

Santo Antônio de Goiás, GO / Março, 2025

Manejo sustentável da brusone em arroz

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

ISSN 1516-7518 / e-ISSN 1678-9644

Documentos 325

Março, 2025

Manejo sustentável da brusone em arroz

*Valacia Lemes da Silva-Lobo
Marta Cristina Corsi de Filippi*

Embrapa Arroz e Feijão
Santo Antônio de Goiás, GO
2025

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

Foto da capa
Adriano Castro

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Nome-síntese da Unidade catalogadora

Silva-Lobo, Valacia Lemes da.

Manejo sustentável da brusone em arroz / Valacia Lemes da Silva-Lobo, Marta
Cristina Corsi de Filippi. – Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2025.

PDF (20 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, e-ISSN 1678-9644 ;
325)

1. Arroz - Doença de planta – fungo. 2. Controle químico. 3. Controle biológico.
4. Resistência genética. I. Filippi, Marta Cristina Corsi de. II. Título. III. Série.

CDD (21. ed.) 633.1894

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

© 2025 Embrapa

Autores

Valacia Lemes da Silva-Lobo

Engenheira-agrônoma, doutora em
Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa
Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO

Marta Cristina Corsi de Filippi

Engenheira-agrônoma, Ph.D. em
Fitopatologia e Microbiologia, pesquisadora
da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio
de Goiás, GO

Apresentação

A diversidade climática e a expansão das áreas de cultivo, aliadas à uniformização no uso de cultivares melhoradas, podem criar condições favoráveis para o surgimento de epidemias de doenças endêmicas. Nessas circunstâncias, algumas enfermidades têm causado danos significativos à cultura do arroz, um dos principais alimentos básicos da população.

Entre elas, a brusone é amplamente reconhecida como a doença mais importante dessa cultura, sendo o principal limitador do potencial produtivo e da longevidade das cultivares. Diversos estudos foram conduzidos com foco no controle dessa doença, alcançando avanços significativos. Tais avanços têm mitigado os prejuízos por meio de estratégias como o melhoramento genético e o manejo integrado. Este último incorpora princípios que reduzem o inóculo inicial e a taxa de disseminação da doença no campo, integrando medidas como controle

biológico, práticas culturais, resistência genética e manejo químico. O objetivo é manter a doença abaixo do limiar de dano econômico, minimizando riscos ao agroecossistema.

Este documento busca facilitar a identificação da brusone no campo, desde seus sintomas iniciais até os mais avançados, oferecendo uma breve descrição de sua epidemiologia. Ele aborda também as práticas de manejo que podem agravar ou mitigar o problema, além de alternativas de controle da doença. Por fim, são apresentadas medidas que podem orientar a tomada de decisão do orizicultor, promovendo rendimentos mais satisfatórios e lucrativos, ao mesmo tempo em que preservam o meio ambiente e asseguram o pleno desempenho das cultivares.

Espera-se que, por seu conteúdo prático, esta publicação seja amplamente utilizada por diferentes grupos de usuários, beneficiando toda a cadeia produtiva do arroz.

Elcio Perpetuo Guimaraes
Chefe-Geral da Embrapa Arroz e Feijão

Sumário

Introdução	9
Sintomas	9
Ciclo de infecção e da doença	12
Manejo integrado da brusone	13
Resistência genética	13
Controle químico: tão importante quanto o fungicida é o momento da aplicação	15
Controle biológico	16
Referências	18

Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é o cereal básico mais importante do mundo e é consumido por mais de 50% da população mundial, principalmente na Ásia (Yan; Bao, 2014; Thapa; Bhusal, 2020). Porém, a produtividade do arroz pode ter reduções drásticas devido tanto a fatores abióticos, quanto bióticos. Entre os fatores bióticos, estão algumas doenças e entre elas destaca-se a brusone.

As epidemias de brusone do arroz são consideradas um problema sério e recorrente em mais de 85 países onde o cereal é cultivado, tanto em sistemas de produção irrigado quanto em terras altas, causando prejuízos econômicos anuais da ordem de 10% a 30% e perdas de rendimento que podem chegar a 100% (Musiiime et al., 2005; Skamnioti; Gurr, 2009; Pooja; Katoch, 2014) sob condições de alta severidade da doença (Piotti et al., 2005) (Figura 1).

Foto: Gustavo Funck



Figura 1. Lavoura de arroz irrigado, sob alta severidade de brusone, com redução da área foliar fotossintetizante.

Diferentes fontes relatam que, em média, um total de aproximadamente US\$ 203,5 milhões é perdido anualmente devido aos custos de mitigação e perdas de rendimento (Nalley et al., 2016).

Estima-se que a cada ano a quantidade de arroz perdida, devido à brusone, seria o suficiente para alimentar 60 milhões de pessoas no mundo (Zeigler et al., 1994).

Apesar dos esforços intensivos voltados para o controle da brusone, a doença continua sendo, mundialmente, a mais importante e um dos maiores entraves ao aumento da produção, devido a diminuição da produtividade e da qualidade dos grãos e ao aumento dos custos de produção (Nasraddin; Amin, 2012). Por isso, a doença é considerada uma ameaça contínua para a segurança alimentar, principalmente em países asiáticos, onde vive 55% da população mundial e onde 92% do arroz é cultivado e consumido (Wilson; Talbot, 2009; Deng et al., 2017).

O agente causal da brusone é o fungo *Magnaporthe oryzae* (*Pyricularia oryzae*) (Couch; Kohn, 2002). Este fungo segue uma série de vias metabólicas e de desenvolvimento, desde o momento em que os conídios entram em contato com a superfície da folha até a produção das lesões esporulantes (Howard; Valent, 1996). Durante o ciclo da cultura, uma única lesão pode produzir de 2.000 a 6.000 conídios por dia, por até 14 dias, com múltiplos ciclos de infecção e reprodução, servindo como fonte de dispersão secundária, porém, o número de ciclos e o número de conídios, que são produzidos em cada lesão, podem ser influenciados por variações em temperatura e umidade, adubação nitrogenada, nível de resistência genética da cultivar, entre outros fatores (Couch et al., 2005).

Sintomas

A brusone ocorre desde o estágio de plântula até a fase de maturação da cultura e os sintomas da doença podem ser observados na folha, nós e entre nós, aurícula e nas panículas, (Sesma; Osbourn, 2004; Yasuda et al., 2015). Os sintomas nas folhas iniciam-se com a formação de pequenas pontuações de cor marrom que crescem formando as lesões que aumentam em tamanho e quantidade, tornam-se elípticas, com margens marrons e centro cinza ou esbranquiçado (Figuras 2A, 2B).

