

Santo Antônio de Goiás, GO / Novembro, 2024



## Metodologia para ranqueamento de genótipos de feijoeiro quanto à severidade das doenças podridão-radicular-seca e murcha de *Fusarium*

Alexandre Bryan Heinemann<sup>(1)</sup>, Paulo Augusto de Oliveira Gonçalves<sup>(2)</sup>, Edson Giovanni Kochinski<sup>(3)</sup>, Rodrigo Yoiti Tsukahara<sup>(3)</sup>, Helio Antonio Wood Joris<sup>(3)</sup>, David Henriques da Matta<sup>(4)</sup>, Luís Fernando Stone<sup>(1)</sup> e Murillo Lobo Junior<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Pesquisadores, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, <sup>(2)</sup> Estudante de graduação da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, <sup>(3)</sup> Pesquisadores, Fundação ABC, Castro, PR. <sup>(4)</sup> Professor, Universidade Federal de Goiás, Goiânia GO.

**Resumo** – O feijão-comum é afetado por várias doenças que reduzem a sua produtividade. Dentre essas estão a podridão-radicular-seca e a murcha de *Fusarium*, causadas pelos fungos *Fusarium solani* e *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, respectivamente. A quantificação dessas doenças é baseada na fenotipagem de plantas mediante a avaliação da severidade das doenças. Neste estudo, as severidades foram estimadas de maneira visual, por meio de notas atribuídas conforme a frequência de plantas com sintomas na parte aérea (raquitismo, murchas) em consequência das infecções que ocorrem nas raízes, considerando que não há outras causas para esses sintomas. Este trabalho propõe uma metodologia de classificação que represente o nível de severidade para a podridão-radicular-seca e a murcha de *Fusarium*, com a finalidade de recomendar cultivares. Para isso, utilizou-se uma base de dados, com as notas máximas das doenças, obtidos nos municípios de Arapoti e Castro, PR. De acordo com os critérios estabelecidos na análise aplicada para ambas doenças, três classes foram estabelecidas, baixa, média e alta, de acordo com a severidade das doenças. Essa classificação permite ranquear o genótipo como resistente ou suscetível, auxiliando o programa de melhoramento de plantas.

**Termos para indexação:** fitopatometria, aprendizado de máquina, *Phaseolus vulgaris* L.

## Methodology for ranking of common bean genotypes regarding the severity of dry root rot and *Fusarium* wilt diseases

**Abstract** – Several diseases that reduce its productivity affect common bean. Among these diseases are dry root rot and *Fusarium* wilt, caused by the fungi *Fusarium solani* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, respectively. The quantification of these diseases is based on the phenotyping of plants through the assessment of disease severity. In this study, the severities were visually estimated, through scores attributed according to the frequency of plants with symptoms in the shoot (rickets, wilting) because of infections that occur in the

### Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462, Km 12, Zona Rural  
Caixa Postal 179  
75375-000 Santo Antônio de  
Goiás, GO  
www.embrapa.br/arroz-e-feijao  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

#### Comitê Local de Publicações

Presidente

Isaac Leandro de Almeida

Membros

Ana Lúcia Delalibera de Faria,  
Luís Fernando Stone, Newton  
Cavalcanti de Noronha Júnior,  
Tereza Cristina de Oliveira Borba

Edição executiva e revisão de texto  
Tereza Cristina de Oliveira Borba

Normalização bibliográfica  
Ana Lúcia Delalibera de Faria  
(CRB-1/324)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Fabiano Severino

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

roots, considering that there are no other causes for these symptoms. This work proposes a classification methodology that represents the severity level for dry root rot and *Fusarium* wilt, in order to recommend cultivars. For this, a database was used, with the maximum scores of the diseases, obtained in the municipalities of Arapoti and Castro, PR. According to the criteria established in the analysis, applied to both diseases, three classes were established, low, medium and high, according to the severity of the diseases. This classification allows ranking the genotype as resistant or susceptible, helping the plant breeding program.

**Index terms:** phytopathometry, machine learning, *Phaseolus vulgaris* L.

## Introdução

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a leguminosa mais importante para consumo direto no mundo, e uma espécie essencial para a segurança alimentar e nutricional na África e na América Latina (Beebe et al., 2012). Sua importância decorre por ser uma fonte barata de proteínas, carboidratos, fibras e minerais, o que o torna um alimento básico para populações de países em desenvolvimento (Broughton et al., 2003; Fageria et al., 2013).

