



**GERALD ANGELO M. SORMANTI VALENZUELA**

**VARIABILIDADE PATOGÊNICA DE *Pyricularia oryzae* EM  
ARROZ NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**LAVRAS - MG  
2020**

**GERALD ANGELO M. SORMANTI VALENZUELA**

**VARIABILIDADE PATOGÊNICA DE *Pyricularia oryzae* EM ARROZ NO ESTADO DE  
MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dra. Flávia Barbosa Silvia Botelho  
Orientadora

Prof. Dra. Elaine Aparecida de Souza  
Co-orientadora

Dra. Marta Cristina Corsi de Filippi  
Co-orientadora

**LAVRAS-MG  
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Sormanti, Gerald Angelo.

Variabilidade patogênica de *Pyriculariaoryzae* em arroz no estado de minas gerais / Gerald Angelo Sormanti. - 2020.

56 p. : il.

Orientador(a): Flávia Barbosa Silva Botelho.

Coorientador(a): Elaine Aparecida De Souza, Marta Cristina Corsi, Flavio Henrique Medeiros.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Melhoramento de Plantas. 2. *Oryza sativa*. 3. *Pyricularia oryzae*. I. Silva Botelho, Flávia Barbosa. II. De Souza, Elaine Aparecida. III. Corsi, Marta Cristina. IV. Medeiros, Flavio Henrique. V. Título.

**GERALD ANGELO M. SORMANTI VALENZUELA**

**VARIABILIDADE PATOGÊNICA DE *Pyricularia oryzae* EM ARROZ NO ESTADO DE  
MINAS GERAIS**

**PATHOGENIC VARIABILITY OF *Pyricularia oryzae* IN RICE IN THE STATE OF  
MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 26 de junho de 2020.

Dra. Flávia Barbosa Silvia Botelho - UFLA

Dra. Elaine Aparecida de Souza - UFLA

Dra. Marta Cristina Corsi de Filippi - EMBRAPA

Dr. Flavio H. V. Medeiros - UFLA



Prof. Dra. Flávia Barbosa Silvia Botelho  
Orientadora

Prof. Dra. Elaine Aparecida de Souza  
Co-orientadora

Dra. Marta Cristina Corsi de Filippi  
Co-orientadora

**LAVRAS-MG  
2020**

*Aos meus pais e meu irmão, pelo apoio, carinho e confiança.*

***Dedico.***

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelas tantas oportunidades que ele coloca na minha vida e, por ser meu guia e sustento sempre.

A meus pais, Miguel e Clara, pelo amor, os ensinamentos no dia a dia, e principalmente por serem os primeiros que acreditam nos meus sonhos.

A meus irmãos, Miguel, Carmiña e Magali, por ser muitas vezes exemplos para mim e, por todo o amor que sentimos um pelo outro.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Biologia, instituição de prestígio a nível nacional e internacional, pela oportunidade concedida para realização do mestrado.

À Embrapa, pela parceria e suporte na realização deste trabalho.

À CAPES, o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A professora Flavia Barbosa Silvia Botelho pela orientação e ensinamentos, por ser um exemplo de compromisso e amor ao trabalho que nós realizamos.

A professora Elaine Aparecida de Souza pela co-orientação, os ensinamentos e por ter sido um grande apoio para mim.

A Dra. Marta Cristina Corsi de Filippi pela co-orientação neste trabalho.

Ao grupo do Laboratório de Resistência de Plantas e em especial a Miller pelo suporte durante os meses de trabalho em conjunto.

As pessoas que conheci durante esta etapa e que se tornaram importantes para mim, em especial, Júlia, Thiago, Eric, Vinicius, Agustin e Ailén.

Aos colegas do GEN, pela convivência e apoio durante todo o mestrado.

**A TODOS, MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

A brusone, causada pelo fungo *Pyricularia oryzae* Cav., é uma das doenças mais importantes da cultura de arroz. Estudos baseados no monitoramento constante das raças presentes em uma região, bem como avaliar as respostas dos genótipos frente aos raças, são fundamentais para o direcionamento de programas de melhoramento de plantas. Diante disso, este trabalho teve como objetivos determinar a variabilidade de raças de *P. oryzae* no Estado de Minas Gerais e, avaliar a reação à doença e produtividade de grãos em genótipos de arroz elites pertencentes ao Ensaio Preliminar do Programa de Melhoramento de Arroz - UFLA. Para o primeiro experimento, foram coletados isolados do patógeno a partir de folhas de arroz com sintomas, provenientes de três locais (Arcos, Lavras e Lambari). As identificações foram realizadas com inoculações dos isolados monospóricos sobre o conjunto de oito cultivares diferenciadoras internacionais e avaliação entre os 7 e 10 dias após da inoculação utilizando uma escala de notas. O segundo experimento consistiu em avaliar a severidade da brusone foliar e a produtividade de grãos em 36 genótipos de arroz do Ensaio Preliminar, instalados nos campos experimentais da UFLA localizados nos municípios de Lavras e Lambari. No experimento 1 foram identificadas dez raças fisiológicas, com predominância das raças IA-25 (33,33%), IB-1 (16,66%) e IF-3 (13,33%). No experimento 2, os genótipos P95-8-CNAx18360-B-3-B-B, CMG-ERF-78-1, P313-2-CNAx18901-B-9-B, P153-15-CNAx18906-B-2-B, CMG-ERF-70-1 apresentaram os melhores desempenhos tanto para a reação à brusone quanto na produtividade de grãos, obtivendo rendimentos acima de 6000 kg/ha. A partir destes resultados, conclui-se que há variabilidade patogênica com prevalência da raça IA-25 e, que existe diferenças entre os genótipos avaliados para a resistência à doença e a produtividade de grãos.