Em condições ambientais favoráveis (temperaturas e umidade relativa elevadas), as lesões coalescem (se juntam) e causam a morte das folhas e, muitas vezes, da planta inteira (Figuras 2B, 2C, 2D) (Silva-Lobo; Filippi, 2017). Ao infectar as folhas do arroz, a brusone causa danos indiretos na produção, reduzindo a taxa fotossintética líquida e prejudicando o transporte de água e/ou nutrientes, com reflexo direto na produção de grãos, número de panículas férteis e na quantidade e qualidade dos grãos e, conseqüentemente, no potencial produtivo da cultura.

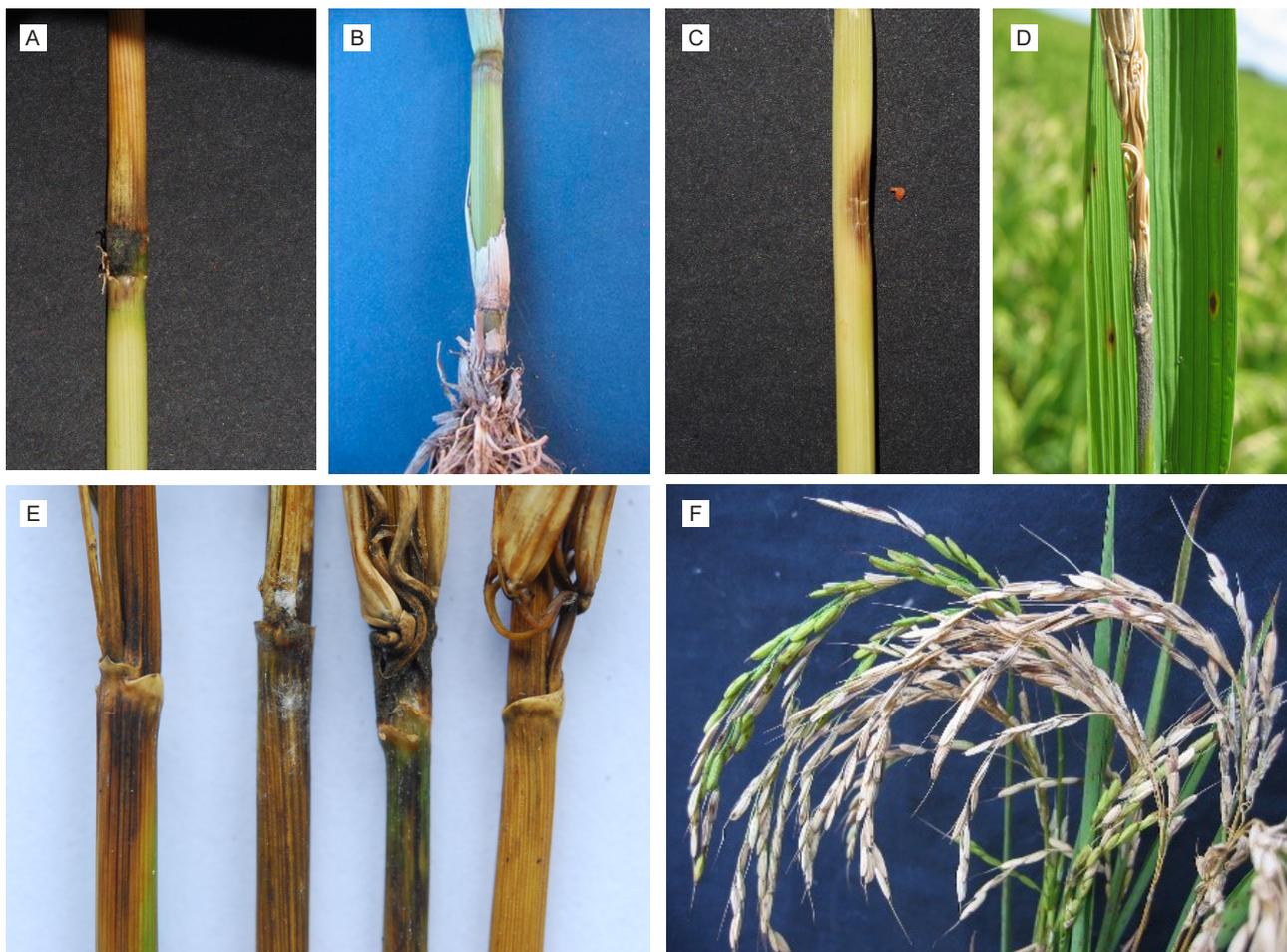
Fotos: Sebastião José de Araújo



Figura 2. Sintomas da brusone em arroz pequenas pontuações de cor marrom que crescem formando as lesões que aumentam em tamanho e quantidade (A e B); Lesões se juntam queimando a superfície foliar (C e D).

Os sintomas característicos nos nós e entrenós são lesões de cor variando de marrom a marrom acinzentado ou preto (Figuras 3A, 3B, 3C), que podem atingir as regiões do colmo (entrenós) próximas aos nós atacados.

A brusone nas panículas do arroz, afeta diretamente a produtividade, o patógeno coloniza o primeiro nó abaixo da panícula, sendo conhecida como brusone do pescoço (Figuras 3D, 3E); onde uma lesão marrom circunda a região nodal e provoca o estrangulamento, impedindo o acúmulo de carboidratos nos grãos, resultando em grãos gessados, ou grãos estéreis, redução de peso e da porcentagem dos grãos (Candole et al., 1999). Se a infecção do pescoço ocorrer antes do estágio de grão leitoso, nenhum grão é formado (grãos estéreis), se ocorrer mais tardiamente, os grãos serão de má qualidade podendo ser gessados ou ainda apresentarem descoloração (Candole et al., 1999) (Figura 3F). Diversas partes da panícula, como ráquis, ramificações primárias e secundárias e pedicelos, também podem apresentar sintomas (Figura 4).



Fotos: Sebastião José de Araújo (A, B, C, E, F);
Valácia Lemes da Silva-Lobo (D)

Figura 3. Ocorrência de brusone nos nós (A e B), no colmo (C), no último nó da panícula /brusone do pescoço (D, E) e nos grãos (F).



Fotos: Sebastião José de Araújo (A);
Valácia Lemes da Silva-Lobo (B)

Figura 4. Brusone na panícula, ráquis, ramificações primárias e secundárias e pedicelos (A), panícula branca (grãos estéreis), e massa acinzentada de esporos do patógeno, na base da panícula (B).

Ciclo de infecção e da doença

As lesões de brusone que se desenvolvem em uma planta infectada produzem numerosos conídios que são liberados no ar úmido e inoculam as plantas vizinhas, iniciando o ciclo de infecção (Hamer et al., 1988). Na presença de alta umidade, o contato entre o conídio e a cutícula da folha induz a liberação de uma mucilagem do ápice conídios, permitindo que estes se prendam à superfície da folha (Hamer et al., 1988). Uma vez que os conídios se fixam, eles germinam e em seguida é formada uma estrutura pigmentada de melanina em forma de cúpula chamada de apressório (Veneault-Fourrey; Talbot, 2005). Este apressório gera uma pressão de turgor fornecendo a força necessária para atravessar a cutícula da planta por meio de um grampo de penetração estreito e iniciar a colonização celular das folhas e produção de novas lesões (Howard et al., 1991; De Jong et al., 1997), como no ciclo de infecção apresentado na Figura 5.

