

FRANCISCO ALBERTO DE SOUSA LIMA FILHO

**ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESCALAS DIAGRAMÁTICAS PARA
QUANTIFICAÇÃO DA SEVERIDADE DA MANCHA PARDA DA MANDIOCA
E SAZONALIDADE DA DOENÇA NO AGRESTE MERIDIONAL DE
PERNAMBUCO**

GARANHUNS
PERNAMBUCO – BRASIL
JULHO - 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA

**ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESCALAS DIAGRAMÁTICAS PARA
QUANTIFICAÇÃO DA SEVERIDADE DA MANCHA PARDA DA MANDIOCA
E SAZONALIDADE DA DOENÇA NO AGRESTE MERIDIONAL DE
PERNAMBUCO**

FRANCISCO ALBERTO DE SOUSA LIMA FILHO

**SOB A ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR
UEDER PEDRO LOPES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola, para obtenção do título de *Mestre*.

GARANHUNS
PERNAMBUCO – BRASIL
JULHO - 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA

ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESCALAS DIAGRAMÁTICAS PARA
QUANTIFICAÇÃO DA SEVERIDADE DA MANCHA PARDA DA MANDIOCA
E SAZONALIDADE DA DOENÇA NO AGRESTE MERIDIONAL DE
PERNAMBUCO

FRANCISCO ALBERTO DE SOUSA LIMA FILHO

GARANHUNS
PERNAMBUCO – BRASIL
JULHO - 2016

Ficha Catalográfica

Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Setorial UFRPE/UAG

L732e Lima Filho, Francisco Alberto de Sousa

Elaboração e validação de escalas diagramáticas para quantificação da severidade da mancha parda da mandioca e sazonalidade da doença no Agreste Meridional Pernambuco / Francisco Alberto de Sousa Lima Filho. - Garanhuns, 2016.

55 f.

Orientador: Ueder Pedro Lopes
Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns, 2016.

CDD: 632.4

1. Epidemiologia
2. Mandioca - Doenças e pragas
3. Pragas agrícolas
- I. Lopes, Ueder Pedro
- II. Título

**ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESCALAS DIAGRAMÁTICAS PARA
QUANTIFICAÇÃO DA SEVERIDADE DA MANCHA PARDA DA MANDIOCA
E SAZONALIDADE DA DOENÇA NO AGRESTE MERIDIONAL DE
PERNAMBUCO**

FRANCISCO ALBERTO DE SOUSA LIMA FILHO

APROVADO EM: 29 DE JULHO DE 2016

KEDMA MARIA SILVA PINTO
UFRPE

RICARDO BRAINER MARTINS
Membro Externo - UFAL

UEDER PEDRO LOPES
Orientador

Dedicatória

*Aos meus pais.
À minha irmã.
À minha avó ("in memoriam").
Aos meus parentes e amigos.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente em minha vida, me guiando em todos os momentos e me dando força para continuar lutando.

Aos meus pais pelo incentivo, carinho, compreensão e apoio constante.

À minha irmã Suéllen, pelo carinho e por torcer pelo meu sucesso.

Às minhas avós, por todo apoio recebido.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola, pela oportunidade de conhecimento e formação profissional.

Ao Laboratório de Fitopatologia, por fornecer a infraestrutura para realização desta pesquisa.

Aos produtores de mandioca da região do Agreste Meridional, que permitiram as visitas e o acompanhamento das áreas.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), pelo apoio financeiro.

Ao Prof^o. Ueder Pedro Lopes, pela orientação e ensinamentos compartilhados durante a realização deste trabalho, pelos seus conselhos e apoio.

Ao Prof^o Alexandre Sandri Capucho, pela coorientação que, mesmo à distância, foi de grande valia.

Ao Prof^o Sami J. Michereff, pelas valiosas discussões e sugestões durante realização desta pesquisa.

À pesquisadora Dra. Rejane Freitas Lopes, pelo apoio, ensinamentos e correções na dissertação.

Aos membros da banca, Prof^a Kedma Maria Silva Pinto e Prof^o Ricardo Brainer Martins, pela disponibilidade em participar e pelas correções.

A todos os professores do curso de Produção Agrícola, que contribuíram para minha formação profissional.

À toda a equipe do Laboratório de Fitopatologia, pela ajuda na conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos, Francisco Ferreira, Laiane Alves e todos os outros, pelo companheirismo e por todos os momentos que passamos juntos nesses dois anos e meio de curso.

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

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

Francisco Alberto de Sousa Lima Filho, filho de Sulirosa Marinho da Silva e Francisco Alberto de Sousa Lima, nasceu no município de São Luís – MA, em 20 de agosto de 1991.

Em 2010, ingressou no curso de Agronomia, na Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – UFMA/CCAA, no município de Chapadinha - MA, graduando-se como Engenheiro Agrônomo em agosto de 2014.

Em agosto do mesmo ano, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, concentrando seus estudos na área de Fitopatologia. Submeteu-se à defesa de dissertação em julho de 2016.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO GERAL	1
GENERAL ABSTRACT	2
INTRODUÇÃO GERAL.....	3
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6

CAPÍTULO I

ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESCALAS DIAGRAMÁTICAS PARA QUANTIFICAR A SEVERIDADE DA MANCHA PARDA DA MANDIOCA EM FOLHAS E FOLÍOLOS

RESUMO.....	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1. Obtenção e processamento das imagens	15
2.2. Relação entre a severidade da folha composta e do folíolo central	16
2.3. Elaboração das escalas diagramáticas	16
2.4. Validação das escalas diagramáticas.....	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
3.1. Relação entre a severidade da folha composta e do folíolo central	18
3.2. Escalas diagramáticas propostas	19
3.3. Efeito das escalas sobre as estimativas	21
3.3.1. Efeito da escala de folha composta.....	25
3.3.2. Efeito da escala de folíolo central.....	22
4. CONCLUSÕES	29
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

CAPÍTULO II

APLICABILIDADE DAS ESCALAS DIAGRAMÁTICAS DE FOLHA E FOLÍOLO PARA AVALIAÇÃO DA MANCHA PARDA DA MANDIOCA EM ÁREAS DE CULTIVOS E EM BANCO DE GERMOPLASMA

RESUMO.....	36
1. INTRODUÇÃO.....	37
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.1. Aplicabilidade das escalas de folíolo e folha para avaliação da mancha parda em áreas de cultivo de mandioca.....	38
2.1.1. Seleção das áreas.....	38
2.1.2. Quantificação da doença e do tempo de avaliação.....	38
2.1.3. Análise dos dados.....	39
2.2. Aplicabilidade das escalas de folíolo e folha composta para avaliação de banco de germoplasma.....	39
2.2.1. Seleção dos genótipos.....	39
2.2.2. Quantificação da doença e do tempo de avaliação.....	39
2.2.3. Análise dos dados.....	40
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4. CONCLUSÕES.....	43
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

CAPÍTULO III

SAZONALIDADE DA MANCHA PARDA EM CULTIVOS COMERCIAIS DE MANDIOCA NO AGRESTE DE PERNAMBUCO

RESUMO.....	48
1. INTRODUÇÃO.....	49
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	50
2.1. Seleção das áreas.....	50
2.2. Avaliação da doença.....	50
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4. CONCLUSÕES.....	53
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

RESUMO GERAL

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) apresenta um importante papel na alimentação humana e animal, sendo a sexta cultura de maior produção no mundo. Dentre os problemas que afetam a cultura, destacam-se as manchas foliares, principalmente a mancha parda (MP), causada pelo fungo *Passalora henningsii* (Allesch.) R.F. Castañeda & U. Braun. A alta intensidade desta mancha foliar, observada no estado de Pernambuco, aliada à escassez de informações, demonstram a necessidade de estudos mais aprofundados acerca desta doença. Diante disso, os objetivos desta pesquisa foram: i) desenvolver, validar e verificar a aplicabilidade de duas escalas diagramáticas para quantificação da severidade da mancha parda em folhas e folíolos de mandioca; ii) estudar a epidemia da doença em diferentes áreas no Agreste de Pernambuco. Para elaborar as escalas diagramáticas, folhas de mandioca apresentando sintomas da doença foram digitalizadas e o valor de severidade calculado utilizando o software Assess. Foram desenvolvidas duas escalas, sendo uma para o folíolo central e outra para folha composta, cada uma contendo oito níveis de severidade (0,1; 0,6; 1,5; 3,0; 6,0; 11,0; 16,0 e 24,0%). As escalas foram validadas por avaliadores inexperientes, e verificou-se que ambas propiciaram estimativas mais acuradas e precisas da severidade da mancha parda. Para avaliar a sazonalidade da MP no Agreste de Pernambuco, foram selecionadas 12 áreas de cultivo comercial de mandioca durante a safra 2015/2016. A incidência foi avaliada pela contagem do número de folhas doentes e a severidade foi medida com o auxílio da escala de folha composta previamente elaborada. Este estudo mostrou que a doença ocorre em todas as áreas avaliadas no Agreste Meridional, estando relacionada principalmente com a precipitação. Além disso, foi verificado que algumas cultivares apresentam-se mais suscetíveis ao ataque do patógeno.

Palavras-chave: *Passalora*; epidemiologia; incidência; progresso da doença.

GENERAL ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) plays an important role in human food. Among the diseases affecting this crop, the brown spot, caused by the fungus *Passalora henningsii* (Allesch.) R. F. Castañeda & U. Braun, is one of the main diseases. The high intensity of this leaf spot, observed in the state of Pernambuco, together with the scarcity of information, demonstrate the need of further studies on this disease. Thus, the objectives of this research were: i) to develop, validate and verify the applicability of two diagrammatic scales to quantify the severity of brown spot on leaves and leaflets of cassava; ii) to study the epidemiology of the disease in different areas in the Pernambuco state. To elaborate the diagrammatic scales, cassava leaves showing symptoms of the disease were scanned and the severity value was calculated using the Assess software. Two scales were developed, one for leaves and another for leaflets, each containing eight levels of severity (0.1; 0.6; 1.5; 3.0; 6.0; 11.0; 16.0 and 24.0%). The diagrammatic scales were validated by untrained evaluators, and both produced more accurate and precise estimates of the severity of brown spot of cassava. To assess the seasonality of brown spot in the Pernambuco state, 12 areas of commercial cultivation were selected during the season 2015/2016. The incidence was evaluated by counting the number of diseased leaves and the severity was measured with the aid of the diagrammatic scale previously elaborated. This study showed that the disease occurs in all areas evaluated in the Pernambuco state, being mainly related to precipitation. Furthermore, it was found that some cultivars were more susceptible to disease.

Key words: *Passalora*; epidemiology; incidence; disease progress.

INTRODUÇÃO GERAL

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) apresenta um importante papel na alimentação humana e animal. Em algumas regiões é considerada como o alimento básico da população, sendo uma das principais fontes de carboidratos (Cock, 1985; Reddy, 2015). Além disso, a mandioca pode servir como matéria prima para inúmeros produtos industriais, contribuindo também para a geração de emprego e de renda (Souza, 2006).

A cultura é plantada em todo o mundo, sendo o Brasil o terceiro maior produtor, com aproximadamente 13,9% da produção mundial (FAO, 2015). Seu cultivo é realizado em praticamente todas as regiões do Brasil, com destaque para as regiões Norte e Nordeste.

Um grande problema na sua produção é que seus cultivos são afetados por diversos patógenos, os quais podem causar podridões radiculares, manchas foliares, subcrescimento e morte de plantas, levando a perdas expressivas na produção (Massola e Bedendo, 2005; Reddy, 2015).

Dentre as manchas foliares na cultura, destaca-se a mancha parda (MP) como a de maior ocorrência. Esta doença era comumente conhecida como cercosporiose da mandioca, por ser causada por espécies do gênero *Cercospora* (Massola & Bedendo, 2005). No entanto, de acordo com estudos de Crous & Braun (2003), sabe-se que esta doença é causada por uma espécie pertencente ao gênero *Passalora*, a *Passalora henningsii* (Allesch.) R.F. Castañeda & U. Braun. O quadro sintomatológico da MP é caracterizado por manchas inicialmente pequenas, amareladas e arredondadas, que posteriormente atingem 5 a 10 mm de diâmetro, com coloração pardo-avermelhada e formato angular, com bordos mais escuros (Viégas, 1941; Teri et al., 1978; Massola e Bedendo, 2005).

Os principais danos causados pela MP da mandioca são a redução da área foliar sadia, devido à necrose do tecido, e a desfolha prematura (Lozano & Booth, 1974; Teri et al., 1978; Hillocks, 2002). Desta forma, a atividade fotossintética da planta é afetada, comprometendo diretamente a produção de raízes, conforme verificado em híbridos avaliados no *International Center for Tropical Agriculture* (CIAT) na Colômbia, com danos superiores a 30% na produção de raízes nos materiais considerados suscetíveis (Teri et al., 1980). Além da redução da parte aérea, pela perda

parcial ou total das folhas, reduz a produção de massa verde, que pode ser utilizada para a alimentação animal (Cock, 1985).

Embora um dos primeiros relatos da doença tenha sido no Brasil e a América seja o centro de origem da mandioca, pouco se conhece a respeito deste patossistema, sendo escassas as pesquisas de levantamento nas diferentes regiões de cultivo. Em estudos de levantamento da MP no estado do Maranhão, Sousa e Dias (1991) verificaram uma maior incidência no período chuvoso, enquanto, no período seco, predominava outra doença foliar, a mancha branca. No estado da Paraíba, Morais et al. (2014) observaram baixos índices de severidade da doença, porém seu aumento lhe foi relacionado com as chuvas. Da mesma forma, estudos de epidemiologia na Colômbia mostraram que a doença leva à alta desfolha da planta sob condições adequadas de clima, principalmente em áreas mais chuvosas (Teri et al., 1981). Embora o Agreste de Pernambuco seja considerado uma importante região produtora de mandioca do estado, nenhuma pesquisa foi realizada visando conhecer o comportamento da mancha parda na cultura e em visitas a plantios comerciais de mandioca no estado de Pernambuco, principalmente na Zona da Mata do estado, foram observadas manchas foliares causando danos severos que, até o momento, não foram quantificados.

Sabe-se que as doenças de plantas podem variar em função do clima, local de cultivo, tipo de material cultivado, sistema de plantio, dentre outros (Vale et al., 2004). A cultura da mandioca é distribuída em todas as regiões do Brasil, onde são encontradas as mais diversas condições climáticas. No estado de Pernambuco, há uma grande variação climática nas áreas de cultivo, sendo encontradas algumas áreas secas e quentes, outras úmidas com clima ameno, além de regiões com regime e intensidade de chuva diferenciados, como nas regiões do Sertão, Agreste e Zona da Mata (Mafra, 1981). Sob condições climáticas tão distintas como as descritas anteriormente, há a necessidade de plantio de materiais adaptados a cada uma destas condições. No entanto, tais materiais podem variar, ainda, quanto à resistência ou suscetibilidade a doenças, o que pode implicar diretamente na ocorrência e intensidade da MP na cultura. Embora existam alguns trabalhos sobre a resistência de cultivares e híbridos de mandioca (Santos et al., 2004; Oliveira et al., 2013a; Oliveira et al., 2013b), nenhuma pesquisa recente foi realizada visando verificar a intensidade desta doença em cultivares plantados comercialmente no estado de Pernambuco.

O entendimento da ocorrência e dos danos causados pelas doenças é fundamental para a elaboração, planejamento, implementação e avaliação de estratégias de manejo (Campbell & Madden, 1990; Holderness, 2002). Portanto, entender o comportamento da MP da mandioca ao longo do ciclo de cultivo, em diferentes sistemas de cultivo e regiões, bem como a resistência de diferentes materiais, é extremamente importante para se propor estratégias de controle da doença. Isto pode ser feito por meio de levantamentos, que permitem determinar a importância da doença, monitorar flutuações na sua intensidade durante o ciclo de cultivo e verificar a eficácia e a aceitação das medidas de controle recomendadas (Holderness, 2002). No entanto, levantamentos somente são confiáveis quando os métodos empregados na quantificação da intensidade da doença são padronizados. Em outras palavras, os métodos precisam ser previamente estabelecidos e comprovadamente eficazes na quantificação da doença (Campbell & Madden, 1990; Madden et al., 2007; Holderness, 2002).

Para quantificação da MP na cultura da mandioca, diferentes métodos têm sido utilizados, incluindo escalas diagramáticas e de notas (Teri, et al., 1978; Michereff et al., 1998; Santos et al., 2004; Oliveira et al., 2013a; Oliveira et al., 2013b). O uso de escalas diagramáticas tem sido um importante método para auxiliar na avaliação da severidade de doenças e reduzir a subjetividade das estimativas (Bergamim Filho & Amorim 1996; Martins et al., 2004; Vale et al., 2004). Os diagramas são baseados em ilustrações das plantas ou órgãos de plantas com sintomas, que representam uma gama de severidade encontrada no campo (Bergamim Filho & Amorim, 1996; Lopes et al., 2014). Dentre os benefícios da utilização de escalas, destaca-se o fato de obter estimativas mais precisas, com valores estimados mais próximos aos valores reais (Nutter & Schultz, 1995), e confiáveis, ou seja, estimativas semelhantes, mesmo sob diferentes condições (Nutter et al., 1991).