**Palavras chave:** Raças Fisiológicas. Melhoramento Genético. Resistência a patógenos.

## RESUMEN

El tizón, causada por el hongo *Pyricularia oryzae* Cav., es una de las enfermedades más importantes del cultivo de arroz. Estudios basados en el monitoreo constante de las razas presentes en una región, así como en la evaluación de las respuestas de genotipos a los raças, son fundamentales para la dirección de los programas de mejoramiento de plantas. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo determinar la variabilidad de las razas de *P. oryzae* en el estado de Minas Gerais y evaluar la reacción a la enfermedad y el rendimiento de granos en genotipos de arroz de élite pertenecientes al Ensayo Preliminar del Programa de mejoramiento de arroz - UFLA. Para el primer experimento, se recogieron aislados del patógeno de hojas de arroz con síntomas, de tres locales (Arcos, Lavras y Lambari). Las identificaciones se llevaron a cabo con inoculaciones de los aislados monospóricos en el conjunto de ocho cultivares diferenciadores internacionales y evaluación entre 7 y 10 días después de la inoculación utilizando una escala de notas. El segundo experimento consistió en evaluar la severidad del tizón foliar y el rendimiento de granos en 36 genotipos de arroz del Ensayo Preliminar, instalados en campos experimentales de la UFLA ubicados en los municipios de Lavras y Lambari. En el experimento 1, se identificaron diez razas fisiológicas, con predominio de las razas IA-25 (33.33%), IB-1 (16.66%) e IF-3 (13.33%). En el experimento 2, los genotipos P95-8-CNAx18360-B-3-BB, CMG-ERF-78-1, P313-2-CNAx18901-B-9-B, P153-15-CNAx18906-B-2-B, CMG-ERF-70-1 mostraron los mejores desempeños tanto para la reacción del tizón como en el rendimiento de granos, obteniendo rendimientos superiores a 6000 kg / há. A partir de estos resultados, se concluye que existe una variabilidad patogénica con la prevalencia de la raza IA-25 y que existen diferencias entre los genotipos evaluados para la resistencia a la enfermedad y el rendimiento de granos.

**Palabras clave:** Razas fisiológicas. Mejoramiento Genético. Resistencia a patógenos.



## ABSTRACT

Rice blast, caused by the fungus *Pyricularia oryzae* Cav., is one of the most important diseases of rice culture. Studies based on the constant monitoring of races present in a region, as well as evaluating the responses of genotypes to pathotypes, are fundamental for the direction of plant breeding programs. Therefore, this study aimed to determine the variability of *P. oryzae* races in the State of Minas Gerais and to evaluate the reaction to disease and grain yield in elite rice genotypes belonging to the Preliminary Trial of the Rice Breeding Program - UFLA . For the first experiment, isolates of the pathogen were collected from rice leaves with symptoms, from three sites (Arcos, Lavras and Lambari). The identifications were carried out with inoculations of the monosporic isolates on the set of eight international differentiating cultivars and evaluation between 7 and 10 days after inoculation using a scale of notes. The second experiment consisted of evaluating leaf blast severity and grain yield in 36 rice genotypes from the Preliminary Trial, installed in UFLA experimental fields located in the municipalities of Lavras and Lambari. In experiment 1, ten physiological breeds were identified, with a predominance of breeds IA-25 (33.33%), IB-1 (16.66%) and IF-3 (13.33%). In experiment 2, the genotypes P95-8-CNAx18360-B-3-BB, CMG-ERF-78-1, P313-2 CNAx18901-B-9-B, P153-15-CNAx18906-B-2-B, CMG -ERF-70-1 presented the best performances both for the reaction to blast and in grain yield, obtaining yields above 6000 kg / ha. From these results, it is concluded that there is pathogenic variability with prevalence of race IA-25 and that there are differences between the genotypes evaluated for disease resistance and grain yield.

**Keywords:** Physiological races. Genetic improvement. Resistance to pathogens.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Ciclo de vida de *Pyricularia oryzae* em folhas de arroz. Os conídios germinam e desenvolvem os apressórios. A invasão dentro e entre células termina com a esporulação e formação de lesões. A reprodução sexual se dá com o pareamento de duas linhagens do tipo oposto formando o peritécio no qual os ascósporos se desenvolvem. Quando liberados esses ascósporos, continuam novas infecções em células hospedeiras .....7
- FIGURA 2 - a. Isolado monosótrico de *P. oryzae* utilizado para inoculação b. Quantificação dos esporos de *P. oryzae*. c. Cultivares diferenciadoras instaladas na casa de vegetação .....14
- FIGURA 3 - a. Escala de avaliação da brusone no arroz, valores de 0 a 3 são considerados de resistentes e entanto valores acima são considerados como suscetíveis b. Serie de diferencial internacional utilizada para identificação de raças de *P. oryzae* no arroz .....14

