



## Desenvolvimento e validação de escala diagramática para avaliação da severidade da bacteriose em mandioca

Gustavo Kublik<sup>1</sup> , Nicanor Pilarski Henkemeier<sup>1</sup>, Eloisa Lorenzetti<sup>2,\*</sup> , José Renato Stangarlin<sup>1</sup> , Odair José Kuhn<sup>1</sup> , Lindomar Assi<sup>1</sup> e Roberto Luis Portz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Paraná, Palotina, PR, Brasil

\* Autor Correspondente: eloisa-lorenzetti@hotmail.com

Recebido: 25/03/2020; Aceito: 23/06/2020

**Resumo:** A bacteriose da mandioca causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *manibotis* é responsável por grande redução na produção, sendo necessário a utilização de ferramentas precisas para avaliação desta doença. Uma das formas de quantificação desta doença é através da estimativa da severidade utilizando escalas diagramáticas, as quais devem ser de fácil manuseio e apresentar ampla condição de uso. O objetivo deste trabalho foi elaborar e validar uma escala diagramática para quantificar a severidade da bacteriose em folhas de mandioca. Foram realizadas análises em 43 folhas de mandioca coletadas a campo e apresentando diferentes níveis de severidade da doença. Elaborou-se escala diagramática com seis níveis de severidade (1%; 2%; 4%; 8%; 16% e 32%) e a validação foi realizada por oito avaliadores, quatro com experiência e quatro sem experiência na avaliação de doenças. Estes avaliadores foram submetidos a uma avaliação com o auxílio da escala diagramática e foram gerados os valores do coeficiente linear (a), coeficiente angular (b) e coeficiente de correlação ( $R^2$ ) de cada avaliador, obtidos nas regressões entre severidade real (variável independente) e severidade estimada (variável dependente), e os erros absolutos. A escala diagramática elaborada foi eficiente para quantificação da severidade de bacteriose em folhas de mandioca.

**Palavras-chave:** Epidemiologia; fitopatometria; *Manibot esculenta*; *Xanthomonas axonopodis* pv. *manibotis*.

## Development and validation of diagrammatic scale to evaluate bacterial blight severity in cassava

**Abstract:** The bacterium of cassava, by *Xanthomonas axonopodis* pv. It is a disease of great importance, responsible for large losses in production, and it is necessary to use precise tools to evaluate it. The form of quantification is the disease through the severity of the use of scale diagrams, such as those that should be easy to use and present a wide use condition. The objective of this work was to elaborate and validate a scale diagram to quantify the severity of the bacterium in cassava leaves. Analyzes were performed on 43 collective jaw leaves and at different severity levels of the disease. Scale diagrams were developed with six levels of severity (1%, 2%, 4%, 8%, 16% and 32%) and the evaluation was performed by means of evaluation, four with experience and four with no experience in the evaluation of diseases. These evaluations were submitted to an evaluation using the diagrammatic scale and the values of the linear coefficient (a), angular coefficient (b) and correlation coefficient ( $R^2$ ) of each evaluator used in the regressions between real severity and severity and absolute errors. An elaborate scale diagram was valid to quantify the bacteriose severity in cassava leaves

**Key-words:** Epidemiologia; fitopatometria; *Manibot esculenta*; *Xanthomonas axonopodis* pv. *manibotis*.

### 1. INTRODUÇÃO

Originária da América do Sul, a mandioca (*Manibot esculenta* Crantz) constitui um dos principais alimentos energéticos, principalmente nos países em desenvolvimento (JESUS et al., 2013).

A mandioca tem como agravante produtivo as doenças causadas por bactérias. Dentre as doenças com etiologia bacteriana, a mais importante, que apresenta índices elevada redução de produção no Brasil é a bacteriose causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *Manibotis* (descriptor). Os sintomas desta bacteriose são manchas angulares nas folhas, exsudação de goma, necrose no sistema vascular e posteriormente a morte da planta. Inicialmente as lesões apresentam-se pequenas, encharcadas e poligonais, que posteriormente se tornam irregulares e necróticas podendo

atingir todo o limbo foliar. Com isso ocorre a murcha e a seca das folhas, ocasionando a morte prematura da planta (MASSOLA et al., 2016).