A entrada da brusone nas lavouras ocorre principalmente, por meio do micélio e conídios, que sobrevivem em sementes, restos culturais, plantas

daninhas, bem como em outras hospedeiras suscetíveis, e são transportados pelo vento ou ar úmido, servindo como fonte primária de inóculo (Paudel et al., 2017) (Figura 5).

A planta é mais vulnerável à doença na fase vegetativa, aproximadamente, entre os 20 e 40 dias após o plantio (estádios V2 e V5) e, depois na fase reprodutiva, logo após a emissão da panícula (estádios R2 a R4) até o enchimento dos grãos (Figura 6).

Segundo Neupane e Bhusal (2020), as condições mais adequadas para desenvolvimento da doença são dias nublados, baixa luminosidade, alta umidade relativa (93-99%), baixas temperaturas noturnas entre 15-20°C, maior duração do orvalho, estresse de umidade regular, alta densidade de plantio e a nutrição da planta hospedeira, altos níveis de adubação nitrogenada resultam em crescimento vegetativo vigoroso e um dossel foliar denso que leva a um microclima favorável para o desenvolvimento da brusone (Templeton et al., 1970; Ou, 1985; Kim; Kim, 1993; Chaudhary et al., 1994; Sobrizal; Anggiani, 2007).

Ciclo da brusone em arroz

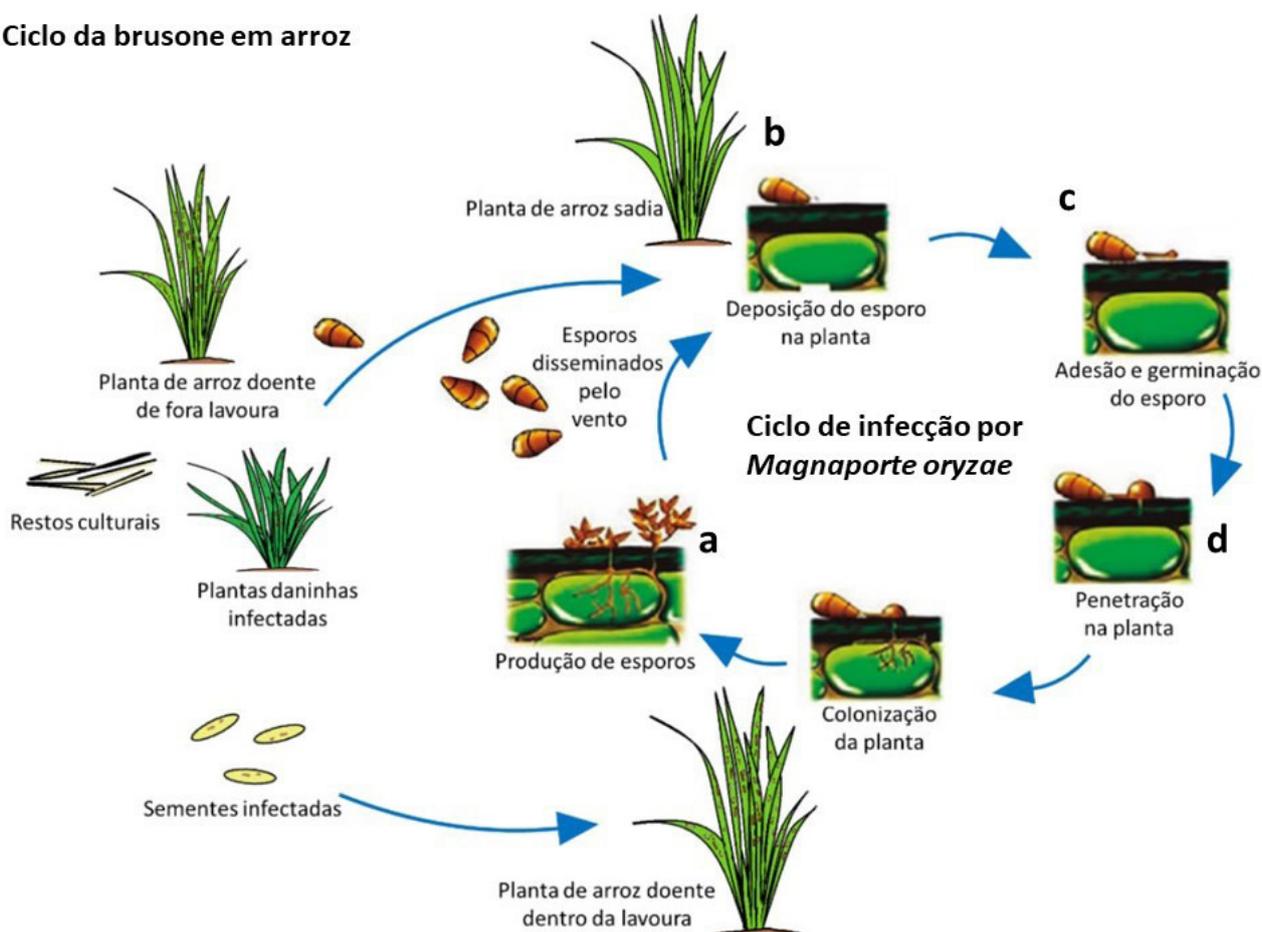


Figura 5. Ciclo da brusone e da infecção por *Magnaporthe oryzae* em plantas de arroz. Fonte: Adaptado de Ramos (2009).

