



Seção: Protocolo nº 2

Avaliação visual de severidade da mancha-amarela do trigo com auxílio de escala diagramática

DOI: 10.47328/stft.v1i23436

Ricardo Gomes Tomáz^{1*}
Mary Paz Romero Benavides²
Emerson Medeiros Del Ponte³

¹ Eng. agr., MSc., UFV, Viçosa - MG

² Eng. agr., UFV, Viçosa - MG

³ Eng. agr., DSc., UFV, Viçosa - MG

*Autor de comunicação:
Ricardo Gomes Tomáz
ricardo.tomaz@ufv.br

Este documento descreve o desenvolvimento, a validação e as orientações de uso de uma escala diagramática para auxílio à quantificação visual da severidade da mancha-amarela do trigo causada por *Pyrenophora tritici-repentis*. Os diagramas foram elaborados a partir de folhas sintomáticas, coletadas em parcelas experimentais, as quais foram digitalizadas e analisadas por meio de técnicas de processamento de imagens para a estimativa da severidade. Com base nesses valores, foram selecionadas oito imagens, que foram transformadas em duas cores, e com severidade variando de 1,2% a 86%. A validação foi conduzida, em imagens de folhas reais em computador, com 28 avaliadores sem experiência prévia com a doença, comparando estimativas realizadas sem e com o auxílio da escala. Os resultados indicaram que o uso da escala melhorou a acurácia das estimativas e a reprodutibilidade entre avaliadores. Recomendações padronizadas para o uso da escala são apresentadas visando apoiar estudos epidemiológicos e de avaliação de medidas de controle especialmente no campo.



Introdução

O trigo (*Triticum aestivum*) é um importante cereal para o desenvolvimento animal e humano em todo o mundo (Shewry, 2009). Entretanto, a produtividade dessa cultura pode ser afetada por doenças foliares, em especial a mancha-amarela causada pelo fungo necrotrófico *Pyrenophora tritici-repentis*, responsável por reduzir áreas fotossinteticamente ativas e, consequentemente, a biomassa foliar do trigo (Cook et al., 2024). A sintomatologia da doença é caracterizada por pequenas lesões elípticas nas folhas, que posteriormente evoluem para necroses com coloração marrom e halo amarelo (Figura 1) (Laribi et al., 2024).



Figura 1. Sintomas típicos da mancha-amarela em folhas-bandeira do trigo (foto à direita) em condições de campo, em experimentos na Universidade Federal de Viçosa, onde as folhas foram coletadas para elaboração de uma escala diagramática. Fotos à esquerda por Dirceu Gassen.

Estudos recentes demonstram que a doença pode reduzir cerca de 24% do rendimento esperado do trigo (Cook et al., 2024). Consequentemente, estratégias de manejo devem ser aplicadas e avaliadas a campo, com o objetivo de prevenir ou

retardar o avanço da doença (Lukosiute-Stasiukoniene et al., 2024). Para doenças foliares, a avaliação quantitativa é usualmente feita com base na estimativa da severidade da doença, ou seja, a área percentual da folha exibindo os sintomas (Madden et al., 2007). Contudo, estimativas visuais, sem apoio de ferramentas específicas podem, frequentemente, dependendo da experiência do avaliador, levar a erros de avaliação (Del Ponte et al., 2024). Para a quantificação mais acurada e precisa da severidade da doença, várias estratégias têm sido propostas e, dentre elas, destacam-se as escalas diagramáticas, que consistem em ilustrações de plantas, folhas, frutos ou outras partes sintomáticas da doença, usadas para auxiliar durante as avaliações de severidade (Del Ponte et al., 2017).

Diante desse contexto, esta publicação tem como objetivo disponibilizar uma escala diagramática validada para a quantificação da severidade da mancha-amarela do trigo, bem como descrever um protocolo de boas práticas de uso padronizado em experimentos de campo.