O uso de variedades resistentes recomendadas por cada região tem sido uma das medidas bem sucedidas, no manejo da bacteriose, mesmo em ambientes favoráveis a ocorrência de epidemias. Dentre outras recomendações para o controle, estão o plantio de manivas sadias; rotação de culturas, remoção dos restos da culturais, seguida de aração; desinfecção de ferramentas e restrição do trânsito de pessoas nas áreas afetadas e sadias; inspeção fitossanitária com erradicação de plantas e utilização de sistemas de consórcio com outras culturas (MASSOLA et al., 2016).

Para quantificação da severidade de doenças com precisão, várias estratégias têm sido propostas e, dentre estas, a escala diagramática, que é uma forma de expressão ilustrativa de uma série de plantas, folhas ou partes da planta com diferentes sintomas e níveis de severidade (AMORIM & BERGAMIN FILHO, 2018) sendo fundamentais para a determinação do nível de severidade das doenças (ALVES et al., 2015).

As escalas diagramáticas devem apresentar fácil manuseio e uso, sendo utilizadas em uma amplitude de diferentes condições, ter os resultados reproduzidos, possuir um espaço para representar todos os estágios de desenvolvimento da doença e permitir uma rápida avaliação (BERGER, 1980) e maior precisão dos resultados reduzindo a subjetividade (AMORIM & BERGAMIN FILHO, 2018).

Na elaboração da escala diagramática deve-se levar em consideração alguns aspectos específicos como por exemplo: os limites inferior e superior da severidade devem respectivamente responder a quantidade mínima e máxima da doença encontrada no campo; os sintomas devem ser semelhantes aos sintomas reais observadas na planta, e também deve ser levado em conta os níveis de severidade intermediários, sabendo as limitações de acurácia da visão humana (HORSFALL & BARRAT, 1945).

Além desses fatores as escalas devem ser submetidas a análises para validação antes de serem realmente levadas a apresentações para utilização como método padrão de quantificação da doença. Uma vez apresentados dados insatisfatórios, os mesmos devem ser corrigidos (NUTTER JR & SCHULTZ, 1995).

Desta forma, o presente estudo teve como objetivo elaborar e validar uma escala diagramática para quantificação da severidade de *X. axonopodis* pv. *manihotis* em mandioca.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a validação da escala diagramática tomou-se como base os limites mínimo e máximo de severidade da bacteriose no campo. Foram coletadas 43 folhas de mandioca variedade Verdinha, suscetível, de origem de plantio comercial localização geográfica 24°30'39,8"S 54°18'19,6"W, no ano de 2001, com níveis variados de severidade, sendo estas folhas fotografadas e digitalizadas. Após, realizou-se a delimitação de cada folha para melhor leitura da área foliar total e área foliar ocupada pelas lesões utilizando o software Adobe Fireworks CS6. Para a quantificação da severidade da doença, ou seja, porcentagem de área foliar lesionada, foi usado o software Quant- v102c.

Mensurou-se a área foliar total e a área afetada pelos sintomas em cada uma dessas 43 folhas de mandioca. Seguido a delimitação dos limites mínimo e máximo que a escala deve ter e realizando os cálculos do logito para encontrar os níveis intermediários de severidade, foi elaborada a escala com seis níveis de severidade crescentes: 1%, 2%, 4%, 8%, 16% e 32 % de severidade.

