

CIRCULAR TÉCNICA

212

Pelotas, RS  
Agosto, 2020

# Caracterização da Resistência de Genótipos de Arroz Irrigado ao Pé-preto (*Gaeumannomyces graminis*) em Condições de Campo

Cley Donizeti Martins Nunes  
Valácia Lemes da Silva-Lobo



## Caracterização da Resistência de Genótipos de Arroz Irrigado ao Pé-preto (*Gaeumannomyces graminis*) em Condições de Campo<sup>1</sup>

O pé-preto, também conhecido por mal-do-pé, causado pelo fungo *Gaeumannomyces graminis* var. *Graminis* (Ggg) é uma doença emergente na cultura do arroz no Brasil, especialmente no sistema de cultivo irrigado.

A doença ocorre nos EUA, Japão, Filipinas, Índia (Datnoff; Lentini, 2003), Cuba (Martines et al., 2014) e Venezuela (Cardona et al., 1995). No Brasil, os primeiros relatos de mal-do-pé foram observados em Unaí (MG), Palmeira (GO), Itaberaí (GO), Santo Antônio de Goiás (GO), Umaitá (AM) e posteriormente em Lagoa da Confusão, (TO) (Prabhu; Filippi, 2002) e por último no Rio Grande do Sul (Nunes, 2008).

O sintoma característico da doença é a coloração marrom-escura ou preta das lesões na bainha, na base do colmo, no primeiro e segundo nós e entrenós das plantas, as quais podem coalescer e se desenvolver em todo o colmo. As raízes das plantas afetadas apresentam necroses de coloração preta, resultando em alguns casos na morte da planta (Prabhu; Filippi, 2002; Nunes, 2013). Nas lavouras acometidas, a doença desenvolve-se em reboleira, com coloração verde mais escuro, afetando com baixa severidade algumas plantas, caracterizadas por folhas com pontas amareladas. Com o tempo, pode acarretar o amadurecimento rápido dos grãos e até a morte dos perfilhos, dependendo da fase de desenvolvimento da planta, na época da ocorrência da infecção. Muitas vezes, os sintomas são confundidos com os da podridão-de-colmo, causada por *Sclerotium oryzae* (Nunes, 2013).

A espécie conhecida como *G. graminis* possui quatro variedades, incluindo *G. graminis* var. *maydis*, *G. graminis* var. *avenae*, *G. graminis* var. *tritici* e *G. graminis* var. *graminis*. Cada uma dessas variedades tem grupo de hospedeiros diferentes. *G. graminis* var. *tritici* é o principal causador do mal-do-pé no trigo, cevada, triticale e centeio, mas não é capaz de infectar a aveia. *G. graminis* var. *avenae*, além destes hospedeiros mencionados, também infecta aveia. *G. graminis* var. *maydis* frequentemente ocorre no milho e *G. graminis* var. *graminis* ocorre em vários hospedeiros, como: *Cynadon* spp., *Chloris* spp., *Pennisetum* spp., *Stenotaphrum* spp., *Axonopus* spp., *Echinochloa crusgalli*, *Brachiaria plantaginea*, *Eleusine indica*, *Cenchrus echinatus*, *Digitaria horizontalis*, cereais de inverno (trigo, aveia, centeio cevada e triticale), sorgo, milho e milheto. Esses podem viabilizar a sobrevivência do patógeno para posteriormente infectar o arroz, (Freeman; Ward, 2004; Peixoto, 2006; Khanahmadi et al., 2016). No entanto, segundo Yeates et al. (1986) citado por Mathre (2000), há isolados específicos de *G. graminis* var. *tritici* na Austrália, que também podem infectar aveia, *Avena sativa*.

O fungo caracteriza-se por macro-hifas septadas, que crescem longitudinalmente sobre as regiões dos colmos e raízes afetadas. Os peritécios são escuros, esféricos formados nas bainhas das plantas e produzidos abundantemente no tecido do hospedeiro. A maioria das ascas, que contêm oito ascósporos, alongadas e clavadas, apresentam um anel apical distinto. Os ascósporos são hialinos, filiformes com três a cinco septos (Ou, 1985; Prabhu; Filippi, 2002).