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Genótipos do Ensaio Preliminar do Programa de Melhoramento de Arroz - UFLA. DBI – UFLA, Lavras, Brasil. 2020.....	11
TABELA 2 - Escala de notas para avaliação a campo da brusone na cultura de arroz. DBI – UFLA, Lavras, Brasil. 2020 .....	15
TABELA 3 - Determinação das raças de <i>P. oryzae</i> para os três diferentes locais, avaliações realizadas entre os 7 e 10 DAI. DBI – UFLA, Lavras, Brasil. 2020 .....	17
TABELA 4 - Análises de variância dos valores de severidade da brusone foliar (BF) e produtividade de genótipos de arroz de terras altas na safra 18/19. DBI – UFLA, Lavras, Brasil. 2020 .....	18
TABELA 5 - Média da reação a brusone de 36 genótipos de arroz do preliminar avaliados em dois locais durante a safra 18/19. DBI – UFLA, Lavras, Brasil. 2020 .....	18
TABELA 6 - Média de produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de 36 genótipos de arroz do preliminar avaliados em dois locais durante a safra 18/19. DBI – UFLA, Lavras, Brasil. 2020 .....	20

## ANEXOS

TABELA 1A - Anova individual do local de Lavras para produtividade de grãos em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19. ....	37
TABELA 2A - Anova individual do local de Lavras para reação a brusone foliar em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19. ....	37
TABELA 3A - Anova individual do local de Lambari para produtividade de grãos em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19. ....	37
TABELA 4A - Anova individual do local de Lambari para reação a brusone foliar em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19. ....	37
TABELA 5A - Test de Scott-knott do local de Lavras para produtividade de grãos em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19. ....	38
TABELA 6A - Test de Scott-knott do local de Lavras para reação da brusone foliar em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19. ....	39
TABELA 7A - Test de Scott-knott do local de Lambari para produtividade de grãos em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19. ....	40
TABELA 8A - Test de Scott-knott do local de Lambari para reação da brusone foliar em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19. ....	41
TABELA 9A - Anova conjunta para produtividade de grãos em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19. ....	42
TABELA 10A - Anova conjunta para reação da brusone foliar em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19. ....	42
TABELA 11A - Test de Scott-knott da conjunta para produtividade de grãos em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19. ....	43
TABELA 12A - Test de Scott-knott da conjunta para brusone foliar em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19. ....	44

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1	Cultura do Arroz no Brasil.....	3
2.2	Doenças da cultura do arroz.....	4
2.3	Resistência genética da brusone do arroz.....	8
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	11
3.1	Local e período de condução dos experimentos.....	11
3.2	Material Vegetal.....	11
3.3	Experimento 1: Avaliação da variabilidade patogénica de <i>P. oryzae</i> .....	12
3.3.1	Isolamento e obtenção do inóculo.....	12
3.3.2	Preparo e instalação do experimento .....	13
3.3.3	Inoculação dos isolados de <i>P. oryzae</i> .....	13
3.3.4	Características avaliadas.....	14
3.4	Experimento 2: Reação de genótipos elites de arroz a <i>P. oryzae</i> .....	15
3.4.1	Instalação do experimento .....	15
3.4.2	Características avaliadas.....	15
3.5	Análise estatística.....	16
4	RESULTADOS .....	17
5	DISCUSSÃO .....	21
6	CONCLUSÕES.....	28
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
	ANEXO A .....	36

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) constitui uma importante fonte alimentícia para consumo humano. Além disso, a nível mundial é uma das principais culturas junto com a soja e milho, e ela pode ser produzida tanto em sistema irrigado como de terras altas dependendo da região (FAGERIA et al., 2014).

Segundo a United States Department of Agriculture – USDA (2020), a previsão de arroz global para 2020/2021 é de produção, consumo e comércio recordes. A produção mundial projetada em 502 milhões de toneladas, 2% acima da safra anterior. O consumo mundial de arroz é projetado em 498,1 milhões de toneladas, com um aumento de 7,9 milhões em relação ao ano anterior e liderado pela China e Tailândia. As exportações globais estão projetadas em 45,2 milhões de toneladas, subindo modestamente, também liderado pela China e com o Brasil entre os principais importadores.

Na safra 2019/2020, a estimativa de produção do Brasil é de 10,8 milhões de toneladas em 1,65 milhões de hectares, e rendimento médio de 6.575 kg/ha, onde o Sudeste se encontra entre as principais regiões produtoras (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2020).

Tendo em conta isso, a produção de arroz pode ser afetada tanto quantitativa como qualitativamente por condições ambientais, plantas daninhas, insetos pragas e doenças. Martins et al. (2014) mencionam que a brusone, causada pelo fungo *Pyricularia oryzae* é uma das doenças mais importantes na cultura do arroz e, que infecta também várias outras gramíneas como trigo, aveia, cevada, centeio, capim arroz, azevém, grama-boiadeira e capim braquiária. A brusone pode produzir perdas na produtividade em torno de 60 % no caso de arroz de terras altas e, por isso, são recomendadas estratégias de prevenção ou controle tais como a utilização de fungicidas e práticas culturais (AMORIM et al., 2016; SKAMNIOTO; GUR, 2009).

No caso da utilização de fungicidas, ela resulta eficiente e rápida, mas o surgimento da quebra de resistência aos produtos gera custos tanto para os produtores, os fabricantes e a sociedade toda (CARMONA; SAUTUA, 2017).