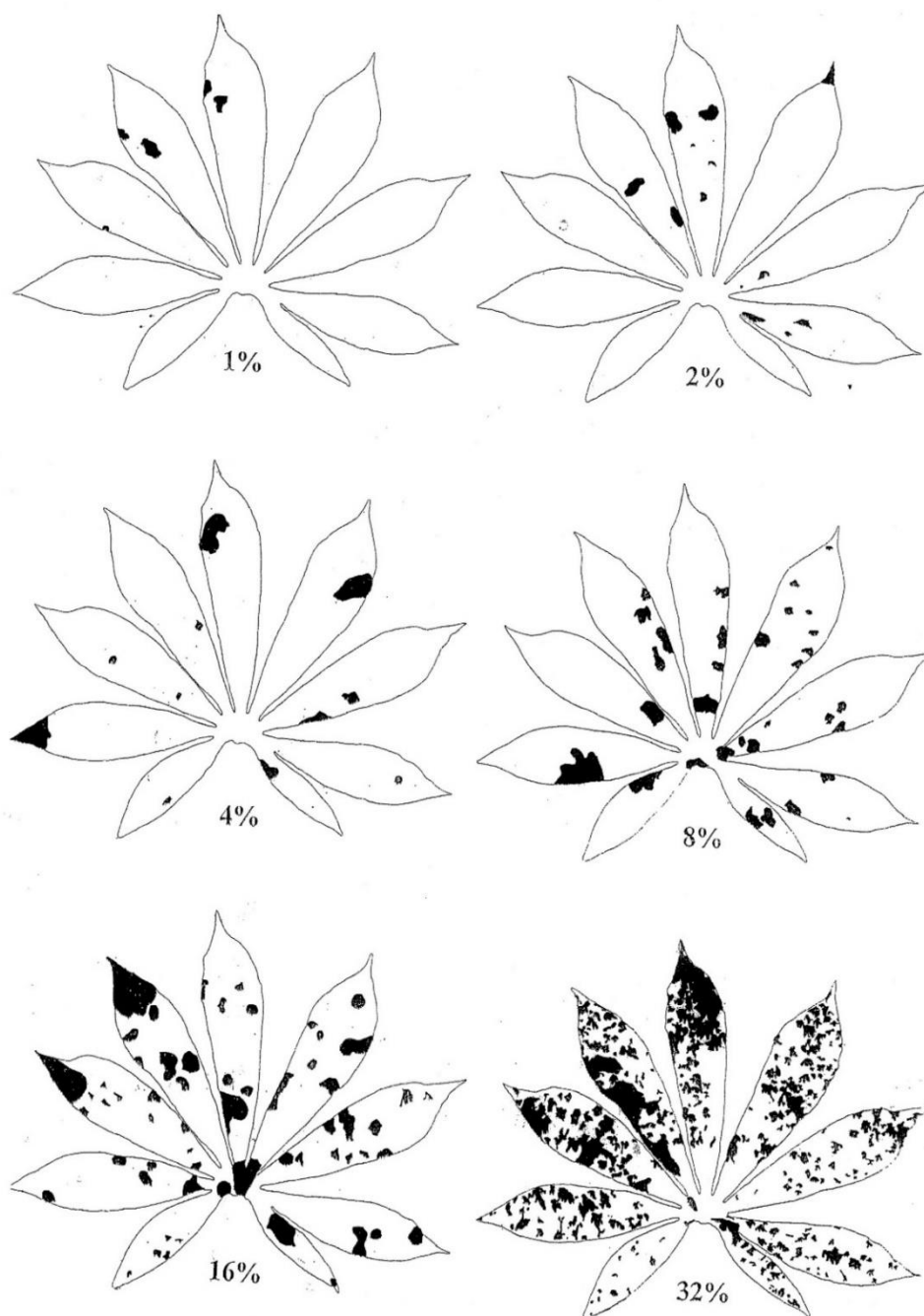
Para a validação, oito avaliadores, sendo quatro com experiência e quatro inexperientes em quantificação de doenças, estimaram a severidade das 43 folhas de mandioca, com diferentes níveis severidade. Estas estimativas foram realizadas com o auxílio da escala diagramática proposta.

