



MARCIEL JOSÉ PEIXOTO

**ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESCALA DIAGRAMÁTICA PARA
QUANTIFICAÇÃO DE COMPLEXOS FITOSSANITÁRIOS NA SOJA**
(Glycine max)

Urutaí – GO

Março/2023

MARCIEL JOSÉ PEIXOTO

**ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESCALA DIAGRAMÁTICA PARA
QUANTIFICAÇÃO DE COMPLEXOS FITOSSANITÁRIOS NA SOJA (*Glycine max*)**

Monografia apresentada ao IF Goiano Campus Urutaí como parte das exigências do Curso de Graduação em Agronomia para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Milton Luiz da Paz Lima.

Urutaí – GO

Março/2023

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

PP379e Peixoto, Marciel José
ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESCALA DIAGRAMÁTICA
PARA QUANTIFICAÇÃO DE COMPLEXOS FITOSSANITÁRIOS NA
SOJA (Glycine max) / Marciel José Peixoto;
orientadora Milton Luiz Paz Lima. -- Urutaí, 2023.
24 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Agronomia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2023.

1. Sanidade vegetal. 2. Complexos bióticos e
abióticos. 3. Agente causal. 4. Patometria. 5.
Severidade. I. Paz Lima, Milton Luiz, orient. II.
Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 nº2376

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Marciel José Peixoto

Matrícula:

2018101200240100

Título do trabalho:

ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESCALA DIAGRAMÁTICA PARA QUANTIFICAÇÃO DE COMPLEXOS FITOSSANITÁRIOS NA SOJA (Glycine max)

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 09 /03 /2023

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

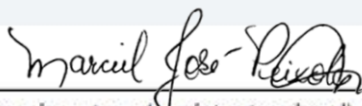
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutai

Local

09 /03 /2023

Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



ATA DE APRESENTAÇÃO DE TRABALHO DE CURSO

Aos nove dias do mês de março de dois mil e vinte e três reuniram-se: Prof. Dr. MILTON LUIZ DA PAZ LIMA, Profa. Dra. BRUNA SANTOS DE OLIVEIRA, M.Sc. JAKELINNY MARTINS SILVA nas dependências do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí (GO) via sistema remoto, para avaliar o Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a): MARCIEL JOSÉ PEIXOTO, como requisito necessário para conclusão do Curso Superior de Bacharelado em Agronomia. O presente TC tem como título: ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESCALA DIAGRAMÁTICA PARA QUANTIFICAÇÃO DE COMPLEXOS FITOSSANITÁRIOS NA SOJA (*Glycine max*).

Após análise, foram dadas as seguintes notas:

Avaliadores	Notas
1. Prof. Dr. MILTON LUIZ DA PAZ LIMA	10,0
2. Dra. BRUNA SANTOS DE OLIVEIRA	8,2
3. MSc. JAKELINNY MARTINS SILVA	9,5
Média final:	9,2

OBSERVAÇÕES:

Por ser verdade firmamos a presente:

Nome e Assinatura:

1. MILTON LUIZ DA PAZ LIMA

2. BRUNA SANTOS DE OLIVEIRA

3. JAKELINNY MARTINS SILVA

MARCIEL JOSÉ PEIXOTO

**ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE ESCALA DIAGRAMÁTICA PARA
QUANTIFICAÇÃO DE COMPLEXOS FITOSSANITÁRIOS NA SOJA (*Glycine max*)**

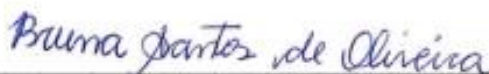
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao IF Goiano-Campus Urutaí, como parte das exigências do Curso de Graduação em Agronomia para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Defendido e aprovado (a) em 09/03/2023.

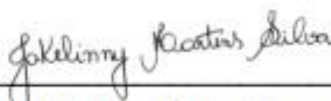
Banca Examinadora



Prof. Dr. Milton Luiz da Paz Lima
Orientador



Prof.(a) Dra. Bruna Santos de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia
Examinador (a)



M.Sc. Jakelinny Martins Silva – Cerrado Consultoria
Examinador (a)

DEDICATÓRIA

Eu, Marciel José Peixoto dedico este trabalho de conclusão de curso primeiramente a Deus que foi a manivela da transformação na minha vida, dedico também ao meu orientador, Milton Luiz da Paz Lima, por todo o apoio e orientação que me concedeu ao longo deste processo. Sua paciência, sabedoria e comprometimento foram fundamentais para que eu pudesse concluir esta etapa da minha formação acadêmica.

Gostaria de dedicá-lo também à minha família, que esteve ao meu lado, me incentivando e me dando suporte. Acredito que mesmo quando não puderam me apoiar e ajudar ainda estavam do meu lado, mesmo que distantes.

Dedico principalmente ao Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, por ser uma instituição de ensino que me apoiou durante toda a minha trajetória.

Aos que duvidaram, gostaria de dedicar cada frase desta obra e agradecê-los imensamente. Foi justamente a descrença de alguns que me deram força e a determinação necessária para persistir e superar todos os obstáculos que surgiram no caminho.

Este trabalho é dedicado a todos vocês, com muito amor e gratidão...

AGRADECIMENTOS

“Os agradecimentos é um dos momentos em que fazemos uma reflexão, momento em que lembramos quem nos ajudou durante a nossa trajetória, agradeço primeiramente a Deus pelo apoio espiritual, a minha família, em especial a minha mãe Divina que me deu apoio do começo ao fim da minha formação, agradeço também imensamente ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí por ter me proporcionado o encontro com pessoas maravilhosas, por me ter aberto as portas, me dado apoio e suporte durante a minha formação.

