	44
Figura 2 - Relação entre a incidência do oídio em flores (IncFlor) de cajueiro anão BRS 189 e o número de frutos produzidos/panícula (A), o número de castanhas produzidas/planta (B), e a produção (Kg) de castanhas/planta (C); Relação entre a área abaixo da curva da incidência do oídio em flores (AACPIncFlor) de cajueiro e o número de frutos produzidos/panícula (D), o número de castanhas produzidas/planta (E), e a produção (Kg) de castanhas/planta (F).....	45
Figura 3 - Relação entre a incidência do oídio em frutos (IncFruto) de cajueiro anão BRS 189 (castanha+pedúnculo) e o número de frutos produzidos/panícula (A), o número de castanhas produzidas/planta (B), e a produção (Kg) de castanhas/planta (C).....	46
Figura 4 - Relação entre a severidade do oídio em castanhas (SevCast) de cajueiro anão BRS 189 e a massa da castanha (A), o comprimento da castanha (B), a largura da castanha (C), a espessura da castanha (D), a massa do epicarpo (E), e a massa da película (F).....	48
Figura 5 - Relação entre a severidade do oídio em castanhas (SevCast) de cajueiro anão BRS 189 e a massa da amêndoa (A), o comprimento da amêndoa (B), a largura da amêndoa (C), e a espessura da amêndoa (D).....	49
Figura 6 - Relação entre a severidade do oídio em pseudofrutos (SevPseud) de cajueiro anão BRS 189 e a massa do pseudofruto (A), o comprimento do pseudofruto (B), a largura do pseudofruto (C), e sólidos solúveis totais (SST) do pseudofruto (D).....	51
CAPÍTULO III - Elaboração e validação de escala diagramática descritiva para avaliação da severidade do oídio em castanhas de cajueiro.....	60

- Figura 1 - Escala diagramática descritiva para a avaliação do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em castanhas de cajueiro (*Anacardium occidentale*), indicando os seis níveis de severidade: Nota 0 (ausência de lesão na superfície da castanha); Nota 1 (até 10% da área da superfície lesionada); Nota 2 (entre 10 e 25% da área da superfície lesionada); Nota 3 (entre 25 e 50% da área da superfície lesionada); Nota 4 (entre 50 e 75% da área da superfície lesionada); Nota 5 (acima de 75% da área da superfície lesionada).....67
- Figura 2 - Relação entre severidade real (%) e severidade estimada (%) (pontos cheios) para o oídio (*Pseudoidium anacardii*) em castanhas de cajueiro (*Anacardium occidentale*) por vinte avaliadores, sendo dez com experiência [sem (As, Bs, Cs, Ds, Es, Fs, Gs, Hs, Is, Js) e com (Ac, Bc, Cc, Dc, Ec, Fc, Gc, Hc, Ic, Jc) o uso da escala proposta] e dez sem experiência [sem (Ks, Ls, Ms, Ns, Os, Ps, Qs, Rs, Ss, Ts) e com (Kc, Lc, Mc, Nc, Oc, Pc, Qc, Rc, Sc, Tc) o uso da escala proposta]. A linha pontilhada, traçada pelo uso dos valores de severidade reais, representa a situação ideal.....70
- Figura 3 - Erros absolutos (severidade real menos severidade estimada) das estimativas da severidade do para o oídio (*Pseudoidium anacardii*) em castanhas de cajueiro (*Anacardium occidentale*) por vinte avaliadores, sendo dez com experiência [sem (As, Bs, Cs, Ds, Es, Fs, Gs, Hs, Is, Js) e com (Ac, Bc, Cc, Dc, Ec, Fc, Gc, Hc, Ic, Jc) o uso da escala proposta] e dez sem experiência [sem (Ks, Ls, Ms, Ns, Os, Ps, Qs, Rs, Ss, Ts) e com (Kc, Lc, Mc, Nc, Oc, Pc, Qc, Rc, Sc, Tc) o uso da escala proposta].....73

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II - Danos do oídio no clone de cajueiro anão BRS 189.....	34
Tabela 1 - Efeito da dose de enxofre ¹ na incidência, severidade e AACPD ² do oídio em diferentes órgãos ³ de plantas do clone de cajueiro anão BRS 189.....	42
Tabela 2 - Coeficiente de correlação de Pearson para os valores médios das variáveis ¹ utilizadas para mensurar a agressividade do oídio em plantas de cajueiro anão BRS 189.....	53
CAPÍTULO III - Elaboração e validação de escala diagramática descritiva para avaliação da severidade do oídio em castanhas de cajueiro 60	
Tabela 1 – Estimativa do intercepto (<i>a</i>), do coeficiente angular da reta (<i>b</i>) e do coeficiente de determinação (<i>R</i> ²) de equações obtidos a partir da análise de regressão linear simples relacionado a severidade real (determinada eletronicamente com auxílio do programa Assess [®]) do oídio (<i>Pseudoidium anacardii</i>) em castanhas de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i>) e a severidade estimada visualmente por vinte avaliadores (dez experientes e dez inexperientes) sem e com o uso da escala diagramática descritiva proposta.....	69
Tabela 2 – Estimativa do coeficiente de determinação (<i>R</i> ²) de equações de regressão linear simples relacionando as estimativas do oídio (<i>Pseudoidium anacardii</i>) em castanhas de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i>) entre avaliadores experientes sem e com o auxílio da escala diagramática descritiva proposta.....	75
Tabela 3 – Estimativa do coeficiente de determinação (<i>R</i> ²) de equações de regressão linear simples relacionando as estimativas do oídio (<i>Pseudoidium anacardii</i>) em castanhas de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i>) entre avaliadores inexperientes sem e com o auxílio da escala diagramática descritiva proposta.	75
Tabela 4 – Estimativa do coeficiente de determinação (<i>R</i> ²) de equações de regressão linear simples relacionando as estimativas do oídio (<i>Pseudoidium anacardii</i>) em castanhas de cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i>) entre avaliadores experientes (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J) e inexperientes (K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T) sem e com o auxílio da escala diagramática descritiva proposta.....	76

SUMÁRIO

CAPÍTULO I: Considerações gerais.....	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 A cultura do cajueiro.....	15
2.2 O oídio do cajueiro	18
2.3 Danos causados pelo oídio.....	20
2.4 Quantificação de doenças de plantas	21
2.5 Escala diagramática	23
REFERÊNCIAS	26
CAPÍTULO II: Danos do oídio no clone de cajueiro anão BRS 189	34
RESUMO.....	35
ABSTRACT	36
1 INTRODUÇÃO	37
2 MATERIAL E MÉTODOS	38
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4 CONCLUSÕES.....	54
REFERÊNCIAS	55
CAPÍTULO III: Elaboração e validação de escala diagramática descritiva para avaliação da severidade do oídio em castanhas de cajueiro	60
RESUMO.....	61
ABSTRACT	62
1 INTRODUÇÃO	63
2 MATERIAL E MÉTODOS	65
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4 CONCLUSÕES.....	79
REFERÊNCIAS	80

CAPÍTULO I

Considerações gerais

1 INTRODUÇÃO

O cajueiro ocorre de maneira espontânea no Brasil, encontrando-se bastante concentrado principalmente na região Nordeste do país, onde apresenta uma enorme variabilidade, ocorrendo plantas com tamanhos diversos, folhas e frutos com uma grande variação no tamanho e também na coloração. Daí a provável associação de origem desta planta ao Brasil, assegurada por diversos pesquisadores.

A partir da década de 1970, ocorreu uma grande expansão da cajucultura no Nordeste do Brasil. Incentivos do governo possibilitaram a ocupação de grandes áreas de terra por esta frutífera, sendo possível encontrar, atualmente, propriedades com mais de 25 mil hectares ocupadas apenas com o cajueiro.

A expansão das áreas de cajueiro, entretanto, favoreceu o surgimento de diversos problemas de ordem fitossanitária, contribuindo para o aparecimento de muitas doenças, principalmente nas últimas décadas, com o advento dos clones de cajueiro.

O uso de material clonado na cajucultura favoreceu enormemente o manejo dos pomares, em virtude, principalmente da uniformidade das áreas. No entanto, isso contribuiu ainda mais para a vulnerabilidade das plantas ao ataque de patógenos, devido à implantação de grandes áreas com plantas de baixa ou nenhuma variabilidade genética. Prova disso é que, nas últimas décadas, apenas o clone de cajueiro anão CCP 76 ocupou mais de 90% das novas áreas implantadas com o cajueiro anão.

Epidemias de doenças no cajueiro são fenômenos recentes no Brasil. O oídio, por exemplo, só se tornou importante nos últimos cinco anos. Embora tenha sido relatado no século XIX, era considerado uma doença secundária. Apesar de ocorrência comum nos pomares, o oídio não acarretava prejuízo à planta. No entanto, atualmente é a principal doença do cajueiro, afetando em maior ou em menor intensidade 100% das áreas produtoras do país.

No Brasil, os sintomas do oídio que se limitavam apenas às folhas maduras do cajueiro, passaram também a ocorrer em tecidos jovens, afetando inflorescências, maturis e frutos, prejudicando a qualidade da castanha e do pedúnculo.

Devido essa variante mais agressiva do oídio do cajueiro ser de ocorrência mais recente no Brasil, são poucos os estudos envolvendo esse patossistema. Diante disso, objetivou-se estudar os danos do oídio em plantas do clone de cajueiro anão BRS 189, e elaborar e validar uma escala diagramática descritiva para a avaliação da severidade do oídio em castanhas de cajueiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do cajueiro

A fruticultura brasileira tem crescido bastante nos últimos anos (CRISÓSTOMO; NAUMOV, 2009), estando entre uma das atividades de maior geração de renda, emprego e desenvolvimento rural do agronegócio nacional (BUAINAIN; BATALHA, 2007).

Com posição relevante no cenário internacional, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, atrás da China e da Índia (FAO, 2016), condição essa favorecida por suas condições edafoclimáticas, sua posição geográfica e extensão territorial, que permite o cultivo de uma grande variedade de culturas em todas as regiões do país.

A região Nordeste do Brasil, em virtude das projeções do aumento da demanda de frutas para o mercado interno e externo, apresenta vantagens comparativas em relação ao restante do território nacional no tocante ao aspecto climático, condições de solo favoráveis, disponibilidade de área e localização privilegiada para escoamento da produção aos mercados importadores (CARDOSO; SOUSA, 2000), sendo atualmente, a segunda região do país em volume de frutas produzido (IBGE, 2016).

Dentre as principais frutíferas cultivadas no Nordeste brasileiro, tem-se o cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), uma planta da família Anacardiaceae (BARROS; PIMENTEL; CORREA, 1993), a qual inclui árvores e arbustos tropicais e subtropicais, composta por cerca de 60 a 74 gêneros e 400 a 600 espécies (BEZERRA *et al.*, 2007). O cajueiro é encontrado disperso nos diversos ecossistemas tropicais (VIDAL NETO; BARROS, 2013), numa extensa faixa compreendida entre os paralelos de 27° Norte, no sudeste da Flórida, e 28° Sul, na África do Sul (OLIVEIRA, 2008). Entretanto, para que se tenha exploração comercial e a planta floresça, polinize e frutifique, uma estação seca bem definida se constitui numa condição básica (CARDOSO; VIANA, 2011).

A. occidentale é, provavelmente, uma espécie originária do Brasil (CARDOSO; VIANA, 2011; CAVALCANTI; VIDAL NETO; BARROS, 2013; LEITE, 2013; SERRANO *et al.*, 2013a; VIANA *et al.*, 2016), tendo o Litoral nordestino como maior centro de dispersão (CRISÓSTOMO *et al.*, 2003), podendo também ser encontrada na América Central, África e Ásia (LEITÃO *et al.*, 2011), sendo a única espécie do gênero cultivada comercialmente (BARROS; PIMENTEL; CORREA, 1993) dentre as 22 espécies do gênero *Anacardium* já classificadas (SERRANO; OLIVEIRA, 2013). Segundo Cardoso e Viana (2011), relatos inéditos dos primeiros colonizadores, atestando a disseminação e o uso do cajueiro como

alimento pelos nativos, como elemento tintorial e medicinal, e como agente abrasivo, além da ocorrência de todas as espécies de *Anacardium* no continente americano, demonstram, de maneira inquestionável, a origem brasileira dessa frutífera, provavelmente da mata atlântica ou do litoral nordestino.

O fruto do cajueiro, denominado de caju, é composto pela castanha (fruto verdadeiro) e o pedúnculo (pseudofruto) (CRISÓSTOMO *et al.*, 2001). No entanto, nas diversas partes do mundo tropical que cultivam cajueiro, a planta é direcionada principalmente para a produção de amêndoa, uma das mais comercializadas no mercado internacional de nozes comestíveis (BARROS, 2002; PESSOA; LEITE, 2013).

A produção mundial de castanha de caju é de cerca de 3,5 milhões de toneladas, destacando-se como principais países produtores a Nigéria, a Índia e a Costa do Marfim (FAO, 2016). Entretanto, há também o potencial de agregação de valor ao negócio por meio do melhor aproveitamento do pedúnculo (MOURA; ALVES; SILVA, 2013), o qual é fonte de vitamina C, ferro e fibras, utilizado, principalmente, na produção de sucos (ANDRADE *et al.*, 2008; MORAES *et al.*, 2013; MOURA *et al.*, 2010), mas com crescente participação no mercado de mesa, para consumo *in natura*.

O cajueiro está presente em quase todos os estados brasileiros, porém, adapta-se melhor às condições ecológicas do litoral nordestino (CAVALCANTI *et al.*, 1999). Atualmente, a região Nordeste responde por mais de 98% da produção nacional, e apresenta uma área cultivada superior a 700 mil hectares, com destaque para o Ceará, que se sobressai como maior Estado produtor de caju, perfazendo cerca de 40% da produção do país, seguido pelos estados do Rio Grande do Norte, Piauí e Maranhão (IBGE, 2016).

Na região Nordeste do Brasil, a cultura do caju tem grande importância socioeconômica (AMORIM *et al.*, 2011; PAIVA *et al.*, 2008; SOUZA *et al.*, 2004), sendo uma das principais fontes de renda e trabalho, sobretudo no meio rural (BARROS, 2002; MOREIRA *et al.*, 2013), mobilizando um grande número de pessoas (OLIVEIRA, 2008). Nessa região, a cadeia produtiva do caju gera mais de 300 mil empregos, distribuídos nos setores agrícolas, industrial e de serviços (VIANA *et al.*, 2016), desempenhando importante papel na economia (PAIVA *et al.*, 2008; SOUZA *et al.*, 2004). Além disso, sua exploração ocorre de agosto a janeiro, período que corresponde à entressafra das culturas anuais de subsistência (PESSOA; LEITE, 2013), e em solos de baixa fertilidade natural (SOARES *et al.*, 2008), predominando o cultivo de sequeiro, onde a capacidade adaptativa da espécie a diferentes ambientes tem permitido a incorporação no sistema produtivo de áreas com poucas alternativas de utilização (OLIVEIRA; BARROS; LIMA, 2003).

A recente introdução do cajueiro anão, em um sistema de produção baseado no emprego de clones melhorados (OLIVEIRA; BARROS; LIMA, 2003), representou um grande avanço tecnológico para a exploração dessa cultura, principalmente por seu baixo porte, precocidade e elevado rendimento, tanto de amêndoa como também de pedúnculo (CAVALCANTI *et al.*, 2000; CAVALCANTI *et al.*, 1999). Além de ter possibilitado o cultivo adensado e facilitado o manejo da planta, a aplicação de fertilizantes e o controle fitossanitário (OLIVEIRA *et al.*, 2004; SERRANO *et al.*, 2013a).

Os principais clones de cajueiro anão cultivados no Brasil são o CCP 06, o CCP 09, o CCP 76, o CCP 1001, o Embrapa 50, o Embrapa 51, o BRS 226, o BRS 265 e o BRS 189 (OLIVEIRA, 2008; SERRANO *et al.*, 2013a). Além desses, os clones BRS 253, BRS 274, BRS 275, FAGA1 e FAGA 11 também estão presentes nas áreas produtoras.

O clone BRS 189 é uma planta com altura média de 3,1 m, podendo chegar a produzir 1.900 Kg de castanha por hectare após o terceiro ano. Este clone resultou de uma seleção fenotípica individual dentro de progênies obtidas do cruzamento entre os clones de cajueiro anão CCP 76 e CCP 1001 (BARROS *et al.*, 2002). Pelas características de seu pedúnculo, com coloração vermelho-clara e formato piriforme, o clone também é recomendado para o mercado de mesa (PAIVA; BARROS, 2004), se destacando dentre os demais pela dupla aptidão.

Embora o cajueiro seja considerado uma planta rústica e adaptada às condições do Nordeste brasileiro, diversos problemas fitossanitários têm surgido ao longo dos anos em diferentes áreas produtoras (CARDOSO *et al.*, 2013; FREIRE *et al.*, 2002), sendo constatado doenças que limitam o sistema de produção agrícola. O lançamento de clones de cajueiro do tipo anão contribuiu para redução da variabilidade genética, aumentando a vulnerabilidade das plantas (VIANA *et al.*, 2016). Além disso, o aumento da área plantada tem proporcionado desequilíbrio e ocasionado o surgimento de inúmeros organismos patogênicos, favorecendo a ocorrência de doenças que antes eram endêmicas e sem expressão econômica (CARDOSO; VIANA, 2011).

O cajueiro pode ser infectado por mais de uma dezena de doenças (VIANA *et al.*, 2016). Entretanto, as doenças mais importantes no cajueiro são a podridão-de-raízes e podridão-do-colo (*Pythium splendens* Braun e *Pythium ultimum* Trow), a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* [Penz.] Penz. & Sacc.), o mofo-preto (*Pilgeriela anacardii* Arx & Muller), a mancha-angular (*Septoria anacardii* Freire), a resinose (*Lasiodiplodia theobromae* [Pat.] Griffon), a podridão-preta-da-haste (*Lasiodiplodia theobromae* [Pat.] Griffon), a mancha-de-xantomonas (*Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae*) e o

oídio (*Pseudoidium anacardii* [F. Noack] U. Braun & R. T. A. Cook) (CARDOSO *et al.*, 2006a; VIANA *et al.*, 2016).

Apesar da maioria das doenças do cajueiro não apresentar importância econômica, alguns patógenos são capazes de provocar elevadas perdas (CARDOSO *et al.*, 2005; FREIRE; CARDOSO, 2003), prejudicando o desenvolvimento da planta, estando os fungos como os principais inimigos da cultura, sendo sua ocorrência e severidade extremamente influenciadas pelas condições do ambiente (ALVES *et al.*, 2015; CARDOSO *et al.*, 2006b; CARDOSO; VIANA, 2011). Segundo Viana *et al.* (2016), apesar da melhoria do manejo da cultura nos últimos anos, algumas doenças persistem, outras reapareceram com sintomas mais severos e até uma nova fitomoléstia (mancha-de-xantomonas) surgiu.

2.2 O oídio do cajueiro

Os agentes causais de oídios são fungos ectoparasitas obrigatórios da classe dos Ascomycetos da ordem Erysiphales, vastamente distribuídos na natureza, que afetam uma ampla variedade de espécies vegetais como gramíneas, ornamentais, olerícolas, florestais e espécies frutíferas (BEDENDO, 2011). Esse importante grupo de fungos possui mais de 800 espécies e são responsáveis por atacarem mais de 1500 gêneros de plantas (BRAUN; COOK, 2012) As formas teleomórficas dos oídios estão representadas pelos gêneros *Blumeria*, *Sphaerotheca*, *Podosphaera*, *Brasiliomyces*, *Phyllactinia*, *Leveillula*, *Pleochaeta*, *Sawadaea*, *Cystotheca*, *Golovinomyces*, *Arthrocladiella*, *Neoeerysiphe*, *Uncinula* e *Erysiphe*. A fase imperfeita desses fungos corresponde aos gêneros *Ovolariopsis*, *Streptopodium*, *Oidiopsis*, *Oidium* e *Pseudoidium* (BEDENDO, 2011; BRAUN; COOK, 2012).

O oídio do cajueiro, enfermidade causada pelo fungo antes conhecido como *Oidium anacardii* Noack, agora reclassificado por Braun e Cook (2012) como *Pseudoidium anacardii* (F. Noack) U. Braun & R. T. A. Cook, apesar de ser a doença sem importância com o relato mais antigo na cultura do caju, é atualmente a principal doença associada a essa planta no Brasil (CARDOSO *et al.*, 2012; VIANA *et al.* 2016). Embora, há décadas, seja considerada a principal doença do cajueiro em países do continente africano como a Tanzânia (CASULLI, 1979; MARTIN *et al.*, 1997; SIJONA *et al.*, 2001).

Acredita-se que o oídio venha ocorrendo na África desde 1960, pela dispersão observada naquele continente no final da década de 1970 (CARDOSO *et al.*, 2013). No Brasil, suspeita-se que o fungo tenha coevoluído com espécies botânicas do gênero *Anacardium*, pois a ocorrência fora do País foi descrita somente em 1961 e em 1979, na Índia

e no Leste africano, respectivamente (CARDOSO *et al.*, 2013; CASULLI, 1979; VIANA *et al.* 2016). Somente recentemente *P. anacardii* teve sua fase teleomórfica identificada (BRAUN; COOK, 2012). No entanto, é possível que este fungo seja uma forma variante daquele descrito por esses autores, em virtude de diferenças na conidiogênese e na morfologia dos esporos de isolados brasileiros (VIANA *et al.* 2016).

A primeira descrição desse patógeno associado ao cajueiro foi feita em 1898 no estado de São Paulo (NOACK, 1898). Até pouco tempo, apesar de endêmica em todas as regiões produtoras do Brasil, era considerado um patógeno secundário, responsável por ocasionar apenas pequenas lesões em tecidos maduros, sem maiores prejuízos à produção (CARDOSO; VIANA, 2011; FREIRE *et al.*, 2002; FREIRE; CARDOSO, 2003), não necessitando de medidas de controle.