Dessa forma, considerando questões ambientais e econômicas relacionadas ao emprego de fungicidas no controle de doenças, as cultivares resistentes tornam-se uma das principais

ferramentas utilizadas e recomendadas, tanto por sua praticidade como pelos resultados satisfatórios que oferece.

Diversos trabalhos relacionadas com o uso de cultivares diferenciadoras tem demonstrado a existência de variabilidade dos genótipos de arroz perante a brusone e, com o ambiente também influenciado essa reação (NISHIZAWA et al., 1999; NYONGESA et al., 2016; DIVYA et al., 2014). Nesse sentido, o estudo da variabilidade de raças de *P. oryzae*, vem se tornado uma ferramenta altamente eficiente, auxiliando na compreensão da interação patógeno-hospedeiro e sendo recomendada nos diversos programas de melhoramento de arroz, com exemplos nas principais instituições de pesquisa a nível mundial (YELOME et al., 2018; MARTINS et al., 2014; CASTEJÓN-MUÑOZ et al., 2007).

Deve-se considerar inclusive que, há inúmeros casos de cultivares com pouco tempo de lançamento que apresentaram uma quebra de resistência ao patógeno e, um dos principais motivos é essa falta de monitoramento das raças e de elaborar novas estratégias em base a isso (BONMAN, 1992; DOS SANTOS et al., 2017). Assim, é mais que evidente a importância do acompanhamento constante das raças presentes em uma região, bem como a interação patógenos-hospedeiros existente (entre outros fatores), pois elas permitem gerar dados representativos que ajudam a direcionar o melhoramento genético de plantas.

Diante do exposto, objetiva-se identificar as raças fisiológicas de *Pyricularia oryzae* e avaliar a resistência de genótipos de arroz.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Cultura de arroz no Brasil**

Registros indicam que já em 1587 lavouras arrozeiras ocupavam terras da Bahia; em 1745, o cultivo teve início no Maranhão; em 1772 no Pará e em 1750 em Pernambuco. De igual forma, a orizicultura no Brasil, de forma organizada e racional foi notado acentuadamente em meados do Século 18 e algumas Décadas após o país já era um grande exportador e consumidor (ANSELM, 1985).

Na atualidade, segundo Leal et al. (2017) a cultura de arroz se situa como cadeia produtiva agroindustrial chave para o ambiente de agronegócio, tanto a nível econômico como social. Além disso, se destaca que a cadeia produtiva no Brasil é altamente competitiva no mercado existente e a mesma apresenta condições políticas que, revelam vantagens comparativas com transferência de recursos para outros setores da economia.

Zanata e Pinto (2014) num trabalho de pesquisa e inovação na cadeia produtiva do arroz, mencionam que a agricultura está atingindo níveis de exigência e competitividade compatíveis com o processo de internacionalização.

O sistema de produção de arroz no Brasil é feito tanto irrigado como sequeiro, e depende principalmente da região. De igual forma, a época de plantio também é influenciada por esse fator, e no caso da Região Sudeste os períodos recomendados abarcam desde inícios de setembro até finais de dezembro (FAGERIA et al., 2014; CONAB, 2018).

Os mesmos autores indicam que entre os principais estados produtores do arroz estão Rio Grande do Sul, Santa Catarina ambos que concentram a maior parte da produção nacional (60% aproximadamente), Mato Grosso, Maranhão, Tocantins e Rondônia.

Uma questão a ressaltar ou apreciar é que a nível país a cultura de arroz vem apresentando uma centralização em uns poucos estados, e no que se refere a área plantada, Minas Gerais não é a exceção. Em 2002 a área plantada foi de 97,8 mil ha, já em 2015 passou a uns 12,4 mil ha, e esse fenômeno continua até a atualidade com valores em torno de 5 mil ha (SECRETARIA DO ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS, 2017; CONAB, 2018).



Realizando uma avaliação do comportamento desta cultura ao longo dos últimos anos no Brasil, na da safra 2003/2004 a produtividade foi de 3.500 Kg/há e a tendência foi crescente. Já para a safra 2016/2017 se teve uma produtividade de 6000 kg/há, a melhor registrada da série histórica. Com isso, fica claramente evidenciado os avanços atingidos com a intensificação e uso da tecnologia para uma maior eficiência como com a obtenção de cultivares melhor adaptados e apresentado alta produtividade.

Os últimos estudos indicam que a safra 2019/2020 apresentando a estimativa de produção de 10,8 milhões de toneladas, uns 0.87 milhões serão oriundas de cultivo em sequeiro e 9,97 milhões advindas de áreas com plantio irrigado. Pelo que fica evidenciado que diminuição a produtividade com relação à safra passada é principalmente devido as condições climáticas (CONAB, 2020).

Além do ambiente desfavorável, estão presentes outros fatores prejudiciais e que produziram perdas na produção como a alta incidência de insetos praga caso de lagartas, plantas daninhas sendo o principal o arroz vermelho e de doenças como a brusone (FAGERIA et al., 2014; CONAB, 2018).

Cabe mencionar que os custos de produção não diminuem, pelo contrário vá em aumento, e com relação a isso a CONAB (2016), num estudo da evolução de custos de produção de arroz no Brasil indica que entorno de 59,69% do custo está relacionado com fertilizantes, as operações com maquinas, sementes e fitossanitários.