Não poderia esquecer de cada servidor, terceirizados, os professores que estiveram comigo, tão atenciosos e inteligentes, foi uma honra estar com cada um de vocês. E principalmente aqueles amigos que fizeram parte da minha convivência durante este período, ao pessoal da minha república universitária, sou muito grato pelo apoio de cada um, ao pessoal que esteve comigo no laboratório de Microbiologia e Fitopatologia, obrigado pelo apoio, força e dedicação de todos perante aos nossos trabalhos.

Esses agradecimentos não poderiam terminar sem antes falar da peça chave da minha formação, sem dúvidas sem você nada disso seria possível, você me inspirou a cada momento, me ensinou a fazer coisas além do que minha formação prometia, todo mundo existe uma âncora onde vai, gostaria que o mundo soubesse a pessoa incrível que o senhor é muito obrigado Milton Lima, é e foi um prazer trabalhar com o senhor durante este período, espero que trabalhemos juntos...”

RESUMO

As cultivares de soja no campo em diferentes ambientes expressam potenciais e são afetadas de formas simultâneas e diferenciais por inúmeros agentes fitossanitários, que explicam expressivas perdas de rendimento. O objetivo deste trabalho foi a criação e validação de uma escala diagramática para quantificação de complexos fitossanitários no campo. Na safra 2019/2020 foram fotografados folíolos em diferentes cultivares e estádios fenológicos, representando uma amplitude de danos foliares. A severidade real foi mensurada com a análise de 110 imagens, onde foram construídos algoritmos para determinação da severidade, forma, tamanho, confluência, coloração, entre outros. Os complexos foram discriminados e categorizados como padrões de doenças bióticas e abióticas. A escala considerou os limites de severidade mínima e máxima observados no campo e os níveis intermediários seguindo incrementos logarítmicos, com limite inferior de 0% e superior de 87% de área lesionada. O confronto da severidade observada e real mensurada, e os coeficientes da regressão linear demonstraram que a acurácia e precisão foram consideravelmente satisfatórias, de acordo com os níveis de significância do programa estatístico R. O coeficiente de determinação de todos os avaliadores aumentou, alcançando 0,91, o erro dos avaliadores da severidade fitossanitária, com e sem o uso da escala resultaram em significativas melhoras em 100% dos avaliadores utilizados.

PALAVRAS-CHAVE: Sanidade vegetal. Complexos bióticos e abióticos. Agente causal. Patometria. Severidade.

ABSTRACT

Soybean cultivars in the field in different environments express potential and are affected in simultaneous and differential ways by numerous sanitary plant agents, which explain significant yield losses. The objective of this work was the creation and validation of a diagrammatic scale for quantification of sanitary plant complexes in the field. In the 2019/2020 season, leaflets were photographed in different cultivars and phenological stages, representing a range of leaf damage. The real severity was measured with the analysis of 110 images, where algorithms were built to determine the severity, shape, size, confluence, color, among others. They were discriminated and categorized as patterns of biotic and abiotic diseases. The scale considered the minimum and maximum severity limits observed in the field and the intermediate levels following logarithmic increments, with a lower limit of 0% and an upper limit of 87% of the injured area. Comparing observed and actual measured severity, and linear regression coefficients showed that accuracy and precision were considerably satisfactory according to the significance levels of the statistical program R. The coefficient of determination of all evaluators increased, reaching 0.91, the error of the evaluators of phytosanitary severity, with and without the use of the scale resulted in significant improvements in 100% of the evaluators used.

PALAVRAS-CHAVE: Plant health. Biotic and abiotic complexes. Causal agent. Pathometry. Gravity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1. Elaboração da escala diagramática	15
2.2. Validação da escala diagramática	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4. CONCLUSÕES	21
5. REFERÊNCIAS	22

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L) Merrill - Fabaceae) é uma planta herbácea, da família Fabaceae, cultivada em muitas partes do mundo por sua capacidade de acúmulo proteico, produção de óleos e alimentação animal, ambos destinados à alimentação humana. Desta forma, a cultura tornou-se uma das grandes maiores da cadeia produtiva brasileira e mundial (DHINGRA et al., 2009; SOUZA e BITTENCOURT, 2020).

Os levantamentos realizados pela Companhia Nacional de Abastecimento (2022), demonstraram que em comparação da safra 2019/2020 com a safra 2021/2022 houve aumento da área plantada de 39.195,6 para 40.804,9 mil milhões de ha, representando um 4,1% de incremento. As estimativas da Conab indicam produtividade média de 3.000 kg ha⁻¹ e uma produção total de 122,43 milhões de t, queda de 14,9 % e 11,4 %, respectivamente. A queda na produção de soja só não foi maior em decorrência do aumento de 4,1 % da área semeada, alcançando 40.804,9 milhões de ha nesta safra.

A concentração de produção agrícola no MT, PR, RS e GO, representou 67% da safra nacional de grãos, se destacando em primeiro lugar o MT, com 58 milhões de t, em segundo, PR com 41,5 milhões de t, em terceiro, RS, com 35,3 milhões de t e, em quarto lugar, GO, com 22 milhões de t. Nas últimas sete safras, a área plantada no país cresceu 13 milhões de ha. Isso significou a incorporação média de 1,8 milhão ao ano nesse período (MAPA, 2017).