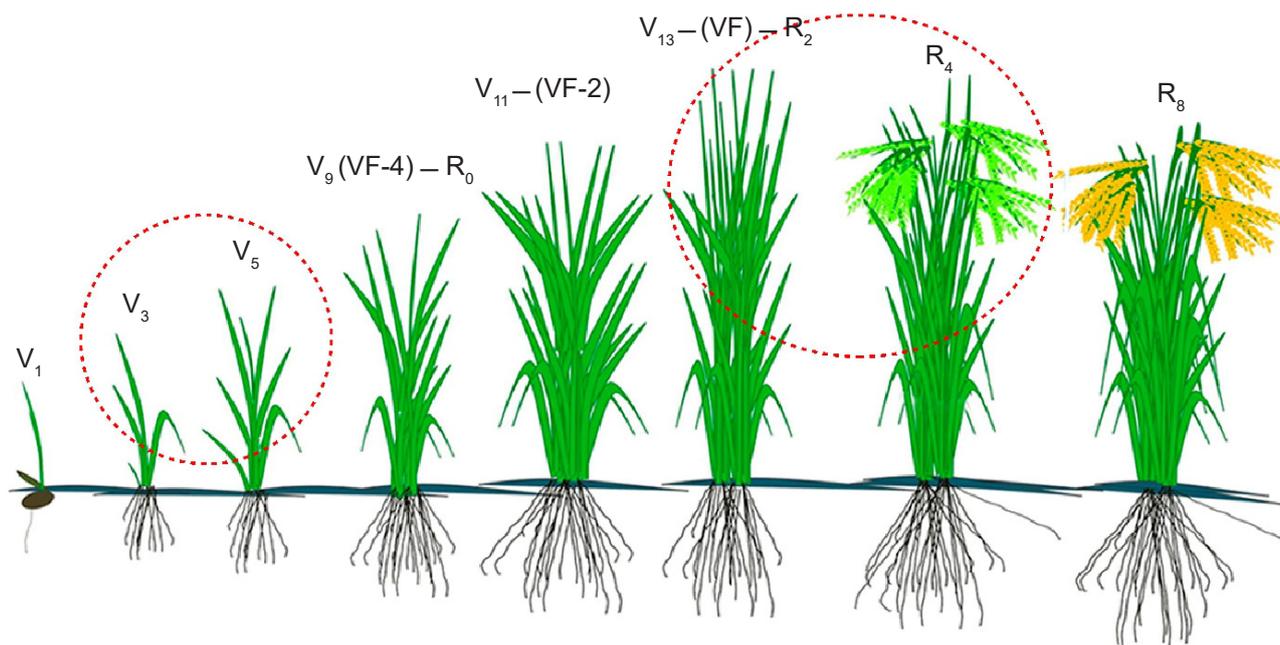


Figura 6. Ciclo fenológico da planta de arroz versus vulnerabilidade a brusone.

Fonte: Adaptado de Counce et al. (2000); Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (2012).

Manejo integrado da brusone

A ocorrência e a severidade da brusone, bem como os danos por ela causados, variam em função de uma série de fatores, como: o sistema de cultivo, as práticas culturais adotadas, o grau de suscetibilidade da cultivar, as condições climáticas, o nível de inóculo do patógeno, o momento em que a doença se instala na cultura, entre outros. Os danos podem ser reduzidos por meio do controle sustentável da doença, o qual requer um manejo integrando resistência genética, manejo cultural, controle químico e biológico, estes, quando utilizados separadamente, normalmente, não são eficientes, porém se adotados em conjunto aumentam a probabilidade de controle, sem prejudicar a rentabilidade e o ambiente.

O manejo da cultura, envolve todas as práticas empregadas durante toda a condução da lavoura, desde a escolha da cultivar, preparo do solo até a colheita no momento correto, para evitar perdas. Algumas destas medidas de manejo são: análise de fertilidade do solo; bom preparo do solo; adubação equilibrada (segundo análise de fertilidade), evitando crescimento vegetativo exagerado da planta; uso de sementes de boa qualidade fitossanitária e fisiológica; plantio em um período mínimo de tempo e iniciado no sentido contrário à direção predominante do vento; incorporação dos restos culturais; profundidade de plantio uniforme; densidade de plantio recomendada para a cultivar ou sistema de plantio; controle de plantas daninhas; destruição de

plantas voluntárias e doentes; bom nivelamento e/ou sistematização do solo; manutenção no nível adequado de água de irrigação durante o ciclo da planta; dimensionamento adequado dos sistemas de irrigação e drenagem; diversificação de cultivares; monitoramento constante da lavoura e diagnose do problema (Filippi et al., 2015; Silva-Lobo; Filippi, 2017).

Resistência genética

O componente mais importante do manejo integrado da brusone é a resistência genética, porém visando a proteção do potencial produtivo de cada cultivar, deve-se sempre combinar com as demais medidas de controle integrantes do manejo. No atual cenário, o controle químico da brusone do arroz é uma tecnologia valorosa, necessária e satisfatória, porém pode ser onerosa, muitas vezes, fora do alcance dos pequenos produtores, além do risco de resíduos nos grãos e perda de eficiência, se mal manejada.

O patógeno, *M. oryzae*, apresenta vários mecanismos genéticos, além de ser influenciado pelo ambiente e pelas práticas de manejo da cultura que, com frequência, determinam variações intra-específicas, conhecidas como raças. Como já é de conhecimento, a rápida “quebra” da resistência das cultivares geneticamente resistentes é explicada pela complexa biologia do fungo ao adaptar-se rapidamente aos novos genes de resistência. Aliada

à biologia do patógeno, a extensão das lavouras com uma mesma cultivar (uniformidade genética das cultivares), isto é, mesmos genes de resistência, exerce uma pressão de seleção, direcionando as mudanças na frequência dos alelos mutantes na população do patógeno, tornando ainda mais rápida a adaptação, resultando na suplantação da resistência. Criando condições favoráveis para a dispersão e o aumento de danos associados à brusone.

Entre algumas alternativas para dificultar ou atrasar a rápida adaptação do patógeno, está a diversificação de genes de resistência, como ferramenta promissora para diminuir o impacto da população de *M. oryzae* sobre as cultivares comerciais de arroz. Para diversificar genes de resistência é necessário utilizar combinações de cultivares, comprovadamente portadoras de genes diferentes de resistência. Cultivares que possuam genes de resistência diferentes hospedam populações diferentes do patógeno, diminuindo a prevalência de um único patótipo ou raça. Como resultado, os inóculos produzidos pelas diferentes cultivares são, geralmente, avirulentos (não causam sintomas) e ainda desencadeiam o sistema de defesa em outras cultivares que possuem resistência específica à outra raça. A disseminação de uma única raça do fungo é reduzida quando a área é plantada com diferentes cultivares com diferentes genes de resistência específica (Figuras 7A, 7B).

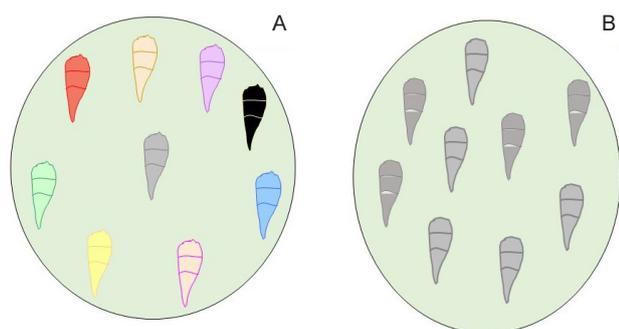


Figura 7. Representação gráfica da população do patógeno sobre lavouras de arroz. (A) população do patógeno em áreas com diversificação de cultivares resistentes; (B) população do patógeno em áreas sem diversificação de cultivares resistentes.