Procedimentos de elaboração e validação

As folhas sintomáticas foram coletadas aleatoriamente em parcelas experimentais de trigo conduzidas sob condições naturais de epidemia em uma área na Universidade Federal de Viçosa (UFV), Campus Viçosa. A coleta contemplou diferentes cultivares de trigo, totalizando cerca de 300 folhas com a maior variação possível de severidade. Até 24 horas após a coleta das folhas, estas foram digitalizadas com uma resolução de 300 dpi.

As imagens foram analisadas visualmente em um programa de edição de imagem para identificar as porções sadias e sintomáticas na imagem, as quais foram combinadas individualmente para a formação das paletas de cores de cada classe, além da cor branca (fundo da imagem). Essas imagens das paletas são necessárias para a estimativa do

percentual da área sintomática da folha na imagem utilizando-se o pacote *pliman* do R (Olivoto, 2022). Com base nos valores preditos, e nas boas práticas para o desenvolvimento de escalas diagramáticas (Del Ponte et al., 2017), foram selecionadas oito imagens de folhas com severidade

variando de 1,2% a 86%, sendo quatro diagramas até 10% e mais quatro até o valor máximo, para a construção da escala diagramática (Figura 2).

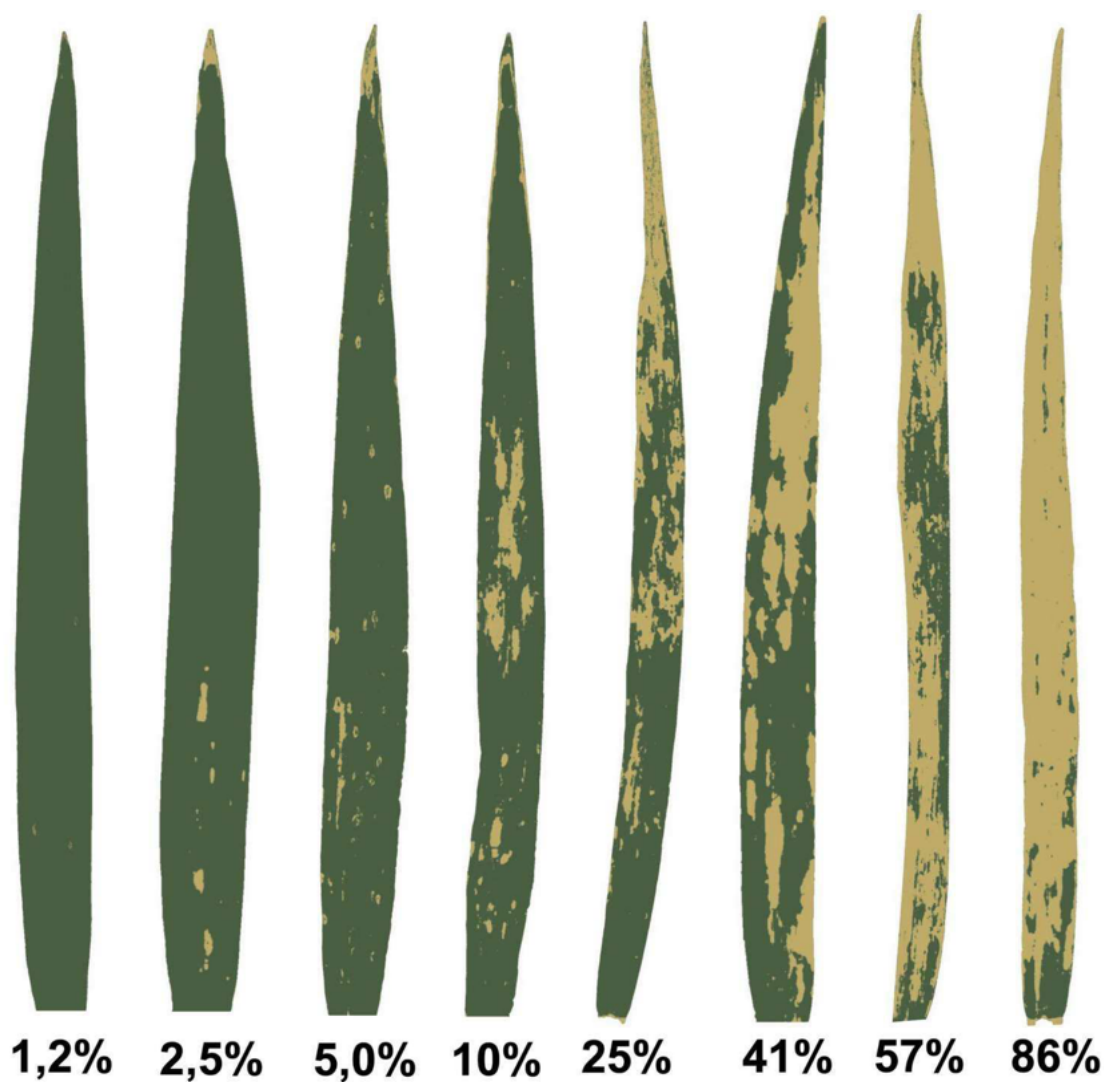


Figura 2. Escala diagramática de severidade percentual da mancha-amarela do trigo. As regiões com coloração castanho-claro representam as áreas lesionadas pela doença, enquanto que áreas de coloração verde-escuro correspondem aos tecidos sadios do trigo. Os números abaixo das folhas indicam a porcentagem de área sintomática.

Para a validação, 40 folhas foram selecionadas e incluídas individualmente em dois formulários *Google*, um para uma primeira avaliação sem auxílio, seguido de outro para avaliação com o auxílio da escala. A validação foi feita com 28 avaliadores sem experiência em estimar a severidade da mancha-amarela do trigo. Nos formulários, as 40 folhas foram apresentadas em ordem aleatória, em um tempo de 3 segundos por folha, sendo o processo realizado presencialmente, em um computador, sob supervisão.