## **2.2 Doenças da cultura do arroz**

Segundo Acebo et al. (2011), as doenças de origem microbiano constituem um dos principais fatores que incidem na obtenção de baixo rendimento na cultura de arroz. As doenças podem ser produzidas por vários microrganismos como fungos, bactérias e vírus, sendo as de origem fúngicas as mais frequentes.

As principais doenças no arroz são a mancha parda, escaldadura, mancha estreita, queima de bainhas, podridão de bainha, mal do pé, queima das glumelas, falso carvão, ponta branca e a brusone. Esta última produzida pelo patógeno *Pyricularia oryzae* e considerada como a principal tanto no Brasil e em diversas partes do mundo (AMORIM et al., 2016; SARIAH et al., 2016; NYONGESA et al., 2016; ARAZOE et al., 2013; CASTEJÓN-MUÑOZ et al., 2007; BERRUYER et al., 2003).

Prabhu (1980) também menciona a brusone entre as principais doenças tanto no sistema inundado como de terras altas. Porém, destaca-se que no arroz de sequeiro se observam os maiores danos em termos de rendimento de grão.

O fungo *P. oryzae* pertence a uma espécie complexa que produz a doença em mais de 50 espécies de gramíneas, entre elas a cultura do arroz. Além disso os isolados de *P. oryzae* podem ser classificados em subgrupos (dependendo da especificidade no hospedeiro, capacidade de cruzamento, parentesco genético, etc.) o que limita os hospedeiros que podem atingir, por exemplo: o patótipo *Oryzae* produz a doença no arroz; o patótipo *Triticum* no trigo; o patótipo *Avena* na aveia e assim sucessivamente (COUCH; KOHN, 2002; TOSA et al., 2004, TOSA; CHUMA, 2014).

Amorim et al. (2016) mencionam que a brusone os danos estão em função da variedade e dos fatores climáticos prevaletentes nas áreas de cultivos, e se acrescentam nos plantios de terras altas. Quando a doença ocorre nas folhas durante a fase vegetativa, causa redução na altura de plantas no número de perfilhos, no número de grãos por panícula, na massa de grãos e no índice de colheita. No Brasil, sob infecção natural, as estimativas de danos em variedades de terras altas revelam uma redução de 60% na produtividade, considerando severidade de 34% nas folhas e 50% nas panículas.

A doença pode ocorrer em todas as partes áreas da planta, desde estádios iniciais de desenvolvimento até a fase final de produção de grãos. Nas folhas, os sintomas típicos iniciam-se por pequenos pontos de coloração castanha, que evoluem para manchas elípticas, com extremidades agudas, as quais quando isoladas e completamente desenvolvidas, variam de 1 a 2 cm de comprimento por 0,3 a 0,5 cm de largura. As manchas aumentam no sentido das nervuras, apresentando centro cinza e bordos marrom-avermelhados, as vezes circundadas por halo amarelado. O centro é constituído por tecido necrosado sobre o qual são encontradas as estruturas reprodutivas do patógeno. A dimensão do bordo está diretamente relacionada com a resistência da variedade e com as condições climáticas, sendo estreita ou inexistente em variedades muito suscetíveis. A redução da área foliar fotossintetizante tem um reflexo direto sobre a produção de grãos. Quando a doença ocorre severamente nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta, o impacto é tão grande que a queima das folhas acaba por levar a morte da planta.

Nos colmos, mais precisamente na região dos entrenós, os sintomas evidenciam-se na forma de manchas elípticas escuras, com centro cinza e bordos marrom-avermelhados. As manchas

crecem no sentido do comprimento do colmo, podendo atingir grandes proporções. Esporos do patógeno podem estar presentes sobre o tecido necrosado das lesões. Os sintomas característicos nos nós são lesões de cor marrom, que podem atingir as regiões do colmo próximas aos nós atacados. As lesões provocam ruptura do tecido da região nodal, causando a morte das partes situadas acima deste ponto e a quebra do colmo, que, no entanto, permanece ligado a planta.