As identidades genéticas de diferentes cultivares existentes do mercado em diferentes ambientes expressam potenciais produtivos e são afetados de formas diferenciais por inúmeros agentes fitossanitários. As perdas na cultura da soja podem ser causadas por fatores abióticos (déficit hídrico, fitotoxidez, deficiências nutricionais) e/ou bióticos (doenças e pragas) (FONSECA e ARAÚJO, 2015).

As reações de resistência expressas pelas plantas à pragas e doenças podem ser influenciadas por fatores ligadas à cultura, fatores edafoclimáticos, aos agentes bióticos e abióticos. A prevalência e a importância das doenças e pragas variam com a região, a estação, o ano e a cultivar, as doenças na maioria das vezes ocorrem em sinergismo. A resistência genética é um importante componente estratégico, por ser uma tecnologia de baixo custo, além de reduzir a poluição do meio ambiente causada pelo uso indiscriminado de defensivos agrícolas. A obtenção da resistência genética

a doenças torna-se difícil decorrente das variáveis ambientais que as cultivares estão expostas, além da variabilidade patogênica (COSTA, 2008).

Os agentes fitopatogênicos da soja (*G. max*) prejudicam de forma diferencial respondendo o comportamento das cultivares em diferentes ambientes do mundo (SINCLAIR e BACKMAN, 1989). Algumas plantas também expressam resistência ligada a idade na fase de plântulas, tanto para pragas como para doenças (WANG e DAVIS, 1997). Na natureza, a resistência está presente nas grandes maiorias das plantas, a maior parte da resistência explorada pelos melhoristas envolve genes maiores ou principais. Alguns tipos de resistência são temporários, os patógenos possuem a capacidade de adaptar facilmente a estes tipos de resistência, a resistência temporária é invariavelmente do tipo monogênica, e usualmente é do tipo hipersensível e atua sobre patógenos especializados, a raça específica não é causa de uma resistência temporária, mas sua consequência (HILLEN et al., 2006).

A resistência a pragas da soja e a eficácia das cultivares transgênicas vem sofrendo constantes mudanças devido ao mal manejo dessa característica do passado até os tempos atuais (BATES et al., 2005). A expressão dos genes da toxina Cry em soja geralmente ocorre na fase estacionária da célula, fruto do acúmulo do produto da célula-mãe, que foi liberada durante a esporulação, outras culturas transgênicas têm contribuídos para eficiente controle dos danos provocados por pragas e conseqüentemente levado à redução do uso de inseticidas (PARDO-LOPEZ et al., 2012; CRIALESI-LEGORI et al., 2014).

As escalas diagramáticas são representações gráficas dos órgãos com a presença do dano em diferentes graus de severidade, permitindo a quantificação da severidade de doenças e ou pragas. É construída a partir de uma série de amostras sintomáticas, em diferentes níveis de severidade, evitando à subjetividade durante a quantificação. As primeiras estimativas visuais podem expressar valor representativo, no entanto, super ou subestimando o valor real, e entre diferenças entre avaliadores. Podem reduzir a variação de resultados estimados entre avaliadores, e conseqüentemente melhorar a precisão e acurácia. No entanto, a escala deve ser de fácil uso e aplicável a diferentes estádios de desenvolvimento da doença, além de produzir respostas a hipóteses e resultados satisfatórios (AMORIM e BERGAMIN FILHO, 2018).

O uso de escalas diagramáticas proporciona a quantificação de doenças, sendo esta uma das áreas mais importantes da fitopatologia (JAMES, 1974). Podendo ser comparada à etiologia desde que se tenha conhecimento do agente, porém não se quantifica a extensão dos seus danos no hospedeiro (LOURENÇÃO et al., 2005) por não fazer muito sentido. A “incidência” e “severidade” são comumente usados, sendo que a primeira relacionada à porcentagem de plantas doentes ou de partes de plantas doentes, e o segundo refere-se à proporção do volume ou área do tecido apresentando sintomas (JAMES, 1974).

A realização da quantificação por incidência é mais fácil, simples e nem sempre fornece as respostas necessárias. A avaliação da severidade exige que o avaliador adote chaves descritivas, escalas diagramáticas ou análises de imagens digitalizadas computacionais. Escalas diagramáticas são as mais utilizadas atualmente e constituem-se de representações ilustradas de uma série de plantas ou partes de plantas com diferentes níveis de severidade (BERGAMIN FILHO et al., 2018). Não existem métodos de quantificação de pragas e doenças que são baseados em sintomas visando reconhecer as porcentagens de danos provocados por complexos de agentes bióticos e abióticos.

O uso de escalas adaptadas a partir de agentes únicos proporcionam esforços na quantificação de complexos para mais de um padrão causando danos na cultura do feijoeiro (BRAGA et al., 2019), tentativas de reconhecer o efeito de fungicidas em mais de um agente fitossanitário (RIETJENS et al., 2016) e até mesmo estudar estratégias de manejo das interações (complexos) de vírus, insetos vetores e cancro da haste da soja (SOTO-ARIAS 2010).