Fonte: Filippi et al. (2015)

Na safra 2017/2018 foi avaliada a melhor combinação, entre as cultivares geneticamente melhoradas, visando menor severidade de brusone nas folhas e nas panículas, para uma determinada população de patógenos como método sustentável de controle da doença em várzeas tropicais. Para

a definição das cultivares a serem utilizadas, o padrão de virulência foi analisado de acordo com a similaridade do tipo de reação entre os isolados de *M. oryzae*. Uma matriz binária indicando reação compatível (1) e não compatível (0) de cada isolado testado foi utilizada para construir a matriz de similaridade entre os pares de isolados, pelo coeficiente de Jaccard, sendo os dados utilizados para o agrupamento das oito cultivares que apresentaram os menores coeficientes (Tabela 1). Com base nesses resultados, essas cultivares foram avaliadas no campo, em combinações de quatro cultivares cada parcela, em Formoso do Araguaia, TO, e em Goianira, GO, para a indicação do modelo de diversificação de cultivares como método sustentável de controle da brusone em várzeas tropicais.

Tabela 1. Coeficiente de similaridade de Jaccard entre oito cultivares de arroz com reações compatíveis e não compatíveis à brusone, nas inoculações com 160 isolados de *Magnaporthe oryzae*.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1-BRS Catiana	1							
2-BRS A 701 CL	0,94	1						
3-BRS A 702 CL	0,88	0,88	1					
4-BRS Pampa	0,93	0,94	0,87	1				
5- INTA Guri CL	0,37	0,39	0,36	0,38	1			
6-SCS 121 CL	0,83	0,85	0,71	0,83	0,48	1		
7-IRA 424 RI	0,76	0,78	0,75	0,79	0,24	0,66	1	
8-EPAGRI 108	0,82	0,85	0,73	0,82	0,50	0,95	0,65	1

Fonte: Silva-Lobo et al. (2020).

Nestes ensaios de campo, foram observadas diferenças entre os tratamentos (combinações de quatro cultivares) em que as cultivares apresentaram diferentes porcentagens de área infectada, dependendo da combinação de cada tratamento. O efeito barreira é evidenciado para a severidade da brusone foliar nas cultivares, dentro das combinações e, de 4 combinações em que a cultivar BRS Catiana fez parte, em três delas a severidade de brusone nas folhas foi de 1,67% de área infectada comparado a um outro tratamento em que essa mesma cultivar, em outras combinações de cultivares, apresentou severidade de 43% de área foliar infectada (Silva-Lobo et al., 2020). A menor severidade da brusone nas folhas pode resultar em menor pressão de inóculo na lavoura, na fase de emissão da panícula. O mecanismo de controle pela diversificação das

cultivares é semelhante ao das multilinhas, no que se refere a: redução na frequência de plantas suscetíveis; efeito de barreira fornecido pelas plantas resistentes; lenta adaptação do patógeno à mistura; e suscetibilidade diferencial dos componentes para diferentes raças fisiológicas do patógeno.

Controle químico: o momento da aplicação é tão importante quanto o fungicida

A brusone, por ter capacidade de destruição rápida das plantas de cultivares suscetíveis, sob condições ambientes favoráveis, no passado próximo levou ao uso indiscriminado de aplicação de fungicidas como método isolado para solucionar o controle da doença. Mas em muitos casos, não garantiu a manutenção da produtividade e principalmente o aumento de lucratividade. Isto acarretou a perda de eficiência de alguns bons fungicidas. Em estudo realizado por D'Ávila et al. (2022), foi detectada a resistência à algumas das moléculas utilizadas nas lavouras de arroz, ficando assim registrado a seleção de isolados resistentes a fungicidas.

O emprego de fungicidas para o manejo da brusone deve ser utilizado como mais uma ferramenta dentro do manejo integrado da doença e não apenas como um método isolado de controle. A utilização do controle químico de doenças na cultura do arroz deve ter como objetivo a manutenção do potencial produtivo e da qualidade da produção, protegendo a cultura dos efeitos prejudiciais das doenças.

A escolha do momento e o número ideal de aplicações de fungicidas na cultura do arroz é uma decisão difícil e depende de vários fatores. Como alguns deles, é possível citar o nível de suscetibilidade da cultivar, o manejo utilizado na condução da lavoura, a presença de inóculo do patógeno e de focos da doença na lavoura, o histórico de ocorrência de brusone na área, o estágio fenológico da cultura, a presença de condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da brusone, o estado nutricional da lavoura e o monitoramento contínuo, entre outros auxiliando assim no uso de fungicidas de modo racional, sempre que o nível de dano econômico exigir.

A aplicação de fungicidas é uma estratégia complementar de controle que protege o potencial produtivo da cultivar. Deve ser uma medida preventiva, porém, no caso da pulverização na fase vegetativa, deve-se aplicar tão logo observe o aparecimento dos primeiros sintomas (Figura 8A), devendo-se considerar as outras medidas adotadas e o manejo

dado à lavoura, para auxiliar na tomada de decisão. Na fase reprodutiva, em uma cultivar suscetível, recomenda-se, também considerando o histórico da lavoura, que a primeira aplicação seja feita no final do emborrachamento, R2 (até 5% de emissão de panícula) (Figura 8B) preventivamente e uma segunda aplicação entre dez e 15 dias após a primeira, de acordo como o poder residual do fungicida utilizado. Sendo de grande importância respeitar o período de carência dos produtos utilizados.



Fotos: Sebastião José de Araújo (A); Valécia Lemes da Silva-Lobo (B)

Figura 8. Tão importante quanto a escolha do fungicida é o momento da sua aplicação. Preventivamente, na fase vegetativa tão logo inicie as lesões (A) e na fase reprodutiva no estágio R2 (B).

Na safra 2019/2020 foi conduzido um ensaio de eficiência de fungicida no controle da brusone. O ensaio foi conduzido utilizando uma cultivar suscetível à brusone e a condições favoráveis ao desenvolvimento da doença. (Figura 9). Foram utilizados 22 tratamentos, sendo utilizados 10 fungicidas mais usados pelos agricultores, isolados ou em combinações, mais o tratamento controle, sem aplicação de fungicida. Concluiu-se que todos os tratamentos foram eficientes em reduzir a severidade da brusone, aumentar a produtividade e a renda final. Comparando um dos melhores tratamentos em que a severidade da brusone nas panículas, a produtividade (kg/ha) e a renda (%) foi de 7,33%, 6.126 kg/ha e 70,26% em um dos tratamentos (triaciclorol + tebuconazol) em comparação ao tratamento controle que foi de 85,58(%), 913 kg/ha e 38% (dados não publicados).

O resíduo de agrotóxicos persiste no grão, palha e solo podendo causar efeitos danosos para a mão de obra agrícola e consumidores (Pingali; Roger, 2012). Em estudos desenvolvidos pela Embrapa Arroz e Feijão com a colaboração do laboratório do MAPA/LANAGRO/GO, identificou-se que de 56 amostras de grãos de arroz coletadas, durante a

safras de 2008/2009 em lavouras comerciais, 64% apresentaram resíduos de fungicidas, entre eles o mais frequente foi triciclazole, o princípio ativo mais utilizado para o controle da brusone. Esse assunto deve ser cuidado com a devida atenção, uma vez que, recentemente, foi motivo de rejeição de algumas cargas de arroz em alguns mercados. Atualmente, entre os produtos mais utilizados nas lavouras de arroz, o período de carência varia entre 30 e 45 dias. Devendo dar a devida atenção quanto a época ou momento da última aplicação do fungicida.