O oídio do cajueiro descrito no Brasil em 1898 apresenta como sintomas a formação de um revestimento ralo, branco-acinzentado e pulverulento, exclusivamente em folhas maduras, recobrando as nervuras em ambas as faces, sendo mais comum na parte superior, assemelhando-se à cinza vegetal, caracterizando os sinais da doença. Esse revestimento é formado por estruturas vegetativas e reprodutivas do patógeno como hifas, conidióforos e conídios. Os sintomas de manchas que coalescem e recobrem a superfície do limbo resultam da espoliação do órgão afetado pelos haustórios, que penetram nos tecidos para a retirada dos nutrientes (CARDOSO; VIANA, 2011; FREIRE; CARDOSO, 2003; FREIRE *et al.*, 2002; PINTO *et al.*, 2016).

Nos últimos seis anos, sintomas mais severos passaram a acontecer nos pomares brasileiros. Os sintomas do oídio, que se limitavam apenas às folhas maduras do cajueiro, passaram também a ocorrer em tecidos jovens. Em 2010 e 2011, esses novos sintomas foram observados em mais de 60% das áreas produtoras dos estados do Ceará e Piauí (CARDOSO *et al.*, 2014). Atualmente, sua ocorrência é generalizada em todas as regiões produtoras do Nordeste brasileiro, afetando inflorescências, maturis e frutos, prejudicando a qualidade da castanha e da amêndoa (CARDOSO *et al.*, 2012; CARDOSO *et al.*, 2013; LIMA *et al.*, 2015; ROCHA *et al.*, 2015; SERRANO *et al.*, 2013b; VIANA *et al.*, 2011; VIANA *et al.* 2016), além de inviabilizar o mercado do caju de mesa nos principais clones de cajueiro comercializados se nenhuma medida de controle for adotada, tornando-se uma importante ameaça, principalmente devido sua rápida disseminação e agressividade.

Atualmente, a única medida de controle do oídio do cajueiro é a aplicação de fungicidas à base de enxofre (HONORATO; LIMA; CARDOSO, 2016; SMITH *et al.*, 1995; SMITH *et al.*, 1997; SMITH; COOPER, 1997), com elevada eficiência em condições

epidêmicas da doença (CARDOSO *et al.*, 2012). Além disso, genótipos resistentes à fitomoléstia estão sendo identificados, visando posterior recomendação, como mais uma alternativa no manejo da doença (LIMA *et al.*, 2010; PINTO *et al.*, 2014; PINTO, 2016).

2.3 Danos causados pelo oídio

A quantificação de danos é de extrema importância em qualquer estratégia de controle de doenças de plantas, pois permite estimar os prejuízos causados por fitopatógenos e traçar estratégias de manejo (AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011; CAMOCHENA; SANTOS; MAZARO, 2008). Na fitopatologia, a terminologia “dano” refere-se a qualquer redução na quantidade e/ou qualidade da produção (CAMELE *et al.*, 2009; ZADOKS, 1985). O dano comumente causa perdas, tido como a redução do retorno financeiro, mas não necessariamente. Por apresentar demanda inelástica, os produtos agrícolas podem ter o preço diminuído caso ocorra excesso de oferta e elevação de preços em decorrência de escassez, devido, por exemplo, a ocorrência de uma doença que reduza a produção (AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011; ZADOKS, 1985).

Vários modelos podem ser utilizados para estimar os danos causados por patógenos em plantas como o de ponto crítico, o de múltiplos pontos, o de superfície resposta, sinecológico e o integral (AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011; REIS; HOFFMANN; BLUM, 2002). Este último relaciona o dano com uma variável que represente a totalidade de uma epidemia, utilizando informações da doença obtidas durante todo o ciclo do hospedeiro, através de equação de regressão linear simples (HORSFALL; COWLING, 1978; SCHNEIDER *et al.*, 1976).

Na fruticultura, são poucas as informações que retratam danos de fitopatógenos à produção da planta (BASSANEZI *et al.*, 2011; CAMELE *et al.*, 2009; CARDOSO *et al.*, 2005; MARTINS; SILVEIRA; MAFFIA, 2014; NOFAL; HAGGAG, 2006; SANTOS *et al.*, 2005), e trabalhos de danos causados pelo oídio em frutíferas são ainda mais raros. Entretanto, Nofal e Haggag (2006), em estudos com plantas de mangueira acometidas por *Oidium mangiferae*, verificaram danos que reduziram a produção em 36,9%. Santos *et al.* (2005) e Camele *et al.* (2009), estes trabalhado com meloeiro atacado por *Sphaerotheca fuliginea*, verificaram danos que reduziram a produção em 13,3 e 7,4%, respectivamente, diminuindo também os sólidos solúveis totais (SST) dos frutos.

Em outros hospedeiros, a maioria cereais, os danos causados pelos oídios são bastantes significativos. Watson (2016) observou uma expressiva redução do peso em plantas

de cenoura da cultivar “Ricardo”, com valores de 80 e 21% em condições de casa de vegetação e campo, respectivamente, decorrente do ataque de *Erysiphe heraclei*. Daubeze, Hennart e Palloix (1995) estimaram redução de 40% na produção do pimentão infectado por *Leveillula taurica*. Bower *et al.* (1991) relataram danos na produção de 14,5%, e Barros, Castro e Patrício (2006) de 34,6% em planta de trigo, enquanto Reis, Hoffmann e Blum (2002) anotaram uma redução de 28% no rendimento da cevada, ambos afetados por *Blumeria graminis*. Os resultados de Igarashi *et al.* (2010) mostraram que *Microsphaera diffusa* causa danos na produção na soja que variaram ao redor de 26 a 50%. Godoy e Canteri (2004) também verificaram redução de 17% na produção de soja atacada por *Erysiphe diffusa*.

Devido à forma mais agressiva do oídio ser recente em plantas de cajueiro no Brasil, ainda são poucas as pesquisas nesse patossistema. Entretanto, Cardoso *et al.* (2013) relataram que em áreas da região sudeste do Piauí e do litoral do Ceará, o oídio tem provocado severos danos na produção e na qualidade do caju. Serrano *et al.* (2013b) observaram que castanhas de clones de cajueiro comum, atacadas pelo oídio, tiveram redução da sua massa, apresentando necrose generalizada das células do epicarpo, produzindo o aspecto ressecado característico em castanhas afetadas pelo patógeno. Rocha *et al.* (2015) e Lima *et al.* (2015) também verificaram o efeito negativo da doença em castanhas dos clones de cajueiro CCP 76 e FAGA 11, respectivamente. De acordo com esses autores, em frutos do clone CCP 76 severamente atacados, ocorreu uma redução de 22,3% na massa da castanha e 21,7% na massa da amêndoa. Enquanto que no clone FAGA 11, o decréscimo foi de 44,6 e 34,3%, para castanha e amêndoa, respectivamente.

Em países africanos, informações relatam queda expressiva na produção de castanhas de caju, ocasionada pelo ataque severo do oídio (CASULLI, 1979; SIJAONA *et al.*, 2001), onde a redução na produção de 50 a 70% foi associada ao fungo (MARTIN *et al.*, 1970). Como relatado por Sijaona (1997), Serrano *et al.* (2013b) também observaram que castanhas severamente atacadas apresentavam deformações, inclusive com espessura superior à das castanhas sadias.

2.4 Quantificação de doenças de plantas

A quantificação de doenças é fundamental para estudos epidemiológicos e para avaliação de estratégias de controle. De acordo com Horsfall e Cowling (1978), o termo utilizado para a mensuração da intensidade de doenças chama-se patometria. Esta expressão

foi introduzida na Fitopatologia pela primeira vez em 1953, em estudos de doenças causadas por fungos na Inglaterra. Atualmente é uma das atividades mais comuns dos fitopatologistas, e apresenta extrema importância em estudos de doenças de plantas para saber se determinada condição ambiental é favorável a um patógeno, saber se um determinado fungicida ou se uma variedade apresenta resistência a uma fitomoléstia (MIZUBUTI; MAFFIA, 2006). Além disso, só é possível demonstrar os danos causados por um patógeno quando se pode estimar a quantidade de doença afetando uma planta.

O sucesso ou fracasso da quantificação da intensidade de uma fitomoléstia dependem de um bom método de avaliação. Erros na mensuração de doenças em condições de campo podem ser maximizados nas análises subsequentes, interferindo fortemente nas conclusões alcançadas (CITADIN *et al.*, 2008). Para que os erros sejam diminuídos, o método utilizado na quantificação de doença deve ser eficiente (AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011; SPOSITO, *et al.*, 2004).

Os métodos utilizados para a avaliação de doenças em plantas são o direto e o indireto. Naquele, a estimativa da quantidade de doença é feita diretamente através dos sintomas, enquanto neste, a quantidade de doença é estimada pela população do patógeno (AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011). Dentro dos métodos diretos, as principais formas de se medir a intensidade de doenças é através dos parâmetros incidência e severidade (ALFENAS; MAFIA, 2007; ALVES; NUNES, 2012; AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011; HORSFALL; COWLING, 1978; MIZUBUTI; MAFFIA, 2006). A decisão sobre qual tipo de medida utilizar depende das características da doença e do tempo disponível para a avaliação (ALVES; NUNES, 2012).

A incidência é definida como a porcentagem (frequência) de plantas ou partes de plantas doentes, em uma amostra ou população (ALVES; NUNES, 2012; AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011; MIZUBUTI; MAFFIA, 2006; PARKER; SHAW; ROYLE, 1995). Por apresentar maior simplicidade, precisão e facilidade na obtenção, a incidência é a variável mais popular na mensuração de doenças de plantas (HORSFALL; COWLING, 1978). Entretanto, sua utilização está sujeita a algumas limitações. Em fases mais avançadas de epidemias, esta variável não reflete a intensidade da doença no campo, principalmente em se tratando de doenças foliares.

Normalmente, avalia-se a incidência apenas para aquelas doenças que atacam a planta toda (doenças sistêmicas), como viroses e murchas vasculares. É utilizada também para aquelas que levam a planta a morrerem ou quando a doença se correlaciona à redução ou perda do valor comercial, em que uma única infecção é suficiente para impedir a

comercialização do produto (ALFENAS; MAFIA, 2007; AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011; MIZUBUTI; MAFFIA, 2006).

A severidade representa a proporção (porcentagem) de área ou volume do tecido vegetal doente. A variável severidade é mais apropriada para quantificar doenças da parte aérea, como ferrugens, manchas foliares, míldios e oídios. Quantificar precisamente a severidade é uma tarefa extremamente laboriosa, bem mais difícil que a incidência, e depende de treinamento prévio do avaliador. Enquanto que para a incidência basta conhecer os sintomas da doença e saber contar, para a severidade tem-se que estimar a área do órgão vegetal afetada com os sintomas da doença. É preciso que o avaliador reconheça as características da doença, tais como sua distribuição na planta, a existência de variações entre órgão jovens e maduros, e ter habilidade de estimar com precisão e acurácia a proporção da área com os sintomas. (ALVES; NUNES, 2012; AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011; HORSFALL; COWLING, 1978; MIZUBUTI; MAFFIA, 2006; PARKER; SHAW; ROYLE, 1995).

Para contornar as dificuldades na avaliação da severidade de doenças, vários métodos têm sido empregados, destacando-se as chaves descritivas, as análises de imagens computadorizadas e as escalas diagramáticas (AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011). Entretanto, os métodos mais comumente utilizado na Fitopatologia são as escalas diagramáticas, seguido das chaves descritivas.

2.5 Escala diagramática

As escalas diagramáticas são representações esquemáticas (ilustradas) de uma série de plantas ou parte de plantas (folhas, flores ou frutos) doentes, com sintomas em diferentes níveis de severidade (AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011; MIZUBUTI; MAFFIA, 2006). Podem ser utilizadas na quantificação de danos, resistência varietal e em experimentos de controle da doença (DAMASCENO; FURTADO; FERREIRA FILHO, 2014; HORSFALL; COWLING, 1978).

Uma escala diagramática para avaliação de doenças necessita ser de fácil e rápida utilização para uma ampla gama de condições (MICHEREFF; ANDRADE; NORONHA, 2006), e deve apresentar níveis de severidade suficientes que represente todos os estádios de desenvolvimento da doença (BARBOSA; MICHEREFF; MORA-AGUILERA, 2006), servindo de um guia para o avaliador (AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011).

A primeira escala diagramática descrita na literatura foi elaborada por Cobb, em 1892. Foi desenvolvida para avaliar severidade da ferrugem do trigo, e apresenta o esquema de cinco seções de folhas de plantas de trigo com os níveis 1, 5, 10, 20 e 50% de área foliar atacada (HORSFALL; COWLING, 1978). Atualmente, escalas diagramáticas são bastante utilizadas.

As escalas diagramáticas constituem-se numa ferramenta de avaliação da severidade para muitas doenças, em diversas culturas como a ferrugem branca do crisântemo (BARBOSA; MICHEREFF; MORA-AGUILERA, 2006), a antracnose em bastão do imperador (BARGUIL *et al.*, 2008), bacteriose em pessegueiro (CITADIN *et al.*, 2008), a mancha de *Cylindrocladium* em eucalipto (DAMASCENO; FURTADO; FERREIRA FILHO, 2014), a antracnose em frutos de maracujá amarelo (FISCHER *et al.*, 2009), a ferrugem da soja (GODOY; KOGA; CANTERI, 2006), a cercosporiose da alface (GOMES; MICHEREFF; MARIANO, 2004), a helmintosporiose comum em milho (LAZAROTO *et al.*, 2012), a mancha-parda em arroz (LENZ *et al.*, 2010), a brusone na espiga de trigo (MACIEL *et al.*, 2013), o míldio no meloeiro (MICHEREFF *et al.*, 2009), o carvão da folha em feijão-de-corda (MICHEREFF; ANDRADE; NORONHA, 2006), entomosporiose em folhas de pereira (NUNES; ALVES, 2012), a mancha preta em frutos cítricos (SPOSITO *et al.*, 2004) e a pinta-preta em frutos de mamoeiro (VIVAS *et al.*, 2009). Embora algumas dessas escalas recebam críticas devido à rigidez de seus níveis, seu uso tem sido bem sucedido (AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011).

Uma escala eficiente para a análise da intensidade de uma fitomoléstia deve apresentar elevada acurácia, precisão e reprodutibilidade (MICHEREFF *et al.*, 2009; NITA; ELLIS; MADDEN, 2003). Na elaboração de escalas, a acurácia está relacionada à proximidade de uma estimativa visual a um valor real de quantidade da doença avaliada. A precisão refere-se à variação ou repetibilidade associadas com uma estimativa. Já a reprodutibilidade representa a ausência de variação em estimativas quando a mesma amostra de doença é avaliada por outro avaliador (BARGUIL *et al.*, 2008; MICHEREFF *et al.*, 2006; MICHEREFF; ANDRADE; NORONHA, 2006; NUTTER; SCHULTZ, 1995). Além disso, as subdivisões da escala devem respeitar as limitações da acuidade visual humana, definidas pela lei de estímulo-resposta de Weber-Fechner, na qual a acuidade visual é proporcional ao logaritmo da intensidade do estímulo (HORSFALL; COWLING, 1978; NITA; ELLIS; MADDEN, 2003). Segundo a lei de Weber-Fechner, o estímulo proporcionado pelos sintomas de uma doença deve crescer exponencialmente para que o olho humano consiga diferenciá-lo.

Além da boa qualidade da escala diagramática, as estimativas da severidade dependem da percepção visual e da experiência de cada indivíduo na avaliação de doenças. Quando são necessárias avaliações muito precisas, é importante que o avaliador seja treinado com antecedência, pois mesmo com o auxílio da escala, é comum o olho humano superestimar a doença (AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011).

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. **Métodos em fitopatologia**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 382 p.
- ALVES, E. S. *et al.* **Efeito das condições edafoclimáticas na ocorrência da resinose do cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2015. 28p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 100).
- ALVES, S. A. M.; NUNES, C. C. **Metodologia para elaboração de escalas diagramáticas para avaliação de doenças em plantas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2012. 6 p. (Boletim de Pesquisa, 120).
- AMORIM, A. V. *et al.* Produção e fisiologia de plantas de cajueiro anão sob condições de sequeiro e irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 10, p. 1014-1020, 2011.
- AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A. Fenologia, patometria e quantificação de danos. *In*: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. (Eds). **Manual de Fitopatologia**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. p. 517-542.
- ANDRADE, A. S. *et al.* Qualidade de caju-de-mesa obtidos nos sistemas de produção integrada e convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 176-179, 2008.
- BARBOSA, M. A. G.; MICHEREFF, S. J.; MORA-AGUILERA, G. Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem branca do crisântemo. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 1, p. 57-62, 2006.
- BARGUIL, B. M. *et al.* Escala diagramática para avaliação da severidade da antracnose em bastão do imperador. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 807-810, 2008.
- BARROS, B. C.; CASTRO, J. L.; PATRÍCIO, F. R. A. Resposta de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao controle químico das principais doenças fúngicas da cultura. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 3, p. 239-246, 2006.
- BARROS, L. M. **Caju. Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 148 p.
- BARROS, L. M. *et al.* BRS 189 dwarf cashew clone cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, n. 1, p. 157-158, 2002.
- BARROS, L. M.; PIMENTEL, C. R. M.; CORREA, M. P. F. **Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro anão-precoce**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1993. 65 p. (Circular técnica, 01).
- BASSANEZI, R. B. *et al.* Yield loss caused by huanglongbing in different sweet orange cultivars in São Paulo, Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 130, n. 4, p. 577-586, 2011.

- BEDENDO, I. P. Oídios. *In*: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Eds). **Manual de Fitopatologia**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. p. 473-477.
- BEZERRA, M. A. *et al.* Physiology of cashew plants grown under adverse conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 449-461, 2007.
- BOWEN, K. L.; EVERTS, K. L.; LEATH, S. Reduction in yield of winter wheat in North Carolina due powdery mildew and leaf rust. **Phytopathology**, v. 81, n. 5, p. 503-511, 1991.
- BRAUN, U.; COOK, R. T. A. **Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews)**. Saint Paul: American Phytopathological Society, 2012. 707 p.
- BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, 2007. 102p. (Série Agronegócios, 07).
- CAMELE, I. *et al.* Powdery mildew control and yield response of *Inodorus* melon. **Italian Journal Agronomic**, v. 2, n. 1, p. 19-26, 2009.
- CAMOCHENA, R. C.; SANTOS, I.; MAZARO, S. M. Escala diagramática para avaliação da severidade da Mancha Ocular em milho causada por *Kabatiella zae*. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2124-2131, 2008.
- CARDOSO, C. E. L.; SOUSA, J. S. Fruticultura tropical: perspectivas e tendências. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 31, n. 1, p. 84-95, 2000.
- CARDOSO, J. E. *et al.* An epidemic outbreak of cashew powdery mildew in Brazil. *In*: APS-CPS JOINT MEETING, 2014, Minneapolis. **Anais...** Minneapolis: American Phytopathological Society, 2014. 1 p.
- CARDOSO, J. E. *et al.* **Controle químico do oídio do cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 4 p. (Comunicado Técnico, 196).
- CARDOSO, J. E. *et al.* Doenças do cajueiro. *In*: ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 217-236.
- CARDOSO, J. E. *et al.* **Epidemiologia do mofo-preto e danos na produção do cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005. 16 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 23).
- CARDOSO, J. E. *et al.* Evaluation of resistance in dwarf cashew to gummosis in north-eastern Brazil. **Crop Protection**, v. 25, n. 8, p. 855-859, 2006b.
- CARDOSO, J. E. *et al.* **Monitoramento de doenças na cultura do caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006a. 24 p. (Documentos, 47).
- CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do cajueiro no Brasil. *In*: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. (Eds.). **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas do Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. p. 161-176.

- CASULLI, F. II mal bianco dell'anacardio in Tanzania. **Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale**, v. 73, n. 3, p. 241-248, 1979.
- CAVALCANTI, J. J. V. *et al.* **Avaliação de clones de cajueiro anão precoce na microrregião dos baixões agrícolas piauienses**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1999. 15 p. (Boletim de Pesquisa, 24).
- CAVALCANTI, J. J. V. *et al.* **Resistência genética de clone de cajueiro anão precoce às principais fitomoléstias**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 15 p. (Boletim de Pesquisa, 34).
- CAVALCANTI, J. J. V.; VIDAL NETO, F. C.; BARROS, L. M. Avanços, desafios e novas estratégias do melhoramento genético do cajueiro no Brasil. *In*: VIDAL NETO, F. C.; CAVALCANTI, J. J. V. (Eds). **Melhoramento genético de plantas do Nordeste**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 151-174.
- CITADIN, I. *et al.* Escala diagramática para avaliação da severidade de bacteriose em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 327-330, 2008.
- CRISOSTOMO, L. A. *et al.* **Cultivo do cajueiro anão precoce: aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e irrigação**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 20 p. (Circular Técnica, 08).
- CRISOSTOMO, L. A. *et al.* **Cultivo do cajueiro anão precoce: aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e irrigação**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 8 p. (Circular Técnica, 08).
- CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. **Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. 238 p. (Boletim, 18).
- DAMASCENO, V. F. F.; FURTADO, E. L.; FERREIRA FILHO, P. J. Comparação de dois métodos de elaboração e validação de escala diagramática para a quantificação da severidade da mancha de *Cylindrocladium* em eucalipto. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 3, p. 248-255, 2014.
- DAUBEZE, A. M.; HENNART, J. W.; PALLOIX, A. Resistance to *Leveillula taurica* in pepper (*Capsicum annuum*) is oligogenically controlled and stable in Mediterranean regions. **Plant Breeding**, v. 114, n. 4, p. 327-332, 1995.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Production**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>>. Acesso em 03 ago. 2016.
- FISCHER, I. H. *et al.* Elaboration and validation of diagrammatic scale to evaluate anthracnose severity in yellow passion fruits. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 3, p. 226-228, 2009.

FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E. Doenças do cajueiro. *In*: FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P. (Eds.). **Doenças de fruteiras tropicais de interesse agroindustrial**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2003. p. 191-226.