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão-comum e teve uma produção de aproximadamente 2,5 milhões de toneladas em 2023 (Conab, 2024). Entretanto, problemas bióticos, como doenças, ocorrem em todas as regiões produtoras e afetam a produtividade do feijoeiro ao longo dos anos. Dentre essas doenças que contribuem para a redução da produtividade estão a podridão-radicular-seca e a murcha de *Fusarium*. Os fungos causadores dessas doenças, *Fusarium solani* e *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*, respectivamente, atacam os plantios em todas as regiões representativas para a cultura, e são responsáveis por perdas significativas na produtividade de grãos. Os sintomas relacionados à podridão-radicular-seca são, no estágio inicial (germinação), o surgimento de estrias finas, de cor marrom, no sentido do comprimento das raízes. Essas lesões se expandem e formam uma área necrosada marrom-avermelhada, sem margens definidas. As raízes mais finas, geralmente, são destruídas e, com o sistema radicular deteriorado, as plantas não absorvem adequadamente água e nutrientes (Oliveira et al., 2018; Wendland et al., 2018). Já na murcha de *Fusarium*, o fungo também invade as raízes e se desenvolve no seu interior. Plantas jovens podem ser infectadas, mas geralmente os sintomas

aparecem a partir do florescimento. As plantas começam a murchar nas horas mais quentes do dia e se recuperam no final da tarde. O sistema vascular das plantas pode ficar escuro e, em alta umidade, há a formação de estruturas reprodutivas do fungo no colo da planta. Com a evolução da murcha, ela se torna irreversível; as folhas amarelecem e caem, resultando na morte da planta (Oliveira et al., 2018; Wendland et al., 2018).

O diagnóstico correto das doenças do feijão-comum é um elemento imprescindível para o manejo integrado de doenças em todos os sistemas produtivos, para que os danos à cultura e as perdas na produção sejam minimizadas. Entre as medidas de controle, a mais eficaz é o emprego de cultivares resistentes (Pereira et al., 2011). Antes do lançamento de novas cultivares, uma rede formada por empresas agrícolas e cooperativas recebem dos diversos programas de melhoramento do feijoeiro cultivares e linhagens para serem testadas nas suas respectivas regiões quanto à sua resistência às doenças que afetam a cultura. A quantificação das doenças em parcelas experimentais geralmente é baseada na avaliação visual da sua severidade. Em geral, a severidade é estimada pela área da unidade de amostragem (parcela experimental) afetada pela doença como porcentagem ou proporção de toda a área (Nutter et al., 1991). Apesar da sua precisão questionável (é uma estimativa) e trabalhosa, medições de severidade podem ser aperfeiçoadas com escalas adequadas e treinamento de avaliadores (Bock et al., 2022), e proporcionar para qualquer patossistema boa correlação entre danos e produtividade. Essas avaliações podem ser também qualitativas, quando os limites entre intervalos da escala são utilizados para atribuir classes quanto à reação às doenças, tais como resistente e suscetível.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma metodologia estatística para classificar cultivares/linhagens de feijoeiros quanto à severidade da podridão-radicular-seca e da murcha de *Fusarium* e facilitar a sua recomendação nas regiões de estudo. Esta publicação contribui para o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 "Fome zero e agricultura sustentável".

## Material e métodos

Para o desenvolvimento de um método estatístico que permita, de maneira simples, o ranqueamento de cultivares em relação aos diferentes níveis de severidade de doenças causadas por espécies de *Fusarium*, foi utilizada uma base de dados composta por nove experimentos de campo, abrangendo

cinco safras (2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2019/2019 e 2020/2021) conduzidos em dois municípios, Arapoti (2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021) e Castro (2015/2016, 2019/2020 e 2020/2021), no estado do Paraná. Esse conjunto de dados observado pertence a um grupo de cooperativas. Na Tabela 1 consta o número de genótipos por safra e cidade.

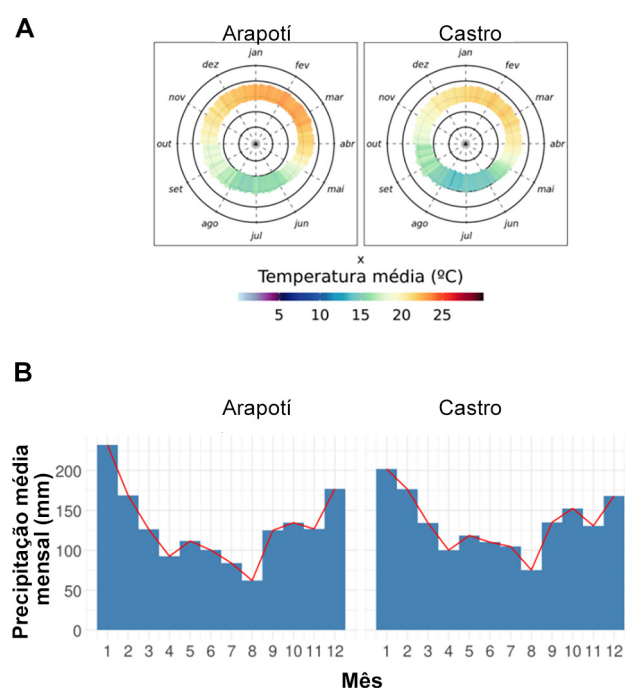
**Tabela 1.** Número de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizado por safra/município.