A concordância das estimativas, a qual se refere à uma métrica de proximidade geral dos valores estimados à severidade real, foi calculada, para cada avaliador, nas duas etapas de validação, com base no coeficiente de correlação de concordância (CCC) de Lin. Essa é uma medida multiplicativa da precisão (coeficiente de correlação de Pearson) com uma medida de viés generalizado (Lin, 1989; Madden et al., 2007). Além disso, foram calculadas a reprodutibilidade, ou o quanto os avaliadores concordam entre si, por meio do coeficiente de correlação de concordância geral (CCCG) (Barnhart et al., 2002).

Os resultados obtidos confirmam que o uso da escala diagramática proporciona melhorias consistentes nas estimativas visuais com valores superiores de precisão e concordância comparados às avaliações sem a escala, especialmente, enquanto que o viés generalizado foi similar (Figura 3). Além disso, o uso da escala proporcionou uma reprodutibilidade superior (CCCG = 0,91; IC95%: 0,87 - 0,94), comparada a sem o auxílio (CCCG = 0,77; IC95%: 0,69 - 0,84). Ambas as análises confirmam que o uso da escala diagramática resulta em aumento da acurácia, precisão e reprodutibilidade.

Orientações para uso

A escala diagramática foi desenvolvida para a avaliação visual mais padronizada da severidade da

mancha-amarela do trigo, em condições de campo. As orientações a seguir podem auxiliar os avaliadores quando da sua utilização em experimentos de avaliação de medidas de controle:



Primeiramente, confirmar que os sintomas avaliados correspondem à mancha-amarela do trigo. Em caso de dúvidas, preparar lâminas para confirmar a presença dos conídios (*Pyrenophora tritici-repentis*)

No caso de uma avaliação única, durante a fase de florescimento da cultura, amostrar, sem destacar as folhas das plantas, pelo menos 10 folhas de cada terço de plantas escolhidas de maneira aleatória, em dois metros nas duas linhas centrais da parcela experimental.