FREIRE, F. C. O. *et al.* Diseases of cashew nut plants (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. **Crop Protection**, v. 21, n. 6, p. 489-494, 2002.

GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Efeito da severidade de oídio e crestamento foliar de cercospora na produtividade da cultura da soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 526-531, 2004.

GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 63-68, 2006.

GOMES, A. M. A.; MICHEREFF, S. J.; MARIANO, R. L. R. Development and validation of a diagrammatic key for *Cercospora* leaf spot of lettuce. **Summa Phytopathologica**, v. 30, n. 1, p. 38-42, 2004.

HONORATO, T. B.; LIMA, J. S.; CARDOSO, J. E. **Caracterização morfofisiológica e sensibilidade de *Pseudoidium anacardii* a fungicidas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2016. 23 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 119).

HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. Pathometry: the measurement of plant disease. *In*: HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. (Eds.). **Plant Disease: an advanced treatise – how disease develops in populations**. New York: Academic Press, 1978. v. 2, p. 119-136.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl1.asp?c=1613&n=0&u=0&z=p&o=18&i=P>>. Acesso em 03 ago. 2016.

IGARASHI, S. *et al.* Danos causados pela infecção de oídio em diferentes estádios fenológicos da soja. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, n. 1, p. 245-250, 2010.

LAZAROTO, A. *et al.* Escala diagramática para avaliação de severidade da helmintosporiose comum em milho. **Ciência Rural**, v. 42, n. 12, p. 2288-2294, 2012.

LEITÃO, R. C. *et al.* **Produção do biogás a partir do bagaço do caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 43 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 51).

LEITE, L. A. S. Apresentação. *In*: ARAÚJO, J. P. P. (Ed). **Agronegócio do caju: práticas e inovações**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. p. 7-8.

LENZ, G. *et al.* Escala diagramática para avaliação de severidade de mancha-parda em arroz. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 752-758, 2010.

LIMA, E. N. *et al.* Influência do oídio em castanhas do cajueiro FAGA 11. *In*: ENCONTRO DE INICIAÇÃO À PESQUISA, 21., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2015. 4 p.

- LIMA, J. S. *et al.* Resistência de clones de cajueiro-comum ao oídio. *In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA*, 36., 2010, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Grupo Paulista de Fitopatologia, 2010. 1 p.
- MARTIN, P. J. *et al.* Cashew nut production in Tanzania: constraints and progress through integrated crop management. **Crop Protection**, v. 16, n. 1, p. 5-14, 1997.
- MACIEL, J. L. N. *et al.* Diagrammatic scale for assessment of blast on wheat spikes. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 3, p. 162-166, 2013.
- MARTINS, M. V. V.; SILVEIRA, S. F.; MAFFIA, L. A. Guava fruit loss caused by rust. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 2, p. 107-113, 2014.
- MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E.G. T.; NORONHA, M. A. Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade do carvão da folha do caupi. **Summa Phytopathologica**, v. 32, N. 1, p. 51-56, 2006.
- MICHEREFF, S. J. *et al.* Diagrammatic scale to assess downy mildew severity in melon. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 76-79, 2009.
- MIZUBUTI, E. S. G.; MAFFIA, L. A. **Introdução à Fitopatologia**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 190 p. (Cadernos Didáticos, 115).
- MORAES, I. V. M. *et al.* Aproveitamento industrial do pedúnculo de caju. *In: ARAÚJO, J. P. P. Agronegócio caju: práticas e inovações*. Brasília: Embrapa, 2013. p. 291-348
- MOREIRA, R. C. *et al.* Resistance to gummosis in wild cashew genotypes in northern Brazil. **Crop Protection**, v. 52, n. 10, p. 10-13, 2013.
- MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; SILVA, E. O. Colheita e conservação pós-colheita do pedúnculo de caju. *In: ARAÚJO, J. P. P. Agronegócio caju: práticas e inovações*. Brasília: Embrapa, 2013. p. 277-290.
- MOURA, C. F. H. *et al.* Aumento da vida útil pós colheita de pedúnculos de cajueiro anão precoce pela redução da temperatura de armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 140-145, 2010.
- NITA, M.; ELLIS, M. A.; MADDEN, L. V. Effects of temperature, wetness duration and leaflet age on infection of strawberry foliage by *Phomopsis obscurans*. **Plant Disease**, v. 87, n.1 p. 579-590, 2003.
- NOACK, F. Cogumelos parasitos das plantas de pomar, horta e jardim. **Boletim do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**, v. 9, p. 75-88, 1898.
- NOFAL, M. A.; HAGGAG, W. M. Integrated management of powdery mildew of mango in Egypt. **Crop Protection**, v. 25, n. 8, p. 480-486, 2006.
- NUNES, C. C.; ALVES, S. A. M. Elaboração e validação de escala diagramática para quantificação da severidade de entomosporiose em folhas de pereira. **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 3, p. 239-244, 2012.

- NUTTER JR., F. W.; SCHULTZ, P. M. Improving the accuracy and precision of disease assessments: selection of methods and use of computer- aided training programs. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 17, n. 1, p. 174-184, 1995.
- OLIVEIRA, V. H. Cajucultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 1-3, 2008.
- OLIVEIRA, V. H.; BARROS, L. M.; LIMA, R. N. Influência da irrigação e do genótipo na produção de castanha em cajueiro-anão precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 61-66, 2003.
- OLIVEIRA, V. H. *et al.* **Produção de castanha em cajueiro-anão precoce sob diferentes regimes hídricos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 19).
- PAIVA, J. R.; BARROS, L. M. **Clone de cajueiro: obtenção, características e perspectivas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 26 p. (Documentos, 82).
- PAIVA, J. R. *et al.* Desempenho de clones de cajueiro-anão precoce no semi-árido do Estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 2, p. 295-300, 2008.
- PARKER, S. R.; SHAW, M. W.; ROYLE, D. J. The reliability of visual estimates of disease severity on cereal leaves. **Plant Pathology**, v. 44, n. 5 p. 856-864, 1995.
- 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: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. p. 21-40.
- PINTO, O. R. O. *et al.* Morphological analyses of *Pseudoidium anacardii* infecting Brazilian cashew plants. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 3, p. 257-260, 2016.
- PINTO, O. R. O. *et al.* *In*: Reação de clones de cajueiro comerciais ao oídio. *In*: ENCONTRO DE INICIAÇÃO À PESQUISA, 20., 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2014. 6 p.
- PINTO, O. R. O. **Reação de clones de cajueiro comerciais ao oídio**. 2016. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.
- REIS, E. M.; HOFFMANN, L. L.; BLUM, M. M. C. Modelo de ponto crítico para estimar os danos causados pelo oídio em cevada. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 6, p. 644-646, 2002.
- ROCHA, F. N. B. *et al.* Influência do oídio em castanhas do cajueiro CCP 76. *In*: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA, 15., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2015. 4 p.
- SANTOS, A. A. *et al.* Efeito do oídio na produção e no teor de sólidos solúveis totais de frutos do meloeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 3, p.354-357, 2005.

SCHNEIDER, R. W. *et al.* Cercospora leaf spot of cowpea: models for estimating yield loss. **Phytopathology**, v. 66, n. 1, p. 384-388, 1976.

SERRANO, L. A. L. *et al.* **Influência do oídio nas castanhas de diferentes genótipos de cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013b. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 76).

SERRANO, L. A. L. *et al.* Porta-enxertos para a produção de mudas de cajueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 9, p. 1237-1245, 2013a.

SERRANO, L. A. L.; OLIVEIRA, V. H. Aspectos botânicos, fenologia e manejo da cultura do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P (Ed). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. p. 77-165.

SIJAONA, M. E. R. *et al.* Comparative analysis of powdery mildew development on leaves, seedlings and flower panicles of different genotypes of cashew. **Plant Pathology**, v. 50, n. 2, p. 234-243, 2001.

SMITH, D. N.; COOPER, J. F. Control of powdery mildew on cashew in Tanzania using sulphur dust - an audit of sulphur fate and a proposal for a new dusting strategy. **Crop Protection**, v. 16, n. 6, p. 549-552, 1997.

SMITH, D. N. *et al.* Alternative techniques for the application of sulphur dust to cashew trees for the control of powdery mildew caused by the fungus *Oidium anacardii* in Tanzania. **Crop Protection**, v. 14, n. 7, p. 555-560, 1995.

SMITH, D. N. *et al.* Studies on spray deposition on cashew trees in Tanzania with reference to the use of fungicides to control *Oidium anacardii*. **Crop Protection**, v. 16, n. 4, p. 313-322, 1997.

SOARES, I. *et al.* Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes na Cultura do cajueiro anão Precoce. **Revista Árvore**, v. 32, n. 1, p. 173-181, 2008.

SOUZA, M. F. *et al.* **BRS 253 ou BRS BAHIA 12: clone de cajueiro-anão precoce para plantio comercial no Município de Ribeira do Pombal-BA, e áreas similares**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 26p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 17).

SPÓSITO, M. B. *et al.* Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade da mancha preta em frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 81-85, 2004.

VIANA, F. M. P. *et al.* Doenças do cajueiro. **Informe Agropecuário**, v. 37, n. 290, p. 34-46, 2016.

VIVAS, M. *et al.* Diagrammatic scale for assessing severity of back-spot in papaya fruit. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 2, p. 161-163, 2010.

WATSON, A. Managing carrot powdery mildew. **Australasian Plant Pathology**, v. 45, n. 1, p. 29-35, 2016.

ZADOKS, J. C. 1985. On the conceptual basis of crop loss assessment: the threshold theory. **Annual Review of Phytopathology**, v. 23, n. 1, p. 455-73, 1985.

CAPÍTULO II

Danos do oídio no clone de cajueiro anão BRS 189

RESUMO

O oídio, causada pelo fungo *Pseudoidium anacardii*, é atualmente a principal doença do cajueiro, afetando folhas, inflorescências e frutos da planta. Entretanto, não existem na literatura trabalhos detalhados que associem os efeitos de *P. anacardii* na produção e produtos do cajueiro. Assim, objetivou-se com o presente estudo determinar a relação entre intensidade do oídio e a produção (quantidade e qualidade) de frutos do clone de cajueiro anão BRS 189. O experimento foi realizado no Campo Experimental da Embrapa, no município de Pacajus-CE, no período de julho a dezembro de 2014, com plantas do clone de cajueiro anão BRS 189, com oito tratamentos (T1 - 0 g, T2 - 0,5 g, T3 - 1 g, T4 - 2 g, T5 - 3 g, T6 - 4 g, T7 - 5 g e T8 - 7 g de enxofre/L de água), necessários para se obter um gradiente de doença, conduzido em delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. Avaliou-se a severidade e a incidência do oídio em plantas de cajueiro e esses dados foram correlacionados com produção e características biométricas de castanhas e pedúnculos da planta. A severidade foi obtida utilizando uma escala descritiva de notas variando de 0 a 4, estimada em função do percentual da superfície lesionada nos órgãos da planta, e a incidência através da percentagem (%) de órgãos infectados com o fungo. Os resultados permitem concluir que o oídio não diminui a produtividade de castanhas no clone testado, embora cause redução da massa e tamanho das amêndoas, afetando também a massa, o tamanho e a qualidade de pedúnculos, inviabilizando a comercialização de caju de mesa na ausência de controle.

Palavras chave: *Anacardium occidentale*. *Pseudoidium anacardii*. Severidade. Incidência.

ABSTRACT

The cashew powdery mildew disease, caused by fungus *Pseudoidium anacardii*, is currently the most important cashew disease, affecting leaves, inflorescences and fruits. However, there is a lack of detailed reports in dealing with the effects of *P. anacardii* in the yield. Therefore, this study aimed to determine the relationship between powdery mildew severity and fruit yield (quantity and quality) of cashew. The experiment was conducted at the Experimental Field of Embrapa, in Pacajus county, state of Ceará, Brazil, from July to December 2014, with cashew clone BRS 189, with eight treatments (T1 - 0 g, T2 - 0.5 g, T3 - 1 g, T4 - 2 g, T5 - 3 g, T6 - 4 g, T7 - 5 g and T8 - 7 g sulfur/L water), in order to obtain a disease gradient, conducted in a randomized block with four replications. It was evaluated the incidence and severity of powdery mildew in cashew plants and related this data with yield and biometric characteristics of fruits and cashew apples. The severity was obtained by a descriptive scores varying from 0 to 4, estimated as a function of the proportion of the injured area in the organs of the cashew, and the incidence through the proportion of organs infected. Cashew powdery mildew does not reduce fruit yield in clone BRS 189, although it causes both weight reduction and nut size, also affecting the weight, size and quality of cashew apples, making it impossible the cashew *in natura* trading if no control measures are done.

Keywords: *Anacardium occidentale*. *Pseudoidium anacardii*. Severity. Incidence.

1 INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma planta originária do Brasil (CARDOSO; VIANA, 2011; SERRANO *et al.*, 2013a) e uma das mais importantes espécies cultivadas nas regiões tropicais no mundo (OLIVEIRA, 2008). O Nordeste brasileiro responde por mais de 98% da produção nacional e os estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí são os maiores produtores do país (IBGE, 2016). A castanha de caju é o principal produto explorado nos mercados interno e externo (PESSOA; LEITE, 2013). Entretanto, há também grande potencial de agregação de valor quando se tem um melhor aproveitamento do pedúnculo, principalmente na produção de sucos (MORAES *et al.*, 2013) e para o mercado de mesa, para consumo *in natura*.

Com a introdução de clones de cajueiro anão melhorados (OLIVEIRA; BARROS; LIMA, 2003), que representou um grande avanço tecnológico para a exploração dessa cultura, foram obtidos significativos rendimentos de amêndoa e pedúnculo (CAVALCANTI *et al.*, 2000), com qualidade superior àquelas obtidas com cajueiro comum (OLIVEIRA *et al.*, 2004; SERRANO *et al.*, 2013a). No entanto, apesar de ser considerada uma planta rústica e bem adaptada às condições do Nordeste brasileiro, danos significativos têm sido observados em campo, com prejuízos em termos quantitativos e qualitativos provocados principalmente por fungos durante todo o ciclo da cultura (FREIRE *et al.*, 2002).

O oídio do cajueiro, causado pelo fungo *Pseudoidium anacardii* (F. Noack) U. Braun & R. T. A. Cook, considerado como doença secundária há décadas no Brasil, sem causar impactos na produção de castanha e pedúnculo (FREIRE *et al.*, 2002), atualmente tem sido responsável por ocasionar danos significativos ao cajueiro no país (CARDOSO *et al.*, 2013) e em países africanos desde a década de sessenta (CASULLI, 1979; MARTIN *et al.*, 1997; SIJAONA, 2001). Na África, principalmente na Tanzânia, relataram-se queda na produção de castanha de 50 a 70% devido ao ataque do fungo (MARTIN *et al.*, 1997).

Atualmente, o oídio é a principal doença do cajueiro no Brasil, pois severos ataques do patógeno têm sido observados em inflorescências, maturis (fruto em formação) e frutos (CARDOSO *et al.*, 2012; CARDOSO *et al.*, 2013), prejudicando a qualidade da castanha, da amêndoa (SERRANO *et al.*, 2013b) e do pedúnculo destinado ao mercado de caju de mesa.

Os oídios, de um modo em geral, são responsáveis por atacarem mais de 1500 gêneros de plantas (BRAUN; COOK, 2012), ocasionando danos significativos à produção em diversos hospedeiros (BARROS; CASTRO; PATRÍCIO, 2006; BOWEN; EVERTS; LEATH,

1991; CAMELE *et al.*, 2009; CANTERI, 2004; GODOY; IGARASHI *et al.*, 2010; REIS; HOFFMANN; BLUM, 2002; SANTOS *et al.*, 2005; WANG; WANG; ZHANG, 2014; WATSON, 2016), sendo a maioria cereais.

Na fruticultura, são poucos os trabalhos que retratam danos de fitopatógenos à produção da planta (BASSANEZI *et al.*, 2011; CAMELE *et al.*, 2009; CARDOSO *et al.*, 2005; MARTINS; SILVEIRA; MAFFIA, 2014; NOFAL; HAGGAG, 2006; SANTOS *et al.*, 2005) e nenhum relata os danos que o oídio pode ocasionar à produção do cajueiro. Mesmo em trabalhos realizados no continente africano, onde se tem o cajueiro como atividade agrícola importante desde os anos de 1960, nenhum estudo de dano tem sido feito quando se associa a severidade da doença com a produção da planta. A grande maioria dos estudos realizados refere-se ao controle químico (SIJAONA; MANSFIELD, 2001; SMITH *et al.*, 1995; SMITH COOPER, 1997; SMITH *et al.*, 1997), aos estudos epidemiológico da doença (SHOMARI; KENNEDY, 1999, 1997) e ao melhoramento genético (SIJAONA; MANSFIELD, 1997).

Apesar da estimativa de queda de 50 a 70% na produção de castanha na Tazânia (MARTIN *et al.*, 1997), nenhuma menção é dada ao dano à produção de pedúnculo em cajueiros afetados pelo oídio. Topper, Boma e Mhando (1997a, 1997b) relataram haver queda de produção de castanha em cajueiro na Tanzânia quando na ausência de controle do oídio, mas sem estimar os danos que a doença pode causar ao cajueiro. Não havendo, portanto, trabalhos que quantifiquem os danos à produção de castanha e de pedúnculo quando o cajueiro é atacado por *P. anacardii* durante o ciclo produtivo da planta, principalmente em clones de cajueiro anão.

Estudos com o uso de fungicidas sulfurados no controle do oídio do cajueiro já existem (SMITH *et al.*, 1995; SMITH *et al.*, 1997; SMITH; COOPER, 1997) e apresentam eficiência em condições epidêmicas da doença (CARDOSO *et al.*, 2012), o que possibilita o uso desses defensivos para se obter um gradiente de doença e verificar os danos causados pelo oídio. Portanto, o objetivo do presente estudo foi determinar o dano ocasionado pelo oídio à produção quantitativa e qualitativa do clone de cajueiro anão BRS 189.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa (4° 11' 16'' S; 38° 29' 50'' W, 77 m), localizado no município de Pacajus, no estado do Ceará, no período de julho a dezembro de 2014, em uma área de 0,8 ha cultivada com 168 plantas do clone de

cajueiro anão BRS 189 (conhecidamente suscetíveis ao oídio), implantada em 2001, com espaçamento 8x6 m, a partir de mudas enxertadas sobre porta enxerto de sementes do clone CCP 06.

Em maio de 2014, dois meses antes do início do experimento, as plantas foram podadas. O solo do local tem predominância de Neossolo Quartzarênico com classe textural areia. Adubação, tratos culturais e manejo fitossanitário foram realizados de acordo com a recomendação preconizada pela Embrapa (OLIVEIRA, 2002). Durante o período do estudo, a precipitação acumulada foi de 39 mm, com umidade relativa do ar e temperatura média de 72,27% e 27,53 °C, respectivamente.

Para criar o gradiente de doença, necessário para a realização do estudo, tendo como referência a dose recomendada por Cardoso *et al.* (2012), aplicou-se nas plantas doses crescentes de enxofre (Kumulus[®] DF¹) que variaram entre 0 e 7 g do produto (80% i.a.) por litro de água (1,25 L de calda fungicida/planta/aplicação), inicialmente a intervalos semanais, passando-se a quinzenais após a terceira pulverização. A calda foi aplicada com 0,05% de Tween 20 (Monolaurato de polioxietileno sorbitano) (Mapric[®]) como agente dispersante (espalhante). As aplicações com o enxofre foram efetuadas com auxílio de um pulverizador costal motorizado (Yamaha[®], modelo LS-937) e tiveram início no dia 30 de julho, terminando em 13 de novembro de 2014, totalizando nove pulverizações.

O experimento, com oito tratamentos (T1 - 0 g, T2 - 0,5 g, T3 - 1 g, T4 - 2 g, T5 - 3 g, T6 - 4 g, T7 - 5 g e T8 - 7 g de enxofre/L de água), foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições, tendo-se duas plantas por parcela e quatro panículas marcadas em lados opostos de cada planta (pontos cardinais), identificadas com tecido colorido preso por um barbante de algodão.

Durante o período do estudo foram feitas cinco marcações consecutivas (cinco floradas) das panículas recém-emitidas em todos os tratamentos, possibilitando cinco repetições do experimento dentro do mesmo ciclo produtivo. As marcações da 1^a, 2^a, 3^a, 4^a e 5^a florada foram feitas nos dias 22 de julho, 13 de agosto, 27 de agosto, 01 de outubro e 22 de outubro, respectivamente.

¹O uso desse produto neste trabalho não se trata de uma recomendação. O mesmo foi utilizado por ser, atualmente, o único fungicida com registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o controle do oídio em plantas de cajueiro no Brasil (MAPA, 2016).

A avaliação da incidência e da severidade do oídio nas panículas em cada florada, previamente identificadas, foi realizada semanalmente, por um período de 42 dias (seis avaliações/florada). Durante todo o período do experimento foram observadas 1.280 panículas (panículas marcadas), um total de 256 panículas/florada.

A incidência em frutos, nas panículas marcadas, foi avaliada 42 dias após a emissão das flores, observando castanhas (fruto verdadeiro) e pedúnculos (pseudofruto). Enquanto que a avaliação da severidade em frutos e pseudofrutos se deu ao final do ciclo produtivo de cada florada (56 dias, aproximadamente, após o surgimento das flores). Em cada florada, vinte castanhas e cinco pedúnculos/planta foram analisados.

A severidade foi estimada utilizando uma escala descritiva de notas que variou de 0 a 4, adaptada de Cardoso *et al.* (2012), baseada no percentual da superfície lesionada nos órgãos da planta (Nota 0 = ausência de sintomas da doença; Nota 1 = até 10% da superfície do órgão da planta lesionado; Nota 2 = acima de 10% e até 25%; Nota 3 = acima de 25% e até 50%; Nota 4 = quando a área lesionada comprometeu mais de 50% da superfície do órgão avaliado). Por sua vez, a incidência foi estimada através da percentagem (%) de órgãos infectados com o fungo [número de órgãos doentes/número total de órgãos avaliados]*100].