Assim, o objetivo deste trabalho foi criar e validar uma escala diagramática para quantificação de complexos fitossanitários abióticos (fitotoxidez) e bióticos (pragas e doenças) que afetam as folhas de soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Elaboração da escala diagramática

O experimento foi delineado em DBC (delineamento de blocos casualizados) composto por 4 blocos e 15 tratamentos, totalizando 60 unidades experimentais (parcela 4 x 9 m = 36 m²). Os tratamentos culturais representados pelas adubações de base e cobertura, o controle de pragas e plantas infestantes seguiram o padrão de recomendação indicado para a cultura da soja.

A escala diagramática de complexos fitossanitários foi elaborada a partir de 110 fotografias de sintomas das cultivares de soja 1. CD 2700[®], 2. Única 68i68 RSF Ipro[®], 3. Ouro INT 7100[®], 4. Foco 74i77[®], 5. 95R95 Ipro[®], 6. 96Y90[®], 7. Corumbá[®], 8. Paranaíba[®], 9. Aporé[®], 10. Maracá[®], 11. TEC 7022 Ipro[®], 12. TEC 7548 Ipro[®], 13. CZ36B31 Ipro[®], 14. CZ 26B42 Ipro[®] e 15. CZ 37B19 LL[®], que foram implantadas nos anos agrícolas 2017 e 2018, implantadas na Estação Experimental Semear, Edéia, GO, localizada nas coordenadas de 17° 21' 27" S e 49° 56' 13", com altitude de 570 m.

Os folíolos de soja foram representados por 1000 fotos, pertencentes aos ciclos tardios, médios e precoces em todos os estádios fenológicos da soja, em diferentes níveis de intensidade de severidade e/ou danos pertencentes as características de fitotoxidez, perfurações e manchas necróticas e cloróticas, as fotografias foram capturadas no campo por máquina fotográfica Cannon EOS 4 Rebel T6i formando o banco de dados experimental. As fotografias foram individualmente transferidas para o microcomputador, tomou-se as 110 melhores fotografias de complexos fitossanitários, as que melhor expressassem os níveis de danos e severidade. As fotografias foram tratadas digitalmente para remoção do fundo heterogêneo e implementação de fundo homogêneo, além de algumas edições corretivas de contraste e iluminação para aperfeiçoamento da análise dos folíolos, o programa utilizado para as edições foi o software de edição Adobe Photoshop CS4.

A quantificação da severidade fitossanitária foi realizada pelo software ASSESS 2.0 (The Phytopathological Society, St. Paul, MN, USA), o programa determinou a proporção da severidade real (%) da área comprometida pelos agentes bióticos e abióticos em função da área total da folha. Através destas proporções foi possível determinar o folíolo a severidade real, estabelecendo assim, o limite inferior e o superior da escala diagramática pela variação de severidades observadas.

A proposta de escala apresentou, além das notas de mínimo e máximo, atribuiu-se mais três notas intermediárias de acordo com a acuidade da visão humana, definida pela “lei do estímulo de Weber e Fechner” (HORSFALL e BARRATT, 1945).

2.2. Validação da escala diagramática

A validação da escala pode ser realizada com diferentes números de avaliadores. Silva et al. (2014) constataram a utilização entre 4 e 20 avaliadores, em trabalhos científicos publicados entre 1997 e 2013. Para este trabalho foram utilizados oito avaliadores divididos em dois grupos, em que o primeiro consiste em um grupo inexperiente em quantificação e o outro experiente na quantificação da área lesionada (severidade).

Os dois grupos apresentaram acesso às 110 fotografias com diferentes níveis de severidade e complexo que apresentavam o dano visual a ser quantificado. As fotografias foram avaliadas e atribuídas porcentagens seguindo a relação severidade e área saudável sem o uso do auxílio visual para quantificação. Após 46 horas, ambos os grupos tiveram acesso à proposta de escala construída nesse estudo. Após 48 horas, completado o primeiro teste, eles utilizaram a proposta de escala para quantificar as 110 folhas o qual foram disponibilizadas em ordem diferente do primeiro teste. O processo de validação da escala diagramática foi realizado por estudantes de nível médio técnico, superior, mestrado e doutorado, sendo eles experientes e inexperientes.

A regressão linear simples (avaliações com e sem a escala construída) foi adotada para determinar a acurácia e precisão das estimativas visuais, definindo os mais apropriados modelos de regressão para cada avaliação em relação aos dados de severidade real obtidos no computador.

A acurácia das estimativas de cada avaliador e do conjunto de avaliadores foi determinada pelo teste t aplicado ao intercepto da regressão linear (a), para testar a hipótese $H_0: a = 0$, e ao coeficiente angular da reta (b), para testar a hipótese $H_1: b = 1$, a nível de 5 % de probabilidade, os cálculos estatísticos foram realizados pelo software R. Os avaliadores que estimaram “a” e “b” produziram uma equação de regressão com os parâmetros “a” e “b” não diferindo estatisticamente de 0 e 1, respectivamente, onde foram considerados mais precisos aqueles avaliadores considerados que apresentaram modelo ajustado acima de 90% para R_2 ajustado.

A reprodutibilidade do experimento foi realizada através da função Action[®] no programa de Microsoft Office Excel[®] 2016.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escala diagramática de complexos fitossanitários da soja foi composta por 12 níveis de notas, com limite inferior de 0% e superior de 87% de área lesionada, respectivamente (Figura 1).

A incrementação de níveis logarítmicos de severidade é um caractere das escalas diagramáticas que ficam responsáveis por facilitar a interpolação das estimativas de severidade (GODOY et al., 1997) e logicamente tornar mais eficaz o uso das imagens para avaliação. A vantagem da obtenção de expressões logarítmicas que estimam a severidade está na operacionalidade e conseqüentemente a sua repetibilidade (TROJAN e PRIA, 2018).