O processo de validação das escalas é extremamente importante, pois é a garantia de que é realmente eficaz em gerar estimativas precisas, acuradas e reproduzíveis (Duarte et al., 2014). As escalas diagramáticas propostas por Teri (1978) não foram validadas, enquanto a escala proposta por Michereff et al. (1998) foi elaborada e validada adequadamente, segundo a metodologia disponível na época. Embora estas escalas tenham sido importantes na execução de muitas pesquisas, sabe-se que, atualmente, são recomendadas novas ferramentas para elaboração e validação de

escalas diagramáticas. Dentre elas, podemos citar o uso de valores lineares de severidade nos diagramas, o maior número de diagramas e novas análises para a validação, como o teste de correlação e concordância de Lin (Nita et al., 2003; Duarte et al., 2014; Bock et al., 2016). Na literatura, são encontradas várias escalas elaboradas e validadas seguindo estas novas metodologias, como as propostas para avaliação da ferrugem do cafeeiro (Capucho et al., 2011), requeima da batata (Duarte et al., 2013), brusone do trigo (Rios et al., 2013), mancha parda em arroz (Lenz et al., 2010), antracnose do colmo (Nicoli et al., 2015), oídio do tomate (Lage et al., 2015), queima das folhas do milho (Vieira et al., 2014) e verrugose em nêspera (ameixa-amarela) (González-Domínguez et al., 2014).

Ao se analisar a qualidade de uma escala diagramática, o que geralmente leva-se em consideração é a acurácia, a precisão e a reprodutibilidade das estimativas de severidade da doença. No entanto, o tempo gasto na avaliação de doenças é, na maioria das vezes, um dos maiores limitantes, principalmente quando se avalia experimentos de campo (Bock et al., 2016). Por esta razão, esta variável também deve ser considerada ao se desenvolver uma escala.

Embora os danos causados pela MP pareçam estar aumentando na cultura da mandioca, conforme observado em algumas regiões no estado de Pernambuco, são escassas na literatura pesquisas relacionadas a esta doença. Espera-se, com este estudo, gerar informações que permitam entender a ocorrência e o desenvolvimento da doença ao longo da estação de cultivo, estabelecendo uma relação entre sua intensidade e as condições climáticas, épocas e sistemas de plantio e materiais plantados. Desta forma, será possível propor estratégias de controle, visando à redução dos danos causados por esta mancha foliar na cultura da mandioca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L. Doenças de plantas tropicais: Epidemiologia e controle econômico. São Paulo: **Ceres**. 1996.
- BOCK, C. H.; HOTCHKISS, M. W.; WOOD, B. W. Assessing disease severity: accuracy and reliability of rater estimates in relation to number of diagrams in a standard area diagram set. **Plant Pathology**. v. 65, p. 261–272. 2016.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. Introduction to plant disease epidemiology. **John Wiley & Sons**. 1990.

CAPUCHO, A. S.; ZAMBOLIM, L.; DUARTE, H. S. S.; VAZ, G. Development and validation of a standard area diagram set to estimate severity of leaf rust in *Coffea arabica* and *C. canephora*. **Plant Pathology**. v. 60, p. 1144-1150. 2011.

COCK, J. H. *Cassava: new potential for a neglected crop*. **Westview Press**. 1985.

CROUS, P. W.; BRAUN, U. *Mycosphaerella* and its anamorphs: 1. Names published in *Cercospora* and *Passalora*. **Centra albureauvoor Schimmel cultures (CBS)**. 2003.

DUARTE, H. S. S.; ZAMBOLIM, L.; CAPUCHO, A. S.; NOGUEIRA JÚNIOR, A. F.; ROSADO, A. W. C.; CARDOSO, C. R.; PAUL, P. A.; MIZUBUTI, E. S. G. Development and validation of a set of standard area diagrams to estimate severity of potato early blight. **European journal of plant pathology**. 137 v.2, p. 249-257. 2013.

DUARTE, H. S. S.; CAPUCHO, A. S.; LOPES, U. P.; ZAMBOLIM, L. Elaboração e validação de escala diagramática. **O Essencial da Fitopatologia: Epidemiologia de Doenças de Plantas**. Viçosa, MG. p 79-98. 2014.

FAO. Food and Agriculture organization of the United Nations; **FAO**. 2015.

GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ, E.; MARTINS, R. B.; DEL PONTE, E. M.; MICHEREFF, S. J.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J.; ARMENGOL, J. Development and validation of a standard area diagram set to aid assessment of severity of loquat scab on fruit. **European journal of plant pathology**. 139 v. 2, p. 419-428. 2014.

HOLDERNESS, M. Surveys and Sampling. In: WALLER J. M.; LENNÉ J.; WALLER S. J. Eds. *Plant Pathologist's Pocketbook*. Wallingford: **CAB International**. p. 545-640. 2002.

HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. *Cassava: Biology, Production and Utilization*, **CABI**. 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **IBGE**. 2015.

LAGE, D. A. C.; MAROUELLI, W. A.; DUARTE, H. S. S.; CAFÉ-FILHO, A. C. Standard area diagrams for assessment of powdery mildew severity on tomato leaves and leaflets. **Crop Protection**. v. 67, p. 26-34. 2015.

- LENZ, G.; BALARDIN, R. S.; CORTE, G. D.; MARQUES, L. N.; DEBONA, D. Escala diagramática para avaliação de severidade de mancha-parda em arroz. **Ciência Rural**. 40 v.4, p.752-758. 2010.
- LOPES, U. P.; DUARTE, H. S. S.; CAPUCHO, A. S.; ZAMBOLIM, L. Quantificação de doenças de plantas. **O Essencial da Fitopatologia: Epidemiologia de Doenças de Plantas**. Viçosa, MG. p 49-79. 2014.
- LOZANO, J. C.; BOOTH R, H. Diseases of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **PANS Pest Articles & News Summaries**. v. 20, p. 30-54. 1974.
- MADDEN, L. V.; HUGHES, G.; VAN DEN BOSCH, F. The study of plant disease epidemics. **American Phytopathological Society St Paul**. MN. 2007.
- MAFRA, R. C. Agricultura de sequeiro no Trópico Semi-Árido: um delineamento para a ação da pesquisa. Recife: **Secretaria de Agricultura de Pernambuco**. p. 56. 1981.
- MARTINS, M. C.; GUERZONI, R. A.; CÂMARA, G. M. S.; MATTIAZZI, P.; LOURENÇO, S. A.; AMORIM, L. Escala diagramática para a quantificação do complexo de doenças foliares de final de ciclo em soja. **Fitopatologia Brasileira**. v. 29, p. 179–184. 2004.
- MASSOLA, N. S.; BEDENDO, I. P. Doenças da Mandioca. In: HIMATI H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO A., CAMARGO, L. E. A; Eds. **Manual de Fitopatologia: Doenças de Plantas Cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres. v. 2 p. 466-474. 2005.
- MICHEREFF, S. J.; PEDROSA, R. A.; NORONHA, M. D. A.; MARTINS, R. B.; SILVA, F. V. Escala diagramática e tamanho de amostras para avaliação da severidade da mancha parda da mandioca (*Cercosporidium henningsii*). **Agrotropica**. v. 10, p. 143-148. 1998.
- NICOLI, A.; COSTA, R. V. D.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; ZAMBOLIM, L.; LANZA, F. E.; GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. Diagrammatic scale validation to quantify the severity of anthracnose stalk in corn. **Ciência Rural**. N. 10, v. 45. 2015.
- NITA, M.; ELLIS, M. A.; MADDEN, L. V. Reliability and accuracy of visual estimation of *Phomopsis* leaf blight of strawberry. **Phytopathology**. v. 93, p. 995–1005. 2003.

NUTTER, F. W.; TENG, P. S.; SHOKES, F. M. Disease assessment term and concepts. **Plant Disease**. v. 75, p. 1187–1188. 1991.

NUTTER, 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, p. 174–184. 1995.

OLIVEIRA, S. A. S. D.; FREITAS, J. P. X. D.; AUD, F. F.; SANTOS, V. D. S.; OLIVEIRA, E. J. Avaliação da resistência de híbridos de mandioca (*Manihot esculenta* Crants) à mancha parda, queima das folhas e mancha branca. **Proceedings of the XV Congresso Brasileiro de Mandioca**. 2013a.

OLIVEIRA, S. A. S. D.; FREITAS, J. P. X. D.; AUD, F. F.; SANTOS, V. D. S.; OLIVEIRA, E. J. D. Resistência de genótipos S1 de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) à mancha-parda, queima das folhas e mancha-branca. **Proceedings of the XV Congresso Brasileiro de Mandioca**. 2013b.

RIOS, J. A.; DEBONA, D.; DUARTE, H. S. S.; RODRIGUES, F. A. Development and validation of a standard area diagram set to assess blast severity on wheat leaves. **European journal of plant pathology**. 136 v. 3, p. 603-611. 2013.

SANTOS, R. P.; DO CARMO, M. G. F.; PARRAGA, M. S.; MACAGNAN, D.; LOPES, C. A. Avaliação de cultivares de mandioca, para consumo in natura, quanto à resistência à mancha parda da folha. **Horticultura Brasileira**. v. 22, p. 232-237. 2004.

REDDY, P. P. Plant Protection in Tropical Root and Tuber Crops. **Indian Institute of Horticultural Research Bangalore**. Karnataka, India. p. 331. 2015.

SOUSA, E. A. P.; DIAS, A. S. Doenças da cultura da mandioca no Maranhão. São Luiz, EMAPA. **EMAPA-MA. (Comunicado técnico, v.19)**. 1991.

SOUZA, L. S.; FARIA, A. R. N. Aspectos Socioeconômicos e Agronômicos da Mandioca. **Embrapa**. v. 1. 2006.

TERI, J. M. Brown Leaf Spot and Cercospora Leaf Blight of Cassava: Epidemiology and Importance. **Faculty of the Graduate School of Cornell University**. v. 101. 1978.

TERI, J.; THURSTON, H.; LOZANO, J.; BREKELBAUM, T.; BELLOTTI, A. The Cercospora leaf diseases of cassava. Proceedings of the cassava protection workshop, *CIAT, Cali*, Colombia, 7-12 November, 1977: CIAT. p. 101-116. 1978.

TERI, J. M.; THURSTON, H. D.; LOZANO, J. C. Effect of brown leaf spot and cercospora leaf blight on cassava productivity. **Tropical Agriculture**. v. 3, p. 239-243. 1980.

TERI, J. M.; LOZANO, J. C.; THURSTON; D. D. Epidemiology of Cassava Brown leaf spot. **Fitopatologia Brasileira**. v.6, p. 341-344. 1981.

VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; LIBERATO, J. R.; SOUZA, C. A. Quantificação de doenças de plantas e do crescimento do hospedeiro. In: DO VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. (Org.). **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perffli Editora. v. 1, p. 79-124. 2004.

VIÉGAS, A. P. Manchas das folhas da mandioca, produzidas por Cercosporas. **Bragantia**. v.1, p. 233-48. 1941.

VIEIRA, R. A.; MESQUINI, R. M.; SILVA, C. N.; HATA, F. T.; TESSMANN, D. J.; SCAPIM, C. A. A new diagrammatic scale for the assessment of northern corn leaf blight. **Crop Protection**. v. 56, p. 55-57. 2014.

CAPÍTULO I

ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESCALAS DIAGRAMÁTICAS PARA QUANTIFICAR A SEVERIDADE DA MANCHA PARDA DA MANDIOCA EM FOLHAS E FOLÍOLOS

RESUMO

A mancha parda da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), causada por *Passalora henningsii* (Allesch.) R.F. Castañeda & U. Braun é uma das principais doenças da cultura no Brasil. Visando obter estimativas mais acuradas, precisas e reproduzíveis da severidade da doença, foram elaboradas e validadas duas escalas diagramáticas, uma considerando apenas o folíolo central e outra considerando a folha composta. Para isso, 150 folhas de mandioca apresentando diferentes níveis de severidade da doença foram coletadas em áreas de cultivo comercial, digitalizadas e processadas com auxílio do software Assess. A área medida por meio da análise de imagem foi considerada a quantidade real de doença, sendo usada como referência para a validação das escalas. Foram elaboradas duas escalas diagramáticas, com representações de folhas e folíolos com a doença, ambas contendo oito níveis de severidade: 0,1; 0,6; 1,5; 3,0; 6,0; 11,0; 16,0 e 24,0%. Para validação das escalas, 16 avaliadores sem experiência na avaliação de doenças de plantas, sendo oito para cada escala. Foram projetadas 50 imagens de folhas doentes, apresentando diferentes níveis de severidade e os avaliadores estimaram a doença, primeiramente sem o uso de escala e posteriormente com o uso das escalas propostas. Foi verificada uma correlação significativa e positiva entre a severidade na folha composta e no folíolo central. As análises de correlação e concordância de Lin mostraram que houve melhoria na precisão e na acurácia para todos os avaliadores, quando foram usadas as escalas. Além disso, a análise do coeficiente da regressão (R^2) entre avaliadores mostrou que os resultados obtidos com ambas as escalas são reproduzíveis. Portanto, as escalas propostas neste estudo melhoraram a precisão, a acurácia e a reprodutibilidade das estimativas da severidade da doença, sendo recomendadas para uso na quantificação da mancha parda da mandioca.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem grande expressão econômica no Brasil e no mundo, pelo seu importante valor na alimentação humana e animal e na indústria (Fialho & Vieira, 2011; Reddy et al., 2015).

Durante o cultivo um dos grandes problemas enfrentados pelos produtores é a ocorrência de doenças, dentre as quais se destacam as manchas foliares. A mancha parda da mandioca (MP), causada pelo fungo *Passalora henningsii* (Allesch.) R.F. Castañeda & U. Braun, tem se destacado como a mais comum nas áreas de cultivo (Massola & Bedendo, 2005; Reddy, 2015). A doença é caracterizada por manchas inicialmente pequenas, amareladas e arredondadas, que posteriormente atingem 5 a 10 mm de diâmetro, com coloração pardo-avermelhada e formato angular, com bordos mais escuros e circundados por um estreito halo amarelado, que nem sempre é visível (Massola & Bedendo, 2005; Reddy et al., 2015; Viégas, 1941; Teri et al., 1978; Teri et al., 1978) (Figura 1). Em condições de alta intensidade da doença, parte das folhas da planta tornam-se necrosadas e o tecido ainda verde tende a se tornar amarelo. As folhas caem precocemente, levando a uma desfolha ascendente na planta sob ataque severo (Teri et al., 1980). Estima-se que, em variedades suscetíveis, as perdas na produção de raízes podem chegar a mais de 30% (Teri et al., 1981; Reddy et al., 2015).



Figura 1. Folhas de mandioca apresentando sintomas típicos de mancha parda. A: face abaxial; B: face adaxial.

Embora a doença ocorra de forma generalizada em todas as regiões de cultivo no Brasil, até o momento, tem sido considerada de importância secundária na cultura da mandioca, pois visivelmente não afeta o porte da planta. No entanto, nos últimos anos, com o aumento das áreas contínuas cultivadas, epidemias severas desta doença vêm

sendo observadas. Com o aumento da tecnificação da cultura da mandioca, passando de uma cultura de subsistência para uma cultura cultivada em larga escala, surge a necessidade de estudos mais aprimorados, visando reduzir os danos causados pelas doenças. Para isso, é necessário que se tenha um método preciso e acurado, livre de subjetividade, que garanta a obtenção de estimativas de severidade da doença mais próximas da quantidade real. Com isso, é possível avaliar a resistência de genótipos e a eficácia de medidas de controle, bem como realizar estudos de epidemiologia da doença em diferentes regiões (Fernandes et al., 2006).

O uso de escalas diagramáticas tem sido um importante método para auxiliar na avaliação da severidade de doenças e reduzir a subjetividade das estimativas (Bergamim Filho & Amorim 1996; Martins et al., 2004; Vale et al., 2004). Os diagramas são baseados em ilustrações das plantas ou órgãos de plantas com sintomas que representam uma gama de severidade encontrada no campo (Bergamim Filho & Amorim 1996; Lopes et al., 2014). Dentre os benefícios em se utilizar as escalas, destaca-se o fato de obter estimativas mais precisas, com os valores estimados mais próximos aos valores reais (Nutter & Schultz, 1995), e confiáveis, ou seja, estimativas semelhantes, mesmo sob diferentes condições (Nutter et al., 1991). O uso de escalas tem se mostrado adequado para melhorar as estimativas de severidade de doenças, sobretudo no caso de avaliadores sem experiência com o patossistema (Michereff et al., 2000; Nita et al., 2003; Godoy et al., 2006; Bock et al., 2009; Klosowski et al., 2013; Yadav et al., 2013; González-Dominguez et al., 2014).