Ao final do ciclo de cada florada foi determinado o número de frutos/panícula, como também o número e a massa total de castanhas produzidas/planta; massa, comprimento, largura e espessura média da castanha; massa média do epicarpo (casca); massa média do mesocarpo (película); massa, comprimento, largura e espessura média da amêndoa; massa média, comprimento médio, largura média e sólidos solúveis totais (SST) do pseudofruto.

Os dados médios de doença das cinco floradas, nos diferentes órgãos da planta, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

A relação entre doença [severidade em panículas (SevPan), castanhas (SevCast) e pedúnculos (SevPseud); incidência em flores (IncFlor) e frutos (IncFruto); e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD¹) em flores (CAMPBELL; MADDEN, 1990)] e dano (nº frutos/panícula; nº total de frutos/planta; massa total de frutos/planta; massa, comprimento, largura e espessura da castanha; massa do epicarpo; massa do mesocarpo; massa, comprimento, largura e espessura da amêndoa; massa, comprimento, largura e SST do pseudofruto) foi obtida com uso de análise de regressão linear, utilizando valores médios das cinco floradas do ciclo produtivo da cultura; com exceção do número e massa de frutos/planta, que foram representados pela soma dos valores das cinco floradas.

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

Onde:

Y_i = doença (incidência e severidade) na semana da avaliação i ($i = 1, 2, \dots, n$);

Y_{i+1} = doença (incidência e severidade) na semana da avaliação $i+1$;

T_i = semana da avaliação i ;

T_{i+1} = semana da avaliação $i+1$;

n = número de observações.

A AACPD foi calculada a partir dos dados de severidade do oídio em panículas (AACPSevPan) e da incidência do oídio em flores (AACPIncFlor) em função do tempo. Além disso, todas as variáveis de doença foram submetidas à análise de correlação de Pearson.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível obter um gradiente de doença utilizando diferentes doses de enxofre para o controle do oídio do cajueiro em todas as variáveis estudadas (Tabela 1), ocorrendo significativa redução da doença quando comparado o tratamento ausência de controle (0 g/L) com os demais tratamentos. A menor dose utilizada (0,5 g/L) já reduziu parcialmente a doença nas flores, nas castanhas e nos pedúnculos do cajueiro. Além disso, não foi observado efeito fitotóxico nos tratamentos com doses mais elevadas do produto.

A redução da doença, quando comparada a ausência de controle (0 g/L) com o tratamento que recebeu a maior dose de fungicida (7 g/L) foi de 78,94, 78,09, 91,84, 91,46, 74,47, 91,44 e 94,20% para SevPan, AACPSevPan, IncFlor, AACPIncFlor, IncFruto, SevCast e SevPseud, respectivamente. Confirmando a eficiência do enxofre no controle do oídio em plantas de cajueiro (CARDOSO *et al.*, 2012).

Tabela 1 - Efeito da dose de enxofre na incidência, severidade e AACPD² do oídio em diferentes órgãos³ de plantas do clone de cajueiro anão BRS 189.

Dose ¹ (g/L)	SevPan	AACPSevPan	IncFlor (%)	AACPIncFlor	IncFruto (%)	SevCast	SevPseud
0	2,95*a	14,48 a	51,01 a	251,30 a	80,65 a	2,29 a	3,47 a
0,5	1,90 b	9,43 b	24,44 b	119,96 b	80,64 a	1,21 b	2,16 b
1	1,56 c	7,79 c	17,75 c	87,58 bc	59,49 ab	0,93 bc	1,49 c
2	1,30 cd	6,56 cd	13,04 cd	66,165 cd	56,01 b	0,78 cd	1,11 cd
3	1,12 de	5,60 de	10,47 de	52,88 de	47,92 bc	0,59 cde	0,56 de
4	0,95 ef	4,82 ef	8,14 def	41,13 de	35,64 bcd	0,45 de	0,49 e
5	0,78 fg	3,92 fg	6,06 ef	30,28 e	28,18 cd	0,33 e	0,31 e
7	0,62 g	3,17 g	4,16 f	21,46 e	20,59 d	0,19 e	0,20 e
CV (%)	8,34	7,61	15,53	16,98	19,75	19,86	19,33

¹Aplicação de enxofre em g/L de água do produto comercial (80% i.a);

²AACPD – Área abaixo da curva de progresso da doença;

³SevPan - severidade do ataque do oídio em panículas de cajueiro com auxílio de uma escala de notas com valores de agressividade variando de 0 a 4; AACPSevPan - área abaixo da curva de progresso da severidade do ataque do oídio em panículas de cajueiro; IncFlor (%) - Incidência do oídio em flores de cajueiro; AACPIncFlor - área abaixo da curva de progresso da incidência do ataque do oídio em flores de cajueiro; IncFruto (%) - incidência do ataque do oídio em frutos de cajueiro (castanha+pedúnculo); SevCast - severidade do ataque do oídio em castanhas de cajueiro; SevPseud - severidade do ataque do oídio em pedúnculos de cajueiro;

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

Com exceção da IncFruto, em todas as outras variáveis analisadas houve diferença no grau de ataque do oídio entre o tratamento sem aplicação de enxofre (0 g/L) e o tratamento com apenas 0,5 g/L do fungicida, tendo o fungicida reduzido a doença em 35,63, 34,89, 52,08, 52,26, 47,48 e 37,64% para SevPan, AACPSevPan, IncFlor, AACPIncFlor, SevCast e SevPseud, respectivamente. Esse resultado mostra a importância e a eficácia do uso do enxofre no combate a esta fitomoléstia em plantas de cajueiro (CARDOSO *et al.*, 2012; SMITH *et al.*, 1995; SMITH *et al.*, 1997; SMITH; COOPER, 1997), mesmo em pequenas doses. Eficiência também comprovada no tratamento do oídio em outras culturas (CHAVAN *et al.*, 2009; NASIR *et al.*, 2014; TATAGIBA *et al.*, 2012; WATSON, 2016).

Analisando os tratamentos que receberam as maiores doses do fungicida, percebe-se que o tratamento com 5 g de enxofre/L de água teve o mesmo efeito que o tratamento com 7 g/L para a SevPan e AACPSevPan, enquanto que o tratamento com 4 g/L foi similar ao tratamento com 7 g/L para IncFlor e IncFruto. Já o tratamento com 3 g/L apresentou a mesma eficácia que o tratamento com 7 g/L para AACPIncFlor, SevCast e SevPseud (Tabela 1). Esses resultados demonstram que não se faz necessário doses elevadas de enxofre para se

obter controle eficiente desta fitomoléstia, minimizando assim os riscos ao operador e ao meio ambiente, e evitando gastos desnecessários com o uso excessivo do fungicida.

A redução da doença nos tratamentos que receberam as maiores doses não foi maior em virtude de possíveis falhas na aplicação do defensivo, que, por diferentes fatores como má distribuição do produto, em função de ventos, temperatura e umidade (SANTOS; MACIEL, 2006), não conseguiu atingir todos os órgãos alvos durante a pulverização. Provavelmente isso também se aplique quando se utilizam pulverizações em baixas dosagens e com pouca cobertura das panículas.

A redução da doença tem sido verificada a partir do aumento crescente das doses de enxofre, mas o decréscimo na produção da planta nem sempre foi explicado pelo aumento da doença. Isso foi verificado para algumas variáveis de doença e a produção do clone de cajueiro anão BRS 189.

Não foi observada a redução do número de frutos/panícula, do número de castanhas/planta nem da produtividade de castanhas (Kg/planta) nas plantas de cajueiro anão BRS 189 em função da doença (Figuras 1, 2 e 3), que produziram em média 1,2 frutos/panícula e 308,31 castanhas/planta; com uma produtividade de 2,62 Kg de castanhas/planta. Essa produtividade corresponde a 550,2 Kg de castanha/ha, considerando o espaçamento estabelecido nesse experimento (8x6 m), com 210 plantas/ha. Uma produtividade baixa para este clone, visto valores próximos de 2.000 Kg/ha já terem sido relatados (PAIVA; BARROS, 2004). Entretanto, não foi observada relação entre a doença e a produtividade da planta, confirmada pela ausência de significância e valores do coeficiente de determinação próximos de zero, nas regressões lineares (Figuras 1, 2, e 3). Esses resultados contrastam com informações obtidas em países africanos, que relatam queda expressiva na produção de castanha de caju ocasionada pelo ataque do oídio (CASULLI, 1979; MARTIN *et al.*, 1997; SIJAONA, 2001).

Figura 1 - Relação entre a severidade do oídio em panículas (SevPan) de cajueiro anão BRS 189 e o número de frutos produzidos por panícula (A), o número de castanhas produzidas por planta (B), e a produção (Kg) de castanhas/planta (C); Relação entre a área abaixo da curva de severidade do oídio em panículas (AACPSevPan) de cajueiro e o número de frutos produzidos/panícula (D), o número de castanhas produzidas/planta (E), e a produção (Kg) de castanhas/planta (F).

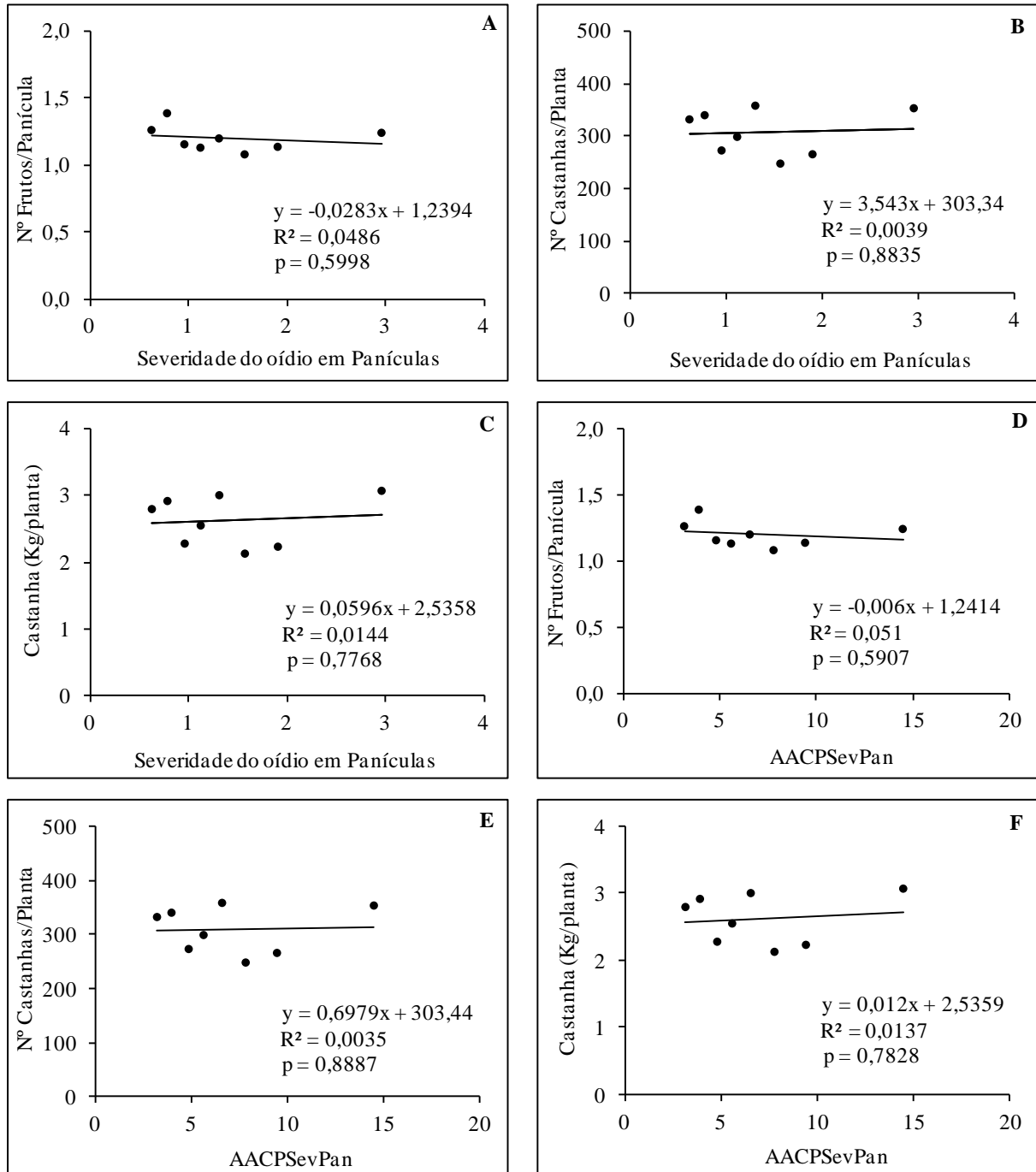


Figura 2 - Relação entre a incidência do oídio em flores (IncFlor) de cajueiro ano BRS 189 e o número de frutos produzidos/panícula (A), o número de castanhas produzidas/planta (B), e a produção (Kg) de castanhas/planta (C); Relação entre a área abaixo da curva da incidência do oídio em flores (AACPIncFlor) de cajueiro e o número de frutos produzidos/panícula (D), o número de castanhas produzidas/planta (E), e a produção (Kg) de castanhas/planta (F).

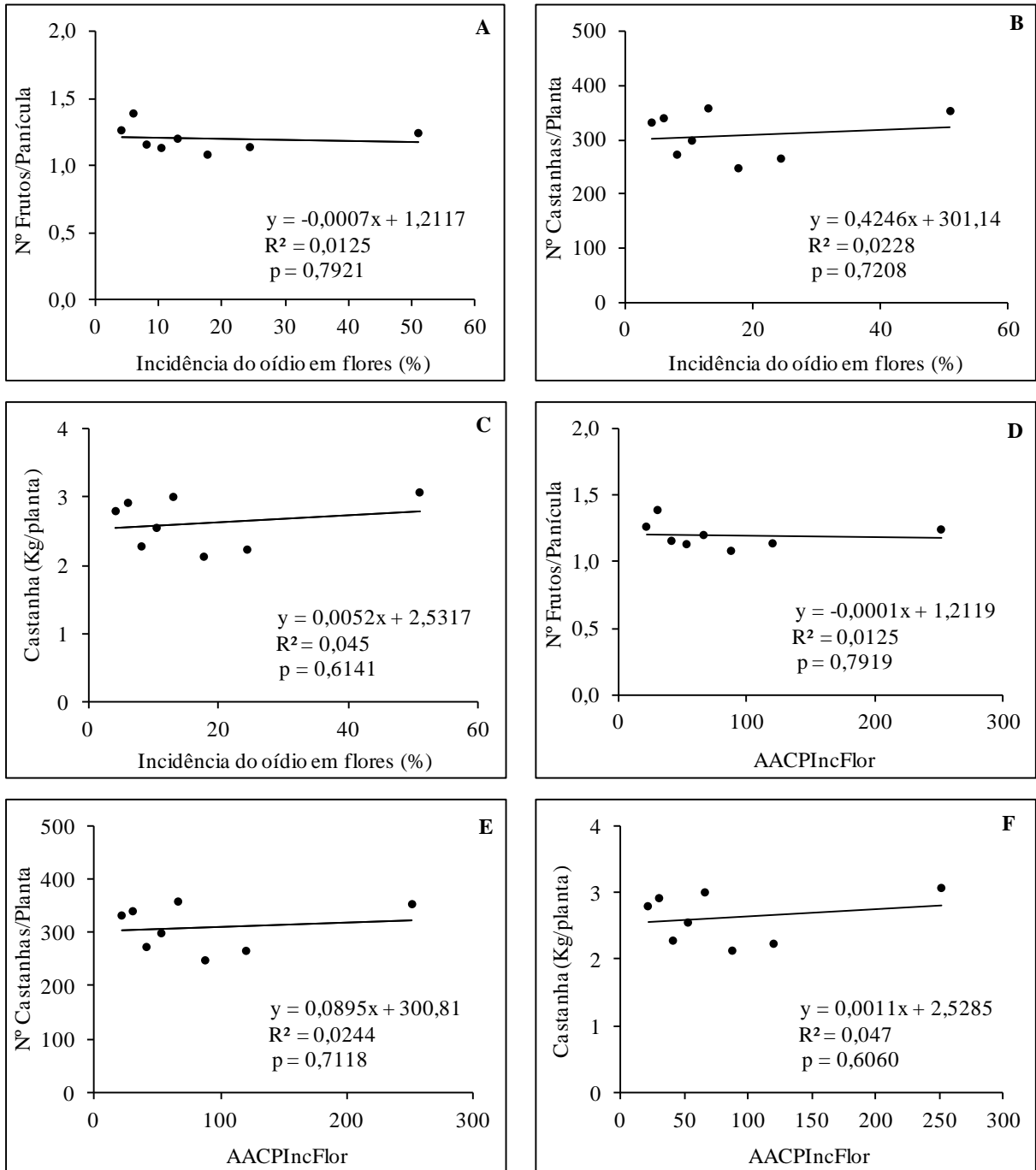
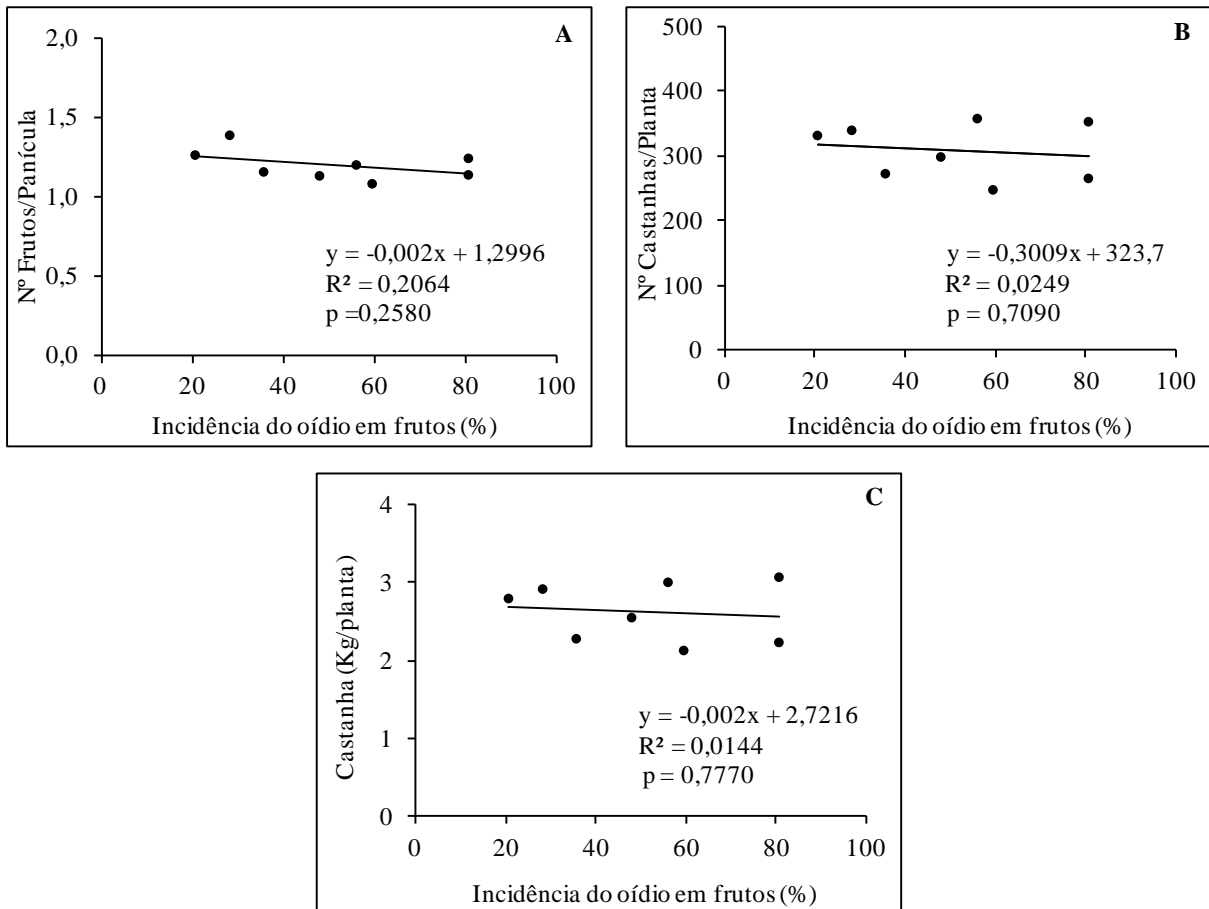


Figura 3 - Relação entre a incidência do oídio em frutos (IncFruto) de cajueiro anão BRS 189 (castanha+pedúnculo) e o número de frutos produzidos/panícula (A), o número de castanhas produzidas/planta (B), e a produção (Kg) de castanhas/planta (C).



Diferente de informações relatadas por Cardoso *et al.* (2012), trabalhando com o controle do oídio em cajueiro, e informações anotadas também em outros patossistemas (CAMELE *et al.*, 2009; MARTINS; SILVEIRA; MAFFIA, 2014), não foi observado abortamento de flores e frutos no clone de cajueiro anão BRS 189. Este fato fica caracterizado pela presença do mesmo número de frutos/panícula em todos os tratamentos (Figuras 1D, 2D e 3A), demonstrando que o oídio, nesse clone, não provocou queda na produção, mesmo quando na ausência de controle e alta intensidade de ataque nos órgãos reprodutivos da planta.