Com os valores de severidade estimados por cada avaliador foram construídos gráficos no software Microsoft Excel 2013 relacionando esses valores com valores reais de severidade, determinando-se os valores de “b” (coeficiente angular) e “a” (coeficiente linear) da equação da reta a fim de determinar a acurácia das estimativas dos avaliadores e o coeficiente de correlação ou determinação  $R^2$  para estimar a precisão (NUTTER JUNIOR & SCHULTS, 1995). A variância dos erros foi obtida pela subtração da severidade real a partir do valor da severidade estimada pelo avaliador sendo utilizada também para determinação da precisão. Para estatística, o teste t aplicado a 5% de probabilidade de erro foi realizado utilizando o software Genes (CRUZ, 2013).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

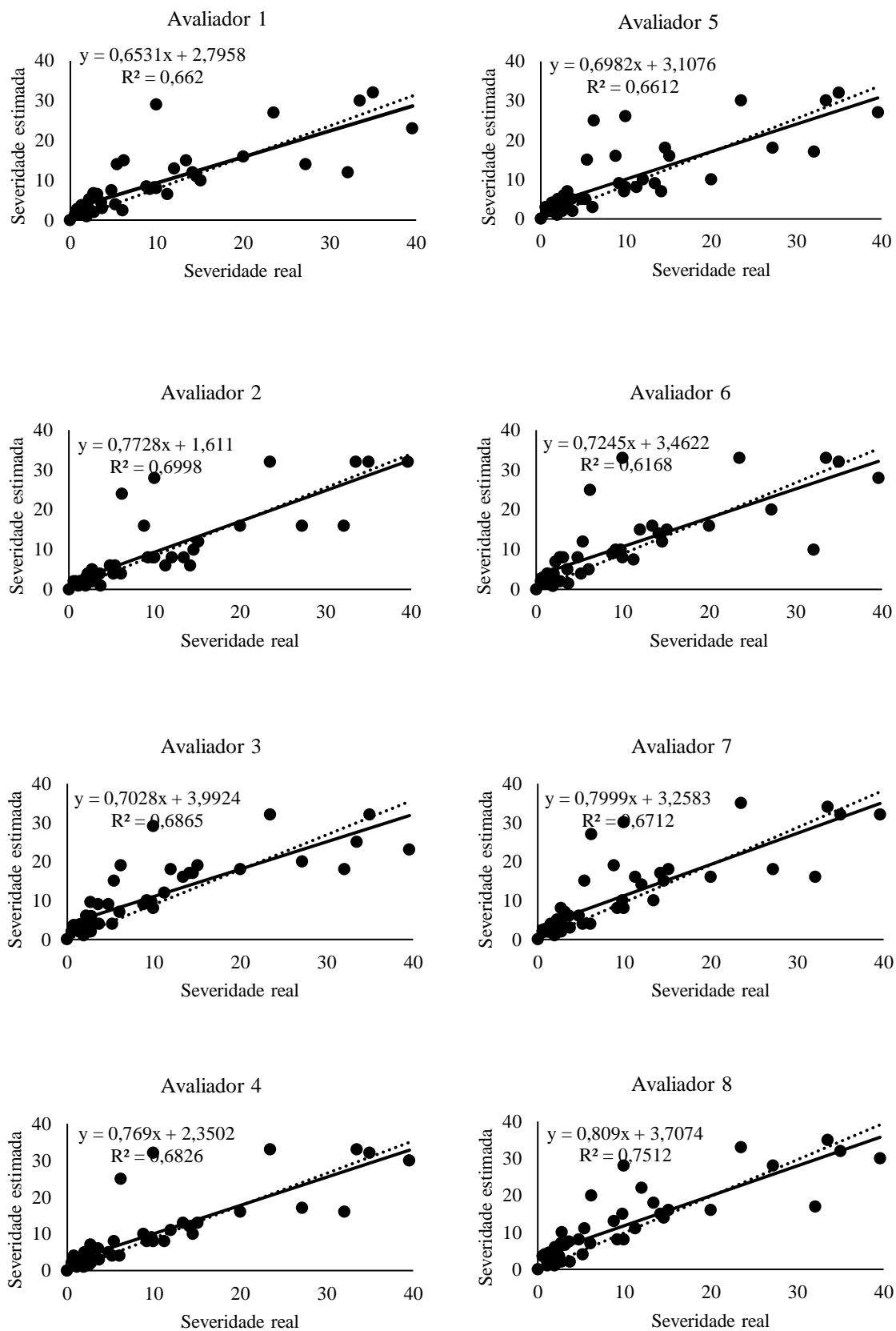
A escala diagramática elaborada com seis níveis de severidade crescentes (1%, 2%, 4%, 8%, 16% e 32 %) está apresentada na Figura 1.