Dentre as características desejáveis de uma escala diagramática estão a simplicidade, aplicabilidade sob diferentes condições, possuir intervalos de doença semelhantes aos encontrados no campo, possuir uma representação da doença mais próxima à realidade e proporcionar estimativas rápidas e precisas da severidade da doença (Berger, 1980; Spósito, 2004; Nutter & Schultz, 1995; Duarte et al., 2014).

A mancha parda da mandioca possui certas particularidades que dificultam a estimativa de sua severidade. Com relação à planta, a folha é composta por folíolos, geralmente em números ímpares (de 3 a 9 por folha) (Souza, 2006; Reddy et al., 2015). Com relação à doença, as lesões são pequenas e bem distribuídas ao longo de todo o limbo foliar (Teri et al., 1978a; Teri et al., 1978b) (Figura 1). Conforme discutido por

Lopes et al. (2014), estas características citadas anteriormente tornam mais difícil a obtenção de estimativas confiáveis da severidade da doença.

Existem descritas na literatura duas escalas diagramáticas para quantificar a severidade da mancha parda. A primeira, proposta por Teri (1978a), apesar de ter sido usada para quantificação da doença, não foi validada. O processo de validação é extremamente importante, pois é a garantia de que a escala é realmente eficaz em produzir estimativas precisas, acuradas e reproduzíveis da doença (Duarte et al., 2014; Nutter & Schultz, 1995; Yadav et al., 2013). A segunda escala foi proposta por Michereff et al. (1998), tendo sido elaborada e validada adequadamente segundo a metodologia disponível na época. No entanto, atualmente, são recomendadas novas ferramentas para elaboração e validação de escalas diagramáticas, como o uso de valores lineares de severidade nos diagramas, maior número de diagramas e novas análises para a validação, como o teste de correlação e concordância de Lin (Nita et al., 2003; Duarte et al., 2014; Bock et al., 2016), pois o método tradicional, usando apenas regressão linear, tornou-se inválido, pois podem mascarar alguns dados de precisão. Assim, a fim de melhor estudar a mancha parda da mandioca, este estudo teve por objetivo desenvolver duas escalas diagramáticas para quantificar a severidade da doença em folhas e folíolos e avaliar o efeito da escala sobre a acurácia, precisão e reprodutibilidade das estimativas da severidade da doença na cultura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção e processamento das imagens

Foram coletadas 150 folhas de mandioca apresentando diferentes níveis de severidade da doença, em áreas de cultivo comercial nas regiões do Agreste Meridional e Zona da Mata do estado de Pernambuco. Após uma observação prévia das folhas, foram selecionadas 100 representativas da gama de sintomas observados no campo. Cada folha foi digitalizada usando o Hewlett Packard Photosmart scanner (Modelo 1510 All-in-One), para obter imagens com resolução de 300 dpi. Após quantificar a área foliar afetada pela doença e a área de tecido sadio, foi calculada a proporção de área foliar lesionada, usando os softwares Assess v 2.0 (Lamari, 2008) e Quant v 1.0.2 (Vale et al., 2003), para que a avaliação se tornasse mais segura, pois com apenas o Assess,

poderia ter alguma interferência na seleção da frequência de cores. Este procedimento foi realizado, em um primeiro momento, considerando a folha composta como sendo o tecido total. Em seguida, foi considerado apenas o folíolo central. A área doente, medida por meio da análise eletrônica da imagem, foi considerada como a quantidade real de doença e usada como referência para a validação das escalas.

2.2. Relação entre a severidade da folha composta e do folíolo central

A fim de verificar a correlação entre os valores de severidade obtidos pela análise eletrônica da folha composta e do folíolo central, foi realizada uma análise de correlação de Pearson a 1% de significância, utilizando o software SAS v 9.0 (SAS Instituto Inc.).

2.3. Elaboração das escalas diagramáticas

As imagens geradas pelos software de processamento, foram usadas para elaborar duas escalas diagramáticas, sendo uma para quantificar a doença considerando a folha composta e outra considerando apenas o folíolo central, ambas com os mesmos níveis de severidade. Cada imagem nas escalas representa uma imagem real, vetorizada em software gráfico (Corel Draw versão X7), procurando manter a forma, tamanho e distribuição das lesões. Os sintomas da doença (tecido necrosado) foram representados na cor laranja e o tecido sadio em verde.

2.4. Validação das escalas diagramáticas

A validação das escalas diagramáticas foi realizada por 16 avaliadores inexperientes, sendo oito para validar a escala proposta para folha composta e oito para a escala do folíolo. Para isso, foi montado um arquivo de apresentação do PowerPoint contendo 50 imagens de folhas com diferentes níveis de severidade (0,1 a 24,0%), que foi então apresentado aos avaliadores. A primeira avaliação foi realizada sem o uso de escala, de forma totalmente subjetiva. Na segunda avaliação, os avaliadores utilizaram as escalas diagramáticas desenvolvidas, para estimar a severidade da doença comparando a imagem apresentada com os valores sugeridos na escala. As mesmas imagens foram usadas em ambas as avaliações, sendo previamente casualizadas.

A acurácia e a precisão das estimativas feitas por cada avaliador, com e sem o uso da escala, foram determinadas com base no coeficiente de correlação e

concordância de Lin (LCCC, ρ_c) (Lin, 1989) descrito por Nita et al. (2003). Este coeficiente combina medidas de acurácia e precisão e avalia o grau em que os pares de observação se deslocam em relação à linha concordante de 45°, que é considerada a linha de melhor ajuste. O LCCC é definido como $\rho_c = C_b \cdot r$, onde C_b é um fator de correção do desvio, que mede o quão longe a linha ajustada está da linha concordante (45°) e, portanto, é uma medida de acurácia; e r é o coeficiente de correlação entre a severidade estimada (y) e a severidade real (x), sendo uma medida de precisão. C_b é derivado de: $C_b = 2 / [(v + 1/v + u^2)]$, onde $v = \sigma_y / \sigma_x$, em que σ é o desvio-padrão; $u = (\mu_y - \mu_x) / \sqrt{(\sigma_y \cdot \sigma_x)}$, onde μ é o valor médio e σ é definido como acima (desvio-padrão). O componente v mede a diferença na inclinação das duas linhas (linha ajustada com a linha concordante de 45°), de forma que iguais inclinações para as duas linhas implicam em um valor $v = 1$. O termo u reflete a mudança de localização da linha ajustada em relação à linha concordante, e é caracterizado pela diferença de altura entre as duas linhas. Iguais alturas implicam em um valor de $u = 0$. Portanto, um avaliador perfeito é aquele cujas estimativas estão todas iguais à linha concordante, ou seja, $r = 1$, $C_b = 1$, $v = 1$, $u = 0$ e, conseqüentemente, $\rho_c = 1$ (Nita et al., 2003; Bock et al., 2010a). A precisão das estimativas também foi analisada por meio do erro absoluto (severidade estimada menos a severidade real).

A reprodutibilidade das estimativas entre os avaliadores foi determinada de duas maneiras: utilizando o coeficiente de determinação (R^2) a partir de análises de regressão linear da relação entre as estimativas de severidade para todos os pares de avaliadores (Nutter & Schultz, 1995) e utilizando o LCCC (ρ_c).

Para todos os parâmetros analisados (r , C_b , v , u , ρ_c) e para a reprodutibilidade entre avaliadores (R^2), as diferenças entre as médias (ou seja, com escala e sem escala) foram calculadas e submetidas a um teste de equivalência, visando verificar sua significância (Bardsley & Ngugi, 2013; Yadav et al., 2013; Yi et al., 2008). O teste de equivalência foi usado para calcular os intervalos de confiança de 95% (IC) para cada variável por *bootstrapping*, utilizando o método percentil (Yadav et al., 2013). Todas as análises foram feitas com base em 2.000 amostras de *bootstrap* equilibradas, usando o Proc Survey Select, e o cálculo do IC 95% foi feito com o Proc Univariate (SAS Instituto Inc.). A diferença foi considerada não significativa ($\alpha = 0,05$) quando o valor de IC conteve o zero.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Relação entre a severidade da folha composta e do folíolo central

Foi observada uma correlação positiva e significativa ($r = 0,89$; $p < 0,01$) da severidade real obtida entre folhas e folíolos (Figura 2). Esta correlação de que os sintomas da doença se distribui de forma homogênea por todo o limbo foliar (Figura 1) (Teri et al., 1978a; Teri et al., 1978b). Desta forma, ao se analisar qualquer folíolo da folha, é alta a probabilidade de que ele represente a severidade da folha composta e a escolha do folíolo central para a avaliação se deve ao fato de que, em folhas de mandioca, geralmente o número de folíolos é um número ímpar (3, 5, 7 ou 9) e, portanto, sempre haverá um folíolo central.

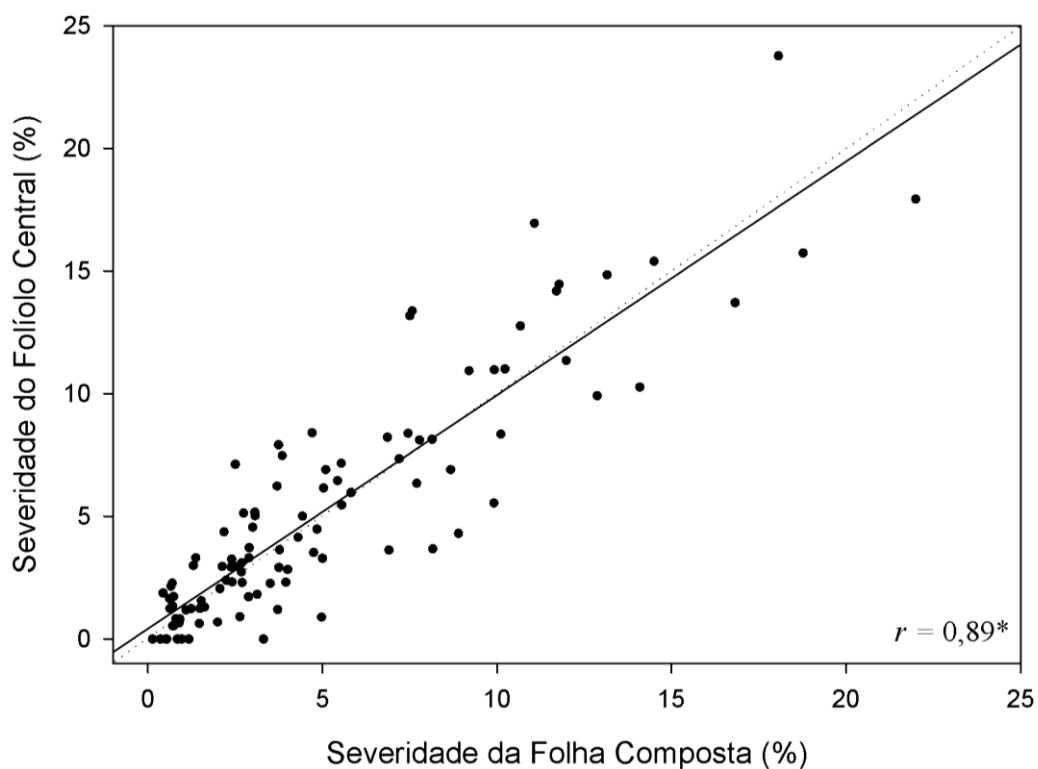


Figura 2. Relação entre os valores de severidade real na folha composta e no folíolo central. Cada ponto representa uma folha (n=100).

3.2. Escalas diagramáticas propostas

As escalas propostas para folha composta (Figura 3) e folíolo (Figura 4) possuem oito níveis de severidade (0,1; 0,6; 1,5; 3,0; 6,0; 11,0; 16,0; 24,0%), representando o mínimo e o máximo de doença encontrada no campo. As escalas propostas seguem intervalos lineares de severidade, que foram adotados por levarem a estimativas mais precisas em comparação a escalas elaboradas com intervalos logarítmicos (Sherwood et al., 1983; Nita et al., 2003; Pethybridge et al., 2004; Nutter & Esker, 2006; Yadav et al., 2013).

Em baixos valores de severidade, as lesões da mancha parda são individualizadas, mas tendem a coalescer à medida que a severidade aumenta. O valor máximo de severidade da doença encontrado em folhas de mandioca coletadas em plantios comerciais no Agreste e Zona da Mata foi de 24,0%, confirmando as observações de que muitas mensurações desta doença em campo envolvem níveis de severidade inferiores a 30% (Teri, 1978; Teri et al., 1978; Teri et al., 1980; Michereff et al., 1998).

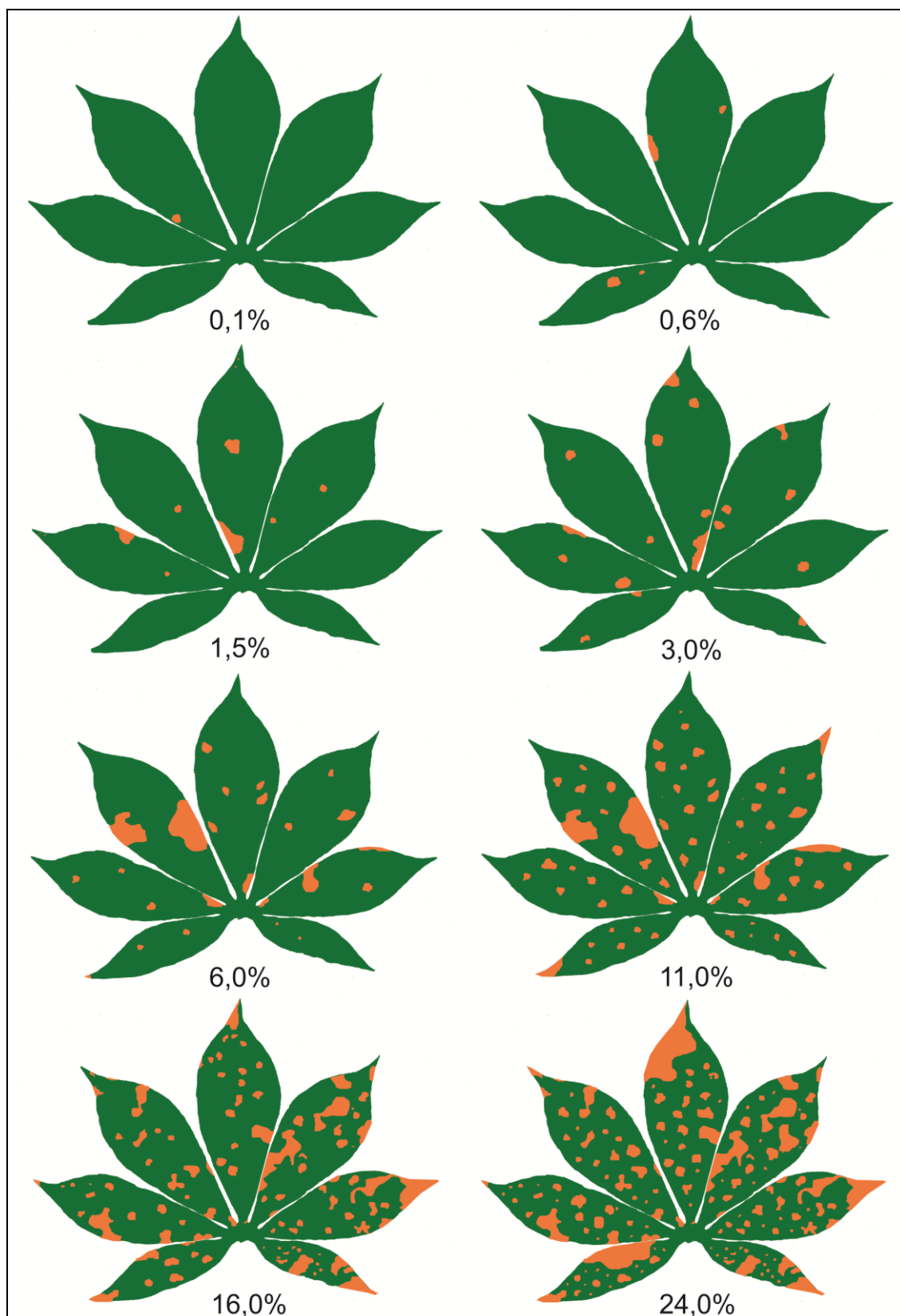


Figura 3. Escala diagramática proposta para quantificar a severidade da mancha parda da mandioca em folha composta. Os sintomas de necrose estão representados na cor laranja e o tecido sadio em verde. Os números representam a porcentagem de área doente na folha.