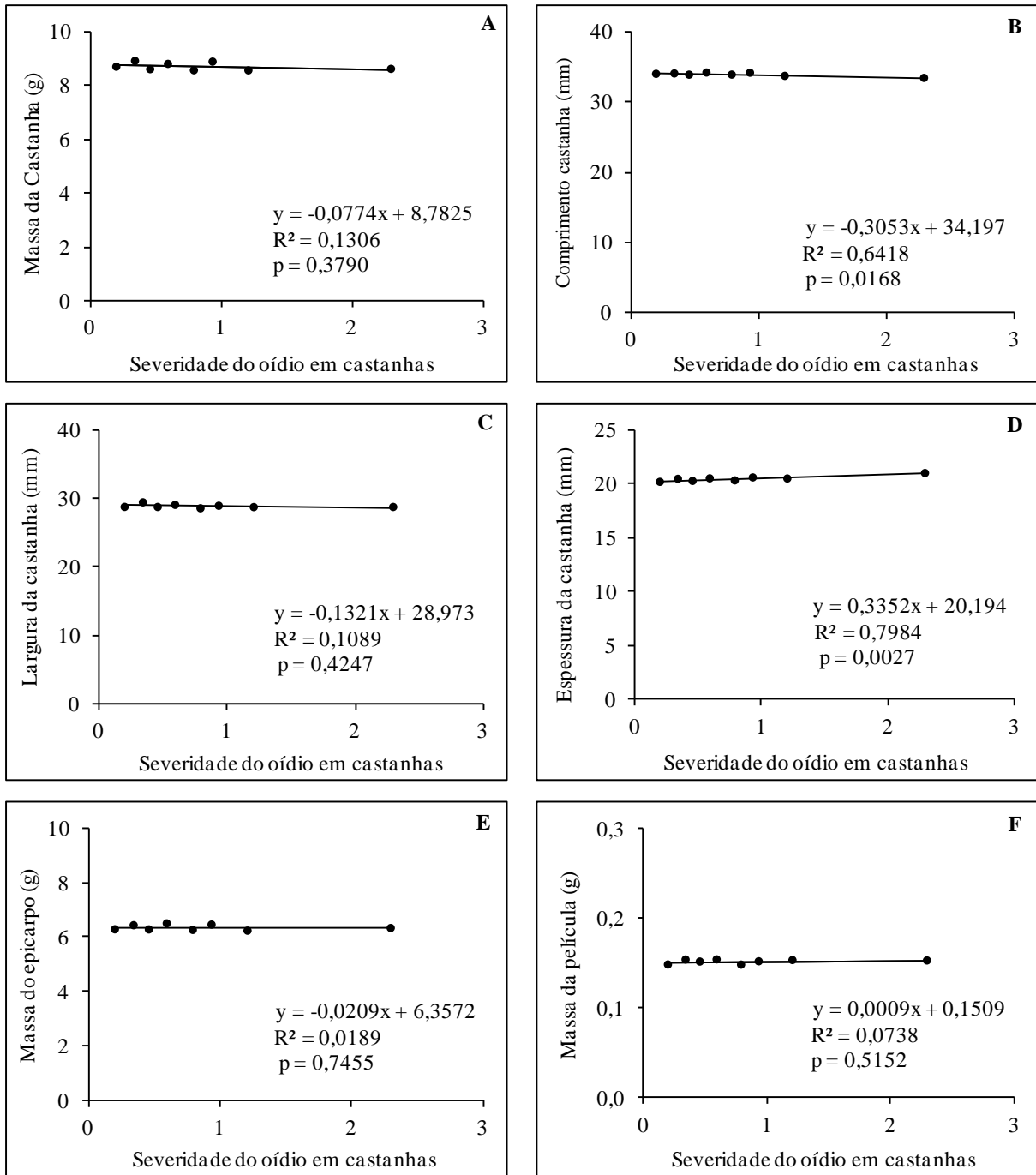
Não houve redução da massa das castanhas em função do ataque do oídio, bem como na largura da castanha, na massa do epicarpo e na massa da película (Figuras 4A, 4C, 4E e 4F), que apresentaram valores médios de 8,72 g, 28,86 mm, 6,34 g e 0,15 g, respectivamente. No entanto, ocorreu um decréscimo no comprimento e um aumento na espessura das castanhas, em função do aumento da severidade da doença (Figuras 4B e 4D), que tiveram valores médios de 33,94 e 20,48 mm, respectivamente.

A variação no comprimento e espessura entre as castanhas sadias e as mais atacadas foi de 2,25 e 3,88%, respectivamente. Valores baixos, mas que contribuíram para causar deformações, ocasionando redução de 0,31 mm no comprimento para cada aumento de 1 unidade na nota de severidade do oídio em castanhas; e aumento de 0,34 mm na espessura para cada aumento de 1 unidade na nota de severidade (Figuras 4B e 4D).

Outros estudos relataram a deformação de castanhas quando atacadas pelo oídio. Serrano *et al.* (2013b), estudando o efeito do oídio em vinte clones de cajueiro comum no estado do Piauí, observaram que oito desses clones apresentaram deformações nas castanhas quando severamente atacados pela doença, onde a espessura das castanhas doentes foi superior a das castanhas sadias. Fato também relatado por Sijaona (1997) em castanhas de vários clones de cajueiro cultivados no continente africano. Como constatado no presente estudo, Serrano *et al.* (2013b) também observaram que castanhas atacadas pelo oídio em 15% dos clones de cajueiro comum avaliados não tiveram redução da massa. Nesse caso, provavelmente não há penetração profunda do fungo que traduza algum dano expressivo na castanha.

A presença de componentes fenólicos como ácido anacárdico, cardanol e cardol, principalmente no mesófilo esponjoso da castanha, devido sua ação contra microrganismos já comprovada (MAZZETTO; LOMONACO; MELE, 2009), podem atuar impedindo a infecção do patógeno em tecidos mais internos da castanha, evitando assim danos severos, mesmo em uma condição de elevada epidemia no campo.

Figura 4 - Relação entre a severidade do oídio em castanhas (SevCast) de cajueiro anão BRS 189 e a massa da castanha (A), o comprimento da castanha (B), a largura da castanha (C), a espessura da castanha (D), a massa do epicarpo (E), e a massa da película (F).

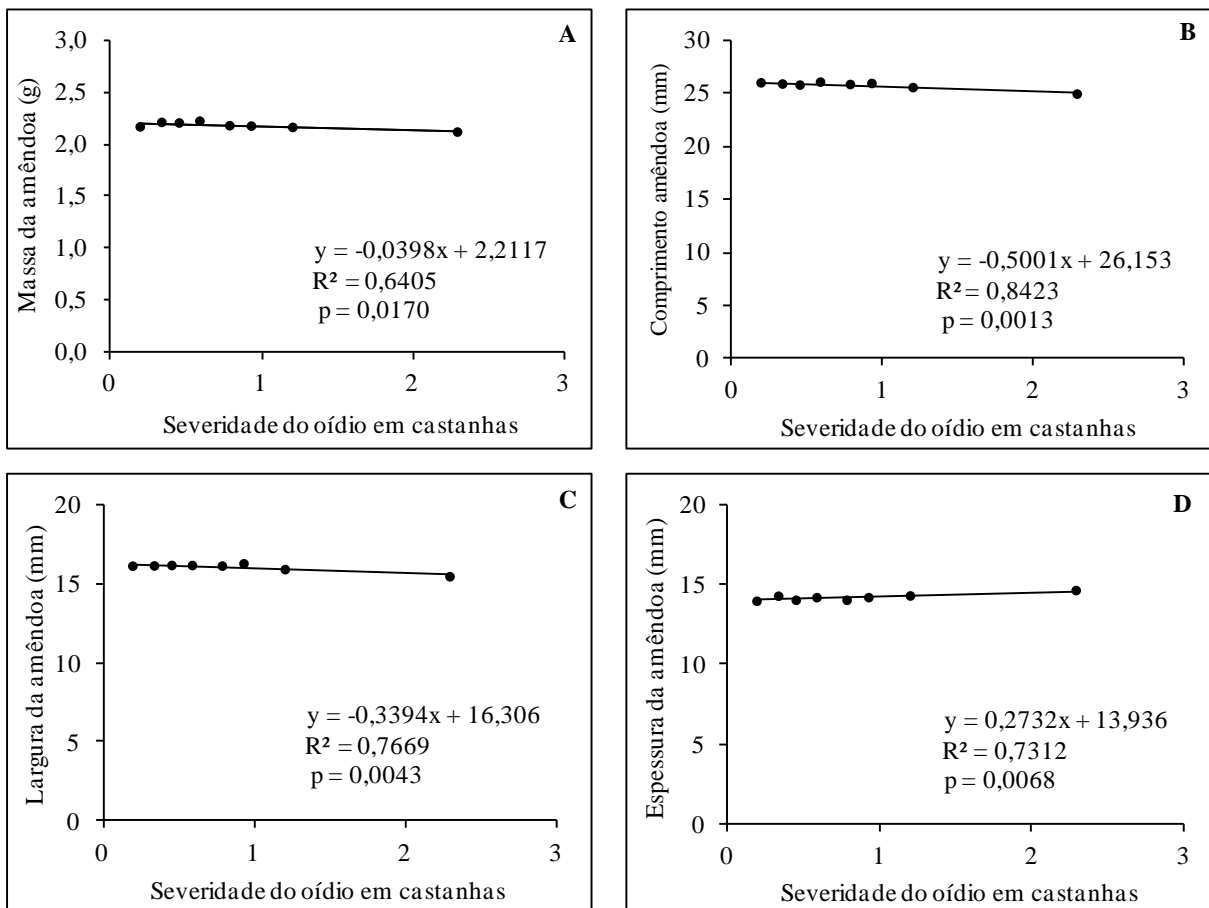


As amêndoas do clone de cajueiro BRS 189 apresentaram, em média, 2,18 g, 25,73 mm, 16,02 mm e 14,17 mm para massa, comprimento, largura e espessura, respectivamente. No entanto, diferente das castanhas aqui analisadas, todas as características biométricas das amêndoas foram afetadas pelo oídio (Figura 5), corroborando resultados obtidos por Serrano *et al.* (2013b). As amêndoas provenientes de castanhas com maior

severidade apresentaram uma redução de 4,74, 4,34 e 5,05% na massa, comprimento e largura, respectivamente, quando comparadas com as de menor severidade. Similar ao ocorrido nas castanhas, houve também um aumento na espessura da amêndoa, provocando também deformação.

A maior taxa de crescimento da amêndoa ocorre na fase final de formação dos frutos de cajueiro (SERRANO; OLIVEIRA, 2013), diferente do que acontece com o epicarpo, que se forma logo no início do desenvolvimento do fruto. Nesse período, o pedúnculo infectado, em plantas atacadas pelo oídio, pode dificultar a passagem de compostos necessários à completa formação da amêndoa, comprometendo sua qualidade.

Figura 5 - Relação entre a severidade do oídio em castanhas (SevCast) de cajueiro ano BRS 189 e a massa da amêndoa (A), o comprimento da amêndoa (B), a largura da amêndoa (C), e a espessura da amêndoa (D).



O dano causado pelo oídio do cajueiro não afeta diretamente a castanha do clone BRS 189, mas as amêndoas têm suas características quantitativas afetadas. No processamento das castanhas severamente infectadas, o rendimento diminuiu em quase 5%, ocasionando uma redução de 0,04 g na massa de cada amêndoa para cada aumento de 1 unidade na nota de

severidade do oídio verificado nas castanhas. Isso corresponde a uma diminuição de 18,35 g em cada Kg de amêndoa processada para cada aumento de 1 unidade na nota de severidade do oídio em castanhas.

A massa, o tamanho (largura e espessura) e os sólidos solúveis totais (SST) dos pedúnculos do clone BRS 189 foram severamente influenciados pelo oídio, como verificado pelas análises das regressões lineares altamente significativas (Figura 6). No experimento, os pedúnculos apresentaram em média 114,31 g, 52,99 mm, 59,26 mm e 13,63 °Brix, para massa, comprimento, largura e SST, respectivamente. No entanto, enquanto os pedúnculos das plantas menos atacadas pela doença tiveram massa de 135,74 g, comprimento de 58,56 mm, largura de 63,44 mm e SST de 12,76 °Brix, as plantas mais afetadas pela enfermidade produziram pedúnculos com médias de 68,76 g, 41,49 mm, 48,49 mm e 16,34 °Brix para massa, comprimento, largura e SST, respectivamente. Ocorrendo uma redução percentual de 49,35, 29,15 e 23,56 na massa, comprimento e largura do pedúnculo, respectivamente; e um aumento de 21,86 % nos SST. Os pedúnculos afetados, além do tamanho e massa reduzidos, também apresentaram enrugamento, variação e rachaduras em sua superfície decorrentes da morte das células da superfície do órgão ocasionadas pela infecção do fungo.

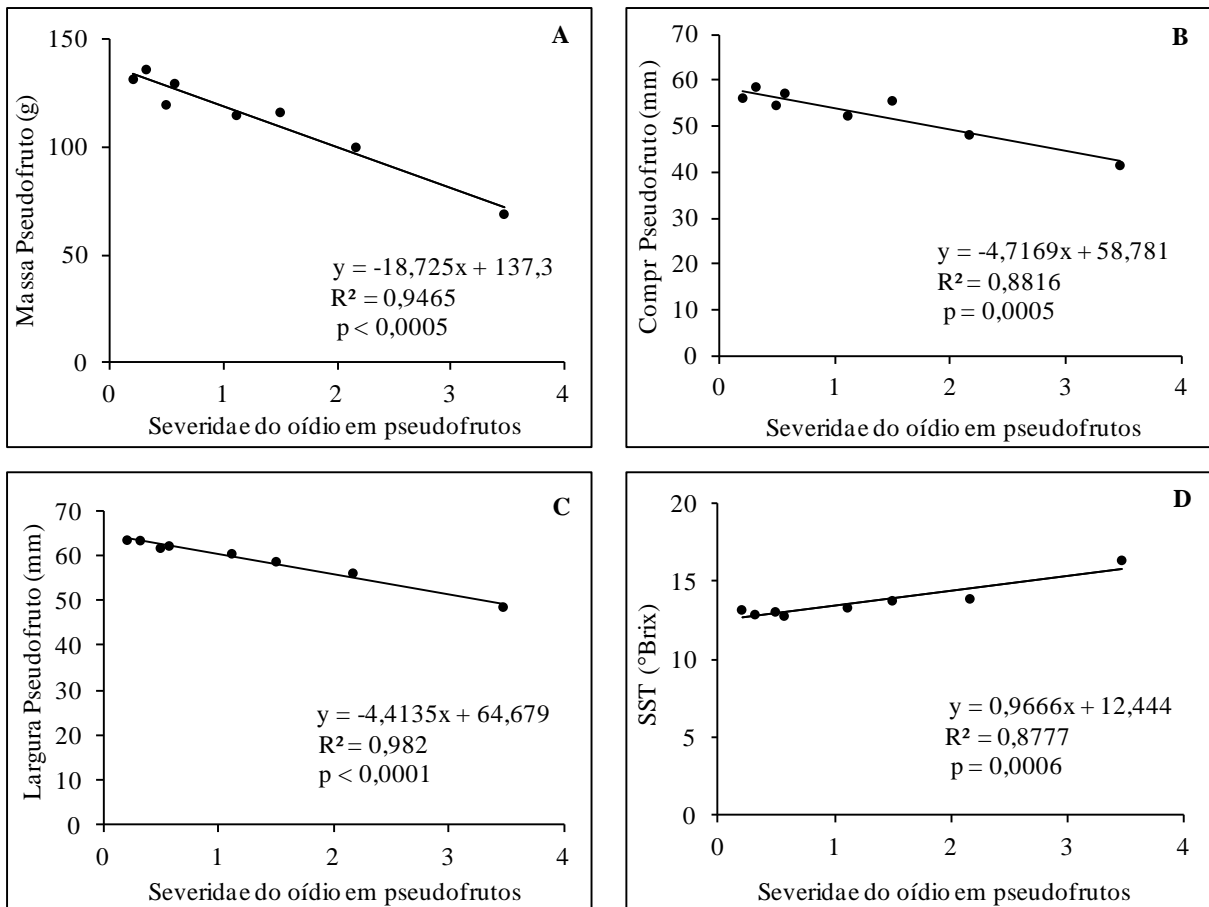
A redução percentual na massa do pedúnculo, em decorrência do ataque do oídio (quase 50%), para o nosso conhecimento, pode ser considerada a menor redução constatada em trabalhos de dano com essa doença em frutíferas. Nofal e Haggag (2006) também verificaram danos significativos do oídio, causado por *Oidium mangiferae*, na mangueira, com redução média de 32,99 e 36,98% da produção das cultivares “Alphonso” e “Seddek”, respectivamente. Entretanto, números tão expressivos quanto os aqui observados só foram relatados por Watson (2016), mas em plantas de cenoura da cultivar “Ricardo”, que tiveram uma redução do seu peso de 80 e 21% em condições de casa de vegetação e campo, respectivamente, decorrente do ataque de *Erysiphe heraclei*. E também na soja, que teve a produção diminuída em 50,1%, ocasionada por *Microsphaera diffusa* (IGARASHI *et al.* (2010).

Em outros trabalhos realizados, não há informações de um dano tão significativo. Santos *et al.* (2005) verificaram uma redução no peso de fruto de melão afetados por *Sphaerotheca fuliginea*, no entanto, esses valores não superaram 13,3 %, enquanto Camele *et al.* (2009), também nesse patossistema, assinalaram queda na produtividade de 7,49%. Daubeze, Hennart e Palloix (1995) estimaram redução de 40% na produção do pimentão infectado por *Leveillula taurica*. Bower *et al.* (1991) relatam danos na produção de 14,5%, e Barros, Castro e Patrício (2006) de 34,6% em planta de trigo, enquanto Reis, Hoffmann e

Blum (2002) anotaram uma redução de 28,03% no rendimento da cevada, ambos afetados por *Blumeria graminis*. Godoy e Canteri (2004) também verificaram redução de 17% na produção de soja atacada por *Erysiphe diffusa*.

O aumento nos SST é um resultado que surpreende, uma vez que, ao contrário do observado no presente estudo, o que se conhecia era ação negativa do oídio em outros hospedeiros, como relata Santos *et al.* (2005) e Camele *et al.* (2009), que verificaram a redução dos SST de 22,1 e 6,8%, respectivamente, em frutos de meloeiro atacados pelo oídio. Com isso, pode se afirmar que pedúnculos severamente atacados podem ser destinados à indústria de sucos. O que acaba sendo uma vantagem para indústria, que adquire uma maior quantidade de açúcares em uma menor quantidade de pedúnculos, obtendo um suco mais concentrado e um maior rendimento, pois, pseudofrutos doentes apresentam menor quantidade de água, concentrando assim os solutos.

Figura 6 - Relação entre a severidade do oídio em pseudofrutos (SevPseud) de cajueiro ano BRS 189 e a massa do pseudofruto (A), o comprimento do pseudofruto (B), a largura do pseudofruto (C), e sólidos solúveis totais (SST) do pseudofruto (D).



Nas regressões lineares obtidas para as características do pedúnculo (Figura 6), para cada aumento de 1 unidade na nota de severidade do oídio em pedúnculos ocorreu uma redução de 18,73 g, 4,72 mm e 4,41 mm na massa, comprimento e largura, respectivamente. Considerando uma densidade de 210 plantas/ha, em condições de alta incidência do oídio, ocorre uma redução na produtividade do pedúnculo de 1.212,66 Kg/ha para cada aumento em 1 unidade na nota de severidade, reduzindo drasticamente a lucratividade do produtor e aumentando as perdas quando se cultiva esse clone para produzir caju para o mercado de mesa. Os danos não se traduzem apenas na produtividade de pedúnculos, mas principalmente pela depreciação que o fungo traz ao pseudofruto, devido ao seu aspecto ressecado, rachado e impróprio para o comércio. Nesse caso, os danos podem chegar a 100%, em condições de alta severidade da doença, e na ausência de controle.

Embora esteja-se comparando órgãos distintos, observa-se que a severidade do pseudofruto foi numericamente superior à da castanha na maioria dos tratamentos (Tabela 1). Daí a percepção clara dos danos significativos em pedúnculos. Devido sua exposição constante desde a emissão das flores, os pedúnculos ficam sujeitos ao ataque do oídio por mais tempo, ao passo que as castanhas, permanecem protegidas até a queda das pétalas. Isso explicaria a diferença no grau de ataque do patógeno nesses órgãos.

A análise do coeficiente de correlação de Pearson mostrou uma interação positiva altamente significativa entre todas as variáveis utilizadas para se estimar o grau de intensidade do ataque do oídio em plantas de cajueiro (Tabela 2), evidenciando a precisão e acuidade com que foram feitas as avaliações. Principalmente às relacionadas à severidade, pois, por seu caráter subjetivo, na ausência de experiência e habilidade por parte do avaliador, pode produzir erros que afetam a qualidade e confiabilidade das avaliações, comprometendo o resultado do experimento e produzindo informações imprecisas.

Relação positiva entre variáveis distintas, utilizadas na estimativa da intensidade de doença, semelhantes ao aqui observado, foram relatadas em trabalho com outros patossistemas (CARDOSO *et al.*, 2004; GONÇALVES *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2013; MOREIRA *et al.*, 2013; VIANA *et al.*, 2015), obtendo resultados satisfatórios usando diferentes meios na estimativa de doenças em plantas.

Tabela 2 - Coeficiente de correlação de Pearson para os valores médios das variáveis¹ utilizadas para mensurar a agressividade do oídio em plantas de cajueiro ano BRS 189.