Os resultados de severidade estimada pelos oito avaliadores, utilizando a escala diagramática, podem ser observados na Figura 2. Verificou-se que nos menores valores de severidade da doença, todos os avaliadores subestimaram a severidade, enquanto que nos valores mais elevados os avaliadores os superestimaram. De acordo com Sherwood et al. (1983), pode ocorrer a tendência de subestimar ou superestimar os valores de acordo com o número de lesões e de acordo com Sachs et al. (2011) a forma da lesão também pode interferir neste aspecto. Spósito et al. (2004) relata que cada pessoa apresenta uma diferente percepção visual para a avaliação das doenças, o que pode justificar os valores superestimados.

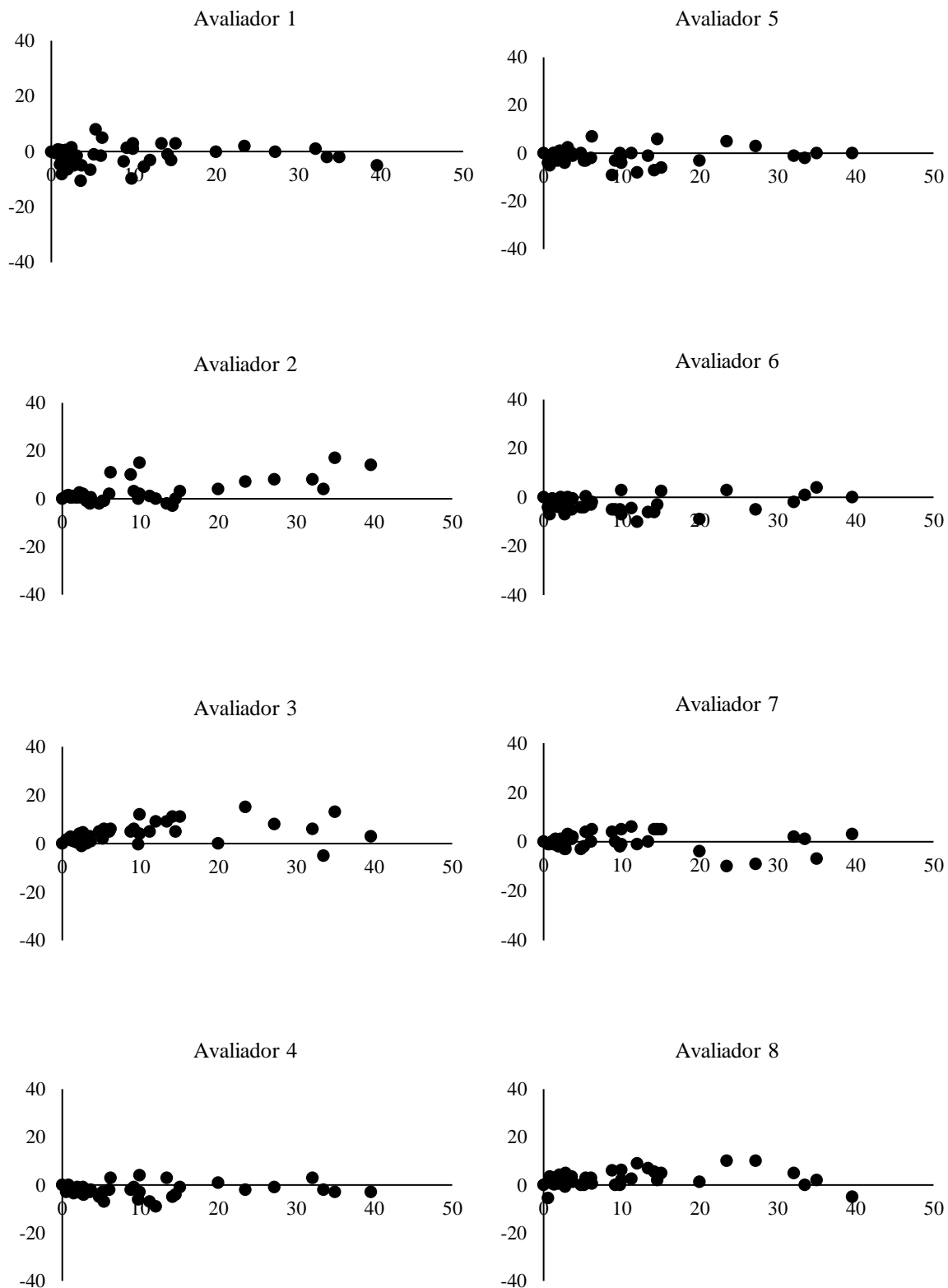


**Figura 1.** Escala diagramática para quantificação da severidade de *Xanthomonas axonopodis* pv. *manibotis* em folhas de mandioca.

Os avaliadores apresentaram boa precisão quando se observa a diferença entre as severidades estimada e real, sendo esta conhecida como erro absoluto (Figura 3). Os desvios dos avaliadores ocorreram em grande parte na faixa de 20% a 40% de severidade demonstrando que se deve tomar cuidado com essa faixa de severidade, podendo esta ser melhoradas, ou seja, ter essa porcentagem diminuída, por meio de treinamento da utilização da escala proposta (AMORIM & BERGAMIN FILHO, 2018).