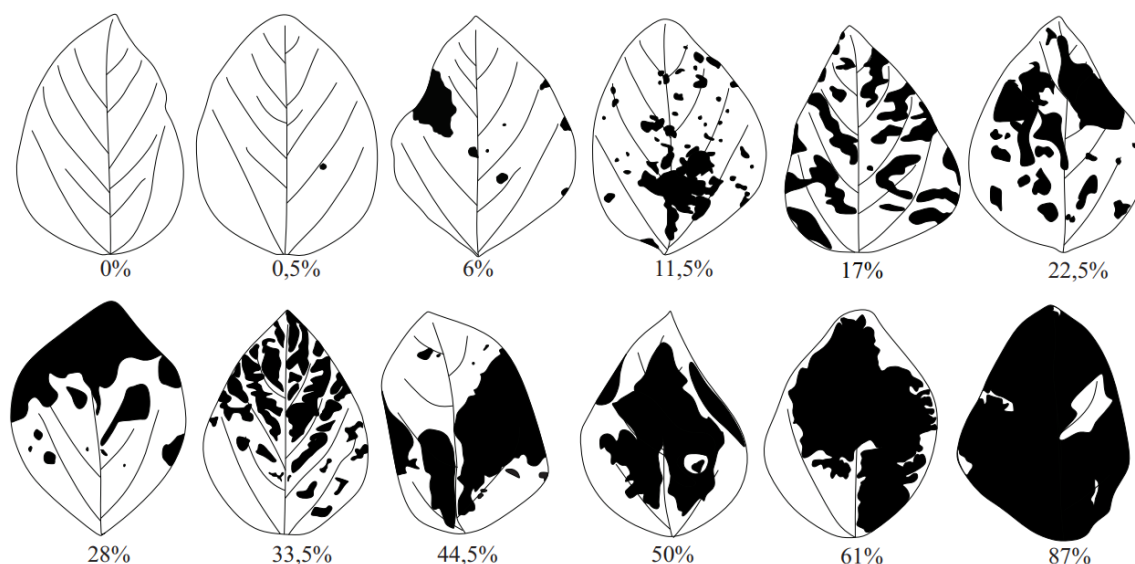


Figura 1. Escala diagramática proposta para os complexos fitossanitários de soja (porcentagem de área foliar coberta com os sintomas). Fonte: Autor

O uso de escalas diagramáticas tem como intuito facilitar a quantificação tanto para produtores e pesquisadores, de modo que seja de fácil uso e aplicação, desta forma tem-se a necessidade de validação.

A avaliação dos folíolos de soja sem o uso do atributo visual de quantificação apresentou variações na média percentual da severidade respondida por cada avaliador, ou seja, os valores percentuais apontados pelos avaliadores não refletiam a realidade e não apresentou uniformidade entre os avaliadores, refletindo

negativamente na acurácia e precisão do processo de quantificação quando comparada com a quantificação realizada pelo software ASSESS 2.0 APS (Figura 2).

A proposta de escala facilitou a quantificação, afunilando os percentuais obtidos por cada avaliador, conseqüentemente aproximando-se das notas com a severidade real, demonstrando melhora na precisão dos avaliadores, constatado pela aproximação do coeficiente de determinação de 1. Os avaliadores obtiveram melhoras significativas na precisão e acurácia, destacando-se os avaliadores 3 e 4 que mais se aproximaram da severidade real ao se observar o coeficiente de determinação (R^2) (Figura 2).