Em cada folha, atribui-se um valor de severidade percebida visualmente tendo-se os níveis da escala como referência para interpolação entre dois níveis. A severidade da parcela será a média dos valores das 30 folhas individuais avaliadas por parcela.

Se as avaliações forem feitas quando da detecção dos primeiros sintomas, tomar nota do dia da detecção e da incidência com base no número de plantas sintomáticas em 20 plantas selecionadas ao acaso no interior da parcela.





Se o objetivo for obter curvas de progresso da severidade, avaliações devem ser feitas em intervalos de pelo menos sete a 10 dias posteriores à detecção, tomando-se nota do dia após o plantio ou emergência e do estágio de desenvolvimento.

Sempre que necessário o avaliador poderá complementar o uso da escala com um treinamento prévio de calibração no programa Trainer2 (<https://delponte.shinyapps.io/traineR2/>)



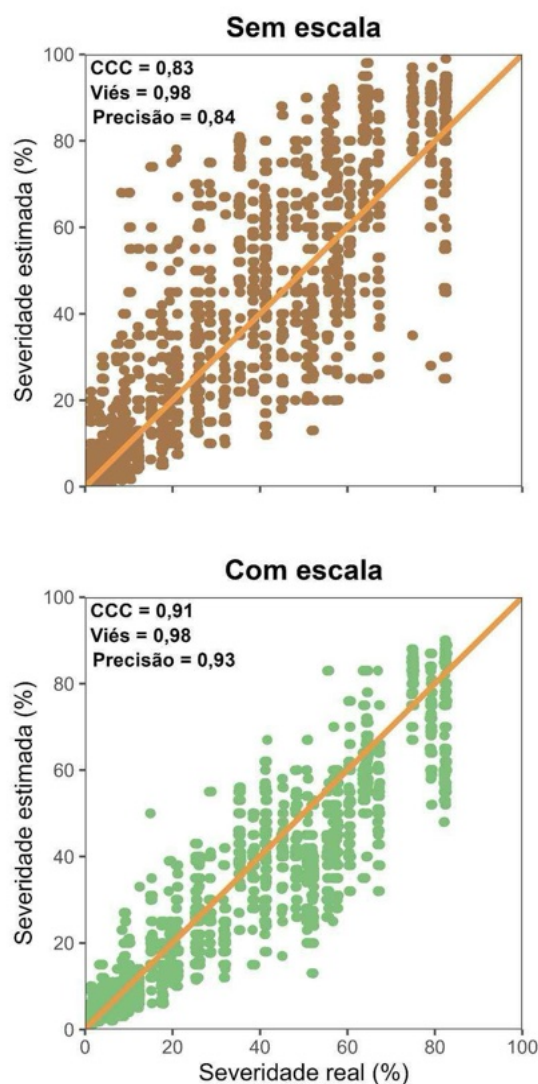


Figura 3. Relação entre a severidade real e a estimada da mancha-amarela sem e com auxílio da escala diagramática. Cada ponto representa uma avaliação individual por 28 avaliadores, e as linhas indicam a relação 1:1, ou a concordância perfeita.

Aplicações

A escala pode ser utilizada em ensaios de eficiência de fungicidas, estudos epidemiológicos e de progresso temporal da doença, avaliação de resistência genética, quando essa é baseada na severidade, em programas de melhoramento,

monitoramento da mancha-amarela em sistemas de produção e atividades de ensino e extensão rural. Na versão online são disponibilizados: imagem da escala diagramática em alta resolução e planilha modelo para registro de dados em campo.

Agradecimentos

Agradecimentos a Laís R. Oliveira e Marcelo H. O. Gonçalves pelo suporte durante a coleta das folhas.