Durante o período de entressafra, o *G. graminis* var. *graminis* sobrevive saprofiticamente nos restos de cultura, e é disseminado pelas chuvas e vento, tornando-se a fonte principal de inóculo para safra seguinte. A quantidade de inóculo viável que permanece no solo pode ser reduzida na ausência de cultivar suscetível ou mediante rotação de culturas, sendo esses manejos suficientes para reduzir a severidade da doença a um nível insignificante para próxima safra (Freeman; Ward, 2004).

A severidade do mal-do-pé no trigo é maior em modelos de semeadura mais adensado e a dispersão ocorre até 15 cm de distância do ponto de incidência da doença (Gosme; Lucas, 2011). Segundo esses autores, na literatura, a distância é no máximo de 19 cm (10 cm em média). O fungo, *G. graminis* var. *tritici*, pode reduzir

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS; Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO.

o comprimento das raízes e dos colmos, consequentemente seu peso fresco e seco em cultivares de trigo suscetíveis (Khanahmadi et al., 2016).

Nas raízes das plantas de arroz, o fungo *Ggg* coloniza inicialmente as células epidérmicas, exodérmicas e esclerênquima. Aos 15 dias após a inoculação (DAI), pode observar no córtex grupos de peritécios. Aos 20 DAI, atinge o cilindro central, e há uma intensa colonização na base do colmo, resultando na formação de um tapete de micélio nas superfícies adaxial e abaxial das bainhas foliares. Aos 25 DAI, pode observar micélio nas células do parênquima, feixes vasculares e nos aerênquimas. Aos 30 DAI, os peritécios já emergiram na base dos perfilhos e da primeira bainha da folha. A presença de micélios e peritécios nas raízes e na palha do arroz transforma em potenciais fontes de inóculo para arroz e outras espécies de gramíneas (Hawerth et al., 2017).

O uso de cultivares resistentes é o eficiente método de controle de muitas doenças, mais barato e de fácil utilização pelos produtores de arroz. Outras vantagens são a menor agressão ao meio ambiente e, consequentemente, segurança ao consumidor, e além de se evitar contaminações devido ao uso de defensivos agrícolas, que nem sempre são utilizados de forma correta ou conforme as recomendações técnicas.

Para o arroz irrigado poucos trabalhos têm sido realizados visando conhecer a suscetibilidade e as fontes de resistência ao pé-preto. É necessário aprimoramento e uniformização da metodologia de avaliação, para que permitam identificar genótipos que apresentem a resistência à doença. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar e identificar a reação de resistência ou tolerância dos genótipos do programa de melhoramento de arroz irrigado da Embrapa ao pé-preto (*Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*).

## Material e Métodos

O trabalho foi realizado na Embrapa Clima Temperado, na Estação de Terras Baixas (ETB), localizada no município de Capão do Leão, RS, na safra agrícola de 2016/2017.

O experimento de campo foi instalado no delineamento de blocos ao acaso com dez repetições. Os tratamentos constituíram-se em 51 genótipos de arroz irrigado oriundos do programa de melhoramento genético do arroz irrigado da Embrapa. A semeadura foi realizada em 21/11/2016 em parcelas constituídas de três fileiras de plantas com 2,0 m de comprimento, espaçadas em 0,175 m.

Para adubação de base foram aplicados 250 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula de 05(N)-25(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)-25(K<sub>2</sub>O) kg ha<sup>-1</sup>. A adubação de cobertura foi fracionada em duas partes, sendo a primeira de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, em solo seco, antes da entrada da água para inundação, com três a cinco folhas (V3/V5), e a outra na mesma dosagem na diferenciação do primórdio floral (R0/R1). As demais práticas culturais foram adotadas conforme as recomendações técnicas para a cultura do arroz (Reunião, 2018).

O isolado virulento de *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, procedente de Humaitá no Estado do Amazonas, da Coleção de Microrganismos Multifuncionais e Fitopatogênicos, da Embrapa Arroz e Feijão, conservados em papel de filtro esterilizado em freezer (-25°C), foi usado para inocular as plantas. A multiplicação do fungo foi realizada em placas contendo meio de BDA (batata, dextrose e agar) e mantida na temperatura de 25 °C sob o regime de luz e escuro de 12 horas. Para as inoculações nas bainhas das folhas, nas fases de perfilhamento/emborrachamento (R2), foi utilizado o método de palitos de dentes colonizado pelo fungo. O palito infestado foi inserido na bainha da penúltima folha dos 10 perfilhos da linha central de cada parcela em 16/02/2017.