Safra	Município	Número de genótipos
2015/2016	Castro	33
2015/2016	Arapoti	43
2016/2017	Arapoti	31
2017/2018	Arapoti	40
2018/2019	Arapoti	30
2019/2020	Arapoti	27
2019/2020	Castro	24
2020/2021	Arapoti	27
2020/2021	Castro	24

Ambas as cidades encontram-se sob a influência do tipo climático Cfb de Köppen, que enquadra-se na faixa mesotermal, na qual a temperatura média do mês mais frio varia entre 18 e  $-3^{\circ}\text{C}$ , denominado de temperado úmido, com verões frescos, geadas severas demasiadamente frequentes e sem estação seca. A precipitação média encontra-se dentro da faixa de 1.400 a 1.600 mm anuais (Fasolo et al., 2002). O solo predominante é da classe Latossolo Vermelho. A caracterização climática para as variáveis temperatura e precipitação são ilustradas na Figura 1.

Os tratamentos foram compostos por genótipos, que se alteraram com a mudança de safra. O delineamento foi em blocos ao acaso, com parcelas compostas por uma linha de 5 m de comprimento, e três ou quatro repetições, conforme o experimento. Os fatores avaliados foram cultivares e severidade da podridão-radicular-seca e da murcha de *Fusarium*. Para evitar a interferência de doenças foliares, sem afetar as doenças radiculares, nos experimentos foi feita a prevenção de doenças foliares com fungicidas sintéticos (Mertin 400; Nativo; Amistar Top; Isatalonil 500 SC; Opera Ultra; Fox; Ampligo; Nimbus; Premio; Lannate BR; Engeo Pleno S; Intrepid 240 SC; Oberon; Belt e Pirate) registrados no MAPA, pulverizados por quatro vezes ao longo do ciclo da cultura. As sementes foram tratadas com

o inseticida fipronil ( $250\text{ g L}^{-1}$ ) na dosagem equivalente a 200 mL por 100 kg de sementes. Foi utilizada nos experimentos a semeadura direta sobre palhada de cereais de inverno e adubação de cobertura com  $150\text{ kg ha}^{-1}$  de ureia, entre a semeadura e o terceiro trifólio, com plantas secas e boa umidade do solo. O plantio ocorreu sempre no mês de dezembro, exceto para o experimento na cidade de Arapoti, na safra 2019/2020, que foi instalado em janeiro de 2020. A adubação e tratamentos culturais seguiram as recomendações técnicas para a região dos Campos Gerais no Paraná, e os experimentos, conduzidos sem uso de irrigação. Não houve avaliação de produtividade dos genótipos.



**Figura 1.** Caracterização climática dos municípios Arapoti e Castro, no estado do Paraná: (A) temperatura média e (B) precipitação média mensal. Linha vermelha indica a densidade.

As avaliações de campo tiveram início a partir da visualização dos primeiros sintomas, independente do genótipo, e a partir dessa data realizadas semanalmente. As avaliações consideraram como ocorrência da podridão-radicular-seca as plantas sintomáticas (plantas definhando, raquíticas, eventualmente com morte precoce) durante a fase vegetativa da cultura, até o terceiro trifólio (estágio V4). Quando necessário, a incidência da doença era confirmada pelo sistema radicular afetado, excluindo-se o ataque de insetos (pragas). A partir do florescimento, a ocorrência de sintomas de murcha e morte de plantas foi atribuída à murcha de *Fusarium*, em avaliações feitas até o período de formação de vagens (R7).

As notas de severidade de doenças variaram de 0 (sem sintoma) a 10 (máxima severidade considerada a morte das plantas), conforme a frequência de plantas sintomáticas dentro de cada parcela. Salientamos que nenhuma escala diagramática foi utilizada pelos técnicos responsáveis pelas avaliações no campo. Apesar da avaliação das doenças ser semanal, ao fim do ciclo da cultura, somente é armazenada a nota máxima para cada genótipo e respectiva doença. A partir do primeiro sintoma foram realizadas seis avaliações semanais para cada doença.