	SevPan	AACPSevPan	IncFlor (%)	AACPIncFlor	IncFruto (%)	SevCast	SevPseud
SevPan	1						
AACPSevPan	0,9997**	1					
IncFlor (%)	0,9807**	0,9792**	1				
AACPIncFlor	0,9750**	0,9739**	0,9990**	1			
IncFruto (%)	0,8248**	0,8269**	0,7556**	0,7479**	1		
SevCast	0,9729**	0,9739**	0,9643**	0,9576**	0,7818**	1	
SevPseud	0,9727**	0,9721**	0,9585**	0,9546**	0,8475**	0,9384**	1

¹SevPan - severidade do ataque do oídio em panículas de cajueiro com auxílio de uma escala de notas com valores de agressividade variando de 0 a 4; AACPSevPan - área abaixo da curva de progresso da severidade do ataque do oídio em panículas de cajueiro; IncFlor (%) – Incidência do oídio em flores de cajueiro; AACPIncFlor - área abaixo da curva de progresso da incidência do ataque do oídio em flores de cajueiro; IncFruto (%) – incidência do ataque do oídio em frutos de cajueiro (castanha+pedúnculo); SevCast - severidade do ataque do oídio em castanhas de cajueiro; SevPseud - severidade do ataque do oídio em pseudofrutos de cajueiro;

**Significativo ao nível 1% de probabilidade.

Esses resultados sugerem que a avaliação do ataque do oídio em plantas de cajueiro pode ser realizada com qualquer um dos componentes abordados neste estudo, visto que todas estas variáveis mostraram interação significativa entre si, e apresentaram resultados semelhantes. Assim estes componentes podem ser utilizadas em estudos com o manejo da doença e em programas de melhoramento na busca de plantas de *A. occidetale* resistentes a *P. anacardii*, facilitando o trabalho do avaliador, uma vez que o uso de alguns desses parâmetros para avaliação do oídio requer menos esforço e menor tempo em sua execução.

4 CONCLUSÕES

O oídio não causa queda de frutos e nem redução da produtividade de castanhas no clone de cajueiro anão BRS 189.

A ocorrência do oídio reduz a massa e o tamanho da amêndoa e do pedúnculo do clone de cajueiro BRS 189.

A ocorrência severa do oídio no pedúnculo inviabiliza a comercialização do caju de mesa no clone BRS 189.

REFERÊNCIAS

- BARROS, B. C.; CASTRO, J. L.; PATRÍCIO, F. R. A. Resposta de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao controle químico das principais doenças fúngicas da cultura. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 3, p. 239-246, 2006.
- BASSANEZI, R. B. *et al.* Yield loss caused by huanglongbing in different sweet orange cultivars in São Paulo, Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 130, n. 4, p. 577-586, 2011.
- BOWEN, K. L.; EVERTS, K. L.; LEATH, S. Reduction in yield of winter wheat in North Carolina due powdery mildew and leaf rust. **Phytopathology**, v. 81, n. 5, p. 503-511, 1991.
- BRAUN, U.; COOK, R. T. A. **Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews)**. Saint Paul: American Phytopathological Society, 2012. 707 p.
- CAMELE, I. *et al.* Powdery mildew control and yield response of *Inodorus* melon. **Italian Journal Agronomic**, v. 2, n. 1, p. 19-26, 2009.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: Wiley-Interscience, 1990. 532 p.
- CARDOSO, J. E. *et al.* **Controle químico do oídio do cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 4 p. (Comunicado Técnico, 196).
- CARDOSO, J. E. *et al.* Doenças do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P (Ed). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. p. 217-238.
- CARDOSO, J. E. *et al.* **Epidemiologia do mofo-preto e danos na produção do cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005. 16 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 23).
- CARDOSO, J. E. *et al.* Relationship between incidence and severity of cashew gummosis in semiarid north-eastern Brazil. **Plant Pathology**, v. 53, n. 3, p. 363-367, 2004.
- CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do cajueiro no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. (Eds.). **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas do Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. p. 161-176.
- CASULLI, F. II mal bianco dell'anacardio in Tanzania. **Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale**, v. 73, n. 3, p. 241-248, 1979.
- CAVALCANTI, J. J. V. *et al.* **Resistência genética de clone de cajueiro anão precoce às principais fitomoléstias**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 15 p. (Boletim de Pesquisa, 34).
- CHAVAN, R. A. *et al.* Efficacy of fungicides for managing powdery mildew of mango. **International Journal of Plant Protection**, v. 2, n. 1, p. 71-72, 2009.

- DAUBEZE, A. M.; HENNART, J. W.; PALLOIX, A. Resistance to *Leveillula taurica* in pepper (*Capsicum annuum*) is oligogenically controlled and stable in Mediterranean regions. **Plant Breeding**, v. 114, n. 4, p. 327-332, 1995.
- FREIRE, F. C. O. *et al.* Diseases of cashew nut plants (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. **Crop Protection**, v. 21, n. 6, p. 489-494, 2002.
- GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Efeito da severidade de oídio e crestamento foliar de cercospora na produtividade da cultura da soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 526-531, 2004.
- GONÇALVES, F. J. T. *et al.* Patogenicidade de espécies de Botryosphaeriaceae endofíticas de plantas da Caatinga do estado do Ceará em manga e umbu-cajá. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 1, p. 43-52, 2016.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl1.asp?c=1613&n=0&u=0&z=p&o=18&i=P>>. Acesso em 04 jul. 2016.
- IGARASHI, S. *et al.* Danos causados pela infecção de oídio em diferentes estádios fenológicos da soja. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, n. 1, p. 245-250, 2010.
- LIMA, J. S. *et al.* Caracterização cultural, morfológica e patogênica de *Lasiodiplodia theobromae* associado a frutíferas tropicais. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 2, p. 81-88, 2013.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT: Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 04 jul. 2016.
- MARTINS, M. V. V.; SILVEIRA, S. F.; MAFFIA, L. A. Guava fruit loss caused by rust. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 2, p. 107-113, 2014.
- MARTIN, P.J. *et al.* Cashew nut production in Tanzania: constraints and progress through integrated crop management. **Crop Protection**, v. 16, n. 1, p. 5-14, 1997.
- MAZZETTO, S. E.; LOMONACO, D.; MELE, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 732-741, 2009.
- MORAES, I. V. M. *et al.* Aproveitamento industrial do pedúnculo de caju. In: ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 291-348.
- MOREIRA R. C. *et al.* Resistance to gummosis in wild cashew genotypes in northern Brazil. **Crop Protection**, v. 52, n. 10, p. 10-13, 2013.
- NASIR, M. *et al.* Powdery mildew of mango: A review of ecology, biology, epidemiology and management. **Crop Protection**, v. 64, p. 19-26, 2014.

- NOFAL, M. A.; HAGGAG, W. M. Integrated management of powdery mildew of mango in Egypt. **Crop Protection**, v. 25, n. 8, p. 480-486, 2006.
- OLIVEIRA, V. H. de. Cajucultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 1-3, 2008.
- OLIVEIRA, V. H. de; BARROS, L. M.; LIMA, R. N. Influência da irrigação e do genótipo na produção de castanha em cajueiro-anão precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 61-66, 2003.
- OLIVEIRA, V.H. de. **Cultivo do cajueiro anão precoce**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 40 p. (Sistema de Produção, 01).
- OLIVEIRA, V. H. *et al.* **Produção de castanha em cajueiro-anão precoce sob diferentes regimes hídricos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 19).
- PAIVA, J. R.; BARROS L. M. **Clone de cajueiro: obtenção, características e perspectivas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 26 p. (Documentos, 82).
- 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: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. p. 21-40.
- REIS, E. M.; HOFFMANN, L. L.; BLUM, M. M. C. Modelo de ponto crítico para estimar os danos causados pelo oídio em cevada. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 6, p. 644-646, 2002.
- SANTOS, S. R.; MACIEL. A. J. S. Proposta metodológica utilizando ferramentas de qualidade na avaliação do processo de pulverização. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 2, p. 627-636, 2006.
- SANTOS, A. A. *et al.* Efeito do oídio na produção e no teor de sólidos solúveis totais de frutos do meloeiro. **Revista Ciência Agrônômica**, v.36, n. 3, p.354-357, 2005.
- SERRANO, L. A. *et al.* Porta-enxertos para a produção de mudas de cajueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n. 9, p.1237-1245, 2013a.
- SERRANO, L. A. *et al.* **Influência do oídio nas castanhas de diferentes genótipos de cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013b. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 76).
- SERRANO, L. A.; OLIVEIRA, V. H. Aspectos botânicos, fenologia e manejo da cultura do cajueiro. *In*: ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 77-165.
- SHOMARI, S. H.; KENNEDY, R. Survival of *Oidium anacardii* on cashew (*Anacardium occidentale*) in southern Tanzania. **Plant Pathology**, v. 48, n. 4, p. 505-513. 1999.

SHOMARI, S. H.; KENNEDY, R. Field and laboratory investigations on the development of *Oidium anacardii* in relation to environmental factors. **International Cashew & Coconut Conference**. Dar es Salaam, p. 260-265, 1997.

SIJAONA, M. E. R. *et al.* Comparative analysis of powdery mildew development on leaves, seedlings and flower panicles of different genotypes of cashew. **Plant Pathology**, v. 50, n. 2, p. 234-243, 2001.

SIJAONA, M. E. R.; MANSFIELD, J. W. Variation in the response of cashew genotypes to the targeted application of fungicide to flower panicles for control of powdery mildew disease. **Plant Pathology**, v. 50, n. 2, p. 244-248, 2001.

SIJAONA, M. E. R.; MANSFIELD, J. W. Studies on cashew resistance to powdery mildew (*Oidium anacardii* Noack). **International Cashew & Coconut Conference**. Dar es Salaam, p. 266-269, 1997.

SIJAONA, M. E. R. **Studies on aspects of cashew resistance to powdery mildew (*Oidium anacardii* Noack)**. 1997. 316 f. Tese (Doctorate in Plant Pathology) – Wye College - University of London, Ashford, 1997.

SMITH, D. N.; COOPER, J. F. Control of powdery mildew on cashew in Tanzania using sulphur dust - an audit of sulphur fate and a proposal for a new dusting strategy. **Crop Protection**, v. 16, n. 6, p. 549-552, 1997.

SMITH, D. N. *et al.* Alternative techniques for the application of sulphur dust to cashew trees for the control of powdery mildew caused by the fungus *Oidium anacardii* in Tanzania. **Crop Protection**, v. 14, n. 7, p. 555-560, 1995.

SMITH, D. N. *et al.* Studies on spray deposition on cashew trees in Tanzania with reference to the use of fungicides to control *Oidium anacardii*. **Crop Protection**, v. 16, n. 4, p. 313-322, 1997.

TATAGIBA, J. S. *et al.* Controle químico do oídio do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 219-222, 2002.

TOPPER, C. P.; BOMA, F.; MHANDO, H. Evaluation of fungicides for the control of powdery mildew (*Oidium anacardii* Noack) on cashew in Tanzania. A. Fungicide strategy development trials. **International Cashew & Coconut Conference**. Dar es Salaam, p. 254-259, 1997a.

TOPPER, C. P.; BOMA, F.; MHANDO, H. Evaluation of fungicides for the control of powdery mildew (*Oidium anacardii* Noack) on cashew in Tanzania. B. On-farm testing of fungicide control strategies. **International Cashew & Coconut Conference**. Dar es Salaam, p. 270-276, 1997b.

VIANA, F. M. P. *et al.* Reação de cultivares de tangerineira à antracnose sob diferentes sistemas de irrigação. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 2, p. 149-152, 2015.

WANG, L.; WANG, M.; ZHANG, Y. Effects of powdery mildew infection on chloroplast and mitochondrial functions in rubber tree. **Tropical Plant Pathology**, v. 39, n. 3, p. 242-250, 2014.

WATSON, A. Managing carrot powdery mildew. **Australasian Plant Pathology**, v. 45, n. 1, p. 29-35, 2016.

CAPÍTULO III

Elaboração e validação de escala diagramática descritiva para avaliação da severidade do oídio em castanhas de cajueiro

RESUMO

O oídio, causado pelo fungo *Pseudoidium anacardii* é atualmente a principal doença do cajueiro (*Anacardium occidentale*). Devido à importância dessa fitomoléstia e à ausência de métodos padronizados para a sua quantificação, uma escala diagramática descritiva com os níveis 0 (Nota 0), 5 (Nota 1), 17,5 (Nota 2), 37,5 (Nota 3), 62,5 (Nota 4) e 87,5% de área superficial lesionada (Nota 5) foi proposta, elaborada e testada para a acurácia, precisão e reprodutibilidade das estimativas de severidade do ataque do fungo em castanhas de cajueiro. A escala foi testada por vinte pessoas (dez com experiência e dez sem experiência) que utilizaram cinquenta castanhas com diferentes níveis de severidade, previamente mensuradas com auxílio do programa Assess[®], para serem avaliadas sem e com o uso da escala diagramática descritiva proposta. Regressões lineares simples entre a severidade real (mensurada eletronicamente) e a severidade estimada por cada avaliador foram utilizadas para a determinação da acurácia e precisão. A reprodutibilidade foi obtida por regressões lineares entre as severidades estimadas da mesma unidade amostral por diferentes avaliadores, combinados em pares, com e sem o uso da escala. O emprego da escala diagramática descritiva para avaliação da severidade do oídio em castanhas de cajueiro mostrou ser de fácil utilização e melhorou os níveis de acurácia, precisão e reprodutibilidade das estimativas, independente da experiência do avaliador. Com o seu uso em levantamento de campo, estudos epidemiológicos, resistência e estudos de medidas de controle do oídio, será possível obter informações mais precisas sobre a intensidade da doença nesse importante patossistema, podendo ser usada por estudantes, técnicos, pesquisadores e produtores para quantificar sintomas do oídio em plantas de cajueiro.

Palavras chave: *Anacardium occidentale*. *Pseudoidium anacardii*. Acurácia. Precisão. Reprodutibilidade.

ABSTRACT

The powdery mildew, caused by the fungus *Pseudoidium anacardii* is currently the main cashew tree disease (*Anacardium occidentale*). Due the importance of powdery mildew and the absence of standardized methods for its quantification, a descriptive diagrammatic scale with levels 0 (Note 0), 5 (Note 1), 17.5 (Note 2), 37.5 (Note 3), 62.5 (Note 4) and 87.5% of injured surface area (Note 5) was proposed, elaborated and tested for the accuracy, precision and reproducibility of severity estimates of fungus attack on cashew nuts. The scale was validated by twenty persons (ten with experience and ten without experience) who used fifty nuts with different levels of severity, previously measured with the aid of the Assess[®] program, to be evaluated without and using the descriptive diagrammatic scale proposed. The simple linear regressions between the actual severity (measured electronically) and the severity estimated by each evaluator were used to determine accuracy and precision. The eproducibility was obtained by linear regressions between estimated severities of the same sampling unit by different raters, combined in pairs, with and without the scale. The use of a descriptive diagrammatic scale to assess ear severity in cashew nuts was easy to use and improved accuracy, precision, and reproducibility of the estimates, regardless of the evaluator's experience. With its use in field disease survey, epidemiological studies, resistance and studies of measures of control of powdery mildew, it will be possible to obtain more precise information on the intensity of the disease, it being able to be used by students, technicians and researchers to quantify symptoms of powdery mildew in cashew plants.

Keywords: *Anacardium occidentale*. *Pseudoidium anacardii*. Accuracy. Precision. Reproducibility.

1 INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma das mais importantes frutíferas cultivadas nas regiões semiáridas de clima tropical do mundo (OLIVEIRA, 2008). O Brasil é atualmente um dos principais produtores de caju (FAO, 2016), que tem a castanha como o principal produto explorado (PAIVA; SILVA NETO, 2013), sendo a região Nordeste responsável por mais de 98% da produção nacional, com destaque para o estado do Ceará como o maior produtor do país (IBGE, 2016).

Apesar da rusticidade associada ao cajueiro, considerada uma planta bem adaptada às condições de regiões semiáridas, esta anacardiácea pode ser acometida por diversos problemas fitossanitários (FREIRE *et al.*, 2002), principalmente ocasionados por fungos, os quais comprometem sobremaneira o desenvolvimento dessa frutífera (FREIRE; CARDOSO, 2003).

Atualmente, o fungo *Pseudoidium anacardii* (F. Noack) U. Braun & R. T. A. Cook, causador do oídio do cajueiro, é o principal patógeno associado a essa cultura. Descrito pela primeira vez associado a plantas de cajueiro por Noack, em 1898 (FREIRE *et al.*, 2002; FREIRE; CARDOSO, 2003), trata-se de um fungo Ascomiceto da ordem Erisyphales (BEDENDO, 2011), responsável por atacar uma enorme variedade de plantas (BRAUN; COOK, 2012), principalmente anacardiáceas (PINTO *et al.*, 2016).

Em plantas de cajueiro, o oídio é responsável por ocasionar sintomas severos em folhas, inflorescências, maturis e frutos (CARDOSO *et al.*, 2012, 2013; SERRANO *et al.*, 2013), apresentando-se como uma séria ameaça à cultura (PINTO *et al.*, 2016). Devido a sua rápida disseminação e agressividade (HONORATO; LIMA; CARDOSO, 2016), na ausência de monitoramento e adoção de medidas de controle, pode ocasionar sérios prejuízos.

Os sintomas do oídio em plantas de cajueiro se caracterizam pela presença de um revestimento pulverulento ralo e de coloração braço-acinzentado na superfície dos órgãos afetados, principalmente tecidos jovens, assemelhando-se à cinza vegetal (CARDOSO *et al.*, 2012), ocasionado pelo crescimentos micelial e formação de conídios do fungo.

Apesar da importância do oído em cajueiro, inexistem métodos padronizados e de fácil utilização para a quantificação da severidade dessa enfermidade, o que segundo Barguil *et al.* (2008), é fator limitante em estudos epidemiológicos e de comparação de medidas de controle. A severidade do oídio em cajueiro tem sido estimada, principalmente utilizando-se escalas descritivas de sintomas (CARDOSO *et al.*, 2006; CARDOSO *et al.*, 2012).

Para qualquer programa de manejo de doenças de plantas bem sucedido, é essencial um sistema de análise da intensidade da fitomoléstia que apresente elevada acurácia, precisão e reprodutibilidade (MICHEREFF *et al.*, 2009; NITA; ELLIS; MADDEN, 2003), servindo de guia para o avaliador (AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011). Além disso, necessita ser de fácil e rápida utilização para uma ampla gama de condições (MICHEREFF; ANDRADE; NORONHA, 2006), e deve apresentar níveis suficientes que representem todos os estádios de desenvolvimento da doença (BARBOSA; MICHEREFF; MORA-AGUILERA, 2006).

Na elaboração de escalas, a acurácia está relacionada à proximidade de uma estimativa visual a um valor real de quantidade da doença avaliada. A precisão refere-se à variação ou repetibilidade associadas com uma estimativa. Já a reprodutibilidade representa a ausência de variação em estimativas quando a mesma amostra de doença é avaliada por outro avaliador (BARGUIL *et al.*, 2008; MICHEREFF *et al.*, 2006; MICHEREFF; ANDRADE; NORONHA, 2006; NUTTER; SCHULTZ, 1995). Assim, para verificar a qualidade das estimativas propiciadas pela escala diagramática, os níveis de acurácia, precisão e reprodutibilidade devem ser analisados (MICHEREFF; ANDRADE; NORONHA, 2006; NUTTER; SCHULTZ, 1995), e as subdivisões da escala devem respeitar as limitações da acuidade visual humana, definidas pela lei de estímulo-resposta de Weber-Fechner, na qual a acuidade visual é proporcional ao logaritmo da intensidade do estímulo (HORSFALL; COWLING, 1978; NITA; ELLIS; MADDEN, 2003).

A estimativa da real proporção ou percentagem da área lesionada é o motivo pelo qual se desenvolvem métodos quantitativos de quantificação de doenças, pois dessa forma previnem-se sérios erros na aquisição de dados e a subjetividade das estimativas visuais é minimizada (BARBOSA; MICHEREFF; MORA-AGUILERA, 2006; BARGUIL *et al.*, 2008).

Escalas diagramáticas são representações ilustradas de uma série de plantas ou partes dela como folhas, flores ou frutos, apresentando sintomas em diferentes níveis de ataque por patógenos (AMORIM; BERGAMIM FILHO, 2011; MIZUBUTI; MAFFIA, 2006). Essas escalas constituem-se atualmente na principal ferramenta de avaliação da severidade para muitas doenças (BARBOSA; MICHEREFF; MORA-AGUILERA, 2006; BARGUIL *et al.*, 2008; CITADIN *et al.*, 2008; DAMASCENO; FURTADO; FERREIRA FILHO, 2014; FISCHER *et al.*, 2009; GODOY; KOGA; CANTERI, 2006; GOMES; MICHEREFF; MARIANO, 2004; NITA; ELLIS; MADDEN, 2003; LAZAROTO *et al.*, 2012; LENZ *et al.*, 2010; MACIEL *et al.*, 2013; MICHEREFF *et al.*, 2009; NUNES; ALVES,

2012; SPOSITO *et al.*, 2004; VIVAS *et al.*, 2009), podendo ser utilizadas na quantificação dos danos, resistência varietal e em experimentos de controle da doença (DAMASCENO; FURTADO; FERREIRA FILHO, 2014; HORSFALL; COWLING, 1978). Assim, o uso de uma escala diagramática descritiva constitui-se numa excelente alternativa para a avaliação do oídio do cajueiro.

Nesse contexto, devido à ausência de métodos padronizados para a quantificação da intensidade do oídio do cajueiro, objetivou-se com este trabalho elaborar e validar uma escala diagramática descritiva para a avaliação da severidade do oídio em castanhas de cajueiro e analisar a qualidade dos níveis de acurácia, precisão e reprodutibilidade das estimativas geradas com sua utilização.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração da escala diagramática descritiva foram coletadas 100 castanhas do clone de cajueiro anão BRS 189, com diferentes níveis de severidade do ataque do oídio, em uma área do Campo Experimental da Embrapa (4° 11' 16'' S; 38° 29' 50'' W, 77 m), localizado no município de Pacajus, no estado do Ceará. Cada castanha teve suas duas faces fotografadas com auxílio de uma câmara digital (Sony[®], modelo DSC-W530), com resolução de 300 dpi. Em seguida, as imagens de cada castanha foram analisadas em computador quanto ao percentual de área lesionada, utilizando o programa Assess[®] (LAMARI, 2002), obtendo-se a severidade real do oídio em termos percentuais.