**Figura 2.** Severidade estimada com o auxílio da escala diagramática elaborada (pontos cheios) e linhas de regressão obtidas entre a severidade real e a estimada (linha cheia) avaliando a bacteriose causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* na mandioca (*Manihot esculenta*). A linha pontilhada representa a situação ideal, com estimativas idênticas à real.



**Figura 3.** Erros absolutos (severidade estimada menos severidade real) para oito avaliadores analisando a bacteriose causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* na mandioca (*Manihot esculenta*).

A precisão a qual indica o quão confiável são os valores de severidade real e estimada (LENZ et al., 2010) foi avaliada por meio do coeficiente de determinação da regressão, que deve ser no máximo 100% e pela variância dos erros absolutos (severidade estimada menos severidade real).

**Tabela 1.** Coeficientes linear (a), angular (b), e de determinação ( $R^2$ ) obtidos nas regressões entre severidade real (variável independente) e severidade estimada (variável dependente) para oito avaliadores utilizando escala diagramática para a bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manibotis*) em folhas de mandioca (*Manihot esculenta*)

Avaliadores	Coeficientes		
	a	b	$R^2$
1	2,7958*	0,6531 <sup>ns</sup>	0,6620
2	1,6110 <sup>ns</sup>	0,7728 <sup>ns</sup>	0,6998
3	3,9924*	0,7028 <sup>ns</sup>	0,6865
4	2,3502*	0,7660 <sup>ns</sup>	0,6826
5	3,1076*	0,6982 <sup>ns</sup>	0,6612
6	3,4622*	0,7245 <sup>ns</sup>	0,6168
7	3,2583*	0,7999 <sup>ns</sup>	0,6712
8	3,7074*	0,8090 <sup>ns</sup>	0,7512

\*Situações nas quais as hipóteses  $a=0$  ou  $b=1$  foram rejeitadas pelo teste t a 5% de significância.