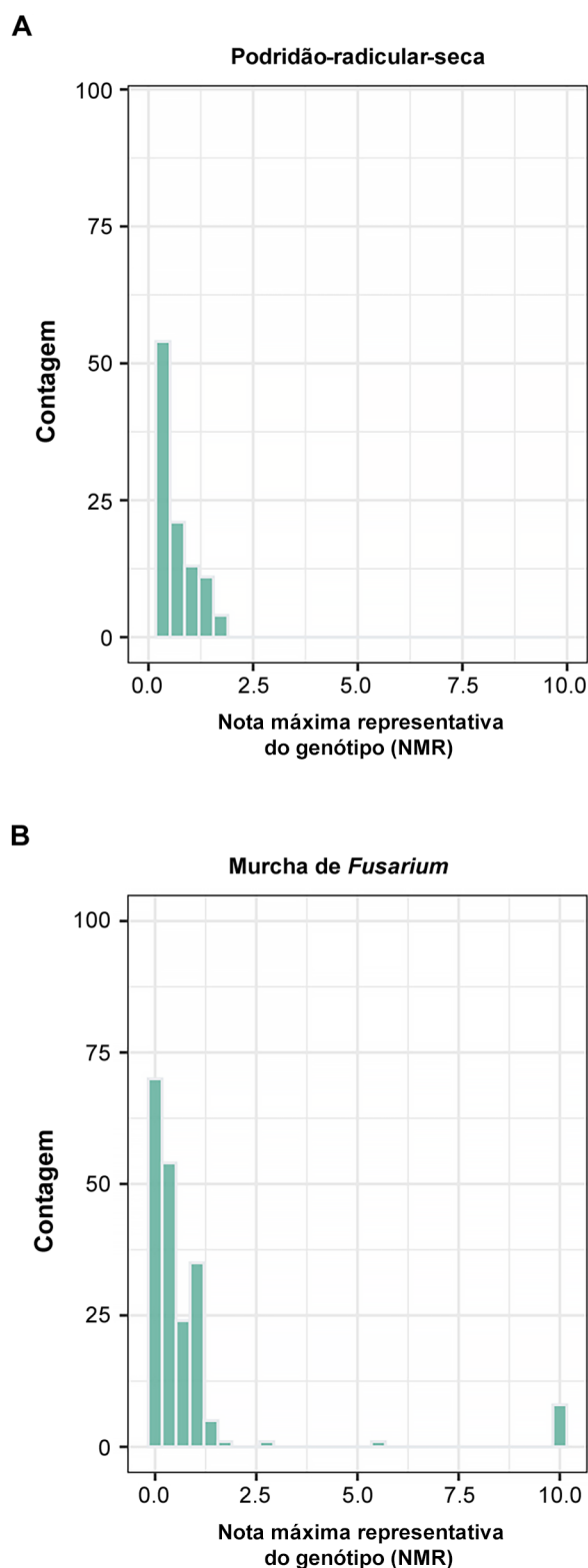
Para tratar o efeito da variação inerente as repetições (parcelas) observadas da podridão-radicular-seca e da murcha de *Fusarium* para um determinado genótipo, em um experimento realizado em um município e safra, optou-se por adotar a média das notas máximas obtidas nas repetições (parcelas) como sendo a nota máxima representativa para um determinado genótipo observado em um município e safra, denotado por NMR (nota máxima representativa). Assim, aplicou-se primeiramente uma análise preliminar descritiva sobre as notas máximas das doenças, utilizando toda a base de dados disponível (nove ensaios de campo). Após a análise descritiva foi proposto a utilização de um método de aprendizado de máquina não supervisionado, a fim de se obter uma escala de classificação que melhor representasse o nível de severidade. O algoritmo de aprendizado “k-means” foi aplicado para os valores de NMR. A similaridade entre quaisquer dois pontos nos dados observados foi quantificada por meio da distância Euclidiana (Hartigan; Wong, 1979). Para determinar o número ótimo de grupos para classificação utilizou-se como critério uma função baseada na soma dos quadrados intra e entre grupos e também a experiência dos avaliadores. Nas análises estatísticas foi utilizada a linguagem de programa R, v. 4.2.1 (R Core Team, 2022).

## Resultados e discussão

A distribuição das notas máximas representativas (NMR) dos genótipos, para ambas as doenças, está ilustrada nas Figuras 2A e 2B.

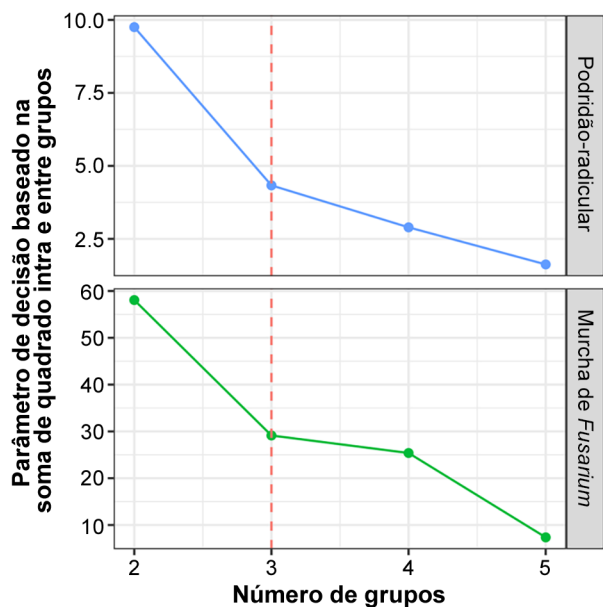
Para os cinco anos de avaliações, há a predominância de notas abaixo de 1, o que significa baixa severidade, tanto para a podridão-radicular-seca quanto para a murcha de *Fusarium*. Somente para murcha de *Fusarium*, no qual os sintomas se iniciam tardiamente (florescimento) comparado com a podridão-radicular-seca, observou-se

valores de severidade igual a 10, ou seja, a morte da planta.