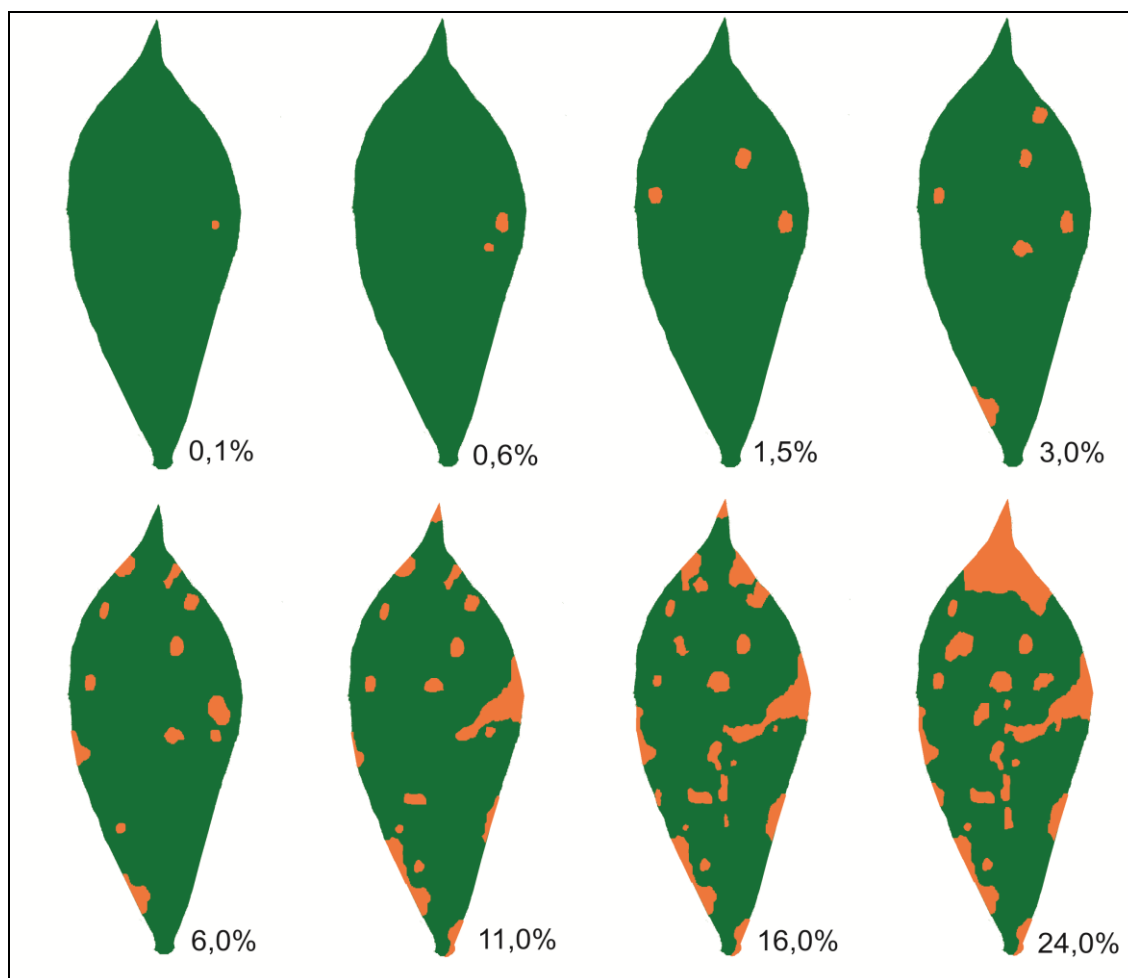


Figura 4. Escala diagramática proposta para quantificar a severidade da mancha parda da mandioca em folíolos. Os sintomas de necrose são apresentados em laranja e as áreas saudáveis em verde. Os números representam a porcentagem de área doente no folíolo.

3.3. Efeito das escalas sobre as estimativas

A estimativa da severidade realizada pelos avaliadores melhorou com o uso das escalas diagramáticas propostas, quando comparada à estimativa obtida sem o uso da escala, tanto para folíolo (Figura 5) quanto para folha (Figura 7). Isso pode ser observado ao analisar a distância da linha ajustada (valores estimados) à linha concordante (linha de 45°; melhor ajuste) e pela análise do coeficiente de Lin, para ambos os casos (Tabelas 1 e 3). Baseado no teste de equivalência, todos os parâmetros avaliados (r , C_b , v , u , ρ_c) foram melhores ($p \leq 0,05$), indicando que houve uma melhor acurácia e precisão das estimativas quando se utilizou as escalas diagramáticas propostas (Tabelas 1 e 3).

3.3.1. Efeito da escala de folha composta

O valor de ρ_c sem o uso da escala foi em média 0,53 e passou para 0,88, indicando uma melhora das estimativas (Tabela 1). Sem o auxílio da escala, os avaliadores tiveram a tendência de superestimar a severidade da doença (Figura 6), assim como observado para a escala de folíolo. Isso é confirmado pela análise dos valores de u (Tabela 1), cujo valor médio foi de 0,72 sem o uso da escala, indicando uma tendência de superestimativa, enquanto que com o uso da escala, este valor passou para -0,03 (próximo a zero).

A precisão das estimativas foi melhor com o uso da escala, confirmado pelo aumento dos valores do coeficiente de correlação (r), que em média foi de 0,80 sem o uso da escala, passando para 0,90 com o uso da escala (Tabela 1). Houve também uma melhora da acurácia, conforme verificado pelo aumento do valor de C_b , que passou de 0,65 para 0,96 com uso da escala.

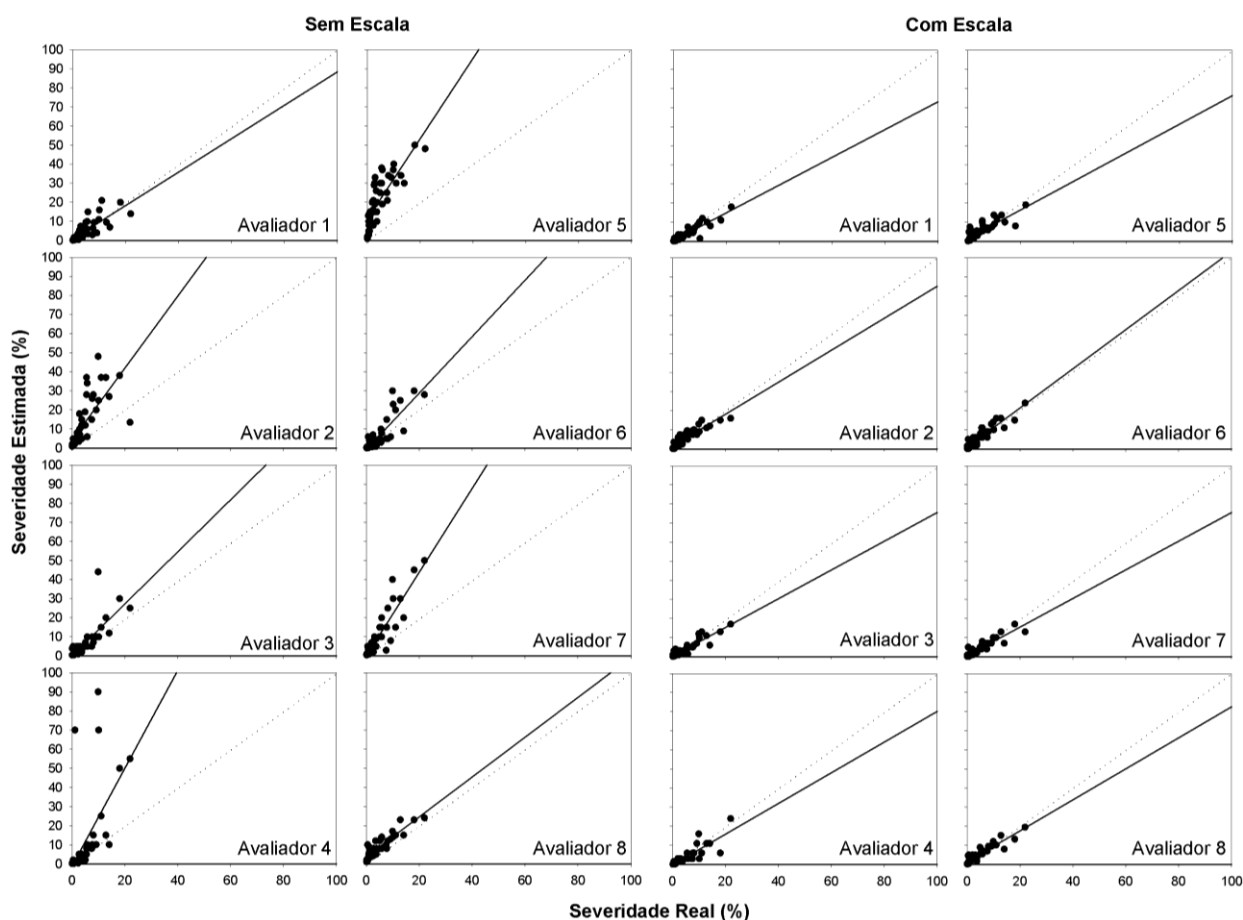


Figura 5. Relação entre a severidade real e a estimada por oito avaliadores inexperientes sem e com o uso da escala diagramática de folha composta. A linha sólida representa a linha de melhor ajuste, enquanto a linha pontilhada representa a linha concordante.

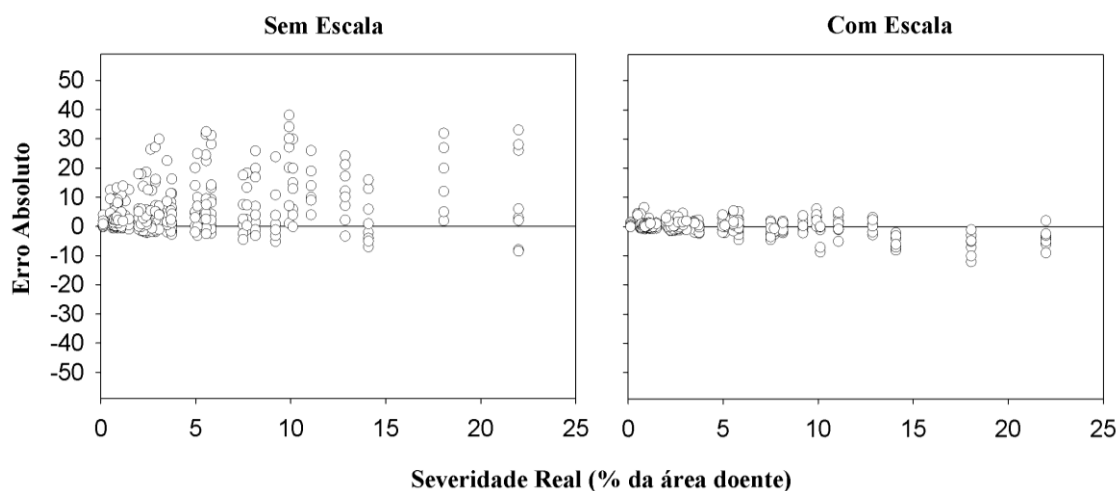


Figura 6. Erro absoluto (severidade estimada menos a severidade real) de oito avaliadores, sem e com o uso da escala diagramática de folha composta. Erros absolutos baixos (próximos à linha contínua) indicam que a severidade estimada foi semelhante à real.

Tabela 1. Efeito do uso da escala diagramática de folha composta sobre diferentes variáveis para medida de acurácia e precisão

Variável	Médias		Diferenças entre as médias ¹	95% IC da diferença ²
	Sem Escala	Com Escala		
³ Diferença de inclinação (v)	2,19 (1,02)*	0,89 (0,10)	-1,3 (1,01)	-2,023 a -0,696
⁴ Localização (u)	0,72 (0,64)	-0,03 (0,18)	-0,75 (0,59)	-1,166 a -0,417
⁵ Acurácia (C_b)	0,65 (0,25)	0,96 (0,01)	0,31 (0,25)	0,152 a 0,480
⁶ Coefficiente de correlação (r)	0,80 (1,10)	0,90 (0,02)	0,1 (0,08)	0,074 a 0,167
⁷ LCCC (ρ_c)	0,53 (0,22)	0,88 (0,02)	0,53 (0,21)	0,218 a 0,489

¹ Média da diferença entre cada classificação (com escala menos sem escala).

² 2.000 *bootstrap* foram usados para obter os intervalos de confiança (IC). A diferença não foi significativa ($\alpha = 0,05$) quando o valor de IC passou pelo zero.

³ Mudança de inclinação na linha de ajustada (v , 1 = ausência de inclinação; perfeita relação com a linha de concordância).

⁴ Mudança de localização da linha ajustada em relação à linha concordante (u , 0 = nenhuma alteração; perfeita relação com a linha de concordância).

⁵ Fator de correção que mede o quão longe a linha de melhor ajuste se desvia da linha concordante de 45° ($C_b = 1$ indica ausência de desvio). É uma forma de medir a acurácia.

⁶ Coeficiente de correlação, que mede a precisão ($r = 1$; precisão perfeita).

⁷ Coeficiente de correlação de concordância de Lin (LCCC), combina ambas as medidas de precisão (r) e acurácia (C_b) ($\rho_c = C_b \cdot r$) para medir a concordância com o valor verdadeiro.

* O valor do erro padrão está representado entre parênteses.

A maior precisão da estimativa da severidade com o uso da escala foi confirmada pela redução do erro absoluto, que passou de quase 40% para cerca de 10% para a maioria dos avaliadores (Figura 6).

A reprodutibilidade das estimativas entre os diferentes avaliadores com o uso da escala foi confirmada com base no coeficiente de correlação e concordância de Lin (ρ_c) e no coeficiente de determinação entre os avaliadores (R^2). Estes parâmetros estatísticos foram melhores quando os avaliadores utilizaram a escala ($p < 0,05$), sendo que o ρ_c passou de 0,581 para 0,850 (Tabela 2) e o R^2 passou de 0,600 para 0,806. Isto indica que o uso da escala gera estimativas que são reproduzíveis por diferentes avaliadores, o que é uma característica desejável para a escala.

Tabela 2. Reprodutibilidade das estimativas da mancha parda por oito avaliadores sem e com o auxílio da escala diagramática de folha composta

Estatística	Sem Escala	Com Escala	Diferença Média ^c	95% IC ^d
Média LCCC (ρ_c) ^a	0,581 (0,251 a 0,894)	0,850 (0,730 a 0,924)	0,269 (0,0007)	0,236 a 0,363
Média do Coeficiente de Determinação entre os Avaliadores (R^2) ^b	0,600 (0,300 a 0,821)	0,806 (0,567 a 0,907)	0,206 (0,0005)	0,157 a 0,253

^aCoeficiente de correlação e concordância de Lin (LCCC), que combina ambas as medidas de precisão (r) e acurácia (C_b) para medir a concordância com o valor verdadeiro.

^bCoeficiente de determinação médio estimado a partir de comparações de pares de avaliações por todos os avaliadores

^cDiferença da média entre cada avaliador.

^dIntervalos de confiança (IC) baseados em 2.000 *bootstraps*. Quando o valor de IC passar por zero, a diferença não é significativa ($\alpha = 0,05$).

*Os valores para desvio-padrão estão entre parênteses.

Para as duas escalas propostas neste estudo, foi observada a melhoria nas estimativas da severidade da mancha parda, tanto para avaliar a doença nas folhas como nos folíolos. Diversos estudos de elaboração e validação de escalas diagramáticas têm sido realizados para doenças importantes, como a ferrugem asiática da soja (Godoy et al., 2006), ferrugem do cafeeiro (Capucho et al., 2011), mancha branca do milho (Capucho et al., 2010), ramularia no algodão (Aquino et al., 2008), pinta-preta em batata (Duarte et al., 2013), brusone de trigo (Rios et al., 2013), mancha parda do arroz (Lenz et al., 2010), antracnose do colmo do milho (Nicoli et al., 2015), oídio do tomate (Lage et al., 2015), queima das folhas do milho (Vieira et al., 2014) e verrugose em

nêpera (Ameixa Amarela) (González-Domínguez et al., 2014). Os resultados têm demonstrado a eficácia do uso das escalas na obtenção de estimativas de severidade mais precisas, principalmente para os avaliadores inexperientes, conforme observado nesta pesquisa. Embora os diagramas usados na elaboração desta escala tenham sido coloridos, pesquisas têm demonstrado que o uso de escalas em preto e branco resultam em estimativas semelhantes (Angelotti et al. 2008; Schwanck & Del Ponte 2014).

Houve uma tendência de todos os avaliadores em superestimar a severidade da mancha parda, sem o uso das escalas. Já foi demonstrado que avaliadores inexperientes tendem a superestimar a doença quando os valores de severidade são baixos (<20%) (Sherwood et al., 1983; Forbes e Korva 1994; Diaz et al., 2001; Leite & Amorim 2002; Spósito et al., 2004; Bock et al., 2008; Bock et al., 2009; Capucho et al., 2010; Lenz et al., 2010; Rios et al., 2013). Além disso, a superestimativa era esperada para este patossistema, uma vez que as lesões são pequenas e distribuídas por todo o limbo foliar (Teri, 1978; Teri et al., 1978) e, apesar de ocorrer coalescência de lesões, isto só é comum em níveis mais elevados de severidade. Sabe-se que estas características dificultam as estimativas da severidade da doença, sendo mais fácil para o avaliador ser mais preciso e acurado quando as lesões são maiores ou quando ocorre coalescência (Lopes, et al., 2014; Spolti et al., 2011). Para contornar este problema, as escalas propostas nesta pesquisa foram elaboradas com um maior número de níveis de severidade, visando diminuir os erros de estimativa. Segundo Bock et al. (2016), quanto maior o número de diagramas, maior a chance de estimativas mais precisas e acuradas.