Baseando-se na lei de Weber-Fechner de acuidade visual (HORSFALL; COWLING, 1978), bem como na forma, distribuição e frequência das lesões nas castanhas, foi confeccionada uma escala diagramática descritiva com seis níveis de severidade. Na validação da escala diagramática descritiva proposta foram utilizadas 50 castanhas entre aquelas coletadas inicialmente (FISCHER *et al.*, 2009; MICHEREFF *et al.*, 2009; SPÓSITO *et al.*, 2004; VIVAS *et al.*, 2010), com diferentes níveis de intensidade da doença. A severidade foi avaliada por vinte pessoas, sendo dez com experiência nesse tipo de análise (A, B, C, D, E, F, G, H, I e J) e dez sem experiência (K, L, M, N, O, P, Q, R, S e T). Inicialmente, os avaliadores estimaram a severidade do oídio em castanhas de cajueiro sem o uso da escala diagramática descritiva proposta. Na segunda etapa da validação, eles repetiram a avaliação com o auxílio dessa.

A partir dos dados de cada avaliador, determinou-se a acurácia e a precisão por meio da regressão linear simples entre a severidade real estimada eletronicamente pelo

programa Assess[®] (variável independente) e a severidade estimada visualmente pelo avaliador (variável dependente), sem e com o uso da escala.

A acurácia, que representa o grau de proximidade entre a estimativa média e a severidade real de doença (MALAGI *et al.*, 2011), foi determinada por meio dos parâmetros “a” (intercepto da regressão linear) e “b” (coeficiente angular da reta) da equação de regressão linear, comparando-os, respectivamente, aos valores de 0 e 1, pelo teste *t* ($P < 0,05\%$), sem e com o uso da escala (GODOY; KOGA; CANTERI, 2006; GOMES; MICHEREFF; MARIANO, 2004; MACIEL *et al.*, 2013; VIVAS *et al.*, 2009). Valores de intercepto (*a*) significativamente diferentes de 0 (zero) sugerem a presença de desvios constantes, indicando superestimativa (>0) ou subestimativa (<0) da severidade real a níveis baixos de intensidade do oídio nas castanhas; enquanto valores de coeficiente angular da reta (*b*) que diferem significativamente de 1 (um) implicam na existência de desvios sistemáticos, indicando superestimativa (>1) ou subestimativa (<1) da severidade real em todos os níveis de intensidade do oídio (BARBOSA; MICHEREFF; MORA-AGUILERA, 2006; FISCHER *et al.*, 2009; MICHEREFF *et al.*, 2006; NUNES; ALVES, 2012; NUTTER; SCHULTZ, 1995).

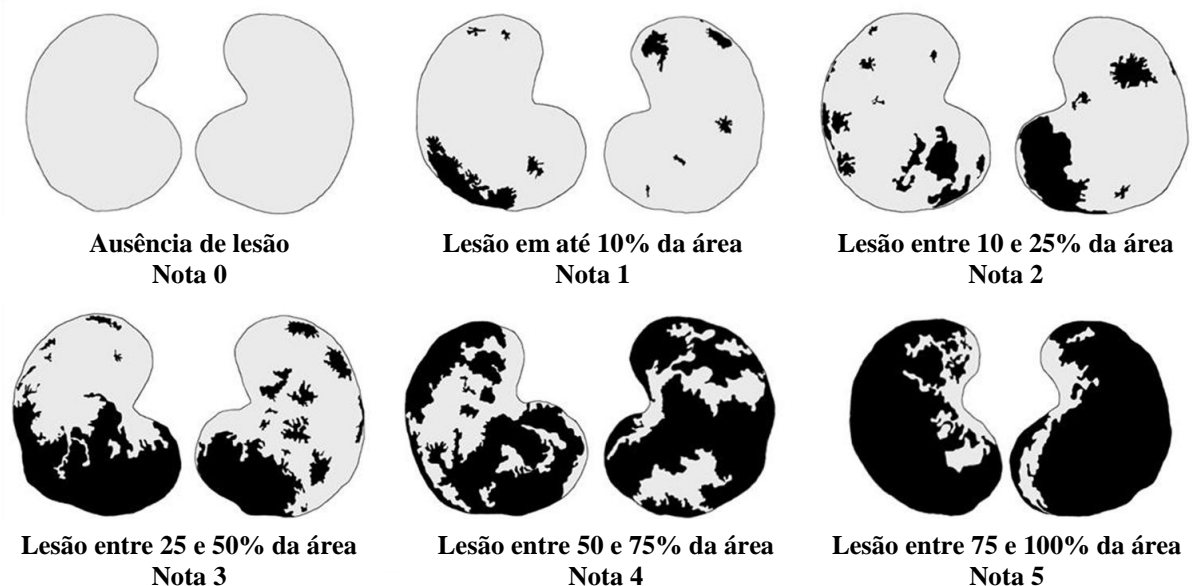
A precisão, que se refere à variação associada com a estimativa da quantidade de doença (AMORIM; BERGAMIN FILHO, 2011), foi obtida pelo coeficiente de determinação (R^2) da regressão linear e pela variação dos erros absolutos, expressa pela diferença entre o valor da severidade do oídio estimada e o valor real, para cada avaliador sem e com o uso da escala, considerando que quanto mais próximo de 1 (um) fosse o coeficiente de determinação (R^2), maior seria a precisão (BARBOSA; MICHEREFF; MORA-AGUILERA, 2006; DAMASCENO; FURTADO; FERREIRA FILHO, 2014; FISCHER *et al.*, 2009; GODOY; KOGA; CANTERI, 2006; LENZ *et al.*, 2010; MICHEREFF *et al.*, 2009; VIVAS *et al.*, 2010).

A reprodutibilidade das estimativas da escala, que também pode ser utilizada como um indicativo de precisão de um método de avaliação de doenças (NASCIMENTO *et al.*, 2005; NUTTER; SCHULTZ, 1995), foi determinada pelos valores dos coeficientes de determinação (R^2) obtidos das regressões lineares entre as severidades estimadas da mesma unidade amostral por diferentes avaliadores, combinados em pares, com e sem o uso da escala diagramática descritiva proposta (MARTINS *et al.*, 2004; MICHEREFF; ANDRADE; NORONHA, 2006; NUTTER; SCHULTZ, 1995), verificando-se a reprodutibilidade dentro do grupo de avaliadores experientes, dentro do grupo dos inexperientes e dentro de um terceiro grupo, este composto por avaliadores experientes e inexperientes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escala diagramática descritiva para a avaliação do oídio em castanhas de cajueiro foi elaborada com seis níveis de severidade da doença: 0 (Nota 0 = ausência de lesão na superfície da castanha), 5 (Nota 1 = até 10% da área da superfície lesionada), 17,5 (Nota 2 = entre 10 e 25% da área da superfície lesionada), 37,5 (Nota 3 = entre 25 e 50% da área da superfície lesionada), 62,5 (Nota 4 = entre 50 e 75% da área da superfície lesionada) e 87,5% de área superficial lesionada (Nota 5 = acima de 75% da área da superfície lesionada), com sintomas típicos do ataque do fungo (Figura 1). Em virtude do grande número de imagens coletadas e da heterogeneidade da severidade do oídio, foi possível localizar castanhas com níveis idênticos aos definidos pela escala. Assim, os desenhos apresentados, com lesões de formatos variados, tratam-se da reprodução de imagens reais e estão distribuídos de maneira a retratar os sintomas observados no campo.

Figura 1 - Escala diagramática descritiva para a avaliação do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em castanhas de cajueiro (*Anacardium occidentale*), indicando os seis níveis de severidade: 0% = Nota 0 (ausência de lesão na superfície da castanha); 5% = Nota 1 (até 10% da área da superfície lesionada); 17,5% = Nota 2 (entre 10 e 25% da área da superfície lesionada); 37,5% = Nota 3 (entre 25 e 50% da área da superfície lesionada); 62,5% = Nota 4 (entre 50 e 75% da área da superfície lesionada); 87,5% = Nota 5 (acima de 75% da área da superfície lesionada).



A escala elaborada apresentou limite superior de severidade elevado (KOWATA *et al.*, 2008), com o valor de 87,5%, mas que assemelha-se ao estabelecido na elaboração da

escala diagramática para avaliar a severidade do míldio na soja (KOWATA *et al.*, 2008), do míldio do meloeiro (MICHEREFF *et al.*, 2009), da ferrugem da soja (GODOY; KOGA; CANTERI, 2006), da mancha de *Cylindrocladium* em eucalipto (DAMASCENO; FURTADO; FERREIRA FILHO, 2014), da brusone em espigas de trigo (MACIEL *et al.*, 2013) e da antracnose do maracujá amarelo (FISCHER *et al.*, 2009), fazendo-se necessário em virtude da alta frequência de castanhas com elevado percentual da superfície lesionada pelo oídio, com até 100% da área superficial atacada. Entretanto, limite superior de severidade com valores reduzidos foram colocados na confecção da escala da mancha marrom da alternaria de citros (RENAUD *et al.*, 2008), do carvão da folha do caupi (MICHEREFF; ANDRADE; NORONHA, 2006), da mancha-de-micosferela em morangueiro (MAZARO *et al.*, 2006), da mancha-parda em arroz (LENZ *et al.*, 2010) e da pinta preta em frutos de mamoeiro (VIVAS *et al.*, 2010), com percentuais de área lesionada que variaram entre 20 e 45%, devido, principalmente à ausência de maiores intensidades de doença nos órgãos avaliados em condições de campo, levada muitas vezes pela queda precoce em função do ataque do patógeno.

A avaliação da severidade do oídio em castanhas de cajueiro com o uso da escala diagramática descritiva melhorou a acurácia e a precisão das estimativas para a maioria dos avaliadores, demonstrando que a mesma foi efetiva para a quantificação da doença.

Sem a utilização da escala, os valores do intercepto (a) relacionados a 60% dos avaliadores experientes (B, D, E, G, I e J) e 70% dos inexperientes (L, N, O, P, R, S e T) diferiram significativamente de zero ($P < 0,05$), indicando a presença de desvios constantes (Tabela 1). A maioria dos avaliadores experientes e todos os avaliadores inexperientes superestimou consistentemente ($P < 0,05$) a severidade do oídio em castanhas de cajueiro sem o uso da escala (Tabela 1), o que foi apontado pela presença de desvios constantes e positivos (FISCHER *et al.*, 2009; MICHEREFF *et al.*, 2006) para todos os níveis de severidade da doença (Figura 2).

Com a utilização da escala, os valores do intercepto (a) que diferiram significativamente de 0 (zero) ($P < 0,05$) foram de apenas 40% e 50%, para os avaliadores experientes e inexperientes, respectivamente, mostrando uma significativa melhora nas estimativas da severidade da doença, com expressiva redução nos desvios (Tabela 1), indicando também uma discreta tendência de subestimativa por parte de alguns avaliadores (Figura 2Ac, 2Cc, 2Fc, 2Hc, 2Nc, 2Qc e 2Rc).

A superestimativa dos níveis de severidade das doenças, como o verificado para o oídio em castanhas de cajueiro, é comum em vários patossistemas quando as avaliações são

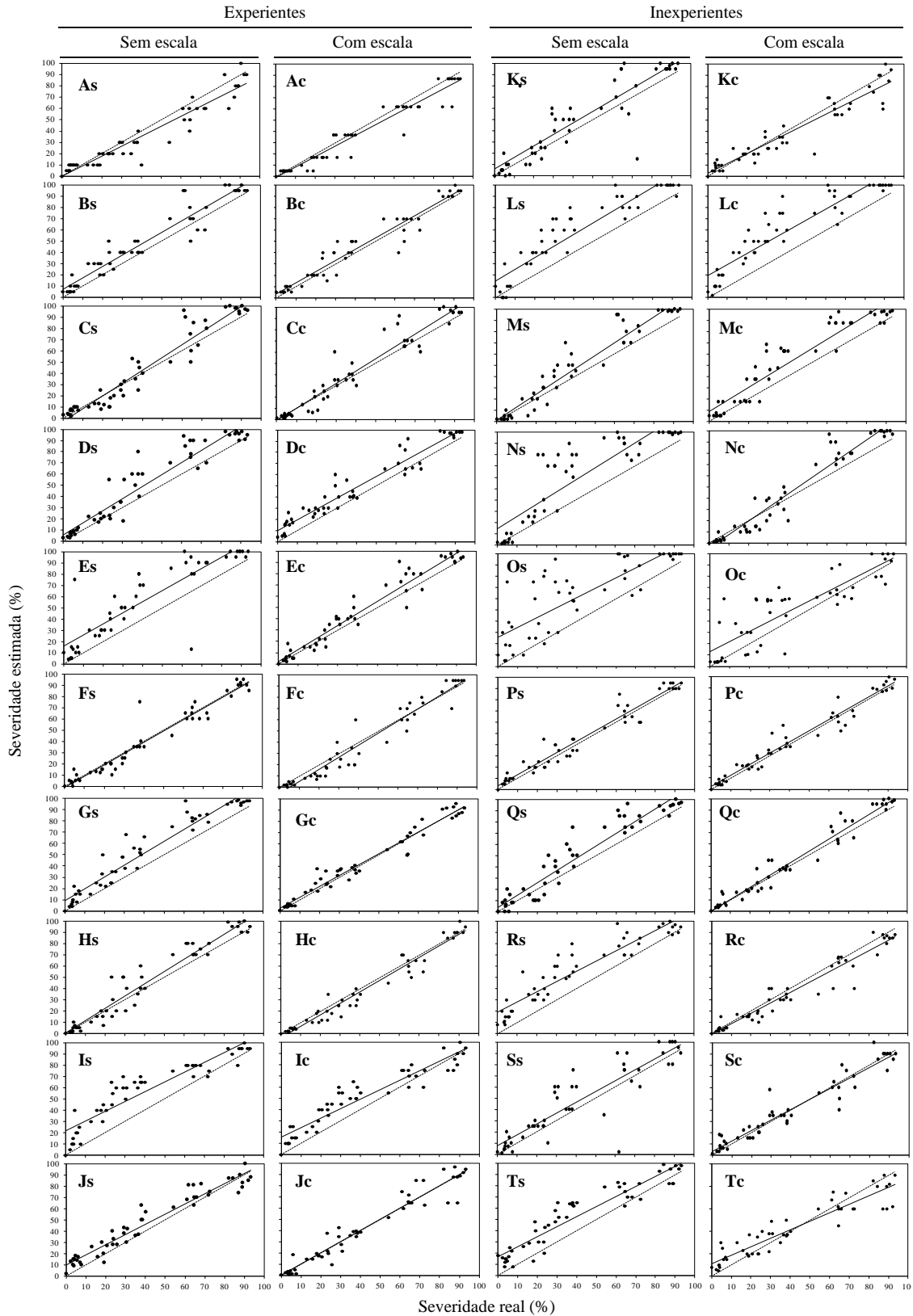
realizadas sem o uso de escalas diagramáticas (MICHEREFF *et al.*, 2006; NASCIMENTO *et al.*, 2005; SPÓSITO *et al.*, 2004), podendo ser reduzida com o uso da escala (FISCHER *et al.*, 2009). A tendência dos avaliadores em subestimar os níveis de severidade do oídio em castanhas de cajueiro quando utilizaram a escala diagramática descritiva assemelha-se ao observado por outros autores na validação das escalas para a cercosporiose da alface (GOMES; MICHEREFF; MARIANO, 2004), o míldio do meloeiro (MICHEREFF *et al.*, 2009) e a pinta-preta em frutos de mamoeiro (VIVAS *et al.*, 2010).

Tabela 1 – Estimativa do intercepto (a), do coeficiente angular da reta (b) e do coeficiente de determinação (R^2) de equações obtidos a partir da análise de regressão linear simples relacionado a severidade real (determinada eletronicamente com auxílio do programa Assess[®]) do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em castanhas de cajueiro (*Anacardium occidentale*) e a severidade estimada visualmente por vinte avaliadores (dez experientes e dez inexperientes) sem e com o uso da escala diagramática descritiva proposta.

Avaliador	Sem escala			Com escala		
	a	b	R^2	a	b	R^2
Experiente						
A	-0,22	0,89*	0,92	-0,83	0,93	0,93
B	6,97*	1,01	0,92	3,02	0,99	0,94
C	-2,70	1,14*	0,93	-1,48	1,10*	0,93
D	5,65*	1,08	0,90	9,71*	0,97	0,93
E	15,82*	0,99	0,78	1,85	1,07	0,95
F	-1,34	1,01	0,94	-5,73*	1,08	0,95
G	9,33*	1,05	0,93	2,71	0,97	0,96
H	0,35	1,10*	0,94	-3,84*	1,03	0,96
I	21,84*	0,86*	0,86	15,68*	0,85*	0,89
J	9,82*	0,91*	0,94	0,42	0,99	0,94
Média	6,55	1,00	0,91	2,15	1,00	0,94
Inexperiente						
K	5,99	1,03	0,78	2,71	0,88*	0,90
L	14,76*	1,04	0,86	19,40*	0,98	0,86
M	1,40	1,15*	0,93	8,79*	1,07	0,90
N	14,48*	1,09	0,78	-4,54*	1,20*	0,94
O	25,68*	0,88*	0,67	12,99*	0,89	0,75
P	3,49*	0,99	0,95	2,54	0,99	0,96
Q	3,73	1,10*	0,91	-0,01	1,07	0,96
R	19,09*	0,91*	0,88	-0,92	0,93	0,93
S	7,36*	0,97*	0,79	3,23	0,93	0,92
T	17,01*	0,89*	0,88	11,28*	0,75*	0,87
Média	11,30	1,01	0,84	5,55	0,97	0,90
Média todos	8,92	1,01	0,87	3,85	0,98	0,92

*Hipótese de nulidade ($a=0$ e $b=1$) rejeitada pelo teste t ($P<0,05$).

Figura 2 - Relação entre severidade real (%) e severidade estimada (%) (pontos cheios) para o oídio (*Pseudoidium anacardii*) em castanhas de cajueiro (*Anacardium occidentale*) por vinte avaliadores, sendo dez com experiência [sem (As, Bs, Cs, Ds, Es, Fs, Gs, Hs, Is, Js) e com (Ac, Bc, Cc, Dc, Ec, Fc, Gc, Hc, Ic, Jc) o uso da escala proposta] e dez sem experiência [sem (Ks, Ls, Ms, Ns, Os, Ps, Qs, Rs, Ss, Ts) e com (Kc, Lc, Mc, Nc, Oc, Pc, Qc, Rc, Sc, Tc) o uso da escala proposta]. A linha pontilhada, traçada pelo uso dos valores de severidade reais, representa a situação ideal.



Sem o uso da escala diagramática, 50% dos valores do coeficiente angular da reta (b) dos avaliadores experientes, e 60% dos valores dos inexperientes diferiram significativamente de 1 (um) ($P < 0,05$). Utilizando a escala, apenas 20% dos valores do coeficiente angular dos avaliadores experientes e 30% dos valores dos inexperientes diferiram de 1 (um) (Tabela 1), indicando que o uso da escala interferiu na presença, e diminuiu os desvios sistemáticos das estimativas durante a sua validação, contribuindo para a melhora da acurácia das estimativas.

Com o uso da escala, percebe-se que os desvios sistemáticos tenderam a subestimar a severidade do oídio nas castanhas para a maioria dos avaliadores experientes (Figura 2Ac, 2Bc, 2Dc, 2Gc, 2Ic e 2Jc) e inexperientes (Figura 2Kc, 2Lc, 2Oc, 2Pc, 2Rc, 2Sc e 2Tc), embora de modo muito sutil, com a presença dos valores do coeficiente angular da reta inferiores a unidade, confirmando o que foi relatado anteriormente referente ao coeficiente linear, que indicou tendência de subestimativa por alguns avaliadores. Entretanto, isso não compromete a precisão dos avaliadores (MALAGI *et al.*, 2011) e não representa sérios problemas, uma vez que os desvios seguem o mesmo padrão (GOMES; MICHEREFF; MARIANO, 2004) e se aproximam muito de 1 (um), confirmando a acurácia da escala. Além disso, na validação da escala diagramática descritiva, todos os avaliadores (experientes e inexperientes) melhoraram a sua acurácia com o uso da escala (Figura 2), pois os valores estimados de severidade ficaram próximos dos valores da severidade real (MAZARO *et al.*, 2006).

Houve aumento da precisão das estimativas visuais da severidade do oídio em castanhas de cajueiro com o uso da escala diagramática descritiva proposta, independente da experiência do avaliador, confirmada pelo aumento nos valores dos coeficientes de determinação da regressão (Tabela 1) e pela menor variação dos erros absolutos (Figura 3).

Sem o uso da escala, os coeficientes de determinação obtidos pelos avaliadores variaram de 0,78 a 0,94 para aqueles com experiência, e de 0,67 a 0,95 para os inexperientes, com valores médios das estimativas visuais que explicaram 92 e 87% da variação na mensuração eletrônica, para avaliadores experientes e inexperientes, respectivamente. Com a utilização da escala, os coeficientes de determinação variaram de 0,89 a 0,96 para avaliadores experientes, e de 0,75 a 0,96 para aqueles inexperientes, com média de 0,94 e 0,91 para avaliadores experientes e inexperientes, respectivamente (Tabela 1).