Material suplementar: paleta de cores do sintoma e área sadia; 40 folhas utilizadas na validação; código em R. Disponível em: https://tomazrg.github.io/paper-SAD_tan_spot_wheat/

Referências

- BARNHART, H. X.; HABER, M.; SONG, J. Overall concordance correlation coefficient for evaluating agreement among multiple ob-servers. **Biometrics**, v. 58, n. 4, p. 1020–1027, 2002.
- COOK, M. J.; EDWARDS, J.; RODONI, B.; MCLEAN, M. S.; SANTA, I. M.; HOLLAWAY, G. J. Grain yield and quality losses caused by tan spot in wheat cultivars in Australia. **PhytoFrontiers**, v. 4, n. 2, p. 223-235, 2024.
- DEL PONTE, E. M.; PETHYBRIDGE, S. J.; BOCK, C. H.; MICHEREFF, S. J.; MACHADO, F. J.; SPOLTI, P. Standard area diagrams for aiding severity estimation: scientometrics, pathosystems, and methodological trends in the last 25 years. **Phytopathology**, v. 107, n. 10, p. 1161-1174, 2017.
- DEL PONTE, E. M.; MAHLEIN, A. K.; BOCK, C. H. Plant disease quantification. In: OLIVER, R. P. (Ed.). *Agrrios' Plant Pathology*. 6. ed. Cambridge, MA: Academic Press, p. 45–78, 2024.
- LARIBI, M.; ABOUKHADDOUR, REEM.; STRELKOV, S. E. Tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) of wheat: A Minireview. **Plant Health Cases**, CABI, 2024.
- LIN, L. I. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. **Biometrics**, v. 45, n. 1, p. 255–268, 1989.
- LUKOSIUTE-STASIUKONIENE, A.; ALMOGDAD, M.; SEMASKIENE, R.; MACIULYTE, V. Crop Density and Sowing Timing Effect on Tan Spot Occurrence in Spring Wheat. **Agriculture**, v. 14, n. 8, p. 1284-1296, 2024
- MADDEN, L. V.; HUGHES, G.; VAN DEN BOSCH, F. *The Study of Plant Disease Epidemics*. St Paul, MN, USA: APS Press, 2007.
- OLIVOTO, T. Lights, camera, pliman! An R package for plant image analysis. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 13, n. 4, 789-798, 2022.
- SHEWRY, P. R. Wheat. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 6, p. 1537–1553, 2009.



STFT - Protocolo nº 2
Fevereiro 2026
DOI: 10.47328/stft.v1i23436
Publicação digital (PDF)
ISSN 3086-4933
Normalização: Fabio Jaderson Miguel Reis CRB-6/3030
Diagramação: Ana Carolyne C. de Carvalho
Imagem de capa: Marcelo H. Gonçalves
Imagem de contra-capas: Matthew Gibson
Editor responsável: Henrique S. S. Duarte
Revisores: Cheila Sbalcheiro e Caroline Wesp Guterres
Local de edição: Viçosa, MG, Brasil

Declaração de responsabilidade:

O conteúdo deste documento é de inteira responsabilidade dos autores, não refletindo necessariamente a posição institucional da RFT ou das entidades apoiadoras.

A seção Protocolo da *Séries Técnicas Fitossanidade Tropical* contém documentos normativos e instrucionais, descrevendo procedimentos padronizados, métodos experimentais, critérios estatísticos e recomendações técnico-metodológicas resultados de ensaios experimentais, observações de campo e informações aplicadas sobre fitossanidade.

Comissão Editorial:

Emerson M. Del Ponte (Presidente), Adriano A. P. Custódio, Fabiano Perina, Franklin J. Machado, Eugenio E. Oliveira, Marcelo T. Castro, Mauricio Meyer, Caroline Wesp Guterres, Henrique S. S. Duarte, Ricardo Alcántara-de la Cruz e Vítor Carvalho R. de Araujo.

Website: <https://periodicos.ufv.br/STFT>

Rede Fitossanidade Tropical (RFT) 2026.

Distribuído sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), permitindo uso, compartilhamento e adaptação do conteúdo, desde que citada a fonte original.