O uso das escalas propostas, com oito níveis de doença, permitiu que as estimativas melhorassem significativamente, conforme demonstrado pela redução dos valores de erro e de u . Com o uso das escalas, o erro foi reduzido consideravelmente, passando de 50% para 14% para a escala de folíolo, e de 40% para 10% com a escala de folha composta.

3.3.2. Efeito da escala de folíolo

O valor de ρ_c sem o uso da escala foi em média 0,21 (Tabela 3). Com o uso da escala, esse valor passou para 0,8, ficando mais próximo à linha concordante ($\rho_c = 1,0$), o que indica uma melhora das estimativas. Sem o auxílio da escala, os avaliadores tiveram a tendência de superestimar a severidade da doença (Figura 7). Isso é

confirmado pela análise dos valores de u (Tabela 3), cujo valor médio foi de 1,48, sem o uso da escala, indicando uma forte tendência de superestimativa, enquanto que, com o uso da escala, este valor passou para -0,18 (próximo a zero).

A precisão das estimativas foi melhor com o uso da escala, confirmado pelo aumento dos valores do coeficiente de correlação (r), que passou de 0,65 (sem uso da escala) para 0,84 (Tabela 3). Além disso, houve melhora da acurácia, conforme verificado pelo valor de C_b , que passou de 0,33 para 0,96 com uso da escala.

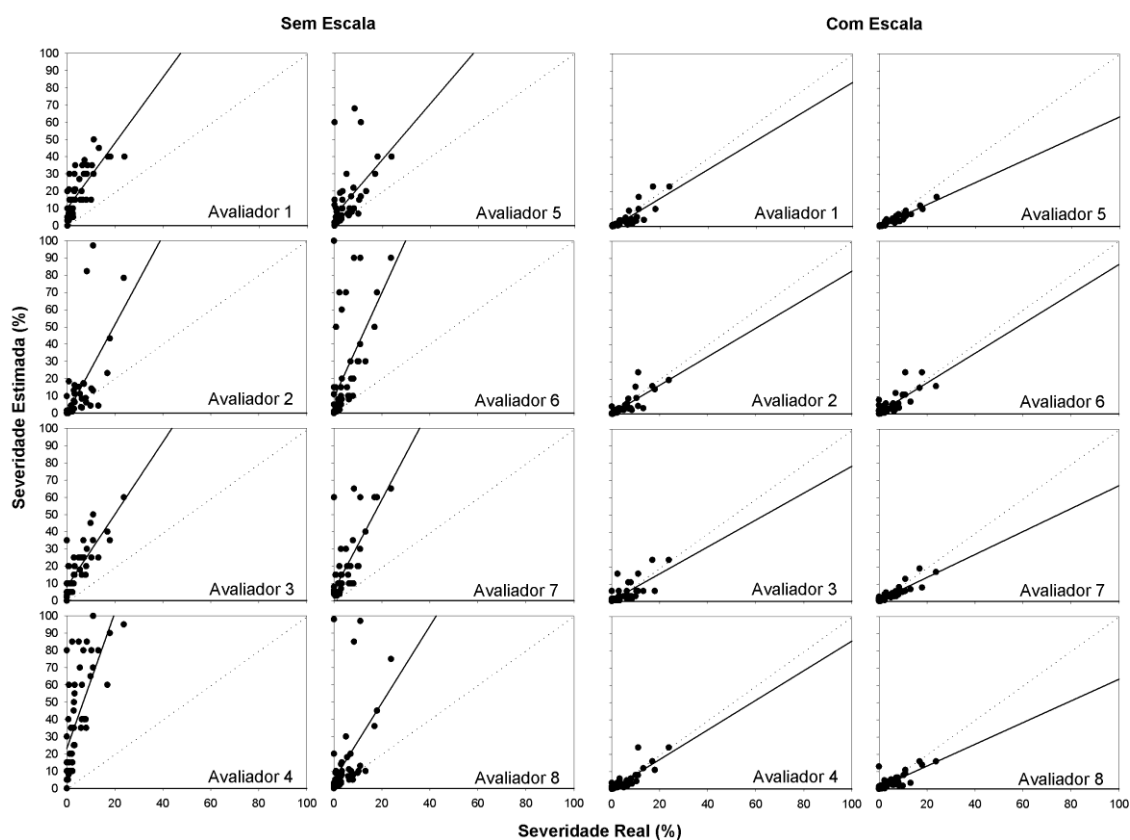


Figura 7. Relação entre a severidade real e a estimada por oito avaliadores inexperientes, sem e com o uso da escala diagramática de folíolo. A linha sólida representa a linha de melhor ajuste, enquanto a linha pontilhada representa a linha concordante.

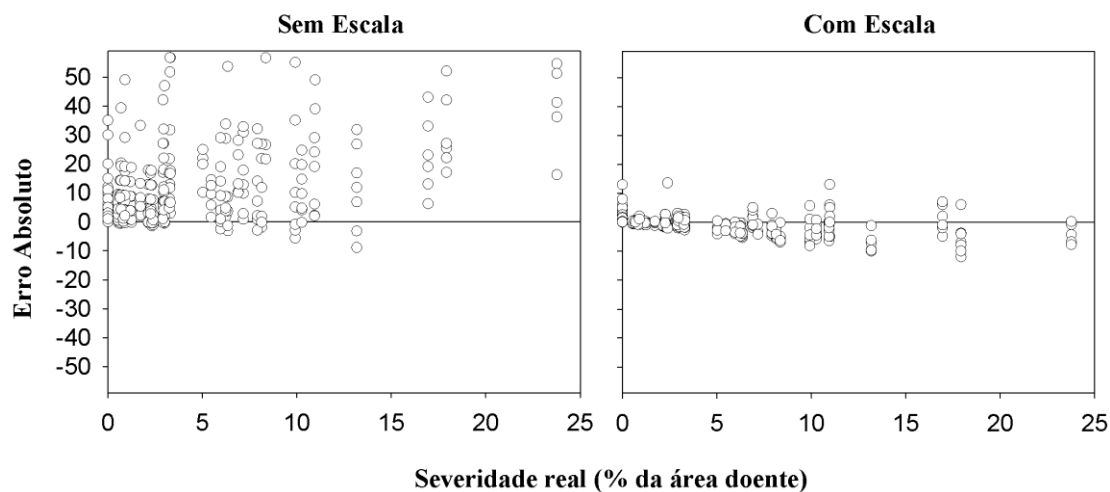


Figura 8. Erro absoluto (severidade estimada menos a severidade real) de oito avaliadores, sem e com o uso da escala diagramática de folíolo. Erros absolutos baixos (próximos à linha contínua) indicam que a severidade estimada foi semelhante à real.

Tabela 3. Efeito do uso da escala diagramática de folíolo sobre diferentes variáveis para medida de acurácia e precisão

Variável	Médias		Diferença entre as médias ¹	95% IC da diferença ²
	Sem Escala	Com Escala		
Diferença de inclinação (v) ³	3,91 (1,22)*	0,92 (0,15)	-2,99 (1,19)	-3,778 a -2,244
Localização (u) ⁴	1,48 (0,70)	-0,18 (0,11)	-1,66 (0,68)	-2,163 a -1,282
Acurácia (C_b) ⁵	0,33 (0,10)	0,96 (0,04)	0,63 (0,13)	0,544 a 0,717
Coefficiente de correlação (r) ⁶	0,65 (0,11)	0,84 (0,05)	0,19 (0,12)	0,102 a 0,271
LCCC (ρ_c) ⁷	0,21 (0,70)	0,80 (0,02)	0,59 (0,07)	0,542 a 0,642

¹ Média da diferença entre cada classificação (com escala menos sem escala).

² 2.000 *bootstrap* foram usados para obter os intervalos de confiança (IC). A diferença não foi significativa ($\alpha = 0,05$) quando o valor de IC passou pelo zero.

³ Mudança de inclinação na linha ajustada (v , 1 = ausência de inclinação; perfeita relação com a linha concordante).

⁴ Mudança de localização da linha ajustada em relação à linha concordante (u , 0 = nenhuma alteração; perfeita relação com a linha concordante).

⁵ Fator de correção que mede o quão longe a linha de melhor ajuste se desvia da linha concordante de 45° ($C_b = 1$ indica ausência de desvio). É uma forma de medir a acurácia.

⁶ Coeficiente de correlação, que mede a precisão ($r = 1$; precisão perfeita).

⁷ Coeficiente de correlação de concordância de Lin (LCCC), combina ambas as medidas de precisão (r) e acurácia (C_b) ($\rho_c = C_b \cdot r$) para medir a concordância com o valor verdadeiro.

* O valor do erro padrão está representado entre parênteses.

O uso da escala reduziu consideravelmente a margem de erro para todos os avaliadores (Figura 6). Sem o seu uso, o erro chegou a quase 50% para a maioria dos avaliadores, enquanto que, com a escala, esse erro raramente passou de 15%.

A reprodutibilidade das estimativas entre os diferentes avaliadores com o uso da escala foi confirmada com base no coeficiente de correlação e concordância de Lin (ρ_c) e no coeficiente de determinação entre os avaliadores (R^2). Estes parâmetros estatísticos foram melhores quando os avaliadores utilizaram a escala ($p < 0,05$), sendo que o ρ_c avançou de 0,595 para 0,797 e o R^2 passou de 0,534 para 0,679 (Tabela 4). Este resultado indica a reprodutibilidade das estimativas obtidas por diferentes avaliadores, o que é uma característica desejável para a escala.

Tabela 4. Reprodutibilidade das estimativas de oito avaliadores, sem e com o auxílio da escala diagramática de folíolo

Estatística	Sem Escala	Com Escala	Diferença média ^c	95% IC ^d
Média LCCC (ρ_c) ^a	0,595 (0,332 a 0,855)*	0,797 (0,650 a 0,896)	0,202 (0,0007)	0,131 a 0,267
Média do coeficiente de determinação entre os avaliadores (R^2) ^b	0,534 (0,263 a 0,872)	0,679 (0,428 a 0,873)	0,145 (0,0007)	0,084 a 0,220

^aCoefficiente de correlação e concordância de Lin (LCCC), que combina ambas as medidas de precisão (r) e acurácia (C_b) para medir a concordância com o valor verdadeiro.

^bCoefficiente de determinação médio estimado a partir de comparações de pares de avaliações por todos os avaliadores

^cDiferença da média entre cada avaliador.

^dIntervalos de confiança (IC) baseados em 2.000 *bootstraps*. Quando o valor de IC passar por zero, a diferença não é significativa ($\alpha = 0,05$).

*Os valores para desvio-padrão estão entre parênteses.

A proposta deste estudo de elaborar uma escala baseada apenas no folíolo central visou agilizar o processo de quantificação da doença, conforme será abordado no segundo capítulo. Em folhas compostas, como ocorre na cultura da mandioca, há uma maior dificuldade em estimar a severidade de doenças (Lopes et al., 2014; Bock et al., 2016; Lage et al., 2015). Portanto, a utilização da escala de folíolo pode ser bastante útil em situações onde o tempo é um fator limitante. Embora tenha sido verificada uma menor reprodutibilidade entre avaliadores, quando comparada à escala de folha composta, a escala de folíolo também melhorou significativamente os parâmetros avaliados. Por esta razão, recomenda-se a sua utilização, principalmente em situações

onde é requerido um número muito elevado de estimativas, a exemplo de levantamentos da doença no campo e seleção de genótipos em programas de melhoramento.

4. CONCLUSÕES

Neste estudo, foram desenvolvidas e validadas duas escalas diagramáticas para quantificar a severidade da mancha parda da mandioca, sendo uma para folha composta e outra para o folíolo central. Ambas as escalas contribuíram significativamente para a obtenção de estimativas mais acuradas, precisas e reproduzíveis e, portanto, poderão ser úteis para a quantificação da doença em pesquisas futuras.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, L. A.; BERGER, P. G.; RODRIGUES, F. A.; ZAMBOLIM, L.; HERNANDEZ, J. F. J.; MIRANDA, L. M. Elaboração e validação de escala diagramática para quantificação da mancha de ramularia do algodoeiro. **Summa Phytopathologica**. 34 v. 4, p. 361-363. 2008.

ANGELOTTI, F.; SCAPIN, C. R.; TESSMANN, D. J.; VIDA, J. B.; OLIVEIRA, R. R.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of grapevine rust. **Tropical Plant Pathology**. v. 33, p. 439–443. 2008.

BARDSLEY, S. J.; NGUGI, H. K. Reliability and accuracy of visual methods used to quantify severity of foliar bacterial spot symptoms on peach and nectarine. **Plant Pathology**. v. 62, p. 460–474. 2013.

BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L. Doenças de plantas tropicais: Epidemiologia e controle econômico. São Paulo: **Ceres**. 1996.

BERGER, R. D. Measuring disease intensity. In: TENG, P. S.; KRUPA, S.V. Eds., **Crop Loss Assessment which Constrain Production and Crop Improvement in Agriculture and Forestry**. Saint Paul MN. University of Minnesota, p. 28-31. 1980.

BOCK, C. H.; PARKER, P. E.; COOK, A. Z.; GOTTWALD, T. R. Visual rating and the use of image analysis for assessing different symptoms of citrus canker on grapefruit leaves. **Plant Disease**. v. 92, p. 530–541. 2008.

BOCK, C. H.; PARKER, P. E.; COOK, A. Z.; RILEY, T.; GOTTWALD, T. R. Comparison of assessment of citrus canker foliar symptoms by experienced and inexperienced raters. **Plant Disease**. v. 93, p. 412–424. 2009.

BOCK, C. H.; GOTTWALD, T. R.; PARKER, P. E.; FERRANDINO, F.; WELHAM, S.; VAN DEN BOSCH, F.; PARNELL, S. Some consequences of using the Horsfall–Barratt scale for hypothesis testing. **Phytopathology**. v. 100, p. 1030–1041. 2010a.

BOCK, C. H.; HOTCHKISS, M. W.; WOOD, B. W. Assessing disease severity: accuracy and reliability of rater estimates in relation to number of diagrams in a standard area diagram set. **Plant Pathology**. 65, v. 2, p. 261–272. 2016.

CAPUCHO, A.; ZAMBOLIM, L.; DUARTE, H. S. S.; PARREIRA, D. F.; FERREIRA, P. A.; LANZA, F. E.; COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; COTA, L. V. Influence of leaf position that correspond to whole plant severity and diagrammatic scale for white spot of corn. **Crop Protection**. 29 v. 9, p. 1015-1020. 2010.

CAPUCHO, A. S.; ZAMBOLIM, L.; DUARTE, H. S. S.; VAZ, G. R. O. Development and validation of a standard area diagram set to estimate severity of leaf rust in *Coffea arabica* and *C. canephora*. **Plant Pathology**. v. 60, p. 1144–1150. 2011.

DIAZ, C. G.; BASSANEZI, R. B.; BERGAMIN FILHO, A. Desenvolvimento e validação de uma escala diagramática para *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* em feijoeiro. **Summa Phytopathologica**. v. 27, p. 35–39. 2001.

DUARTE, H. S. S.; CAPUCHO, A. S.; LOPES, U. P.; ZAMBOLIM, L. Elaboração e validação de escala diagramática. **O Essencial da Fitopatologia: Epidemiologia de Doenças de Plantas**. Viçosa, MG. p 79-98. 2014.

DUARTE, H. S. S.; ZAMBOLIM, L.; CAPUCHO, A. S.; NOGUEIRA JÚNIOR, A. F.; ROSADO, A. W. C.; CARDOSO, C. R.; PAUL, P. A.; MIZUBUTI, E. S. G. Development and validation of a set of standard area diagrams to estimate severity of potato early blight. **European journal of plant pathology**. 137 v.2, p. 249-257. 2013.

FERNANDES, C. F.; SANTOS, M. R. A.; SILVA, D. S. G.; SANTIAGO, V.; ALVES, A. A.; SANTANA, T. C. J.; NUNES, A. M. L. Levantamento dos principais agentes fitopatogênicos presentes em culturas no Estado de Rondônia. Rondônia: Embrapa-RO, **Embrapa/RO: Documento**. p. 108. 2006.

- FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. Eds. Mandioca no Cerrado: orientações técnicas. Planaltina, **Embrapa Cerrados**. p. 208. 2011.
- FORBES, G. A.; KORVA, J. T. The effect of using Horsfall-Barratt scale on precision and accuracy of visual estimation of potato late blight severity in the field. **Plant Pathology**. v. 43, p. 675–682. 1994.
- GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**. v. 31, p. 63–68. 2006.
- GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ, E.; MARTINS, R. B.; DEL PONTE, E. M.; MICHEREFF, S. J.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J.; ARMENGOL, J. Development and validation of a standard area diagram set to aid assessment of severity of loquat scab on fruit. **European journal of plant pathology**. 139 v. 2, p. 419-428. 2014.
- KLOSOWSKI, A. C.; RUARO, L.; BESPALHOK FILHO, J. C.; MAY DE MIO, L. L. Proposal and validation of diagrammatic scale for assessment of orange rust of sugarcane. **Tropical Plant Pathology**. v. 38, p. 166–171. 2013.
- LAMARI, L. ASSESS 2.0: Image analysis software for plant disease quantification. St. Paul: **APS Press**. 2008.
- LAGE, D. A. C.; MAROUELLI, W. A.; DUARTE, H. S. S.; CAFÉ-FILHO, A. C. Standard area diagrams for assessment of powdery mildew severity on tomato leaves and leaflets. **Crop Protection**. v. 67, p. 26-34. 2015.
- LENZ, G.; BALARDIN, R. S.; CORTE, G. D.; MARQUES, L. N.; DEBONA, D. Escala diagramática para avaliação de severidade de mancha-parda em arroz. **Ciência Rural**. v. 40, p. 752-758. 2010.
- LEITE, R. M. V. B. C.; AMORIM, L. Elaboração e validação de escala diagramática para mancha de *Alternaria* em girassol. **Summa Phytopathologica**. v. 28, p. 14–19. 2002.
- LIN, L. I. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. **Biometrics**. v. 45, p. 255-268. 1989.

LOPES, U. P.; DUARTE, H. S. S.; CAPUCHO, A. S.; ZAMBOLIM, L. Quantificação de doenças de plantas. **O Essencial da Fitopatologia: Epidemiologia de Doenças de Plantas**. Viçosa, MG. p 49-79. 2014.

MASSOLA, N. S.; BEDENDO, I. P. Doenças da Mandioca. In: HIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. Eds. **Manual de Fitopatologia: Doenças de Plantas Cultivadas**. São Paulo, Agronômica Ceres, p. 449-455. 2005.

MARTINS, M. C.; GUERZONI, R. A.; CÂMARA, G. M. S.; MATTIAZZI, P.; LOURENÇO, S. A.; AMORIM, L. Escala diagramática para a quantificação do complexo de doenças foliares de final de ciclo em soja. **Fitopatologia Brasileira**. v. 29, p. 179–184. 2004.

MICHEREFF, S. J.; PEDROSA, R. A.; NORONHA, M. A.; SILVA, F. V. Escala diagramática e tamanho de amostras para avaliação da severidade da mancha parda da mandioca (*Cercosporidium henningsii*). **Agrotropica**. 10 v.3, p. 143-148. 1998.

MICHEREFF, S. J.; MAFFIA, L. A.; NORONHA, M. A. Diagrammatic key for assessment of yam leaf blight severity. **Fitopatologia Brasileira**. v. 25, p. 612–619. 2000.

NICOLI, A.; COSTA, R. V. D.; COTA, L. V.; DA SILVA, D. D.; ZAMBOLIM, L.; LANZA, F. E.; GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. Diagrammatic scale validation to quantify the severity of anthracnose stalk in corn. **Ciência Rural**. 10, v. 45. 2015.

NITA, M.; ELLIS, M. A.; MADDEN, L. V. Reliability and accuracy of visual estimation of Phomopsis leaf blight of strawberry. **Phytopathology**. v. 93, p. 995–1005. 2003.

NUTTER, F. W.; TENG, P. S.; SHOKES, F. M. Disease assessment term and concepts. **Plant Disease**. v. 75, p. 1187–1188. 1991.

NUTTER, F. W. JR.; 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, p. 174–184. 1995

NUTTER, F. W.; ESKER, P. D. The role of psychophysics in phytopathology. **European Journal Plant Pathology**. v. 114, p. 199-213, 2006.

PETHYBRIDGE, S. J.; HAY, F. S.; WILSON, C. R. Pathogenicity of fungi commonly isolated from foliar disease in Tasmanian pyrethrum crops. **Australasian Plant Pathology**. v. 33, p. 441–444. 2004.

RIOS, J. A.; DEBONA, D.; DUARTE, H. S. S.; RODRIGUES, F. A. Development and validation of a standard area diagram set to assess blast severity on wheat leaves. **European journal of plant pathology**. 136,v. 3, p. 603-611. 2013.

REDDY, P. P. Plant Protection in Tropical Root and Tuber Crops. **Indian Institute of Horticultural Research Bangalore**. Karnataka, India. 2015.

SHERWOOD, R. T.; BERG, C. C.; HOOVER, M. R.; ZEIDERS, K. E. Illusions in visual assessment of Stagonospora Leaf Spot of orchardgrass. **Phytopathology**. v.73, p. 173–177. 1983.

SCHWANCK, A. A.; DEL PONTE, E. M. Accuracy and reliability of severity estimates using linear or logarithmic disease diagram sets in true colour or black and white: a study case for rice brown spot. **Journal of Phytopathology**. v.162, p. 670–682. 2014.

SOUZA, L. S.; FARIA, A. R. N. Aspectos Socioeconômicos e Agronômicos da Mandioca. **Embrapa**. v. 1. 2006.

SPOLTI, P.; SCHNEIDER, L.; SANHUEZA, R. M. V.; BATZER, J. C.; GLEASON, M. L.; DEL PONTE, E.M. Improving sooty blotch and flyspeck severity estimation on apple fruit with the aid of standard area diagrams. **European Journal of Plant Pathology**. v. 129, p. 21–29. 2011.

SPÓSITO, M. B.; AMORIM, L.; BELASQUE JUNIOR, J.; BASSANEZI, R. B.; AQUINO, R. Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade da mancha preta em frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira**. v.29, p. 81-85. 2004.

TERI, J. M. Brown Leaf Spot and Cercospora Leaf Blight of Cassava: Epidemiology and Importance. **Faculty of the Graduate School of Cornell University**. v.101. 1978a.

TERI, J.; THURSTON, H.; LOZANO, J.; BREKELBAUM, T.; BELLOTTI, A. The Cercospora leaf diseases of cassava. *Proceedings of the Proceedings, cassava*

protection workshop, CIAT, Cali, Colombia, 7-12 November, 1977: CIAT., p. 101-116. 1978.

TERI, J. M.; THURSTON, H. D.; LOZANO, J. C. Effect of brown leaf spot and cercospora leaf blight on cassava productivity. **Tropical Agriculture.** v. 3, p. 239-243. 1980.

TERI, J. M.; LOZANO, J. C.; THURSTON, D. D. Epidemiology of Cassava Brown leaf spot. **Fitopatologia Brasileira.** v. 6, p. 341-344. 1981.

VALE, F.; FERNANDES FILHO, E.; LIBERATO, J. QUANT. A software for plant disease severity assessment. **Proceedings of the International congress of plant pathology.** p. 105. 2003.

VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; LIBERATO, J. R.; SOUZA, C. A. Quantificação de doenças de plantas e do crescimento do hospedeiro. In: VALE, F. X. R.; JUNIOR, W. C. J.; ZAMBOLIM L. Eds. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas.** Belo Horizonte: Perfli Editora. v. 1, p. 79-124. 2004.

VIÉGAS, A. P. Manchas das folhas da mandioca, produzidas por Cercosporas. **Bragantia.** v. 1, p. 233-248. 1941.

VIEIRA, R. A.; MESQUINI, R. M.; SILVA, C. N.; HATA, F. T.; TESSMANN, D. J.; SCAPIM, C. A. A new diagrammatic scale for the assessment of northern corn leaf blight. **Crop Protection.** v.56, p. 55-57. 2014.

YADAV, N. V.; VOS, S. M.; BOCK, C. H.; WOOD, B. W. Development and validation of standard area diagrams to aid assessment of pecan scab symptoms on fruit. **Plant Pathology.** v. 62, p. 325–35. 2013.

YI, Q.; WANG, P. P.; HE Y. Reliability analysis for continuous measurements: equivalence test for agreement. **Statistics in Medicine.** v. 27, p. 2816–2825. 2008.

CAPÍTULO II

APLICABILIDADE DAS ESCALAS DIAGRAMÁTICAS DE FOLHA E FOLÍOLO PARA AVALIAÇÃO DA MANCHA PARDA DA MANDIOCA EM ÁREAS DE CULTIVO E EM BANCO DE GERMOPLASMA

RESUMO

A mancha parda, causada pelo fungo *Passalora henningsii*, é a principal doença foliar na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Para quantificar a severidade desta doença, é importante a utilização de métodos acurados, precisos e rápidos. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo verificar a eficácia das estimativas de severidade da mancha parda da mandioca e o tempo gasto para avaliar a doença em áreas de cultivo e em banco de germoplasma. Foram avaliadas seis áreas de cultivo de mandioca, nos municípios de São João e Jupi, no estado de Pernambuco. Em cada área, foram selecionadas 50 plantas, empregando-se a técnica de caminhamento em "W". Além disso, foram avaliados 26 genótipos em banco de germoplasma em teste, sendo selecionadas as plantas centrais, eliminando-se as bordaduras. Em cada uma das plantas selecionadas, foram avaliadas três folhas do terço superior, três do terço médio e três do terço inferior. A avaliação nas áreas de cultivo foi realizada por três avaliadores diferentes e no banco de germoplasma por dois avaliadores, primeiramente usando a escala de folha composta e depois a escala de folíolo. Foi medido o tempo gasto por cada avaliador para estimar a doença, usando cada uma das escalas. A relação entre a severidade estimada com a escala de folha e a de folíolo foi analisada por um teste de correlação de Pearson a 1% de significância. As médias de severidade e o tempo gasto nas avaliações foram comparados por meio do teste t a 5% de significância. Os resultados mostraram que as estimativas de severidade foram semelhantes com ambas as escalas, embora a escala de folíolo tenha tornado as avaliações mais rápidas. Portanto, o uso da escala de folíolo é recomendado em situações onde é requerido um número elevado de avaliações.

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas enfrentados pelos produtores de mandioca é a ocorrência de doenças, dentre as quais se destacam as manchas foliares. A mancha parda da mandioca (MP), causada pelo fungo *Passalora henningsii* (Allesch.) R.F. Castañeda & U. Braun, tem se destacado como a mais comum nas áreas de cultivo (Massola & Bedendo, 2005; Reddy, 2015).

Quantificar as doenças de plantas é papel-chave para entender o desenvolvimento da doença no campo, comparar epidemias, selecionar genótipos e estudar táticas de manejo da doença (Amorim e Bergamim Filho, 2011; Lopes et al., 2014). Segundo Kranz (1988), a quantificação da intensidade das doenças tem a mesma importância que a diagnose dentro da fitopatologia. No entanto, para quantificar a severidade desta doença, é importante a utilização de métodos acurados, precisos e rápidos.

Geralmente, essa quantificação é feita por meio da incidência e da severidade, sendo a primeira de mais fácil execução quando comparada à segunda (Lopes et al., 2014; Amorim & Bergamim Filho, 2011; Vale et al., 2004). Assim, a fim de facilitar a estimativa da severidade de doenças, várias estratégias são usadas, dentre elas o uso de escalas diagramáticas. Estas escalas tendem a aumentar a acurácia e a precisão das estimativas e vêm sendo constantemente desenvolvidas e validadas (Nutter et al., 1993; Nita et al., 2003; Belasque et al., 2005; Yadav et al 2013; Schwanck & Del Ponte, 2014; Vieira et al., 2014; González-Domínguez et al., 2014; Nicoli et al., 2015; Lage et al., 2015).

Os estudos envolvendo a quantificação de doenças de plantas em condições de campo são laboriosos, muitas vezes requerendo a avaliação da doença em várias áreas, durante vários meses, e, em alguns casos, em diferentes regiões (Jesus Júnior et al., 2004; Hau et al., 2011; Amorim & Bergamim Filho, 2011; Souza et al., 2014). Da mesma forma, para quantificar doenças em um banco de germoplasma ou em progênies dentro de um programa de melhoramento, pode ser necessária a avaliação de centenas a milhares de acessos em um curto período de tempo. Por isso, além de acurados, precisos e reproduzíveis, os métodos de quantificação de doença devem ser rápidos e exequíveis.

Embora algumas pesquisas tenham avaliado o tempo gasto nas estimativas de doença (Nutter & Schultz, 1995; Martin & Rybicki, 1998; Bock et al., 2009b), existe pouca informação sobre a aplicabilidade das escalas na quantificação de doenças em condições de campo.

O tempo gasto na avaliação de doenças é, na maioria das vezes, um dos maiores limitantes, principalmente em experimentos de campo (Bock et al., 2016). No entanto, sabe-se que esta variável é raramente levada em consideração quando se estabelece o método de estimativa de doença (Bock et al., 2013; Yadav et al., 2013). Além disso, poucas pesquisas têm analisado o tempo gasto com o método de avaliação da doença (Nutter & Schultz, 1995; Martin & Rybicki, 1998; Bock et al., 2009b). Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi verificar a aplicabilidade e o tempo gasto para estimar a severidade da mancha parda da mandioca em áreas de cultivo e em banco de germoplasma, usando as duas escalas previamente desenvolvidas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Aplicabilidade das escalas de folíolo e folha para avaliação da mancha parda em áreas de cultivo de mandioca

2.1.1. Seleção das áreas

Foram selecionadas seis áreas de cultivo de mandioca (variedades Cariri, Sambaqui e Pai Antonio), nos municípios de São João (08° 52' 33" S 36° 22' 01" O) e Jupi (08° 42' 21" S 36° 29' 20" O), no Agreste Meridional de Pernambuco. As lavouras foram plantadas em agosto de 2015 e estavam com nove meses de idade no momento das avaliações.

2.1.2. Quantificação da doença e do tempo de avaliação

Em cada área, foram avaliadas 50 plantas, empregando-se a técnica de caminhamento em "W" (Cochran, 1977). Em cada planta, foram selecionadas aleatoriamente nove folhas, sendo três do terço superior, três do médio e três do inferior, segundo metodologia proposta por Michereff et al. (1998). Cada área foi avaliada por três avaliadores, primeiramente usando a escala proposta para a avaliação de folha composta e, em seguida, a escala proposta para avaliação do folíolo central. Para cada

avaliação, foi registrado o tempo gasto (em minutos) por cada avaliador, com o auxílio de um cronômetro.

2.1.3. Análise dos dados

Os valores da estimativa da doença obtidos com uso da escala de folha e de folíolo foram submetidos à análise de correlação de Pearson a 1% de significância.

Os dados de severidade e o tempo gasto para quantificação com cada uma das escalas foram comparados pelo teste t a 5% de significância.

Os gráficos foram elaborados utilizando o software SigmaPlot e a análise de correlação e o teste de médias foram realizados com o software SAS v 9.0 (SAS Instituto Inc.)

2.2. Aplicabilidade das escalas de folha composta e folíolo para avaliação de banco de germoplasma

2.2.1. Seleção dos genótipos

Foram selecionados 26 genótipos de mandioca do banco de germoplasma do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizado na estação experimental de Itapirema, Goiana- PE (07° 33' 39" S 35° 00' 10" O).

Os acessos avaliados foram: Massa Fina; Estrangeira; Santo Estevão VI; Capibaribe; Manteiga; Estrangeira I; Santa Cruz; Vinagre da Paraíba; Bahia Preta; Jaburú; Bahia Branca; Estrangeira III; Boa Mesa; Rosa; América; Estrangeira IV; Paraibinha; Maranhão II; Estrangeira II; Bahia Preta II; Americana; A20; D33; D20; D26 e D35.

Os acessos foram cultivados no campo, com três linhas de 30 metros, contendo 60 plantas cada. A avaliação foi realizada em maio de 2016, estando as plantas com oito meses de idade.

2.2.2. Quantificação da doença e do tempo de avaliação

Em cada genótipo, foram excluídas as fileiras laterais e escolhidas dez plantas centrais da parcela. Em cada planta, foram selecionadas aleatoriamente nove folhas, sendo três do terço superior, três do médio e três do inferior. As avaliações foram realizadas por dois avaliadores, primeiramente utilizando a escala de folha composta, e

depois a escala de folíolo. O tempo necessário para estimar a doença foi registrado com o auxílio de um cronômetro.

2.2.3. Análise dos dados

Os valores da estimativa da doença obtidos com uso da escala de folha e de folíolo foram submetidos à análise de correlação de Pearson a 1% de significância.

Os dados de severidade e o tempo gasto para quantificação com cada uma das escalas foram comparados pelo teste t a 5% de significância.

Os gráficos foram elaborados utilizando o software SigmaPlot e a análise de correlação e o teste de médias foram realizados com o software SAS v 9.0 (SAS Instituto Inc.)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi verificada uma correlação positiva e significativa quando se comparou os valores de severidade estimados com uso da escala de folha e de folíolo, tanto na avaliação da doença em áreas de cultivo ($p < 0,01$; $r = 0,984$) (Figura 1 A) quanto em banco de germoplasma ($p < 0,01$; $r = 0,950$) (Figura 1B). Esta correlação positiva entre a doença na folha e no folíolo se deve ao fato de que a doença se distribui de forma homogênea por todo o limbo foliar (Teri, 1978; Teri et al., 1978), conforme discutido no capítulo 1.