Foto: Leandro Ribeiro Matos



Figura 9. Eficiência de controle químico na redução da severidade da brusone, cultivar Irga 417, safra 2019/2020. Embrapa Arroz e Feijão.

O controle químico reduz a quantidade inicial de inóculo e a velocidade de avanço da doença; normalmente não se recupera os danos já causados, mas, pode garantir o potencial produtivo das cultivares, quando aplicado a molécula certa no momento e na dose recomendados. Portanto, o uso de fungicidas químicos deve ser realizado conforme a necessidade, criteriosamente, respeitando a carência e associado a outras medidas de controle.

Para recomendações de fungicidas registrados para a cultura do arroz (Agrofit, 2022).

Controle biológico

O controle biológico de doenças de plantas é normalmente barato, duradouro e seguro para o meio ambiente e organismos vivos, no entanto, o controle biológico pode ser um processo lento e a busca por agentes de biocontrole adequados requer tempo e esforço consideráveis (Law et al., 2017).

O primeiro relato de um agente biológico considerado eficaz contra *Pyricularia oryzae* foi o *Chaetomium cochliodes*. Quando as sementes de arroz foram revestidas com suspensão de esporos de *C. cochliodes*, a infecção precoce por brusone foi controlada e as plântulas se mantiveram saudáveis

e maiores que as plantas não tratadas (Pooja; Katoch, 2014). Outros microrganismos, como as espécies de (*Trichoderma* e *Bacillus subtilis*) se mostraram promissores no controle deste mesmo patógeno (Changqing et al., 2007). Em outro estudo, observou-se que a formulação em pó de *Pseudomonas fluorescens*, à base de talco, utilizada via tratamento de sementes ou via pulverização foliar, em condições controladas e de campo, controlou efetivamente a brusone e aumentou o rendimento de grãos (Vidhyasekaran et al., 1997).

Na Embrapa Arroz e Feijão, essa é uma linha de pesquisa com resultados bastante promissores, com estes agentes de biocontrole, além outros microrganismos benéficos para utilização como bioinsumos. Os estudos estão bem avançados, alguns já em fase de desenvolvimento de formulações e futura disponibilização no mercado.

Abaixo estão alguns dos resultados encontrados nos últimos anos.

Em ensaios conduzidos em casa de vegetação, isolados de *Pseudomonas fluorescens* e *Burkholderia pyrrocinia* promoveram até 65% no acúmulo de biomassa e 90% na redução da severidade da brusone nas folhas. A eficiência de cada um dos isolados foi dependente do modo de aplicação, e detectou-se o aumento da atividade enzimática (Filippi et al., 2011).

Estas rizobactérias foram avaliadas, em ensaios de campo na Embrapa Arroz e Feijão, em três formulações diferentes, aplicadas por microbiolização de sementes e por pulverização foliar, aos 15 e 21 dias após o plantio. Estas formulações de rizobactérias promoveram a redução dos danos causados pela brusone (Figura 10). Os tratamentos também suprimiram a brusone das panículas e melhorou os componentes de rendimento das plantas de arroz de terras altas, mesmo em condições favoráveis ao desenvolvimento da doença. Os tratamentos com as formulações glicerol, K₂HPO₄, NaCl e MgSO₄ + *P. fluorescens* e a formulação contendo melão, K₂HPO₄ e NaCl + *P. fluorescens* podem ser considerados biofungicidas eficientes para serem inseridos no manejo integrado da brusone (Oliveira et al., 2020).

Em outros estudos, em casa de vegetação, observou-se interação sinérgica entre a adubação silicatada e os biopromotores *Burkholderia pyrrocinia*; *Pseudomonas fluorescens* e *Trichoderma asperellum*; aumentou a biomassa de plantas de arroz em até 68% na parte aérea, 37,04% na parte radicular e 58,38% no total e suprimiu a brusone em 96% (Tabela 2) (Souza et al., 2015).



Fotos: Marta Cristina Corsi de Filippi

Figura 10. Ensaio de campo para manejo da brusone em arroz (A) plantas não tratadas com rizobactéria e (B) tratadas com rizobactéria.

Tabela 2. Efeito dos bioagentes em combinação com a adubação silicatada na severidade da brusone foliar¹.

Bioagentes	Severidade de brusone foliar (%)		AACPD	
	0 ²	2	0 ²	2
Controle	14,24 b ³	11,92 b	38,98 b	33,80 b
<i>Trichoderma asperellum</i>	7,71 a	5,71 a	20,05 a	12,81 a
Mistura de bioagentes	8,17 a	3,96 a	17,33 a	13,18 a

¹Os dados são de plantas de arroz inoculadas com *Magnaporthe oryzae*; 2 adubação silicatada, 0= sem adubação silicatada e 2 = 2 t SiCaMg.ha⁻¹. Médias seguidas pelas não diferem entre si pelo teste de Duncan (p≤0.05).

Fonte: Soet al. (2015).

Este mesmo ensaio foi conduzido em condições de campo, em duas áreas diferentes. Os resultados mostraram que o uso de 2 t ha⁻¹ de silício com mistura de bioagentes foi o melhor tratamento para controlar a brusone. Concluindo-se que a recomendação para associar controle de brusone, rendimento de grãos e quantidade reduzida de silício foi o uso de 2 t ha⁻¹ de silício com a mistura de bioagentes (Souza et al., 2021).

Outros microrganismos benéficos para utilização como bioinsumos, estão em estudos bem avançados, alguns já em fase de desenvolvimento de formulações e futura disponibilização no mercado.

Importante lembrar: para o manejo racional e sustentável da brusone deve se recorrer ao conjunto de medidas que integram o controle genético, cultural, químico e biológico, estas são as melhores ferramentas para proteger a lavoura, além de maximizar a produtividade e rentabilidade.

O primeiro passo é a diagnose correta da doença, para isso, a lavoura deve ser monitorada constantemente e as plantas examinada por inteiro (Figuras 11A, 11B). Por meio dele se identifica o surgimento dos primeiros focos da doença na lavoura. A atenção do produtor no manejo da lavoura deve ocorrer durante todo o ciclo de produção.



Fotos: Sebastião José de Araújo (A); Valécia Lemes da Silva-Lobo (B)

Figura 11. Monitoramento da lavoura de arroz para identificar os sintomas de brusone nas fases (A) vegetativa e (B) reprodutiva.

O segundo passo importante são os componentes do manejo integrado e a importância de segui-los fielmente (Figura 12).