A avaliação da severidade da doença foi realizada na última fase de maturação das plantas, medindo o comprimento da lesão no perfilho (da base até a máxima extensão da lesão) e altura do perfilho (da superfície do solo até a ponta da panícula). Posteriormente, com esses dados foi estimado o tamanho relativo da lesão (TRL) em relação à altura de planta, ou seja, o desenvolvimento vertical da doença pela fórmula: TRL = [comprimento da lesão no perfilho (cm) / altura da planta (cm)] x 100.

Com base nos tamanhos relativos das lesões foram dadas as notas de acordo com a escala: 0 – não se observou infecção; 1 – lesões limitadas abaixo de 20% da altura da planta; 3 – 20% a 30%; 5 – 31% a 45%; 7 – 46% a 65%; 9 – acima de 65% da altura da planta, conforme IRRRI (2013).

Estimou-se o grau de dano foliar (GDF), adaptando-se a fórmula de Ono (1953) citado por Ou (1985), sendo:  $GDF = (X_0 + X_1 + X_3 + X_5 + X_7 + X_9) / N$ , sendo que  $X_0$  é o número de perfilhos da classe representada por 0% de lesões, sem sintomas, consequentemente,  $X_9$  é o número de perfilhos da classe representada com lesões acima de 65% da altura da planta e N é o número total de perfilhos avaliados.

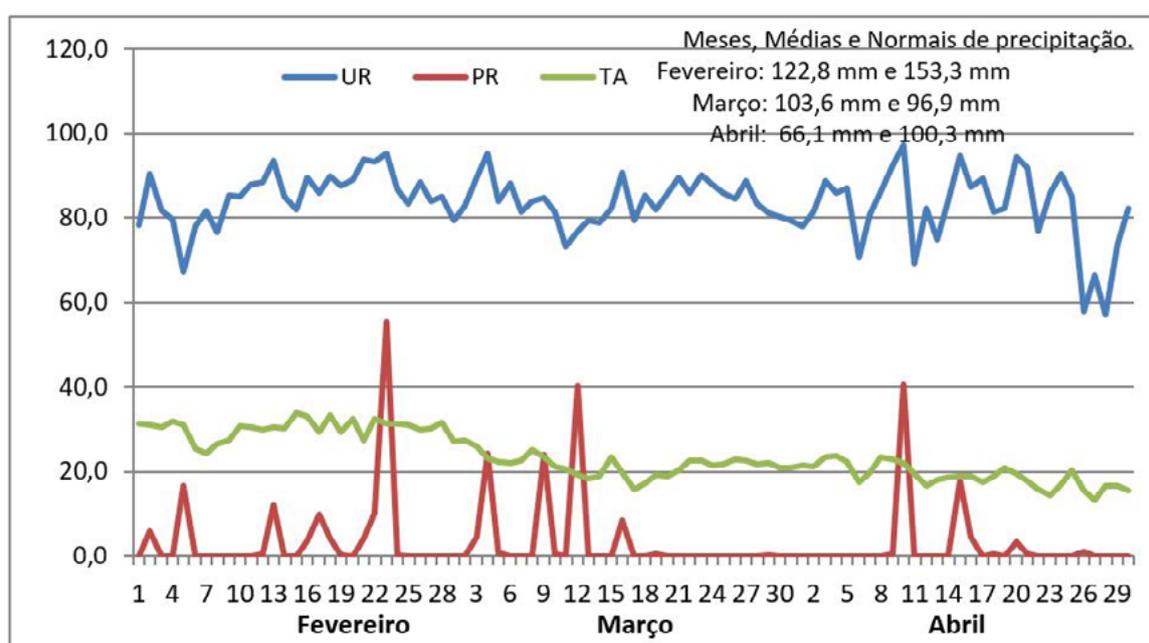
A classificação da reação de resistência dos genótipos de arroz irrigado ao pé-preto foi de acordo com as notas designadas aos perfilhos avaliados como: Resistente - nota = 0; Mediamente resistente – notas = 1 a 3; Intermediária – nota 5; Suscetível – nota 7 e Muito suscetível: nota – 9.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para a análise, utilizou-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2008).