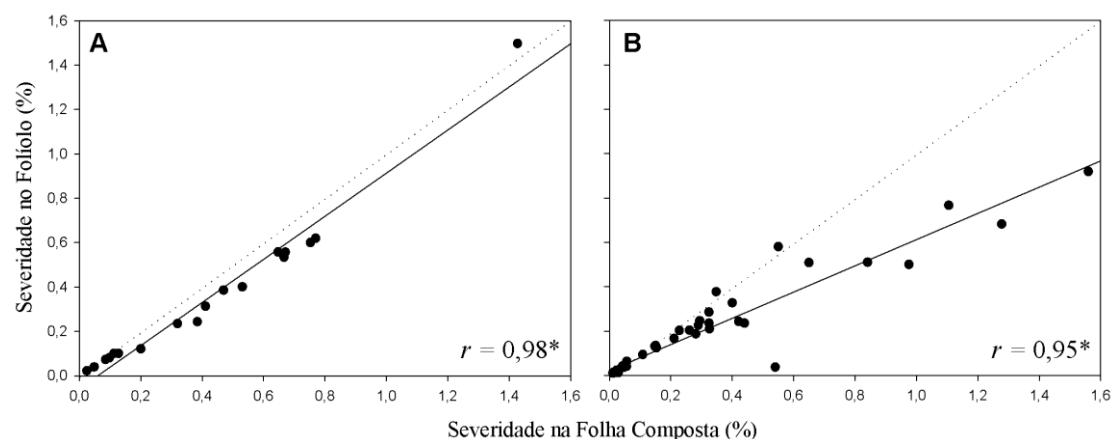


Figura 1. Correlação entre a severidade estimada com o auxílio da escala de folha e de folíolo, em áreas de cultivo (A) e em banco de germoplasma (B).

Os valores de severidade estimados com uso da escala de folha e de folíolo foram semelhantes ($p < 0,05$) tanto na avaliação das áreas de cultivo (Tabela 1) como no banco de germoplasma (Tabela 1). No entanto, foi possível verificar que o tempo gasto para estimar a doença foi bem menor ao se utilizar a escala de folíolo ($p < 0,05$), em ambos os casos (Tabelas 1 e 2).

Na avaliação de áreas de cultivo, foram gastos, em média, 20,6 minutos por área com uso da escala de folha e 15,4 minutos com a escala de folíolo. Assim, com o uso da escala proposta para folíolo, houve uma redução de cerca de 25% (5,2 minutos) do tempo de avaliação. No caso do banco de germoplasma, foram gastos, em média, 4,5 minutos por acesso, usando a escala de folha, e 3,1 minutos com a escala de folíolo. Portanto, com o uso da escala de folíolo, houve uma redução de cerca de 31% (1,4 minutos) do tempo gasto para avaliação. Esta redução do tempo para estimar a severidade usando a escala de folíolo se deve à maior facilidade de avaliar a doença em um único folíolo, em comparação à folha composta (Lopes et al., 2014).

Tabela 1. Valores de severidade e tempo gasto para estimar a mancha parda em seis diferentes áreas de cultivo, utilizando a escala de folha e de folíolo

Áreas	Severidade (%)		Tempo gasto (min)	
	Folha	Folíolo	Folha	Folíolo
Cariri	0,07 (0,02)	0,06 (0,02)	17,65 (2,35)	14,15 (2,53)
Cariri	0,08 (0,05)	0,07 (0,04)	12,93 (3,78)	8,18 (0,86)
Sambaqui	0,65 (0,11)	0,51 (0,10)	22,21 (6,85)	15,93 (3,00)
Pai Antonio	0,51 (0,13)	0,41 (0,11)	23,76 (6,10)	19,6 (4,36)
Pai Antonio	0,94 (0,41)	0,89 (0,52)	26,81 (1,68)	19,46 (0,48)
Pai Antonio	0,30 (0,09)	0,20 (0,06)	20,28 (1,93)	15,01 (0,48)
Média	0,43 ^{ns}	0,36	20,60*	15,40

*Significativo; ns: não significativo pelo teste t a 5% de significância. O desvio padrão encontra-se entre parênteses.

O tempo gasto na avaliação de doenças é, na maioria das vezes, um dos maiores limitantes (Bock et al., 2016), principalmente em estudos de levantamento da epidemiologia de doenças, que demandam a avaliação de muitas áreas, durante vários meses. Da mesma forma, em programas de melhoramento, é requerida a avaliação de centenas ou milhares de genótipos em um curto período de tempo. Em ambos os casos, há a necessidade de um método rápido e eficaz para quantificação da doença. Portanto,

com base nos resultados gerados nesta pesquisa, recomenda-se o uso da escala de folíolo para quantificação da mancha parda na cultura da mandioca.

Tabela 2. Valores de severidade e tempo gasto para estimar a mancha parda em diferentes genótipos do banco de germoplasma, utilizando a escala de folha e de folíolo

Genótipos	Severidade (%)		Tempo gasto (min)	
	Folha	Folíolo	Folha	Folíolo
Massa Fina	1,33 (0,32)	0,84 (0,10)	6,05 (0,36)	4,73 (1,95)
Estrangeira	0,02 (0,01)	0,01 (0,01)	3,91 (1,60)	2,9 (1,16)
Santo Estevão VI	0,02 (0,05)	0,02 (0,01)	4,18 (1,43)	2,28 (1,30)
Capibaribe	0,18 (0,05)	0,16 (0,05)	4,73 (0,34)	3,13(0,11)
Manteiga	0,15 (0,19)	0,12 (0,16)	4,0 (1,76)	2,91 (0,47)
Estrangeira I	0,15 (0,02)	0,12 (0,06)	3,85 (0,19)	3,21 (0,21)
Santa Cruz	0,25 (0,20)	0,21 (0,16)	3,81 (0,04)	3,01 (0,07)
Vinagre da Paraíba	0,80 (0,67)	0,45 (0,31)	4,26 (0,21)	3,66 (0,06)
Bahia Preta I	0,44 (0,14)	0,47 (0,14)	4,93 (1,56)	3,56 (0,16)
Jaburú	0,15 (0,19)	0,11 (0,15)	3,76 (0,38)	2,58 (0,19)
Bahia Branca	0,05 (0,05)	0,05 (0,01)	4,03 (1,91)	3,06 (1,55)
Estrangeira III	0,01 (0,02)	0,01 (0,00)	4,03 (2,25)	2,33 (1,16)
Boa Mesa	0,45 (0,27)	0,35 (0,21)	5,9 (0,34)	4,06 (0,14)
Rosa	0,03 (0,02)	0,02 (0,01)	4,0 (2,35)	2,85 (1,11)
América	0,02 (0,01)	0,01 (0,01)	3,85 (0,23)	2,53 (0,25)
Estrangeira IV	0,03 (0,02)	0,02 (0,01)	4,18 (1,43)	2,93 (1,08)
Paraibinha	0,01 (0,05)	0,01 (0,01)	7,06 (1,05)	4,7 (1,96)
Maranhão II	0,43 (0,01)	0,23 (0,05)	5,28 (0,03)	3,7 (0,51)
Estrangeira II	0,02 (0,02)	0,02 (0,02)	4,53 (1,60)	3,1 (1,78)
Americana	0,01 (0,05)	0,01 (0,01)	4,21 (0,19)	2,66 (1,65)
A20	0,58 (0,36)	0,39 (0,15)	4,9 (1,23)	3,68 (0,07)
Bahia Preta II	0,17 (0,22)	0,11 (0,01)	4,11 (0,07)	2,23 (0,37)
D33	0,37 (0,22)	0,10 (0,13)	5,43 (1,13)	3,08 (0,17)
D20	0,62 (0,49)	0,34 (0,22)	4,23 (0,33)	3,15 (0,15)
D26	0,01 (0,03)	0,01 (0,02)	3,48 (0,17)	2,23 (0,32)
D35	0,01 (0,02)	0,01(0,01)	4,88 (1,16)	3,08 (1,65)
Média	0,24 ^{ns}	0,16	4,50*	3,10

*Significativo; ns: não significativo pelo teste t a 5% de significância. O desvio padrão encontra-se entre parênteses.

4. CONCLUSÕES

As duas escalas (folha composta e folíolo central) são adequadas para estimar a severidade da mancha parda, tanto em áreas de cultivo quanto em banco de germoplasma. No entanto, recomenda-se a escala de folíolo central por demandar menor tempo nas avaliações.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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: Princípios e conceitos**. 4ed.São Paulo: Ceres. v. 1, p. 517-542. 2011.

BELASQUE J. J. R.; BASSANEZI, R. B.; SPOSITO, M. B.; RIBEIRO, L. M.; JESUS, W. C, J. R.; AMORIM; L. Escalas diagramáticas para a avaliação da severidade do cancro citrico. **Fitopatologia Brasileira**. v. 30, p. 387–393. 2005.

BOCK, C. H.; PARKER, P. E.; COOK, A. Z.; GOTTWALD, T. R. Automated image analysis of the severity of foliar citrus canker symptoms. **Plant Disease**. v.93, p. 660–665. 2009.

BOCK, C. H.; WOOD, B. W.; GOTTWALD, T. R. Pecan scab severity – effects of assessment methods. **Plant Disease**. v. 97, p. 675–684. 2013.

BOCK, C. H.; HOTCHKISS, M. W.; WOOD, B. W. Assessing disease severity: accuracy and reliability of rater estimates in relation to number of diagrams in a standard area diagram set. **Plant Pathology**. 65, v. 2, 261–272. 2016.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques**. New York, John Wiley & Sons. v. 3. p. 428. 1977.

GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ, E.; MARTINS, R. B.; DEL PONTE, E. M.; MICHEREFF, S. J.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J.; ARMENGOL, J. Development and validation of a standard area diagram set to aid assessment of severity of loquat scab on fruit. **European journal of plant pathology**. 139 v. 2, p. 419-428. 2014.

HAU, B.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. Epidemiologia: análise espacial. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. Eds. **Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos**. 4ed.São Paulo: Ceres. v. 1, p. 667-695. 2011.

JESUS JUNIOR, W. C.; POZZA, E. A.; VALE, F. X. R.; AGUILERA, G. M. Análise temporal de epidemias. In: Vale, F. X. R.; Junior, W. C. J.; Zambolim, L. Eds. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perfil Editora. v. 1, p. 125. 2004.

KRANZ, J. Measuring plant disease. In: KRANZ, J.; ROTEM, J. **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Heidelberg: Springer-Verlag. p.35-50. 1988.

LAGE, D. A. C.; MAROUELLI, W. A.; DUARTE, H. S. S.; CAFÉ-FILHO, A. C. Standard area diagrams for assessment of powdery mildew severity on tomato leaves and leaflets. **CropProtection**. v. 67, p. 26-34. 2015.

LOPES, U. P.; DUARTE, H. S. S.; CAPUCHO, A. S.; ZAMBOLIM, L. Quantificação de doenças de plantas. **O Essencial da Fitopatologia: Epidemiologia de Doenças de Plantas**. Viçosa, MG. p 49-79. 2014.

MARTIN D. P.; RYBICKI E. P. Microcomputer-based quantification maize streak symptoms in *Zea mays*. **Phytopathology**. v. 88, p. 422–427. 1998.

MASSOLA, N. S.; BEDENDO, I. P. Doenças da Mandioca. In: HIMATI H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO A., CAMARGO, L. E. A; Eds. **Manual de Fitopatologia: Doenças de Plantas Cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres. v. 2 p. 466-474. 2005.

MICHEREFF, S. J.; PEDROSA, R. A.; NORONHA, M. A.; SILVA, F.V. Escala diagramática e tamanho de amostras para avaliação da severidade da mancha parda da mandioca (*Cercosporidium henningsii*). **Agrotrópica**. 10 v. 3, p. 143-148. 1998.

NICOLI, A.; COSTA, R. V. D.; COTA, L. V.; DA SILVA, D. D.; ZAMBOLIM, L.; LANZA, F. E.; GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. Diagrammatic scale validation to quantify the severity of anthracnose stalk in corn. **CiênciaRural**. 10, v. 45. 2015.

NITA, M.; ELLIS, M. A.; MADDEN, L. V. Reliability and accuracy of visual estimation of Phomopsis leaf blight of strawberry. **Phytopathology**. v.93, p. 995–1005. 2003.

NUTTER, F. W. J. R.; LITTWILLER, D. ALFALFA.PRO – a computerized disease assessment training program for foliar diseases of alfalfa. In: **Proceedings of the 23rd**

Central Alfalfa Improvement Conference, June 1993. Lincoln, NE, USA: University of Nebraska. v. 15, p. 20–22. 1993.

NUTTER, F. W. J. R.; 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, p. 174–184. 1995.

REDDY, P. P. Plant Protection in Tropical Root and Tuber Crops. **Indian Institute of Horticultural Research Bangalore**. Karnataka, India. p. 331. 2015.

SCHWANCK, A. A.; DEL PONTE, E. M. Accuracy and reliability of severity estimates using linear or logarithmic disease diagram sets in true colour or black and white: a study case for rice brown spot. **Journal of Phytopathology**. v. 162, p. 670–682. 2014.

SOUZA, A. F.; ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W. C. Análise Temporal de Epidemias. In: ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W. C.; RODRIGUES, F. A. Eds. **O essencial da Fitopatologia: Epidemiologia de doenças de Plantas**. 1ed. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora Ltda, v. 1, p. 169-185. 2014.

TERI, J. M. Brown Leaf Spot and Cercospora Leaf Blight of Cassava: Epidemiology and Importance. **Faculty of the Graduate School of Cornell University**. v. 101. 1978.

TERI, J.; THURSTON, H.; LOZANO, J.; BREKELBAUM, T.; BELLOTTI, A. The Cercospora leaf diseases of cassava. *Proceedings of the Proceedings, cassava protection workshop, CIAT, Cali, Colombia, 7-12 November, 1977*: CIAT. p. 101-116. 1978.

VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; LIBERATO, J. R. ; SOUZA, C. A. Quantificação de doenças de plantas e do crescimento do hospedeiro. In: DO VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. Eds. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perffli Editora. v. 1, p. 79-124. 2004.

VIEIRA, R. A.; MESQUINI, R. M.; SILVA, C. N.; HATA, F. T.; TESSMANN, D. J.; SCAPIM, C. A. A new diagrammatic scale for the assessment of northern corn leaf blight. **Crop Protection**. v. 56, p. 55-57. 2014.

YADAV, N. V.; VOS S. M.; BOCK, C. H.; WOOD, B. W. Development and validation of standard area diagrams to aid assessment of pecan scab symptoms on fruit. **Plant Pathology**. v. 62, p. 325–335. 2013.

CAPÍTULO III

SAZONALIDADE DA MANCHA PARDA EM CULTIVOS COMERCIAIS DE MANDIOCA NO AGRESTE DE PERNAMBUCO

RESUMO

Embora a mancha parda, causada pelo patógeno *Passalora henningsii*, seja a doença foliar mais comum na cultura da mandioca, pouco se conhece sobre a sua epidemiologia. Entender o comportamento da doença ao longo das estações de cultivo, em diferentes sistemas de plantio e em diferentes regiões é extremamente importante para se propor estratégias de controle. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a epidemia da mancha parda em áreas de cultivo comercial de mandioca no Agreste Meridional de Pernambuco. Foram selecionadas 12 áreas de cultivo com diferentes variedades, nos municípios de Caetés, Lajedo e São João. Em cada área, foram selecionadas 50 plantas, seguindo um caminhamento em “W”. A incidência da doença foi avaliada mensalmente, pela contagem do número de folhas doentes na planta. A severidade foi estimada com o auxílio da escala diagramática previamente desenvolvida para folha composta. Com os dados de incidência e severidade, foram elaboradas curvas de progresso da doença. Os dados de precipitação e temperatura média foram coletados na estação meteorológica localizada em Garanhuns – PE. Verificou-se que os primeiros sintomas da doença apareceram aos quatro meses após o plantio. O desenvolvimento da doença foi dependente principalmente da precipitação. No décimo mês de avaliação, houve uma tendência de diminuição da doença em algumas áreas, mesmo sob alta precipitação, possivelmente devido à desfolha das plantas. Foi observada diferença de intensidade da doença nas diferentes áreas e variedades avaliadas.

1. INTRODUÇÃO

A mancha parda da mandioca (*Passalora henningsii* (Allesch.) R.F. Castañeda & U. Braun) é considerada a doença foliar mais comum em áreas de cultivo de mandioca em todo o mundo (Teri et al., 1981; Reddy, 2015) e no Brasil, a doença tem sido registrada em todas as regiões de cultivo (Viégas, 1941; Massola & Bedendo, 2005; Moares et al., 2014).

Os principais danos causados pela doença são a redução da área foliar sadia, devido à necrose do tecido, e a desfolha prematura (Lozano & Booth, 1974; Massola & Bedendo, 2005). Desta forma, a atividade fotossintética da planta é afetada, comprometendo diretamente a produção de raízes. Perdas de até 23% da produção de raízes foram verificadas em variedades suscetíveis e (Teri et al., 1980). Em híbridos avaliados no *International Center for Tropical Agriculture* (CIAT) na Colômbia, foram verificados danos superiores a 30% na produção de raízes nos materiais considerados suscetíveis (Teri et al., 1980). Além da redução da produtividade final de raízes, esta doença pode levar à redução da parte aérea, pela perda parcial ou total das folhas, reduzindo a produção de massa verde. Essa redução é importante, principalmente nos casos em que a parte aérea é utilizada para a alimentação animal.