**Figura 2.** Histograma para as notas máximas representativas de severidade (NMR) para (A) podridão-radicular-seca e (B) murcha de *Fusarium*, respectivamente nos estádios V4 (terceira folha trifoliolada aberta) e R7 (formação de vagens) do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.).

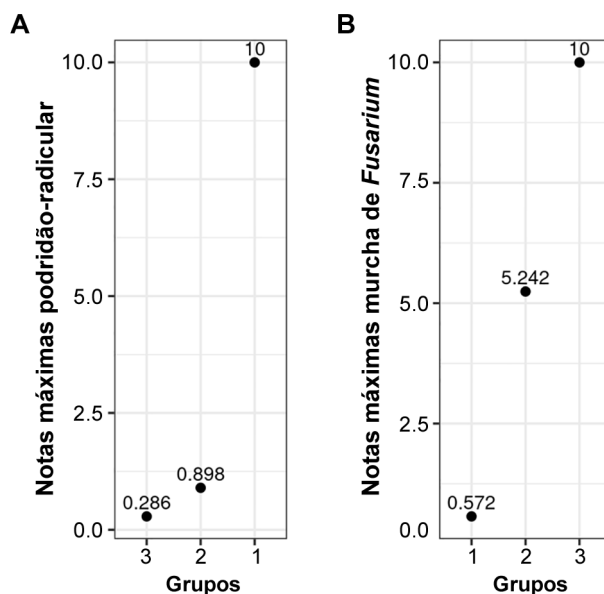
Neste estudo, o número de grupos para a classificação adotado foi três. Conforme descrito em Materiais e Métodos, o mesmo foi baseado na soma de quadrado intra e entre grupos (Figura 3) e na experiência dos avaliadores, que sugeriram um número máximo de três grupos.



**Figura 3.** Gráfico de cotovelo baseado na soma de quadrados intra e entre grupos para as doenças do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) podridão-radicular-seca e murcha de *Fusarium*. A linha tracejada vermelha indica o número ótimo de grupos adotado.

Os limites para mudança de grupo, para as duas doenças, estão ilustrados nas Figuras 4A para a podridão-radicular-seca e Figura 4B para a murcha de *Fusarium*. Conforme as respectivas NMR, os genótipos passaram a ser classificados como baixa severidade, média severidade e alta severidade, de acordo com as faixas de notas de severidade apresentada na Tabela 2 e Figura 5. Essa proposta de classificação considera que um determinado genótipo, dependendo do município e da safra, pode apresentar diferentes níveis de severidade (baixa, média e alta), que varia anualmente em função das condições ambientais e manejo das áreas de plantio. Devemos salientar que essa classificação não se refere a resistência do genótipo a doenças, atribuição dos programas de melhoramento vegetal

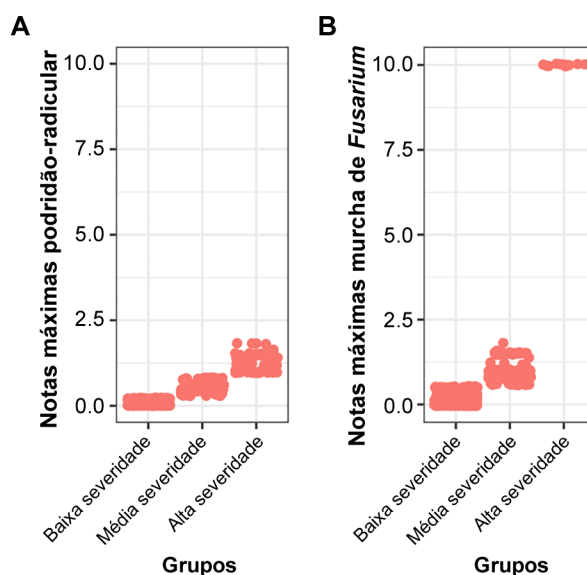
Exemplos de aplicação do método desenvolvido neste estudo, como o ranqueamento de genótipos de acordo com o nível de severidade de doenças radiculares, estão ilustrados na Figura 6, para as safras 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018. A metodologia proposta neste estudo também foi aplicada em um programa de ranqueamento de genótipos para doenças que está em desenvolvimento (Figura 7).