## Resultados e Discussão

Os 51 genótipos do programa de melhoramento da Embrapa avaliados para resistência ao mal do pé em condições de campo não apresentaram reações de alta suscetibilidade (Tabela 1). No período de inoculação e incubação do fungo na bainha foliar ocorreu baixa umidade no campo, que pode ter interferido na infecção e desenvolvimento das lesões (Figura 1). Os resultados de testes de resistência varietal, em condições ambientais controlado, podem ser variáveis, dependendo no meio de cultura e dos métodos de inoculação (Prabhu; Filippi, 2002). Sabe-se, que muitos isolados deste agente etiológico são considerados avirulentos, podendo causar poucos danos aos seus hospedeiros quando infectados e alguns podem até ser utilizados como agentes de controle biológico (Walker citado por Peixoto, 2006).

No ensaio realizado por Peixoto (2006) em condições de ambiente controlado, com quatro quantidades de inóculo (produzidos com grãos de sorgo), e inoculados em dois estádios de desenvolvimento das plantas de arroz, evidenciou-se que as plantas infectadas aos 60 dias após o plantio foram mais suscetíveis do que aquelas infectadas aos 35 dias, requerendo menor nível de inóculo para a infecção.



**Figura 1.** Dados de umidade relativa do ar (UR %), precipitação (PR mm) e temperatura média (TA °C) dos meses de fevereiro a abril de 2017, na Estação Experimental Terras Baixas. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão/RS, 2020.

Neste ensaio realizado em campo, as variáveis analisadas apresentaram médias diferenciadas em tamanhos relativos de lesões e notas com seus respectivos coeficientes de variância de 41,57 e 16,72 %.

O tamanho relativo da lesão da doença (TRL), avaliado pelo teste de média por Scott Knott, separou os genótipos em quatro grupos distintos, sendo dois maiores em números de genótipos. O primeiro com 30 linhagens e 2 cultivares (BRS 358 e BRS Gigante), com as menores médias variando de 0% a 0,52% da altura do perfilho, e o segundo com 9 linhagens e 8 cultivares, de 0,66% a 2,53% da altura do perfilho. Os dois menores grupos foram formados pela cultivar IRGA 417 com 2,17% e pela cultivar BR-IRGA 409 com 4,19% da altura do perfilho (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resistência de 51 genótipos de arroz ao pé-preto (*Gaeumannomyces graminis*), pelas médias de Tamanho relativo da lesão (TRL) e das notas, com as respectivas classes da reação e o grau de dano foliar (GDF) realizado nas condições de campo, na safra, 2016/2017 no município do Capão do Leão. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