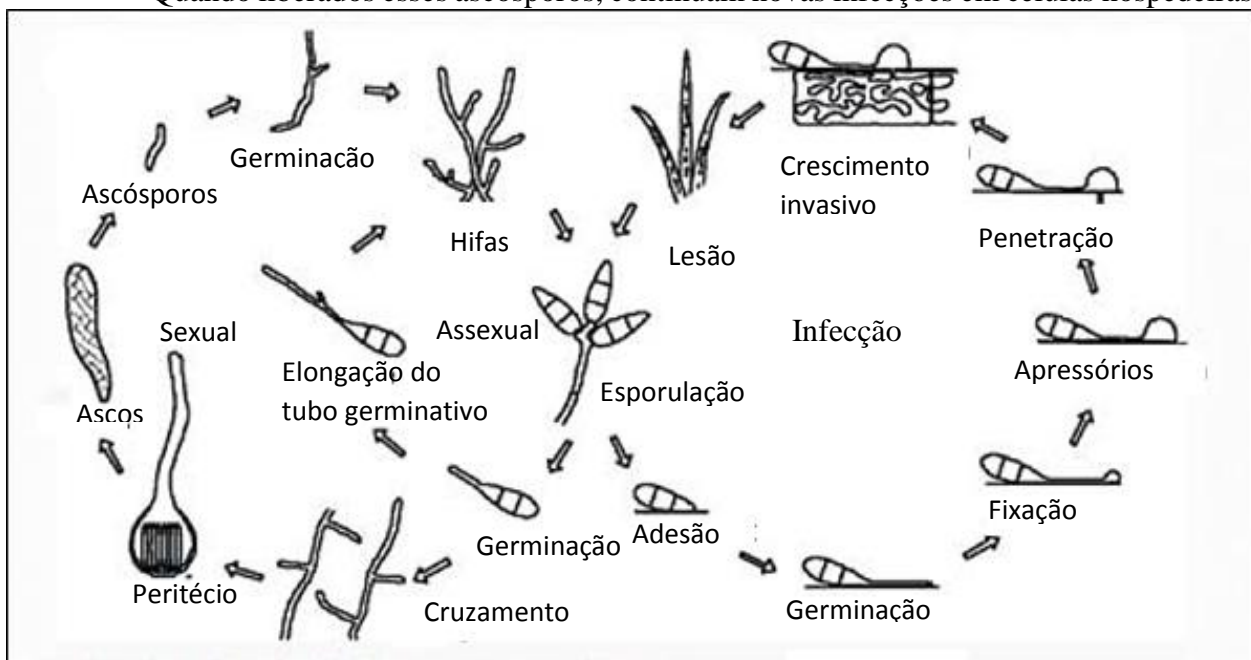
Nas panículas, a doença pode atingir a raque, as ramificações e o nó basal. As manchas encontradas na raque e nas ramificações são marrons e normalmente não apresentam forma definida; os grãos originados destas ramificações são chochos. A infecção do nó da base da panícula é conhecida como brusone do pescoço e tem um papel relevante na produção. O sintoma se expressa na forma de uma lesão marrom que circula a região nodal, provocando um estrangulamento desta. Quando as panículas são atacadas imediatamente após a emissão até a fase de aparecimento de grãos leitosos, a doença pode provocar o chochamento total das espiguetas; as panículas se apresentam esbranquiçadas e eriçadas, sendo facilmente identificadas no campo. As espiguetas, quando atacadas, apresentam manchas marrons do tamanho da cabeça de alfinete localizados nas glumas e glumelas, as quais são facilmente confundidas com manchas causadas por outros fungos. Além da infecção externa, o patógeno pode ser encontrado no endosperma. No entanto, a presença de micélio não tem sido detectada no embrião. O patógeno pode ser transmitido internamente a semente e causa sintomas nas plântulas.

Em quanto a etiologia, os conídios de *Pyricularia oryzae* são piriformes, obclavados, com base circular e ápice fino, levemente escuros ou hialinos com um pequeno hilo na base, medem 17-23 µm por 8-11 µm e ligam-se ao conidióforo pelo seu lado mais estreitado. Normalmente são encontrados dois septos por esporo, sendo a presença de um ou três septos raramente observada. Os conidióforos são longos, septados, simples ou em pequenos feixes, raramente ramificados, geniculados com a parte basal mais larga do conidióforo, cor marrom-pálido e emergentes através dos estômatos.

Os conídios germinam com presença de água, após 30 a 90 minutos, sendo o apressório formado na extremidade do tubo germinativo. A hidrofobicidade da superfície da planta é a principal condição exigida para a formação do apressório. A penetração ocorre diretamente através da epiderme da folha, logo após a formação de estruturas de infecção no aressório, através da força mecânica e da atividade enzimática. A colonização dos tecidos é facilitada por toxinas, que

provocam a morte de células, e por hifas, que se desenvolvem no tecido morto. Os conídios são liberados e dispersos pelo vento, fornecendo o inoculo para um ciclo subsequente de infecção.

**Figura 1.** Ciclo de vida de *Pyricularia oryzae* em folhas de arroz. Os conídios germinam e desenvolvem os apressórios. A invasão dentro e entre células termina com a esporulação e formação de lesões. A reprodução sexual se dá com o pareamento de duas linhagens do tipo oposto formando o peritécio no qual os ascósporos se desenvolvem. Quando liberados esses ascósporos, continuam novas infecções em células hospedeiras.



Fonte: DEAN et al. (2005).

Alguns fatores do ambiente podem influenciar o desenvolvimento do fungo. O crescimento ocorre em temperaturas variáveis de 8°C a 37°C, sendo entorno a 28°C a temperatura mais favorável. A atividade dos conídios sobre as lesões tem início quando a umidade relativa atinge no mínimo 93%. O patógeno pode sobreviver, na forma de micélio ou conídio, em restos de cultura, sementes e plantas de arroz que permanecem no campo.

No controle dos prejuízos produzidos pela brusone são recomendados o uso de variedades resistentes ou moderadamente resistentes, práticas culturais e a utilização de fungicidas tanto no tratamento de sementes e da parte aérea.

De forma complementar, D'Ávila et al., (2016), também recomendam que os produtores não utilizem cultivares suscetíveis em grandes áreas e que os melhoristas se concentrem em ampliar a base genética de novas cultivares.

### 2.3 Resistência genética da brusone do arroz

Segundo Amorim et al. (2018), o emprego de cultivares resistentes representa um pilar dentre as estratégias utilizadas para o controle de doenças. É o método ideal de controle, por ser aplicável em largas áreas e possuir baixo impacto ambiental comparado aos produtos fitossanitários.