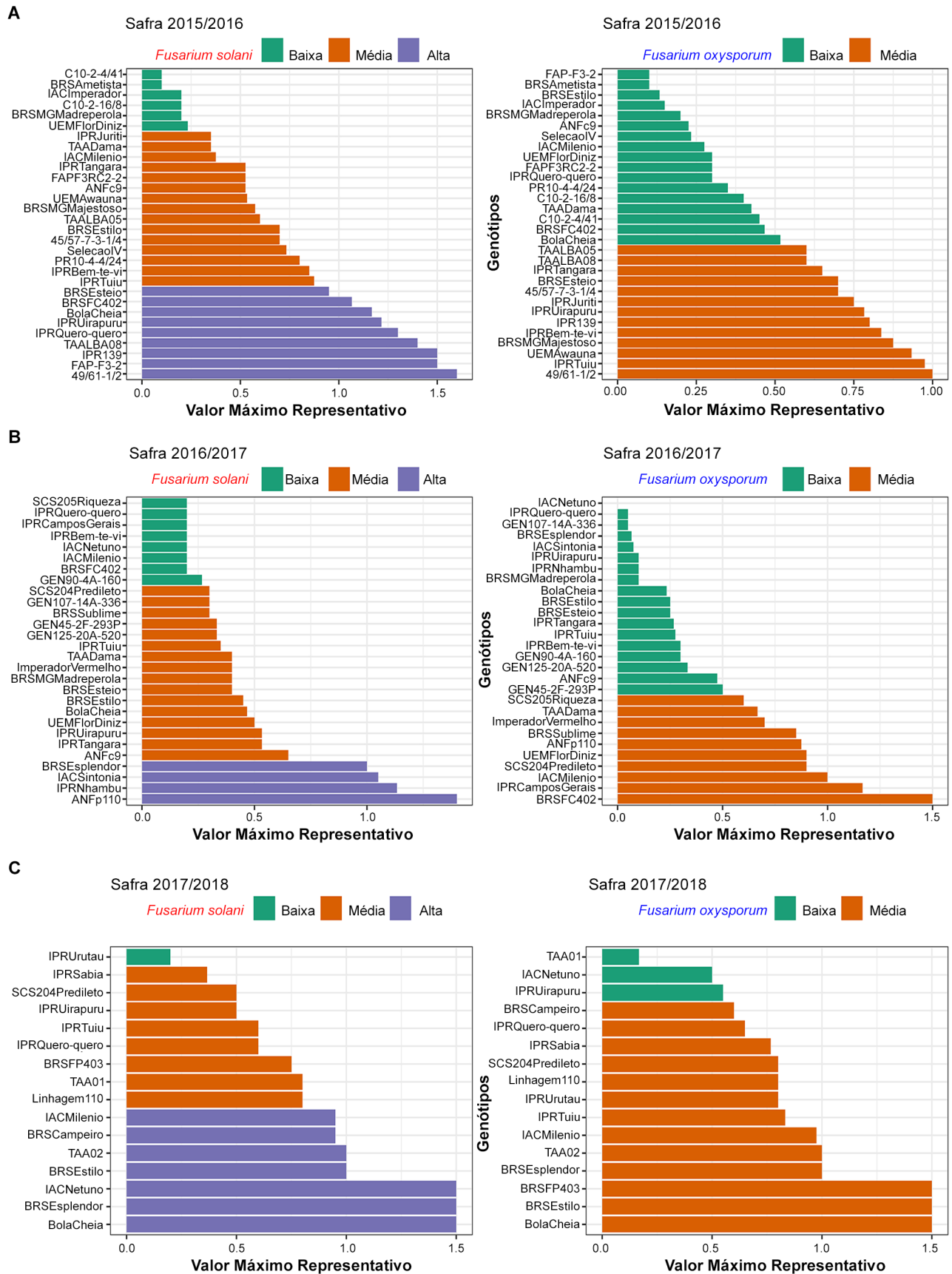
**Figura 4.** Os números indicam o limite máximo de notas para cada grupo para (A) podridão-radicular-seca e (B) murcha de *Fusarium* conforme a severidade de doença.

**Tabela 2.** Valores dos limites superiores e inferiores para os níveis de severidade, baixa severidade, média severidade e alta severidade, para as doenças podridão-radicular-seca e murcha de *Fusarium*.

Níveis severidade	Podridão-radicular-seca		Murcha de <i>Fusarium</i>	
	Limite Inferior	Limite Superior	Limite Inferior	Limite Superior
Baixa	0	0,286	0	0,572
Média	> 0,286	0,898	> 0,572	5,242
Alta	> 0,898	10	> 5,242	10



**Figura 5.** Distribuição dos valores de notas atribuídas para a severidade de doenças para cada grupo para (A) podridão-radicular-seca e (B) murcha de *Fusarium*.



**Figura 6.** Ranqueamento dos genótipos referente aos níveis de severidade, baixa, média e alta, para as doenças podridão-radicular-seca (*Fusarium solani*, gráficos a esquerda) e murcha de *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*, gráficos a direita) e para as safras (A) 2015/2016, (B) 2016/2017 e (C) 2017/2018.