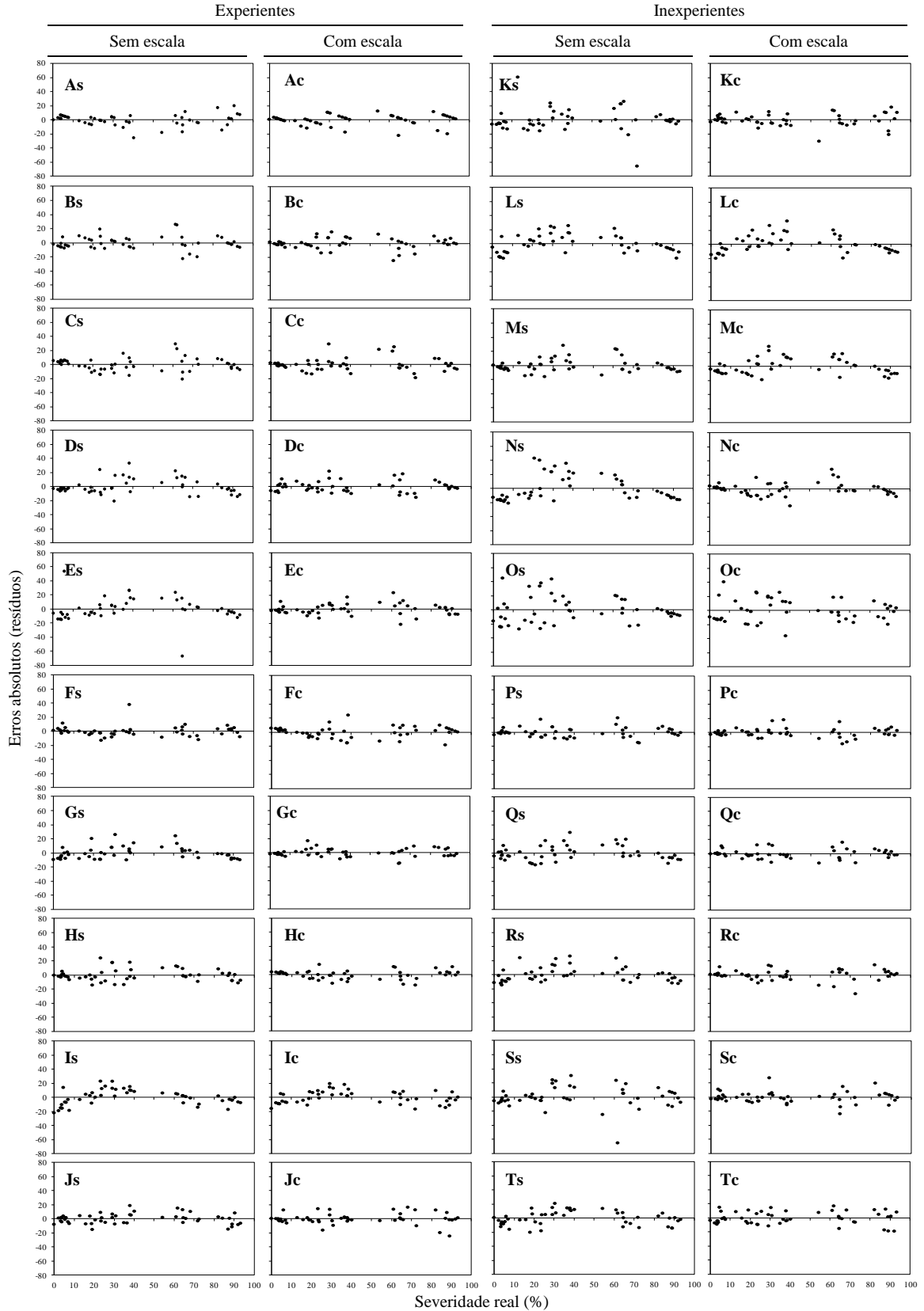
Utilizando a escala, 80% dos avaliadores experientes e 70% daqueles sem experiência melhoraram a precisão das estimativas visuais da severidade do oídio, com valores do coeficiente de determinação mais próximos de 1 (um), demonstrando a eficiência

dessa ferramenta em estudos de quantificação de doença (BARBOSA; MICHEREFF; MORA-AGUILERA, 2006; GODOY; KOGA; CANTERI, 2006; LENZ *et al.*, 2010).

Os níveis de precisão da severidade do oídio em castanhas de cajueiro com auxílio da escala, para ambos os grupos de avaliadores, com e sem experiência, foram semelhantes aos apresentados em outros trabalhos de validação de escalas (BARGUIL *et al.*, 2008; GOMES; MICHEREFF; MARIANO, 2004; MICHEREFF *et al.*, 2006, 2009; NUNES; ALVES, 2012; PEDROSO *et al.*, 2011; SACHS *et al.*, 2011; VIVAS *et al.*, 2009), com valores dos coeficientes de determinação próximos a 0,95, considerado desejável por alguns autores (GOMES; MICHEREFF; MARIANO, 2004; NASCIMENTO *et al.*, 2005; SACHS *et al.*, 2011). Assim, observa-se que a maioria dos avaliadores apresentou um aumento na acurácia e precisão nas avaliações do oídio em castanhas de cajueiro com o uso da escala diagramática descritiva. Melhoria esta verificada em outros trabalhos, com a utilização de outras escalas diagramáticas (CITADIN *et al.*, 2008; DAMASCENO; FURTADO; FERREIRA FILHO, 2014; FISCHER *et al.*, 2009; LAZAROTO *et al.*, 2012; LENZ *et al.*, 2010; MACIEL *et al.*, 2013; SPOSITO *et al.*, 2004), demonstrando a importância dessa ferramenta em estudos de quantificação da intensidade de doenças em plantas.

Houve diminuição dos erros absolutos das estimativas da severidade do oídio em castanhas de cajueiro com o auxílio da escala diagramática, independente da experiência do avaliador, quando comparada com a distribuição dos resíduos obtida sem a utilização da escala (Figura 3). Sem o auxílio da escala, a distribuição dos valores dos resíduos das avaliações variou de -66,68 a 53,77 (Figura 3Es) para os avaliadores experientes, enquanto que para os avaliadores inexperientes a distribuição dos resíduos variou de -65,54 a 60,75 (Figura 3Ks), com média dos erros (em módulo) dos avaliadores experientes igual a 26,12, e 24,65 dos inexperientes.

Figura 3 - Erros absolutos (severidade real menos severidade estimada) das estimativas da severidade do para o oídio (*Pseudoidium anacardii*) em castanhas de cajueiro (*Anacardium occidentale*) por vinte avaliadores, sendo dez com experiência [sem (As, Bs, Cs, Ds, Es, Fs, Gs, Hs, Is, Js) e com (Ac, Bc, Cc, Dc, Ec, Fc, Gc, Hc, Ic, Jc) o uso da escala proposta] e dez sem experiência [sem (Ks, Ls, Ms, Ns, Os, Ps, Qs, Rs, Ss, Ts) e com (Kc, Lc, Mc, Nc, Oc, Pc, Qc, Rc, Sc, Tc) o uso da escala proposta].



Quando a escala diagramática descritiva proposta foi utilizada, a distribuição dos resíduos variou de -24,41 (Figura 3Bc) a 29,28 (Figura 3Cc) e -35,87 a 40,75 (Figura 3Oc) para os avaliadores experientes e inexperientes, respectivamente, reduzindo drasticamente a amplitude dos valores dos resíduos, constatando-se também uma ligeira redução na média dos erros (em módulo), que ficou em 18,32 para os avaliadores experientes e 22,22 para os inexperientes, confirmando a melhora da precisão das estimativas.

Nas avaliações com o uso da escala, os resíduos concentraram-se dentro da faixa de $\pm 10\%$, valores considerados adequados em estudos de validação de escalas diagramáticas para quantificação da intensidade de doenças em plantas (BARGUIL *et al.*, 2008; LENZ *et al.*, 2010; MALAGI *et al.*, 2011; MARTINS *et al.*, 2004; NUTTER; SCHULTZ, 1995), e que ainda podem ser minimizados com o treinamento dos avaliadores, visto que mesmo com o uso da escala, ainda existe um certo grau de subjetividade nas estimativas (BARBOSA; MICHEREFF; MORA-AGUILERA, 2006; NUTTER; SCHULTZ, 1995). A presença de algum tipo de erro absoluto nas mensurações é aceitável e pode ser compensada pela rapidez e padronização resultante do uso da escala (BARBOSA; MICHEREFF; MORA-AGUILERA, 2006; FISCHER *et al.*, 2009; LENZ *et al.*, 2010, MICHEREFF *et al.*, 2006).

O uso da escala diagramática descritiva proposta aumentou a reprodutibilidade das estimativas da severidade do oídio em castanhas de cajueiro, obtidas por diferentes avaliadores combinados aos pares (Tabelas 2, 3 e 4).

Sem a utilização da escala, a reprodutibilidade das avaliações foi menor, pois, entre os dez avaliadores experientes, as regressões lineares produziram coeficientes de determinação variando de 0,71 a 0,96, com valor médio de 0,88, sendo que em apenas 77,8% dos casos foi $\geq 0,80$ e somente 22,2% foi $\geq 0,90$ (Tabela 2). Entre os inexperientes, as regressões produziram coeficientes de determinação que variaram de 0,62 a 0,93, com média de 0,81, em que somente 55,6% foi $\geq 0,80$ e 13% das ocorrências foi $\geq 0,90$ (Tabela 3). Já dentro do grupo formado por experientes e inexperientes, os coeficientes de determinação das regressões lineares variaram de 0,60 a 0,96, com valor médio de 0,83, sendo que 57% $\geq 0,80$ e apenas 24% foi $\geq 0,90$ (Tabela 4).

Tabela 4 – Estimativa do coeficiente de determinação (R^2) de equações de regressão linear simples relacionando as estimativas do oídio (*Pseudoidium anacardii*) em castanhas de cajuero (*Anacardium occidentale*) entre avaliadores experientes (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J) e inexperientes (K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T) sem e com o auxílio da escala diagramática descritiva proposta.

Avaliador experiente	Avaliador inexperiente sem escala										Avaliador inexperiente com escala									
	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
A	0,73	0,74	0,86	0,64	0,63	0,90	0,83	0,79	0,77	0,79	0,89	0,79	0,88	0,90	0,78	0,90	0,91	0,90	0,90	0,83
B	0,78	0,88	0,93	0,79	0,71	0,95	0,89	0,89	0,71	0,84	0,84	0,82	0,88	0,88	0,76	0,92	0,94	0,91	0,90	0,81
C	0,76	0,79	0,93	0,70	0,68	0,92	0,89	0,84	0,73	0,85	0,86	0,87	0,89	0,93	0,74	0,92	0,93	0,87	0,89	0,86
D	0,80	0,89	0,95	0,85	0,72	0,91	0,94	0,92	0,75	0,87	0,87	0,83	0,88	0,90	0,77	0,91	0,94	0,90	0,92	0,84
E	0,60	0,75	0,78	0,73	0,60	0,76	0,79	0,79	0,62	0,81	0,88	0,88	0,91	0,95	0,74	0,91	0,94	0,91	0,93	0,89
F	0,79	0,83	0,89	0,74	0,64	0,91	0,87	0,86	0,78	0,83	0,89	0,76	0,87	0,90	0,71	0,91	0,93	0,90	0,90	0,82
G	0,79	0,91	0,92	0,81	0,72	0,91	0,89	0,90	0,79	0,90	0,87	0,85	0,87	0,91	0,75	0,94	0,95	0,90	0,92	0,85
H	0,78	0,89	0,93	0,82	0,75	0,96	0,91	0,90	0,78	0,87	0,91	0,83	0,85	0,93	0,70	0,95	0,94	0,90	0,90	0,86
I	0,75	0,92	0,86	0,88	0,77	0,85	0,87	0,88	0,77	0,85	0,85	0,87	0,91	0,85	0,80	0,88	0,89	0,85	0,87	0,83
J	0,77	0,88	0,93	0,80	0,71	0,93	0,92	0,90	0,76	0,87	0,89	0,83	0,89	0,92	0,74	0,91	0,94	0,92	0,88	0,84

Com o uso da escala, a reprodutibilidade das avaliações melhorou consideravelmente. Entre os dez avaliadores experientes, as regressões lineares produziram coeficientes de determinação variando de 0,85 a 0,94, com valor médio de 0,91, sendo que em 100% dos casos foi $\geq 0,80$ e em 62% foi $\geq 0,90$ (Tabela 2). Entre os inexperientes, as regressões produziram coeficientes de determinação que variaram de 0,70 a 0,93, com média de 0,85, sendo 73,3% $\geq 0,80$ e 24% $\geq 0,90$ (Tabela 3). Já dentro do grupo formado por experientes e inexperientes, os coeficientes de determinação das regressões lineares variaram de 0,70 a 0,95, com valor médio de 0,89, sendo que em 89% dos casos foi $\geq 0,80$ e em 44% $\geq 0,90$ (Tabela 4).

Esses resultados evidenciam o alto nível de reprodutibilidade das estimativas obtidas por diferentes grupos de avaliadores na avaliação do oídio em castanhas de cajueiro, assemelhando-se ao constatado na validação de escalas diagramáticas por outros autores em diferentes patossistemas (BARGUIL *et al.*, 2008; MARTINS *et al.*, 2004; MICHEREFF *et al.*, 2009; NASCIMENTO *et al.*, 2005). O aumento da reprodutibilidade com o uso da escala diagramática, obtidas por diferentes avaliadores, mostra que, do ponto de vista prático, experimentos distintos, conduzidos por vários pesquisadores, podem ser comparados (BARBOSA; MICHEREFF; MORA-AGUILERA, 2006; MICHEREFF; ANDRADE; NORONHA, 2006; MICHEREFF *et al.*, 2006), desde que se utilizem a escala para o oídio do cajueiro, uma vez que os dados aqui estimados por diversos avaliadores estiveram próximos a uma concordância perfeita, indicando alta precisão (NASCIMENTO *et al.*, 2005; NUTTER; SCHULTZ, 1995).

A escala mostrou ser de fácil utilização e pode ser usada, inclusive, por pessoas sem experiência na quantificação de doenças de plantas, comprovando ser esta uma ferramenta útil para avaliações de severidade desta fitomoléstia mesmo quando utilizada por pessoas sem nenhum treinamento ou conhecimento prévio na quantificação de doenças.

Uma boa escala é aquela a qual diferentes avaliadores, ao utilizá-la para a avaliação da intensidade de doença do mesmo material, estimam os mesmos valores de severidade (MARTINS *et al.*, 2004; NUTTER; SCHULTZ, 1995), e os resultados podem ser comparados entre si, ficando então demonstrando que a reprodutibilidade das avaliações do oídio em castanhas de cajueiro foi garantida com o uso da escala diagramática descritiva desenvolvida.

Com os resultados obtidos é possível estabelecer um sistema padronizado de quantificação da intensidade de doença, visando orientar a avaliação da severidade do ataque

do oídio em plantas de cajueiro. Quantificar doenças trata-se de uma atividade de grande responsabilidade, pois, caso haja ineficiência do sistema, o custo oriundos do seu uso pode superar os benefícios advindos de sua utilização (NUTTER; SCHULTZ 1995), visto que estimativas visuais imprecisas levam a erros que alteram conclusões de ensaios e comprometem resultados (LENZ *et al.*, 2010; PARKER; SHAW; ROYLE, 1995). Entretanto, a padronização do sistema de quantificação do oídio é extremamente necessária, pois a uniformização da metodologia de avaliação dessa fitomoléstia permite comparações entre os resultados obtidos por pesquisadores em diferentes instituições, localizadas em diferentes regiões e em períodos distintos (GOMES; MICHEREFF; MARIANO, 2004).

A escala diagramática descritiva proposta poderá ser adotada em estudos do oídio do cajueiro, sendo uma excelente ferramenta de auxílio para reduzir e minimizar possíveis erros de estimativa da doença em condições de campo, diminuindo a subjetividade das estimativas e propiciando informações precisas sobre a intensidade da doença nesse importante patossistema. Esta ferramenta poderá ser aplicada a uma ampla gama de situações como levantamentos de campo, estudos epidemiológicos de progresso e disseminação do oídio, resistência de plantas de cajueiro, como também em estudos de medidas de controle da doença e poderá ser usada por estudantes, técnicos e pesquisadores no Brasil e em outros países onde a doença ocorre.

4 CONCLUSÕES

A escala diagramática descritiva proposta melhora os níveis de acurácia, precisão e reprodutibilidade das mensurações da severidade do oídio em castanhas de cajueiro independente da experiência do avaliador.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Fenologia, patometria e quantificação de danos. *In*: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Eds.). **Manual de Fitopatologia**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. p. 517-542.
- BARBOSA, M. A. G.; MICHEREFF, S. J.; MORA-AGUILERA, G. Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem branca do crisântemo. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 1, p. 57-62, 2006.
- BARGUIL, B. M. *et al.* Escala diagramática para avaliação da severidade da antracnose em bastão do imperador. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 807-810, 2008.
- BEDENDO, I. P. Oídios. *In*: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Eds.). **Manual de Fitopatologia**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. p. 473-477.
- BRAUN, U.; COOK, R. T. A. **Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews)**. Saint Paul: American Phytopathological Society, 2012. 707 p.
- CARDOSO, J. E. *et al.* **Controle químico do oídio do cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 4 p. (Comunicado Técnico, 196).
- CARDOSO, J. E. *et al.* **Monitoramento de doenças na cultura do cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria tropical, 2006. 24 p.
- CARDOSO, J. E. *et al.* Doenças do cajueiro. *In*: Araújo, J. P. P (Ed). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. p. 217-238.
- CITADIN, I. *et al.* Escala diagramática para avaliação da severidade de bacteriose em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 327-330, 2008.
- DAMASCENO, V. F. F.; FURTADO, E. L.; FERREIRA FILHO, P. J. Comparação de dois métodos de elaboração e validação de escala diagramática para a quantificação da severidade da mancha de *Cylindrocladium* em eucalipto. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 3, p. 248-255, 2014.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Production**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>>. Acesso em 20 dez. 2016.
- FISCHER, I. H. *et al.* Elaboration and validation of diagrammatic scale to evaluate anthracnose severity in yellow passion fruits. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 3, p. 226-228, 2009.
- FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E. Doenças do cajueiro. *In*: FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P. (Eds.). **Doenças de fruteiras tropicais de interesse agroindustrial**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 191-226.
- FREIRE, F. C. O. *et al.* Diseases of cashew nut plants (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. **Crop Protection**, v. 21, n. 6, p. 489-494, 2002.

GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 63-68, 2006.

GOMES, A. M. A.; MICHEREFF, S. J.; MARIANO, R. L. R. Development and validation of a diagrammatic key for *Cercospora* leaf spot of lettuce. **Summa Phytopathologica**, v. 30, n. 1, p. 38-42, 2004.

HONORATO, T. B.; LIMA, J. S.; CARDOSO, J. E. **Caracterização morfofisiológica e sensibilidade de *Pseudoidium anacardii* a fungicidas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2016. 23 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 119).

HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. Pathometry: the measurement of plant disease. *In*: HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. (Eds.). **Plant disease: an advanced treatise – how disease develops in populations**. New York: Academic Press, 1978. v. 2, p. 119-136.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**.

Disponível em:

<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl1.asp?c=1613&n=0&u=0&z=p&o=18&i=P>>. Acesso em 20 dez. 2016.

LAMARI, L. **Assess: Image analysis software for plant disease quantification**. Sant Paul: APS Press, 2002. 1CD-ROM.

LAZAROTO, A. *et al.* Escala diagramática para avaliação de severidade da helmintosporiose comum em milho. **Ciência Rural**, v. 42, n. 12, p. 2288-2294, 2012.

LENZ, G. *et al.* Escala diagramática para avaliação de severidade de mancha-parda em arroz. **Ciência Rural**, v. 40, n. 4, p. 752-758, 2010.

MACIEL, J. L. N. *et al.* Diagrammatic scale for assessment of blast on wheat spikes. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 3, p. 162-166, 2013.

MALAGI, G. *et al.* Elaboração e validação da escala diagramática para avaliação da mancha branca do milho. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 3, p. 797-804, 2011.

MARTINS, M. C. *et al.* Escala diagramática para a quantificação do complexo de doenças foliares de final de ciclo em soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 179-184, 2004.

MAZARO, S. M. *et al.* Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha-demiosferela em morangueiro. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 648-652, 2006.

MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E.G. T.; NORONHA, M. A. Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade do carvão da folha do caupi. **Summa Phytopathologica**, v. 32, N. 1, p. 51-56, 2006.

MICHEREFF, S. J. *et al.* Development and validation of a diagrammatic key for *Cercospora* leaf spot of sweet pepper. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 3, p. 260-266, 2006.

MICHEREFF, S. J. *et al.* Diagrammatic scale to assess downy mildew severity in melon. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 76-79, 2009.

MIZUBUTI, E. S. G.; MAFFIA, L. A. **Introdução à Fitopatologia**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 190 p. (Cadernos Didáticos, 115).

NASCIMENTO, A. R. P. *et al.* Elaboração e validação de escala diagramática para cancro bacteriano da videira. **Summa Phytopathologica**, v. 31, p. 59-64, 2005.

NITA, M.; ELLIS, M. A.; MADDEN, L. V. Effects of temperature, wetness duration and leaflet age on infection of strawberry foliage by *Phomopsis obscurans*. **Plant Disease**, v. 87, n.1 p. 579-590, 2003.

NUNES, C. C.; ALVES, S. A. M. Elaboração e validação de escala diagramática para quantificação da severidade de entomosporiose em folhas de pereira. **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 3, p. 239-244, 2012.

NUTTER JR., F. W.; SCHULTZ, P. M. Improving the accuracy and precision of disease assessments: selection of methods and use of computer- aided training programs. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 17, n. 1, p. 174-184, 1995.

OLIVEIRA, V. H. Cajucultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, N. 1, p. 1-3, 2008.

PAIVA, F. F. A.; SILVA NETO, R. M. Processamento industrial da castanha-de-caju. *In*: ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 394-465.

PARKER, S. R.; SHAW, M. W.; ROYLE, D. J. The reliability of visual estimates of disease severity on cereal leaves. **Plant Pathology**, v. 44, n. 5 p. 856-864, 1995.

PINTO, O. R. O. *et al.* Morphological analyses of pseudoidium anacardii infecting brazilian cashew plants. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 3, p. 257-260, 2016.

RENAUD, M. S. A. *et al.* Escala diagramática para avaliação da mancha marrom de alternaria de citros. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 3, p. 270-271, 2008.

SACHS, P. J. D. *et al.* G. Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha branca em milho. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 4, p. 202-204, 2011.

SERRANO, L. A. L. *et al.* **Influência do oídio nas castanhas de diferentes genótipos de cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 76).

SPÓSITO, M. B. *et al.* Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade da mancha preta em frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 81-85, 2004.

VIVAS, M. *et al.* Diagrammatic scale for assessing severity of back-spot in papaya fruit. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 2, p. 161-163, 2010.