Yelome et al. (2018) num trabalho de exploração da diversidade genética e a resposta de acessos de arroz contra *P. oryzae* constatam uma ampla diferencia na resposta dos acessos arroz frente a brusone, desde uma alta suscetibilidade até alta resistência.

Seguindo essa linha, Titone et al. (2015), num estudo da resistência de cultivares de arroz a brusone, 15% demonstrou resistência a doença, 17% resistência moderada, 30% susceptibilidade moderada e 38% susceptível. Isso evidencia a importância e utilidade da pesquisa baseada tanto na cultura, o patógeno e a interação entre eles, evitando assim no final perdas econômicas.

Da Silva et al. (2007), entanto, mencionam que o sucesso no manejo da brusone através de cultivares melhoradas para resistência normalmente se vê limitado, principalmente pela frequente perda da resistência em condições de campo. Essa perda de resistência das cultivares é comumente atribuída ao aparecimento de novas raças, ao aumento da taxa de multiplicação de isolados virulentos, aumento do inoculo na área plantada, frequência de mutação elevada dos isolados avirulentos para virulentos e a falha nos métodos de seleção de genótipos que apresentem baixa frequência de isolados compatíveis.

Os mesmos autores enfatizam na utilização de diferentes estratégias para o aumento da durabilidade da resistência, e que para o sucesso se requiere de conhecimentos sobre a estrutura da população do patógeno. A análise de virulência dos isolados presentes nas lavouras possibilita a incorporação de genes de resistência nas cultivares bem adaptadas as condições locais.

Amorim et al. (2018) e Borém et al. (2017) relacionado igualmente com evitar essa quebra da resistência, mencionam alternativas como: a pirâmides genéticas, que consiste na incorporação de mais de um gene R na cultivar, o objetivo principal é gerar uma cultivar que apresente múltiplos genes de resistência cada uma efetiva contra determinada patótipo do patógeno. O problema das pirâmides está na dificuldade de transferir vários genes para um único genótipo sem que esta perca sua identidade genética.

Outra opção é a implementação de multilinhas e misturas, que consiste também em usar os genes R mas não combinados na mesma planta, mas sim em plantas diferentes, cada qual carregando determinado gene. Seu objetivo é de reduzir a pressão de seleção direcional por uma super-patótipo que com pirâmides genéticas pode correr o risco. A principal desvantagem deste método está relacionada com o alto custo que acarreia e o tempo que se demora para obter plantas quase-isogênicas.

Por último a diversificação espacial, que consiste na diversidade entre campos de cultivo e não dentro de campos, como é o caso das misturas. Neste caso a estratégia é plantar cultivares com diferentes genes R nos campos contíguos tendo em conta que a doença se propaga de maneira mais severa entre campos cujas cultivares são suscetíveis as mesmas raças. Por tanto, dois componentes são indispensáveis: a classificação das cultivares aos seus genes R e um conhecimento das raças que compõem a população do patógeno local.

Tendo isso em conta, Prabhu et al. (2002) e Martins et al. (2014), mencionam que as principais raças de *Pyricularia oryzae* pertencem aos grupos IA, IB, IC, ID, IE e IF e a reação frente a cada patótipo varia para cada cultivar e também é influenciado pelo local/ambiente.

Tanto na Europa, África como nas Américas em forma geral é encontrado uma baixa variabilidade patogênica de *P. oryzae*. Entanto, no continente Asiático, se evidencia uma alta diversidade e reprodução sexual do fungo devido provavelmente a uma melhor adaptação tendo em conta que é seu centro de origem (D'ÁVILA et al., 2016).

Estudos como os desenvolvidos por Prabhu et al. (2002), Nunes et al. (2004) e Martins et al. (2014), indicam que no Brasil as raças pertencentes aos grupos IA e IB se encontram entre as mais frequentes nas principais regiões produtoras do arroz.

O critério normalmente utilizado para a diferenciação destas raças é através de oito cultivares diferencias internacionais de arroz desenvolvidas inicialmente no Japão, as quais cada uma apresenta uma resistência conhecida a um determinado patótipo internacional (LING; OU, 1969). A reação que apresenta de cada uma destas cultivares frente aos isolados permite sua classificação em grupos nomeados de IA até IH, seguida por uma numeração que indica o número do patótipo (ATKINS et al., 1967).

Nunes et al. (2004) mencionam que para uma identificação adequada das raças do patógeno dentro de qualquer programa é necessário utilizar as mesmas cultivares diferenciadoras, sem nenhuma variação na pureza genética.

As raças de *P. oryzae* apresentam genes de patogenicidade que são essenciais para a infecção do hospedeiro, e eles são divididos em três grupos: genes para especificidade a nutrição de planta, genes relacionados a infecção nas fases iniciais e genes para estabelecimento da doença e desenvolvimento de sintomas. Alguns exemplos desses genes são o gene PTH3 (primeiro grupo) envolvido na biossíntese da enzima histidina a qual é necessária para a patogenicidade, e o gene Mpg1 (segundo grupo) que aparentemente está envolvido na formação de apressórios funcionais (ADACHI et al., 2000; SWEIGARD et al., 1998; BECKERMAN; EBBOLE, 1996).

Em forma geral os genes de patogenicidade atuam como enzimas que degradam a cutícula, componentes da parede celular e da membrana plasmática. Além disso, existem outros genes relacionados com evitar a ativação do sistema de defesa de plantas e os mesmos são envolvidos na proteção contra espécies reativas de oxigênio, adesão de propágulos, diferenciação de estruturas, bloqueio de reação de hipersensibilidade, supressão da reação dos mecanismos de resistência, detoxificação de moléculas, movimento de partículas (vírus), etc (AMORIM et al., 2018).