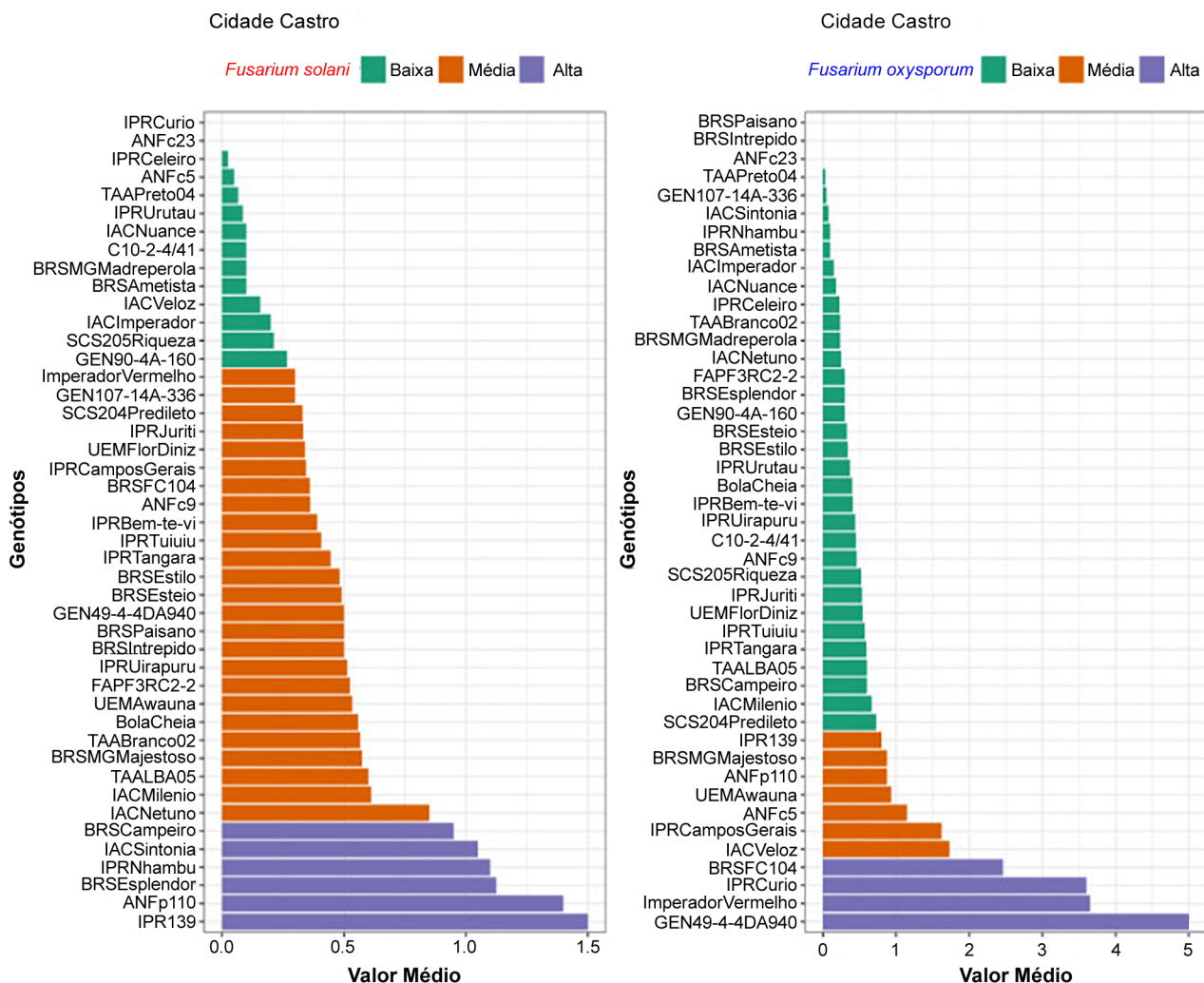


Figura 7. Aplicativo em desenvolvimento para ranqueamento de genótipos para as doenças podridão-radicular-seca (*Fusarium solani*, gráficos a esquerda) e murcha de *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*, gráficos a direita).

Há outras formas de se avaliar a severidade de doenças radiculares, como a escala de notas de Abawi e Pastor-Corrales (1990), que ranqueia a severidade também por meio de notas. Esse método permite a avaliação detalhada de raízes, o que é evidentemente importante, mas pode apresentar problemas de repetibilidade (Chaudhary et al., 2006). No presente estudo, considerou-se que a avaliação da parte aérea das plantas é um reflexo dos danos ou saúde das raízes, evitando-se erros de ensaios de campo com medidas influenciadas pela perda de raízes finas que apodrecem ao longo do ciclo da cultura e limites incertos entre tecidos saudios e doentes.

A escolha de uma escala para avaliação de doenças depende de vários fatores, como o patossistema. No caso de doenças sistêmicas causadas por *Fusarium*, as escalas ordinais qualitativas são recomendadas, de acordo com a ocorrência de sintomas relativamente amorfos, conforme Bock et al.