No âmbito dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), este documento possui estreita aderência ao combate a fome, segurança alimentar e melhoria da nutrição (ODS 2), uma vez que apresenta uma série de medidas sustentáveis associadas as boas práticas agrônômicas, para o manejo de doenças do arroz.

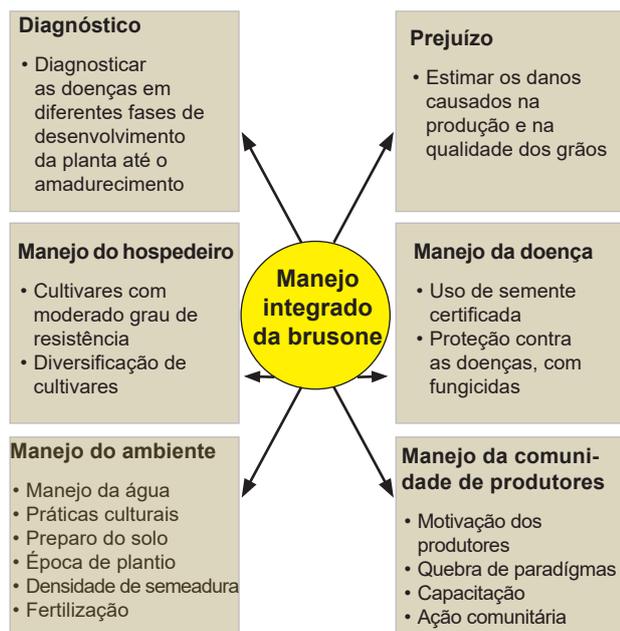


Figura 12. Componentes do manejo integrado da brusone no arroz.

Referências

- AGROFIT. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários.** Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 8 dez. 2022.
- CANDOLE, B. L.; SIEBENMORGEN, T. J.; LEE, F. N.; CARTWRIGHT, R. D. **The effect of panicle blast on the physical properties and milling quality of rice cultivar 'M202'.** Arkansas: Agricultural Experiment Station, 1999. p. 142-147. (Research Series, 468).
- CHANGQING, M.; XUE, L.; QINGGUANG, L. Biological control of rice blast by *Bacillus subtilis* B-332 strain. **Acta Phytopylacica Sinica**, v. 34, n. 2, p. 123-128, 2007.
- CHAUDHARY, B.; KARKI, P. B.; LAL, K. K. Neck blast-resistant lines of Radha-17 isolated. **International Rice Research Notes**, v. 19, n. 1, p. 11, Mar. 1994.
- COUCH, B. C.; KOHN, L. M. A multilocus gene genealogy concordant with host preference indicates segregation of a new species, *Magnaporthe oryzae*, from *M. grisea*. **Mycologia**, v. 94, n. 4, p. 683-693, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1080/15572536.2003.11833196>.
- COUCH, B. C.; FUDAL, I.; LEBRUN, M. H.; THARREAU, D.; VALENT, B.; VAN KIM, P.; NOTTÉGHM, J. L.; KOHN, L. M. Origins of host-specific populations of the blast pathogen *Magnaporthe oryzae* in crop domestication with subsequent expansion of pandemic clones on rice and weeds of rice. **Genetics**, v. 170, n. 2, p. 613-630, Jun. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1534/genetics.105.041780>.
- COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, n. 2, p. 436-443, Mar./Apr. 2000. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.402436x>.
- D'ÁVILA, L. S.; FILIPPI, M. C. C.; CAFÉ-FILHO, A. C. Fungicide resistance in *Pyricularia oryzae* populations from southern and northern Brazil and evidence of fitness costs for Qol-resistant isolates. **Crop Protection**, v. 153, 105887, Mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105887>.
- DE JONG, J. C.; MCCORMACK, B. J.; SMIRNOFF, N.; TALBOT, N. J. Glycerol generates turgor in rice blast. **Nature**, v. 389, n. 6648, p. 244-245, Sept. 1997. DOI: <https://doi.org/10.1038/38418>.
- DENG, Y.; ZHAI, K.; XIE, Z.; YANG, D.; ZHU, X.; LIU, J.; WANG, X.; QIN, P.; YANG, Y.; ZHANG, G.; LI, Q.; ZHANG, J.; WU, S.; MILAZZO, J.; MAO, B.; WANG, E.; XIE, H.; THARREAU, D.; HE, Z. Epigenetic regulation of antagonistic receptors confers rice blast resistance with yield balance. **Science**, v. 355, n. 6328, p. 962-965, Feb. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aai8898>.
- FILIPPI, M. C. C.; SILVA-LOBO, V. L.; NUNES, C. D. M.; OGOSHI, C. **Brusone no arroz.** Brasília, DF: Embrapa, 2015. 24 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1030631>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- FILIPPI, M. C. C.; SILVA, G. B.; SILVA-LOBO, V. L.; CÔRTEZ, M. V. C. B.; MORAES, A. J. G.; PRABHU, A. S. Leaf blast (*Magnaporthe oryzae*) suppression and growth promotion by rhizobacteria on aerobic rice in Brazil. **Biological Control**, v. 58, n. 2, p. 160-166, Aug. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.04.016>.
- HAMER, J. E.; HOWARD, R. J.; CHUMLEY, F. G.; VALENT, B. A mechanism for surface attachment in spores of a plant pathogenic fungus. **Science**, v. 239, n. 4837, p. 288-290, Jan. 1988. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.239.4837.288>.
- HOWARD, R. J.; VALENT, B. Breaking and entering: host penetration by the fungal rice blast pathogen *Magnaporthe grisea*. **Annual Review of Microbiology**, v. 50, n. 1, p. 491-512, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.50.1.491>.
- HOWARD, R. J.; FERRARI, M. A.; ROACH, D. H.; MONEY, N. P. Penetration of hard substrates by a fungus employing enormous turgor pressures. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 88, n. 24, p. 11281-11284, Dec. 1991. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.88.24.11281>.