Genótipos	TRL (%)	Nota	Reação de resistência	GDF (%)	Genótipos	TRL (%)	Nota	Reação de resistência	GDF (%)
LTB 14040	0,00 a	0,00 a	R <sup>1</sup>	0,0	AB 16574	0,25 a	0,10 a	MR <sup>2</sup>	1,0
LTB 14002	0,00 a	0,00 a	R	0,0	AB 15007	0,33 a	0,10 a	MR	1,0
LTB 14022	0,00 a	0,00 a	R	0,0	LTB 15004	0,43 a	0,10 a	MR	1,0
LTB 15062	0,00 a	0,00 a	R	0,0	BRS Gigante	0,44 a	0,20 b	MR	2,0
LTB 15036	0,00 a	0,00 a	R	0,0	AB 15008	0,46 a	0,10 a	MR	1,0
LTB 15025	0,00 a	0,00 a	R	0,0	AB 16576	0,52 a	0,20 b	MR	2,0
LTB 15014	0,00 a	0,00 a	R	0,0	Puita INTA CL	0,66 b	0,20 b	MR	2,0
LTB 14014	0,00 a	0,00 a	R	0,0	LTB 14001	0,74 b	0,20 b	MR	2,0
LTB 14030	0,00 a	0,00 a	R	0,0	AB 13003	0,75 b	0,30 b	MR	3,0
LTB 14026	0,00 a	0,00 a	R	0,0	AB 16575	0,75 b	0,20 b	MR	2,0
LTB 14024	0,00 a	0,00 a	R	0,0	BRS Pampeira	0,80 b	0,40 b	MR	4,0
LTB 15064	0,00 a	0,00 a	R	0,0	LTB 15057	0,82 b	0,20 b	MR	2,0
LTB 15002	0,00 a	0,00 a	R	0,0	AB 13006	0,83 b	0,30 b	MR	3,0
AB 15004	0,00 a	0,00 a	R	0,0	LTB 13016	0,88 b	0,30 b	MR	3,0
AB 15005	0,00 a	0,00 a	R	0,0	BRS 7, Taim	0,91 b	0,30 b	MR	3,0
AB 16577	0,00 a	0,00 a	R	0,0	IRGA 424	0,94 b	0,20 b	MR	2,0
AB 15003	0,00 a	0,00 a	R	0,0	AB 14772	1,23 b	0,30 b	MR	3,0
AB 13689	0,00 a	0,00 a	R	0,0	AB 15006	1,23 b	0,30 b	MR	3,0
AB 13715	0,00 a	0,00 a	R	0,0	BRS Pampa	1,34 b	0,30 b	MR	3,0
AB 11502	0,00 a	0,00 a	R	0,0	AB 14727	1,40 b	0,30 b	MR	3,0
AB 14764	0,00 a	0,00 a	R	0,0	Guri INTA CL	1,41 b	0,30 b	MR	3,0
AB 14803	0,00 a	0,00 a	R	0,0	BRS Querência	1,81 b	0,30 b	MR	3,0
AB 15001	0,00 a	0,00 a	R	0,0	BRS Atalanta	2,53 b	0,40 b	MR	4,0
AB 15002	0,00 a	0,00 a	R	0,0	IRGA 417	2,67 c	0,70 c	MR	7,0
AB 14787	0,00 a	0,00 a	R	0,0	BR-IRGA 409	4,19 d	0,90 c	MR	9,0
BRS 358	0,00 a	0,00 a	R	0,0					
CV	41,57	16,72							

\* Nas colunas com a mesma letra não diferiram significativamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. <sup>1</sup> R = Resistente; <sup>2</sup> MR = Mediamente resistente.

Quanto à avaliação das notas, foram observados três grupos distintos, comparado com a variável TRL. O primeiro com 30 genótipos, sendo 29 linhagens e com a cultivar BRS 358, o segundo com 11 linhagens e 8 cultivares e o terceiro com 2 cultivares IRGA 417 e BR-IRGA 409.

As reações de resistência dos genótipos de arroz irrigado geraram duas classes de resistência nas condições de campo, levando-se em consideração a maior nota, sendo classificadas como resistentes 13 linhagens da seleção LTB, 13 de seleção AB e a cultivar BRS 358, e como mediamente resistentes 4 linhagens de LTB, 10 de AB e as 11 cultivares: BRS Gigante, Puita INTA CL, BRS Pampeira, BRS Querência, BRS 7, Taim, IRGA 424, BRS Pampa Guri INTA CL, BRS Atalanta, IRGA 417 e BR-IRGA 419.

Quanto ao grau de dano foliar da doença nos genótipos, nessas condições de campo, esse índice variou de 0% a 9%, sendo 0% para as cultivares resistentes e 1% a 9% para mediamente resistentes, destacando-se pelos maiores danos as cultivares BR-IRGA 409 e IRGA 417, com índices de 7% e 9%, respectivamente. Esse comportamento da resistência com maior grau de dano foliar pode estar associado à adaptação do fungo à genética dessas duas cultivares no período e intensidade de cultivo. Ambas cultivares são aparentadas, com lançamento da BR-IRGA em 1979 e da IRGA 417 em 1990, tendo ocupado mais da metade da área cultivada de arroz no Rio Grande do Sul, nos anos 1980 e 1990, respectivamente (Terres et al., 2004), sendo que, atualmente, ainda são cultivadas.

## Conclusões

As avaliações das inoculações de *G. graminis* var. *graminis* realizadas em condições de campo permitiu diferenciar a reação de resistência ao pé-preto nos 51 genótipos, sendo classificadas como resistentes 13 linhagens da seleção LTB, 13 de seleção AB e a cultivar BRS 358, e como mediamente resistentes para as 4 linhagens de LTB, 10 de AB e as 11 cultivares: BRS Gigante, Puita INTA CL, BRS Pampeira, BRS 7, Taim, IRGA 424, BRS Pampa Guri INTA CL, BRS Atalanta, IRGA 417 e BR-IRGA 419.