(2022). A avaliação dos genótipos em campo considera também que as plantas respondem à adubação nitrogenada de cobertura com o lançamento de novas raízes, saudias, fazendo com que as plantas suportem melhor os danos que possam já ter ocorrido. Além disso, a condução dos ensaios que evitou a ocorrência de outras causas de variação perceptíveis, mais o treinamento de avaliadores são fatores essenciais para se garantir uma base de dados confiável para rotinas de campo ou desenvolvimento de novas metodologias de avaliação.

Esse conjunto de cuidados endossa a qualidade dos experimentos e da base de dados utilizada para a avaliação não-paramétrica, sendo esta capaz de classificar os genótipos de feijão-comum em três classes diferentes. A avaliação de genótipos pelo algoritmo de aprendizado “k-means” e sua aplicação sobre os valores de nota máxima representativa (NMR) também facilita a identificação de grupos quando suas notas são muito próximas, e se

adequa bem às atividades de pesquisa conduzidas nos Campos Gerais do Paraná. Entretanto, salientamos que novos experimentos serão avaliados no futuro para testar a metodologia aplicada.

## Conclusões

- 1) De acordo com os critérios definidos, foram formados três grupos de severidade, baixa, média e alta, para a podridão-radicular-seca e a murcha de *Fusarium* e estabelecidos os respectivos limites para mudança de grupo.
- 2) Segundo esta proposta de classificação, um determinado genótipo, dependendo do município e safra, pode ser classificado em diferentes níveis de severidade.

## Referências

- ABAWI, G. S.; PASTOR-CORRALES, M. A. **Root rots of beans in Latin America and Africa**: diagnosis, research methodologies, and management strategies. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1990. 114 p. (CIAT. Publication, 35).
- BEEBE, S.; RAO, I.; MUKANKUSI, C.; BURUCHARA, R. Improving resource use efficiency and reducing risk of common bean production in Africa, Latin America, and the Caribbean. In: HERSHEY, C.; NEATE, P. (ed.). **Eco-efficiency: from vision to reality**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2012. p. 117-134.
- BOCK, C. H.; CHIANG, K-S.; DEL PONTE, E. M. Plant disease severity estimated visually: a century of research, best practices, and opportunities for improving methods and practices to maximize accuracy. **Tropical Plant Pathology**, v. 47, n. 1, p. 25-42, Feb. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40858-021-00439-z>.
- BROUGHTON, W. J.; HÉRNANDEZ, G.; BLAIR, M.; BEEBE, S.; GEPTS, P.; VENDERLEYDEN, J. Bean (*Phaseolus* spp) - model food legumes. **Plant and Soil**, v. 252, n. 1, p. 55-128, May 2003. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1024146710611>.
- CHAUDHARY, S.; ANDERSON, T.R.; PARK, S.J.; YU, K. Comparison of screening methods for resistance to *Fusarium* root rot in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Phytopathology**, v. 154, n. 5, p. 303-308, May 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2006.01097.x>.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos - safra 2023/24. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 8 abr. 2024.
- FAGERIA, N. K.; MELO, L. C.; OLIVEIRA, J. Nitrogen use efficiency in dry bean genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 36, n. 14, p. 2179-2190, Oct. 2013. <https://doi.org/10.1080/01904167.2013.836225>.
- FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; POTTER, R. O.; BOGNOLA, I. A.; BHERING, S. B.; MARTORANO, L. G. **Caracterização dos solos do Município de Castro, PR**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 88 p. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 9).
- HARTIGAN, J. A.; WONG, M. A. Algorithm AS 136: a k-means clustering algorithm. **Journal of the Royal Statistical Society. Series C**, v. 28, n.1, p. 100-108, 1979. DOI: <https://doi.org/10.2307/2346830>.
- NUTTER, F. W.; TENG, P. S.; SHOKES, F. M. Disease assessment terms and concepts. **Plant Disease**, v. 75, n. 11, p.1187-1188, Nov. 1991.
- OLIVEIRA, L. F. C. de; OLIVEIRA, M. G. de C.; WENDLAND, A.; HEINEMANN, A. B.; GUIMARÃES, C. M.; FERREIRA, E. P. de B.; QUINTELA, E. D.; BARBOSA, F. R.; CARVALHO, M. da C. S.; LOBO JUNIOR, M.; SILVEIRA, P. M. da; SILVA, S. C. da. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 61 p.
- PEREIRA, M. J. Z.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A de F. B. Reação de linhagens de feijoeiro ao fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* em condições controladas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 5, p. 940-947, set./out. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000500011>.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 20 dez. 2022.
- WENDLAND, A.; LOBO JUNIOR, M.; FARIA, J. C. de. **Manual de identificação das principais doenças do feijoeiro-comum**. Brasília, DF : Embrapa, 2018. 49 p.





Ministério da  
Agricultura e Pecuária