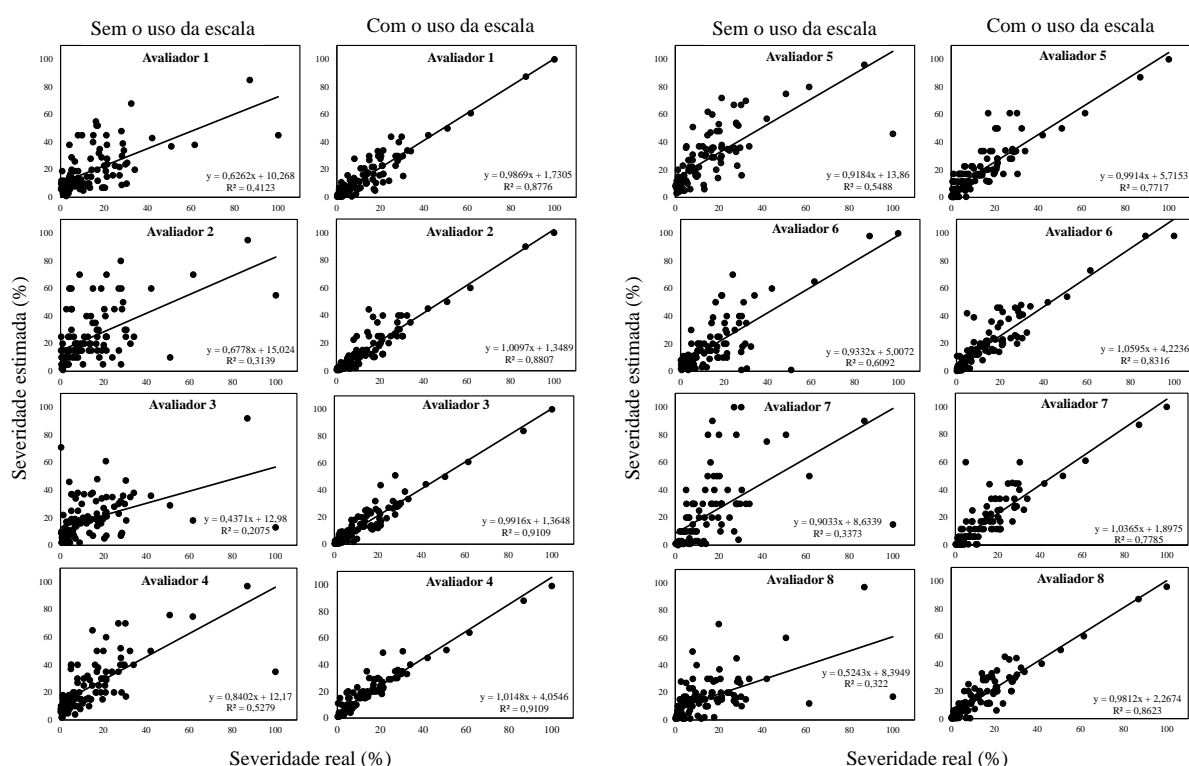


Figura 2. Regressões da severidade realizada pelos oito avaliadores, com e sem o uso da proposta de escala complexos fitossanitários. A linha cheia representa a linha de tendência do modelo linear.

Através dos resultados das avaliações com e sem o auxílio da proposta de escala, tomou-se gráficos de regressão linear (Figura 2) e erro absoluto (Figura 3) para cada avaliador, demonstrando que o uso da proposta de escala refletiu positivamente em todos os avaliadores, reduzindo o erro absoluto e aumentou o coeficiente de determinação.

A precisão é um fator relevante para a validação de uma escala diagramática e define-se como a exatidão de uma determinada operação, onde se há rigor e

refinamento na medida (BERGAMIM FILHO e AMORIM, 1996), na avaliação da precisão dos avaliadores analisou-se os coeficientes de determinação (R^2) obtidos pela regressão linear, sem o uso da proposta de escala todos os avaliadores obtiveram precisão baixa, com variação entre 0,32 a 0,54 de coeficiente, a maior precisão entre os avaliadores foi de 54% do avaliador 5, tendo em vista que avaliadores precisos possuíram coeficientes acima de 90%, os avaliadores 3 e 4 foram os mais precisos dentre os avaliadores ao utilizarem a proposta de escala, e obtiveram ambos 91% de coeficiente de determinação. De modo geral todos os avaliadores tenderam a se aproximarem mais de um, 100%, todavia os avaliadores com o uso da escala com menor precisão de acordo com o coeficiente de determinação foram os avaliadores 5 e 7 com respectivos coeficientes 0,77 e 0,78 (Tabela 1).

Tabela 1 - Estimativas dos parâmetros e coeficientes de determinação (R^2) das equações de regressão linear calculadas entre a severidade real e severidade observada realizada por oito avaliadores, sem e com o uso de escala diagramática, onde respeita a seguinte modelo de equação ($y = a + bx$, em que “y” representou a severidade estimada e “x” severidade real).

Avaliadores	Sem escala			Com escala		
	a	b	R ²	a	b	R ²
1	10,26*	0,62*	0,41	1,73*	0,98 ^{ns}	0,87
2	15,02*	0,67*	0,31	1,34*	1,01 ^{ns}	0,88
3	12,98*	0,43*	0,20	1,36*	0,99 ^{ns}	0,91
4	12,17*	0,84*	0,52	4,05*	1,04 ^{ns}	0,91
5	13,86*	0,91 ^{ns}	0,54	5,71*	0,99 ^{ns}	0,77
6	5,00*	0,93 ^{ns}	0,60	4,22*	1,05 ^{ns}	0,83
7	8,63*	0,90 ^{ns}	0,33	1,89*	1,03 ^{ns}	0,78
8	8,39*	0,52*	0,32	2,26*	0,98 ^{ns}	0,86
\bar{X}	11,22*	0,75*	0,37	2,08*	1,01^{ns}	0,87

Asterisco indicou que o valor da interseção da reta “a” foi diferente de zero pelo teste t ($p \leq 0,05$), ^{ns} (não significativo) indicou que não houve diferença estatística significativa entre “a” e zero pelo teste t ($p = 0,05$).

Asteriscos indicaram que o valor do coeficiente angular da reta de regressão “b” foi diferente de 1 pelo teste t ($p = 0,05$), ^{ns} indicou que não houve diferença estatística significativa entre “b” e um pelo teste t ($p = 0,05$).

A acurácia dos avaliadores foi avaliada através da interpretação dos coeficientes de determinação da equação da regressão linear, os valores atribuídos ao coeficiente do intercepto, coeficiente linear “a”, que significativamente forem diferentes de zero e indicarem valores (>0) o avaliador superestimou a severidade real, em contrapartida subestimativa para valores (<0) da severidade real, em consoância os valores atribuídos ao coeficiente angular “b” da reta diferentes de 1

indicaram superestimativa (>1) ou subestimativa (<1) da severidade real em todos os níveis de intensidade da doença, os valores iguais a 1 ou não significativos, não há super e subestimativa significativa como é perceptível em todos os avaliadores após o uso da proposta visual de escala, anteriormente sem o uso da proposta de escala apenas os avaliadores 5, 6 e 7 obtiveram valores do coeficiente angular próximos de 1 (Tabela 1).