Entender o comportamento da doença é um dos primeiros passos para se propor estratégias de controle (Campbell & Madden, 1990). Isto pode ser feito por meio de levantamentos em áreas de cultivo, onde é possível determinar a importância relativa das doenças, monitorar flutuações na intensidade durante a estação de cultivo e entender a relação da doença com as variáveis climáticas (Holderness, 2002).

Diversos fatores podem influenciar na ocorrência da mancha parda da mandioca, tais como a umidade relativa, temperatura, condições nutricionais e idade da planta (Ciferri, 1933; Viegas, 1941; Chevaugeon, 1956; Lozano & Booth, 1974; Powell, 1968; Arene, 1974; Teri et al., 1981). Estudos realizados nos estados da Paraíba e Maranhão demonstraram uma relação positiva entre a doença e a precipitação (Morais et al., 2014; Sousa & Dias, 1991).

Embora o Agreste de Pernambuco seja considerado uma importante região produtora de mandioca do estado, nenhuma pesquisa foi realizada visando conhecer o comportamento da mancha parda na cultura. Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi

avaliar a epidemia da mancha parda da mandioca em áreas de cultivo no Agreste Meridional de Pernambuco.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Seleção das áreas

Foram selecionadas 12 áreas de cultivo de mandioca no Agreste Meridional de Pernambuco, nos municípios de São João (cinco áreas), Lajedo (quatro áreas) e Caetés (três áreas), durante a safra 2015/2016. Nas áreas de São João, foram cultivadas as variedades Cariri, Sambaqui e Pai Antonio; em Lajedo, apenas a variedade Pai Antonio; e em Caetés, as variedades Olho Roxo, Elizabeth de Sousa e Pai Antonio. O plantio de todas as áreas foi realizado no mês de agosto de 2015 e os tratos culturais (capinas e adubações) foram realizados por cada proprietário.

2.2. Avaliação da doença

As avaliações da doença foram realizadas mensalmente, do segundo ao décimo primeiro mês de cultivo, quando se realizou a colheita na maioria das áreas.

Para avaliar a incidência e a severidade da doença, foi empregada a técnica de caminhamento em "W" (Cochran, 1977), onde foram selecionadas 50 plantas em cada área. Em cada planta, foram amostradas nove folhas, sendo três do terço superior, três do terço médio e três do terço inferior.

A incidência foi avaliada pela contagem do número de folhas com sintomas da doença. Em seguida, foi calculada a porcentagem pela seguinte fórmula: $I (\%) = \text{NFS} / \text{NTF} \times 100$, onde: I = Incidência, NFS = número de folhas sintomáticas e NTF = número total de folhas/planta.

Para avaliação da severidade, foi utilizada a escala diagramática para avaliação de folha composta, previamente desenvolvida (Capítulo 1).

Os dados climáticos de temperatura e precipitação média foram obtidos na estação meteorológica localizada em Garanhuns – PE, latitude: -8.910950° e longitude: -36.493381° .

Os dados de incidência, severidade, temperatura e precipitação foram analisados de forma descritiva, a partir da elaboração de gráficos utilizando o software Sigmaplot v. 11.0 (Systat Software).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que a temperatura média entre os meses de agosto de 2015 e junho de 2016 variou de 20 a 28 °C, sendo as maiores temperaturas observadas entre novembro e abril (Figura 1).

Com relação à precipitação, no mês de agosto foram registrados 105 mm, porém este valor caiu drasticamente entre os meses de setembro e dezembro, não ultrapassando os 20mm. A partir do mês de dezembro, a precipitação voltou a aumentar, chegando a 117 mm no mês de maio.

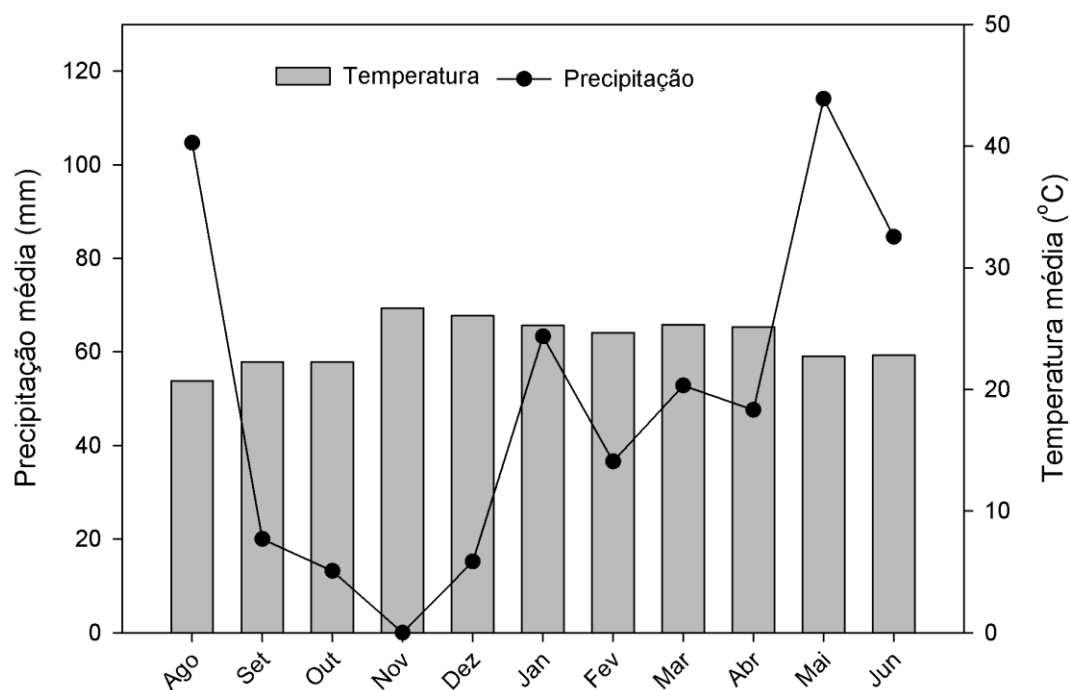


Figura 1. Índices médios de precipitação (mm) e temperatura (°C) na região do Agreste Meridional de Pernambuco, de agosto de 2015 a junho de 2016.

Em todas as áreas avaliadas no Agreste de Pernambuco, foi observada a ocorrência da mancha parda da mandioca (Figura 2), embora a sua intensidade tenha sido variável. Esta doença é considerada endêmica em áreas de cultivo de mandioca em todo o mundo, principalmente devido à sua fácil disseminação (Lozano & Booth, 1974; Teri et al., 1981; Reddy, 2015). No Brasil, a doença tem sido detectada em todas as regiões de cultivo (Viegas et al., 1941; Moares et al., 2014).

Os primeiros sintomas da doença foram observados a partir do quarto mês após o plantio, em todas as áreas avaliadas, com valores de incidência que variaram de 10 a 30% nas áreas de São João e Lajedo (Figura 2 A e C). Por outro lado, a doença nas áreas de Caetés não ultrapassou 5% de incidência neste mesmo período (Figura 2 E). Após este leve aumento da doença em todas as áreas, houve uma redução da intensidade no sexto mês após o plantio (Figura 2), coincidindo com a baixa média pluviométrica no mês anterior. Foi verificada uma correlação positiva entre a severidade da mancha parda e a precipitação ($r = 0,81$). Este fato já foi observado por outros autores, que relataram maiores ocorrências da doença em períodos mais chuvosos (Teri et al., 1981; Morais et al., 2014).

Outra variável climática que tem influência sobre a doença é a temperatura, sendo que o fungo *Passalora henningsii* se desenvolve melhor em temperaturas mais elevadas (Ciferri, 1933; Chevaugéon, 1956; Lozano & Booth, 1974; Powell, 1968; Arene, 1974). Entretanto, a umidade parece desempenhar um papel mais importante na ocorrência da doença quando comparada à temperatura, pois, conforme verificado nesta pesquisa, mesmo nos meses mais quentes, a doença apresentou baixa intensidade. Acredita-se que, devido a esta característica, a doença possa ser mais severa em áreas mais chuvosas e com altas temperaturas médias, à semelhança do que é encontrado na Zona da Mata do estado de Pernambuco.

Nas áreas localizadas no município de Caetés, houve uma menor incidência e severidade da doença quando comparado às áreas de Lajedo e São João. No mês de março, em Caetés, a doença não havia ultrapassado 10% de incidência, enquanto nas demais áreas este valor alcançava 60%.

A mesma variedade (Pai Antonio) foi avaliada nos três municípios, porém a doença ocorreu em maiores níveis em São João e Lajedo. Em Caetés, foi verificado um baixo nível tecnológico nas lavouras, o que dificultou inclusive o desenvolvimento das plantas (dados não mostrados) e da doença. Este fato está de acordo com o observado por Viennot-Bourgin & Grimaldi (1950), que afirmam que plantas de mandioca mal nutridas são menos suscetíveis à doença.

Nas áreas do município de São João, verificou-se que no mês de maio a incidência da doença começou a decrescer. Isso foi devido à ocorrência de desfolha das

plantas (dados não mostrados), que é um dos principais danos causados por esta doença (Teri et al., 1981).

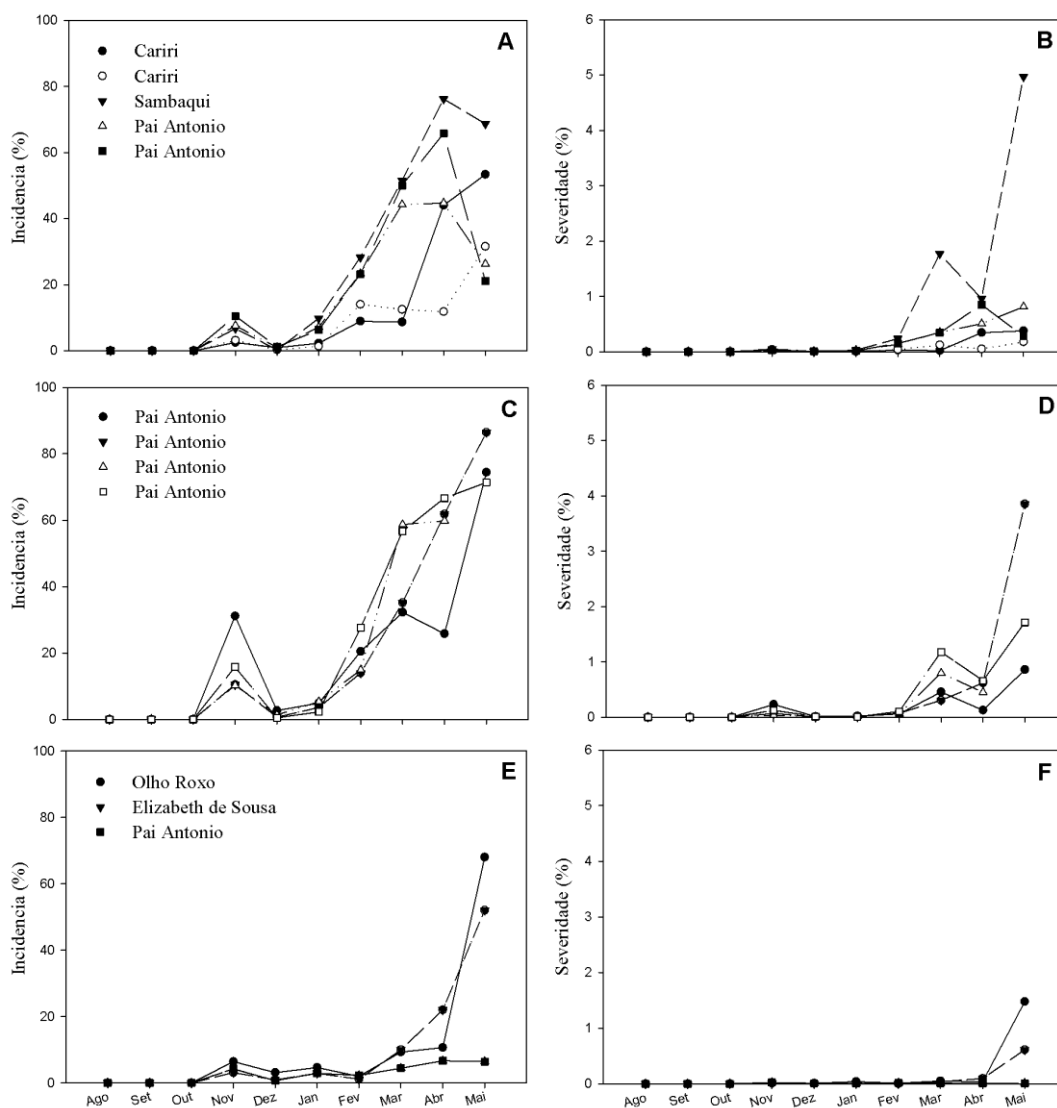


Figura 2. Curvas de progresso da incidência e severidade da mancha parda da mandioca em áreas localizadas nas cidades de São João (A, B), Lajedo (C, D) e Caetés (E, F), ao longo da safra 2015/2016.

4. CONCLUSÕES

Foi observado que a doença ocorre preferencialmente em plantas a partir dos quatro meses de idade, alcançando altos valores de incidência ao longo do ciclo da cultura. A intensidade da doença é correlacionada principalmente com a precipitação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARENE, O. B. A short epistomology of some diseases of cassava in Nigeria. (**Technical Bulletin**, 1), Federal Agricultural Research Training Station, Umudike, Umuahia, Nigeria. p. 36. 1974.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. Introduction to plant disease epidemiology. **John Wiley & Sons**. 1990.

CHEVAUGEON, J. Les maladies cryptogamiques du manioe en Afrique Occidentale. **Encuclopedie Mycologique**. Paul Lechevalier, Paris. v. 27. p. 205. 1956.

CIFERRI, R. Le malattie della manioca (*Manihots esculenta* Crantz) in San Domingo. 11. La malattia delle macchie fogliare circolari (*Helminthosporium hispaniolae* Cif.). **Bolletino della Stazione di Patogia Vegetale di Roma**. v. 20. p. 90-114. 1933.

COCHRAN, W'G. Sampling techniques. New York, **John Wiley & Sons, Inc**. v. 3 p. 428. 1977.

HOLDERNESS, M.; SURVEYS AND SAMPLING. IN: WALLER, J. M.; LENNÉ, J.; WALLER, S. J. Eds. Plant Pathologist's Pocketbook. Wallingford: **CAB International**. p. 545-640. 2002.

LOZANO, J. C.; BOTH, R. H. Diseases of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **PANS**. v. 20, p. 30-54. 1974.

MASSOLA, N. S.; BEDENDO, I. P. Doenças da Mandioca. In: HIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. Eds. **Manual de Fitopatologia: Doenças de Plantas Cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres. p. 449-455. 2005.

MORAIS, M. S.; MEDEIROS, E. V.; MOREIRA, K. A.; CAVALCANTI, M. S.; OLIVEIRA, N. T. Epidemiology of diseases affecting cassava shoot in Alagoa Nova City, Paraíba. **Summa Phytopathologica**. v. 40.3, p. 264-269. 2014

POWELL, P. E. Cercospora leaf spots of cassava. Dept. of Plant Pathology, Cornell University, **Ithaca**. New York. (Mimeo). p. 5. 1968.

REDDY, P. P. Plant Protection in Tropical Root and Tuber Crops. **Indian Institute of Horticultural Research Bangalore**, Karnataka, India. p. 331. 2015

SOUSA, E. A. P.; DIAS, A. S. Doenças da cultura da mandioca no Maranhão. São Luiz, EMAPA. EMAPA-MA. **Comunicado técnico**. v. 19. 1991.

TERI, J.; THURSTON, H.; LOZANO, J.; BREKELBAUM, T.; BELLOTTI, A. The Cercospora leaf diseases of cassava. Proceedings of the Proceedings, cassava protection workshop, CIAT, Cali, Colombia, 7-12 November: **CIAT**. p. 101-116. 1978

TERI, J. M.; THURSTON, H. D.; LOZANO, J. C. Effect of brown leaf spot and cercospora leaf blight on cassava productivity. **Tropical Agriculture**. v. 3, p. 239-243. 1980.

TERI, J. M.; LOZANO, J. C.; THURSTON, H. D. Epidemiology of cassava brown leaf spot. **Fitopatologia Brasileira**. v. 3, p. 314-344. 1981.

VIÉGAS, A. P. Manchas das folhas da mandioca, produzidas por Cercosporas. **Bragantia**. v. 1, p. 233-248. 1941.

VEINNOT-BOURGIN, C.; GRIMALDI, J. Les cercospora parasites de manioc. **Revue de Botanique Appliquee et d'Agriculture Tropicale**. v. 30, p. 138-146. 1950