## Referências

- CARDONA, R.; RODRÍGUEZ, H. A.; NASS, H. *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, hongo causante de la pudrición negra de la hoja envainadora del arroz en Venezuela. **Bioagro**, Barquisimeto, v. 7, n. 2, p. 31-37, 1995.
- DATNOFF, L. E.; LENTINI, R. S. **Brown spot in Florida rice**. Florida: The Institute of Food and Agricultural Sciences; Florida Cooperative Extension Service, University of Florida, 2003. 2 p. (IFAS Extension, PP128).
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.
- FREEMAN, J.; WARD, E. *Gaeumannomyces graminis*, the take-all fungus and its relatives. **Molecular Plant Pathology**, v. 5, n. 4, p. 238-252, 2004.
- GOSME, M.; LUCAS, P. Effect of host and inoculum patterns on take-all disease of wheat incidence, severity and disease gradient. **European Journal of Plant Pathology**, Wageningen, Springer, v. 129, p. 119-131, 2011.
- HAWERROTH, C.; ARAUJO, L.; RODRIGUES, F. A. Infection process of *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* on the roots and culms of rice. **Jornal of Phytopathologia**, v. 165, p. 692-700, 2017.
- IRRI (International Rice Research Institute). **Standard evaluation system for rice (SES)**. 5th. Ed. Manila, Philippines, 2013. 55 p.
- KHANAHMADI, M.; BAYATI, F.; JAMALI, F. Evaluation reaction of some wheat cultivars to take-all disease (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*). **Biological Forum**, An International Journal, v. 8, n. 1, p. 526-531 2016.
- MARTINES, E.; FUNDORA, J. A.; GARCIA, D. Presencia de *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* y *Magnaporthe salvinii* en variedades de arroz cultivadas en Cuba. **Fitosanidad**, Habana, v. 18, n. 3, p. 163-168, 2014.
- MATHRE, D. E. Take-all disease on wheat, barley, and oats. **Plant Health Progress**, St. Paul, Online, 2000. Disponível em: <https://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/diagnosticguide/take-all/> Acesso em: 26 jul. 2019.
- NUNES, C. D. M. **Ocorrência das doenças: mal-do-pé (*Gaeumannomyces graminis*) e mancha-parda (*Drechslera* sp.) na cultura do arroz**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 9 p. (Embrapa Clima Temperado, Comunicado Técnico, 205).

NUNES, C. D. M. **Doenças da cultura do arroz irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 83 p. (Embrapa Clima Temperado, Documentos, 360).

OU, H. S. **Rice Diseases**. 2. ed., Kew: Commonwealth Micological Institute, 1985. 380 p.

PEIXOTO, C. N. **Estudos epidemiológico do mal-do-pé (*Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) von Arx & Olivier var. *graminis*) em arroz (*Oryza sativa* L.) de terras altas no Estado de Goiás**. 2006. 126 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. Ocorrência do mal-do-pé causado por *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, uma nova enfermidade em arroz no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, n. 27, p. 417-419, 2002.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 32., 2018, Farroupilha. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Cachoeirinha: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2018. 205 p.

TERRES, A. L.; FAGUNDES, P. R. R.; MACHADO, M. O.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; NUNES, C. D. M. Melhoramento genético e cultivares de arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (Ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 161-235.

**Embrapa Clima Temperado**

BR 392, Km 78, Caixa Postal 403  
Pelotas, RS - CEP 96010-971  
Fone: (53) 3275-8100  
www.embrapa.br/clima-temperado  
www.embrapa.br/fale-conosco

**1ª edição**

Obra digitalizada (2020)



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações

Presidente

*Ana Cristina Richter Krolow*

Vice-Presidente

*Walkyria Bueno Scivittaro*

Secretária-Executiva

*Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros

*Ana Luiza Barragana Viegas, Fernando*

*Jackson, Marilaine Schaun Pelufê,*

*Sonia Desimon*

Revisão de texto

*Bárbara Chevallier Cosenza*

Normalização bibliográfica

*Marilaine Schaun Pelufê*

Editoração eletrônica

*Fernando Jackson*

Foto da capa

*Cley Donizeti Martins Nunes*