Além do método de estimativa da precisão e acurácia através dos coeficientes da equação e de determinação (R^2), outro método estatístico foi empregado para na validação da escala, sendo o método pela variância do resíduo verificando a homoscedasticidade do modelo em relação a hipótese de que os erros entre o valor observado e o real da severidade tenha média igual a zero e variância constante, considerando a severidade real como variável independente e a severidade estimada como variável dependente (diferença entre severidade estimada e real), quanto mais os valores se aproximarem de zero menor será a diferença entre a severidade estimada e a severidade real (Figura 3). Houve redução nos erros absolutos para as estimativas com o auxílio da escala, ao se comparar com as distribuições dos resíduos das estimativas obtidas sem o uso da escala diagramática.

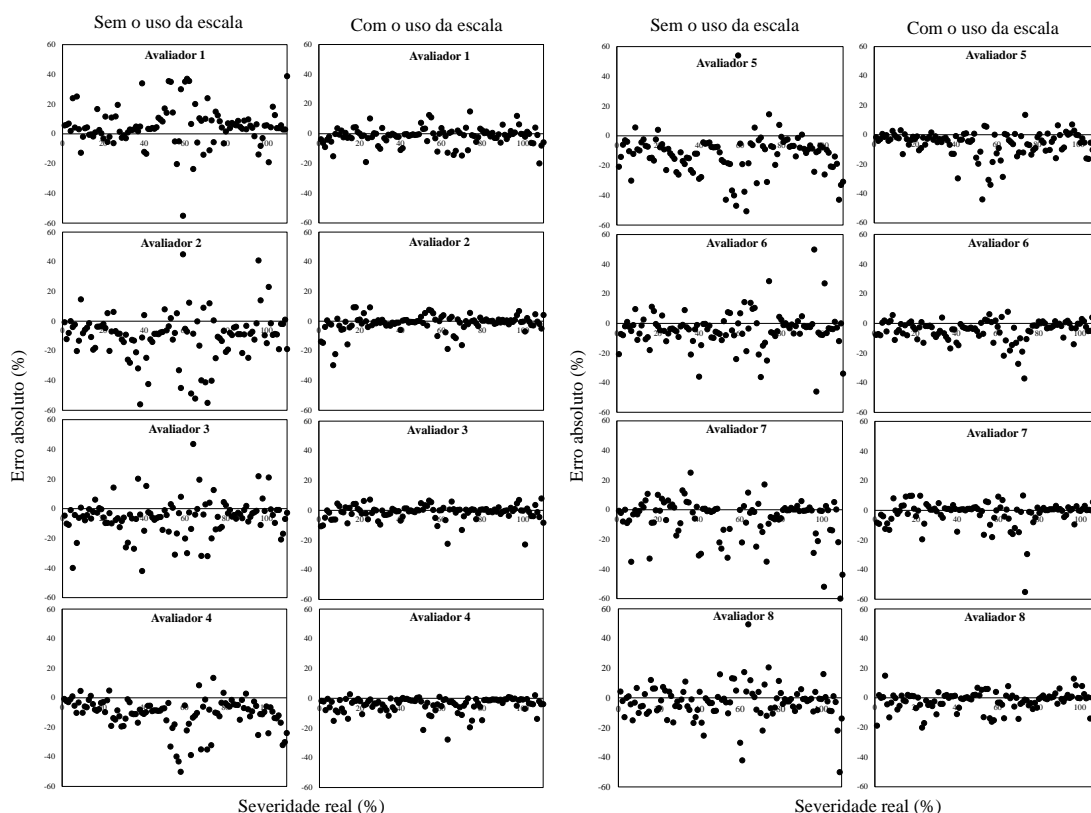


Figura 3. Resíduos das análises de regressão linear entre severidade real e severidades estimadas com e sem o auxílio de escala diagramática para complexos fitossanitários de soja.

A reprodutibilidade das estimativas de avaliadores pode ser utilizada como indicativo de análise da precisão da escala. Em um grupo de diferentes avaliadores segundo Nutter Jr. et al. (1993), os avaliadores que utilizarem a mesma escala e mesmo material devem estimar os mesmos valores de severidade, cuja significância é verificada por meio de regressões lineares entre as severidades estimadas pelos avaliadores, aos pares. A reprodutibilidade do experimento foi verificada do qual obteve-se boa reprodutibilidade de acordo com a sua importância e aplicação.

4. CONCLUSÕES

A escala diagramática proposta para a avaliação da severidade dos complexos fitossanitários bióticos e abióticos da soja, apresentou fácil uso entre os diferentes níveis de severidades, e em diferentes níveis de experiência com a utilização de escalas, proporcionando boa acurácia, precisão e reprodutibilidade das estimativas. Constituindo-se então, mais uma ferramenta para estudos epidemiológicos e de avaliação de estratégias de controle de complexos fitossanitários.