- KIM, C. K.; KIM, C. H. The rice leaf blast simulation model EPIBLAST. In: PENNING DE VRIES, F.; TENG, P.; METSELAAR, K. (ed.). **Systems approaches for agricultural development**. Dordrecht: Springer, 1993. p. 309-321. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-011-2840-7_18.
- LAW, J. W. F.; SER, H. L.; KHAN, T. M.; CHUAH, L. H.; PUSPARAJAH, P.; CHAN, K. G.; GOH, B. H.; LEE, L. H. The potential of streptomyces as biocontrol agents against the rice blast fungus, *Magnaporthe oryzae* (*Pyricularia oryzae*). **Frontiers in Microbiology**, v. 8, 3, Jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00003>.
- MUSIIME, O.; TENYWA, M. M.; MAJALIWA, M. J. G.; LUFABA, A.; NANFUMBA, D.; WASIGE, J. E.; WOOPER, P. L.; KYONDHA, M. Constraints to rice production in Bugiri district. **African Crop Science Conference Proceedings**, v. 7, p. 1495-1499, 2005.
- NALLEY, L.; TSIBOE, F.; DURAND-MORAT, A.; SHEW, A.; THOMA, G. Economic and environmental impact of rice blast pathogen (*Magnaporthe oryzae*) alleviation in the United States. **Plos One**, v. 11, e0167295, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167295>.
- NASRUDDIN, A.; AMIN, N. Effects of cultivar, planting period, and fungicide usage on rice blast infection levels and crop yield. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 1, p. 160-167, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v5n1p160>.
- NEUPANE, N.; BHUSAL, K. A review of blast disease of rice in Nepal. **Journal of Plant Pathology and Microbiology**, v. 11, 528, 2020. DOI: <https://doi.org/10.35248/2157-7471.20.12.228>.
- OLIVEIRA, M. I. S.; CHAIBUB, A. A.; SOUSA, T. P.; CORTES, M. V. C. B.; SOUZA, A. C. A.; CONCEIÇÃO, E. C.; FILIPPI, M. C. C. Formulations of *Pseudomonas fluorescens* and *Burkholderia pyrrocinia* control rice blast of upland rice cultivated under no-tillage system. **Biological Control**, v. 144, 104153, May 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104153>.
- OU, S. H. **Rice diseases**. 2. ed. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1985. 380 p.
- PAUDEL, M. N.; BHANDARI, D. R.; KHANAL, M. P.; JOSHI, B. K.; ACHARYA, P.; GHIMIRE, K. H. (ed.). **Rice science and technology in Nepal**: a historical, socio-cultural and technical compendium. Lalitpur: Agronomy Society of Nepal, 2017. 902 p.
- PINGALI, P. L.; ROGER, P. A. (ed). **Impact of pesticides on farmer health and the rice environment**. Dordrecht: Springer Science, 2012. 664 p.
- PIOTTI, E.; RIGANO, M. M.; RODINO, D.; RODOLFI, M.; CASTIGLIONE, S.; PICCO, A. M.; SALA, F. Genetic structure of *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. isolates from Italian paddy fields. **Journal of Phytopathology**, v. 153, n. 2, p. 80-86, Feb. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2005.00932.x>.
- POOJA, K.; KATOCH, A. Past, present and future of rice blast management. **Plant Science Today**, v. 1, n. 3, p. 165-173, 2014. DOI: <https://doi.org/10.14719/pst.2014.1.3.24>.
- RAMOS, L. N. **Estrutura populacional e parâmetros epidemiológicos de isolados de *Magnaporthe grisea* (Barr)**. 2009. 132 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- SESMA, A.; OSBOURN, A. E. The rice leaf blast pathogen undergoes developmental processes typical of root-infecting fungi. **Nature**, v. 431, n. 7008, p. 582-586, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature02880>.
- SILVA-LOBO, V. L.; FILIPPI, M. C. C. **Manual de identificação de doenças da cultura do arroz**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 45 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160483/1/CNPAF-2017.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- SILVA-LOBO, V. L.; SOUZA, A. C. A.; GONÇALVES, F. J.; FILIPPI, M. C. C.; PRABHU, A. S. **Diversificação de cultivares de arroz no manejo sustentável da brusone**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2020. 10 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 256). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218195/1/CNPAF-2020-comt256.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- SKAMNIOTI, P.; GURR, S. J. Against the grain: safeguarding rice from rice blast disease. **Trends in Biotechnology**, v. 27, n. 3, p. 141-150, Mar. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2008.12.002>.
- SOBRIZAL, S.; ANGGIANI, S. **Rice blast disease in Indonesia**. Tsukuba: Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 2007. p. 71-79. (JIRCAS. Working Report, 53).
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Itajaí, 2012. 179 p.
- SOUZA, A. C. A.; CÔRTEZ, M. V. B.; SILVA, G. B.; SOUSA, T. P.; RODRIGUES, F. A.; FILIPPI, M. C. C. Enzyme-induced defense response in the suppression of rice leaf blast (*Magnaporthe oryzae*) by silicon fertilization and bioagents. **International Journal of Research Studies in Biosciences**, v. 3, n. 5, p. 22-32, May 2015.

SOUZA, A. C. A.; FILIPPI, M. C. C.; NASCENTE, A. S.; PRABHU, A. S.; ALVES, E. Silicon rates and beneficial microorganism on blast suppression and productivity of upland rice. **Journal of Plant Science and Phytopathology**, v. 5, p. 20-27, 2021. DOI: <https://doi.org/10.29328/journal.jpssp.1001057>.

TEMPLETON, G. E.; WELLS, B. R.; JOHNSTON, T. N-fertilizer applications closely related to blast at nodes and resultant lodging of rice. In: RICE TECHNICAL WORKING GROUP., 13., 1970, Beaumont. **Proceedings...** Beaumont: Texas A&M University, 1970. p. 31-32.

THAPA, R.; BHUSAL N. Designing rice for the 22nd century: towards a rice with an enhanced productivity and efficient photosynthetic pathway. **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology**, v. 8, n. 12, p. 2623-2634, 2020. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i12.2623-2634.3834>.

VENEAULT-FOUREY, C.; TALBOT, N. J. Moving toward a systems biology approach to the study of fungal pathogenesis in the rice blast fungus *Magnaporthe grisea*. **Advances in Applied Microbiology**, v. 57, p. 177-215, 2005. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2164\(05\)57006-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2164(05)57006-0).

VIDHYASEKARAN, P.; RABINDRAN, R.; MUTHAMILAN, M.; NAYAR, K.; RAJAPPAN, K.; SUBRAMANIAN, N.; VASUMATHI, K. Development of a powder formulation of *Pseudomonas fluorescens* for control of rice blast. **Plant Pathology**, v. 46, n. 3, p. 291-297, June 1997. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1997.d01-27.x>.

WILSON, R. A.; TALBOT, N. J. Under pressure: investigating the biology of plant infection by *Magnaporthe oryzae*. **Nature Reviews Microbiology**, v. 7, n. 3, p. 185-195, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro2032>.

YAN, W.; BAO, J. (ed.). **Rice: germplasm, genetics and improvement**. Rijeka: InTech, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5772/51100>.

YANG, J. H.; LIU, H. X.; ZHU, G. M.; PAN, Y. L.; XU, L. P.; GUO, J. H. Diversity analysis of antagonists from rice-associated bacteria and their application in biocontrol of rice diseases. **Journal of Applied Microbiology**, v. 104, n. 1, p. 91-104, Jan. 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03534.x>.

YASUDA, N.; MITSUNAGA, T.; HAYASHI, K.; KOIZUMI, S.; FUJITA, Y. Effects of pyramiding quantitative resistance genes pi21, Pi34, and Pi35 on rice leaf blast disease. **Plant Disease**, v. 99, n. 7, p. 904-909, July 2015. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-14-0214-RE>

ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P.S. (ed.). **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International: International Rice Research Institute, 1994. 626 p.