<sup>ns</sup>: não significativo pelo teste t a 5% de significância.

Utilizando a escala diagramática desenvolvida para quantificar a bacteriose da mandioca os avaliadores apresentaram boa precisão nas avaliações, pois ficaram próximas ao valor 1, e quanto mais próxima deste valor, maior a precisão dos resultados obtidos (NUTTER JUNIOR & SCHULTS, 1995), ou seja, o valor médio de  $R^2$  obtido indica que 68% consegue ser explicado pelo modelo, indicando nível considerado preciso, afinal encontra-se mais perto de 1 do que de zero.

A maioria dos avaliadores utilizando a escala diagramática apresentou bons resultados conforme mostra a Tabela 1. Os valores do coeficiente angular “b” não foram significativamente diferentes de 1, apresentando valores próximos a este número. Os valores do coeficiente linear “a” foram estatisticamente diferentes de 0, com exceção do avaliador 2, que apresentou valor de “a” estatisticamente semelhante a 0. Embora apenas o avaliador 2 não apresentou desvios constantes, nenhum dos avaliadores apresentou desvios sistemáticos o que demonstra eficiência da escala. De acordo com LENZ et al. (2010) a presença de desvios constantes e sistemáticos se devem ao desvio dos valores de “a” e “b”

#### 4. CONCLUSÕES

A escala diagramática mostrou-se válida para quantificação da severidade de *Xanthomonas axonopodis* pv. *manibotis* em folhas de mandioca.

#### REFERÊNCIAS

- ALVES, G.C.S.; SANTOS, L.C.; DUARTE, H.S.S.; DIAS, V.; ZAMBOLIM, L.; ROCHA, M.R. Escala diagramática para quantificação da ferrugem da folha do trigo. **Multi-Science Journal**, v.1, n.1, p.128-133, 2015. <https://doi.org/10.33837/msj.v1i1.59>
- AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. **Fenologia, patometria e quantificação de danos**. Ouro Fino: Ceres, 2018. p. 499-518.
- BERGER, R.D. Measuring disease intensity. In: TENG, P.S.; KRUPA, S.V. (Eds.). **Crop loss assessment**. St. Paul. Minnesota: University of Minnesota, 1980, p.28-31.
- CRUZ, C.D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.35, n.3, p.271-276, 2013. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>
- HORSFALL, J.C.; BARRAT, R.W. An improved grading system for measuring plant diseases. **Phytopathology**, v.35, p.665, 1945.
- JESUS, A.M.S.; CARVALHO, S.P.; CUSTÓDIO, T.N.; OLIVEIRA, P.M.; GOMES, C.N. Avaliação agrônômica de cultivares e clones de mandioca em área irrigada no Norte de Minas Gerais. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.12, n.3, p.205-210, 2013. <https://doi.org/10.18188/sap.v12i3.6234>
- 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, n.4, p.752-758, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010005000061>
- MASSOLA, N.S.; BENDEDO, I.P.; OLIVEIRA, S.A.S. Doenças da mandioca. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, CAMARGO, L.E.A. **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. Ouro Fino: Ceres, 2016. v.2, p.515-522.
- NUTTER JUNIOR, 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. <https://doi.org/10.1080/07060669509500709>
- SACHS, P.D.; NEVES, C.J.; CANTERI, M.G.; SACHS, L.G. Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha branca em milho. **Summa Phytopathologica**, v.37, n.4, p.202-204, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052011000400007>

- 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, n.2, p.173-177, 1983.
- SPÓSITO, M.B.; AMORIM, L.; BELASQUE JÚNIOR, J.; BASSNEZI, 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582004000100012>