5. REFERÊNCIAS

- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 2018, 5. ed. Ouro Fino, MG: Agronômica Ceres, v. 1. 573 p.
- Bates, S.L., Zhao, J.Z., Roush, R.T., Shelton, A.M. Insect resistance management in GM crops: past, present and future. **Nat. Biotech.** 2005, v. 23, n. 1, p. 57-62.
- BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. 1996, São Paulo: Agronômica Ceres. 299p.
- BRAGA, M.P., REZENDE, L. M., MARTINS, L.B.E., LEMES, N. M., RIETJENS, A. R., PAZ LIMA, M.L. Incidence of base rot and wilt, sanitary severity and influence about seed pathology by cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Arq. Inst. Biol.** 2019, 86:1–12.
- COSTA, J. G. C. Melhoramento para resistência a doenças e pragas do feijoeiro comum. Campinas, IAC, 2008. 3 p. (Documentos, 50).
- CRIALESI-LEGORI, P.C.B.; DAVOLOS, C.C.; LEMES, A.R.N.; MARUCCI, S.C.; LEMOS, M.V.F.; FERNANDES, O.A.; DESIDÉRIO, J.A. Interação de proteínas Cry1 e Vip3A de *Bacillus thuringiensis* para controle de lepidópteros-praga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2014, v. 49, n. 02 [Acessado 23 abril 2022], pp. 79-87. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000200001>>. ISSN 1678-3921. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000200001>.
- DHINGRA, O.D., MENDONÇAS, H.L., MACEDO, D.M. **Doenças e seu controle**. In: Sediyaama, T. (Ed.) Tecnologia de produção e usos da soja. Editora Mecnas. 2009, Londrina, Pr, p. 133-155.
- FONSECA, E.M.S., ARAÚJO, R. C. Fitossanidade, princípios básicos e métodos de controle de doenças e pragas. 2015, Editora Érica - Saraiva.
- GODOY, C.V., CARNEIRO, S.M.T.P.G., IAMAUTI, M.T., DALLA PRIA, M., AMORIM, L., BERGER, R.D.; BERGAMIN FILHO, A. Diagrammatic scales for bean diseases: development and validation. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**. 1997, 104:336-345.
- HILLEN, T.; CEZAR JULIATTI, F.; CASTILHO POLIZEL, A.; TOSHYIUKI HAMAWAKI, O.; HUMBERTO DE BRITO, C. Reacao de genotipos de soja quanto a resistencia ao cancro da pressa. **Revista Biociência**. 2006, Uberlândia, MG, v. 22, n. 1. Disponível

em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6636>. Acesso em: 23 abr. 2022.

HORSFALL, J. G., BARRATT, R. W. An improved grading system for measuring plant disease. (Abstr.) **Phytopathology**. 1945, 35:655.

JAMES, W.C. Assessment of plant diseases and losses. **Annual Review of Phytopathology**. 1974, 12:27 - 48.

LOURENÇÃO, A.L., BRAGA, N.R., MIRANDA, M.A.C., RECO, P.C., FUGI, C.G.Q., PEREIRA, J.C.V.N.A. Avaliação de danos de insetos e de severidade de oídio em genótipos de soja. **Bragantia**. 2005, 64(3):423–433.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - quatro estados concentram quase 70% da produção de grãos do país. 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/tecnologia-no-cultivo-de-soja-estimulou-mecanizacao-de-outras-culturas>> Acesso em: 12 de Abril de 2019.

NUTTER JÚNIOR., F. W.; GLEASON, M. L.; JENCO, J. H.; CHRISTIANS, N. C. Assessing the accuracy, intra-rater repeatability, and inter-rater reliability of disease assessment systems. **Phytopathology**. 1993, St. Paul, v. 83, n. 8, p. 806 - 812.

PARDO-LOPEZ, L.; SOBERON, M.; BRAVO, A. *Bacillus thuringiensis* insecticidal three-domain Cry toxins: mode of action, insect resistance and consequences for crop protection. **FEMS Microbiol. Rev.** 2012, p. 1 - 20.

REZENDE, P. M., CARVALHO, E. A. Avaliação de cultivares de soja [*Glycinemax* (L.) Merrill] para o sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**. 2007, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1616-1623.

RIETJENS, A. R., DECLOQUEMENT, J., FONSECA, R. A. E ciência da pulverização de combinações químicas no controle de complexos de doenças. **Mais Soja**. 2016, p.1–13.

SILVA, S. F; GUIMARAES, A. M.; CANTERI, M. G. Determinação de modelo estatístico para meta-análise na validação da escala diagramática usando o ambiente R. Congresso Sul Brasileiro de Computação. 2014, v. 4.

SINCLAIR, J.B.; BACKMAN, P.A. Compendium of Soybean Diseases. **Third Ed. The American Phytopathological Society Press**. 1989, St. Paul, Minnesota USA, 206 pp.

SOTO-ARIAS, J. P. Interactions among viruses, insect vectors and the *Phomopsis* complex in soybean, and effects of integrated management strategies by. 2010, Dissertação de Mestrado, Iowa State University, Ames, Iowa.

SOUZA, K. A.; BITTENCOURT, G. M. Avaliação do crescimento das exportações brasileiras de soja em grão. **Revista de Política Agrícola**.2020, v. 28, n. 4, p. 48.

SOUZA, R.; AMBROSINI, A.; PASSAGLIA, L.M.P. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. **Genetics and Molecular Biology**. 2015, 38, 4, 401-419.

TROJAN, D. G.; PRIA, M. D. Validação de escala diagramática para quantificação da severidade da antracnose da folha do milho. **Summa Phytopathologica**. 2018, v. 44, n. 1, p. 56 - 64.

WANG, H.; DAVIS, R. M. Susceptibility of selected cotton cultivars to seedling disease pathogens and benefits of chemical seed treatments. **Plant Disease**. 1997, v.81, p.1085 - 1088.