Continuando na mesma linha os genes *Avr* de avirulência também possuem um role importante dentro do patossistema em termos de especificidade *P. oryzae* – hospedeiro/cultivar. Essa situação ocorre principalmente entre genes maiores na planta e genes de avirulência no patógeno, em determinadas situações os produtos gerados pelos genes *Avr* interagem com os produtos dos genes R do hospedeiro e aceleram os mecanismos de defesa na planta que bloqueiam a infecção (FILIPPI; PRABHU, 2006).

Por outro lado Nyongesa et al. (2016), Divya et al. (2014) e Da Silva et al. (2007) concordam que os principais genes de resistência a brusone são os pertencentes ao grupo *Pi* e que uma combinação entre elas (pirâmides genéticas, resistência horizontal) confere os melhores resultados. Um exemplo desses genes de resistência é o *Pi -z<sup>t</sup>* que oferece resistência a todas as raças no Brasil, e em contrapartida os genes *Pi -a*, *Pi -k*, *Pi -m*, *Pi -ta* não são efetivos por causa da pré-existência de virulências na população do patógeno em todo o território brasileiro (FILIPPI; PRABHU, 2006).

Neste caso os genes de resistência da planta atuam como fatores estruturais (ex.: cutícula, estômatos, tricomas, agregação citoplasmáticas, lignificação, etc.), fatores bioquímicos (compostos fenólicos, saponinas, glicosídeos cianogênicos, glicosídeos sulfurados, fototoxinas, etc.) e de reação de hipersensibilidade definida como a morte repentina de células do hospedeiro circundando os sítios de infecção (AMORIM et al., 2018).

### 3 MATERIAS E MÉTODOS

#### 3.1 Local e período de condução dos experimentos

O experimento 1 foi realizado no laboratório de Resistência de Plantas a Doenças e em casa de vegetação do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situada em Lavras - Minas Gerais.

O experimento 2 foi conduzido nos campos experimentais da UFLA localizados nos municípios de Lavras e Lambari, MG. O trabalho foi desenvolvido entre Outubro de 2018 e fevereiro de 2019.

#### 3.2 Material Vegetal

Para determinar a variabilidade patogênica foram utilizadas oito cultivares diferenciadoras (Raminad Str3, Zenith, NP 125, Usen, Dular, Kanto 51, Sha-tiao-tsoo e Caloro) recomendadas por Ling e Ou (1969). As sementes foram adquiridas por meio do convenio estabelecido entre a Universidade Federal de Lavras e Embrapa Arroz & Feijão.

Além disso, foram avaliados 36 linhagens/materiais do ensaio preliminar selecionados para a safra 2018/2019 do Programa de Melhoramento de Arroz – UFLA, apresentados na tabela abaixo.

**Tabela 1.** Linhagens do Ensaio Preliminar do Programa de Melhoramento de Arroz - UFLA. DBI – UFLA, Lavras, Brasil. 2020.

1- BRSMG Caravera	19- ERF 3 ? 2015-16
2- BRS Esmeralda	20- ERF 11 ? 2015-16
3- P142-6-CNAx18832-B-1-B	21- ERF 8 ? 2015-16
4- P153-15-CNAx18906-B-2-B	22- CMG ERF 78-1
5- P15-8-CNAx18281-B-7-B-B	23- P29-1- CNAx18806-B-4-B
6- P260-7-CNAx18294-B-2-B-B	24- CMG ERF 100-1
7- P20-4-CNAx18274-B-1-B-B	25- P242-5-CNAx18946-B-6-B
8- P95-8-CNAx18360-B-3-B-B	26- P143-5-CNAx18834-B-16-B



---

9- CMG ERF 70-1	27- P34-1- CNAx18803-B-15-B
10- P143-2-CNAx18834-B-16-B	28- P20-1- CNAx18274-B-1-B-B
11- CMG ERF 179-3	29- P313-2-CNAx18901-B-9-B
12- CMG ERF 85-9	30- P28-1-CNAx18807-B-8-B
13- P112-1-CNAx18845-B-6-B	31- ERF 14-2015-16
14- P 80-14-CNAx18874-B-3-B	32- CMG ERF 221-1
15- P266-5-CNAx18834-B-5-B	33- CMG ERF 27-2
16- CMG ERF 81-3	34- P138-6-CNAx18839-B-1-B
17- P85-15- CNAx18874-B-5-B	35- P118-1-CNAx18816-B-5-B
18- CMG ERF 145-3	36- P113-2-CNAx18839-B-6-B

---

Fonte: Do Autor (2020).

### 3.3 Experimento 1: Avaliação da variabilidade Patogênica de *P. oryzae*

#### 3.3.1 Isolamento e obtenção do inóculo

O procedimento iniciou com colheita de folhas de arroz irrigado e sequeiro apresentando sintomas da brusone, sendo estas de diferentes cultivares/genótipos e locais dentro do Estado de Minas Gerais por meio de visitas às lavouras durante a safra de 2018/2019. Foram selecionados 3 locais representativos para produção e/ou pesquisa de arroz e, contando com parceria com o Programa de Melhoramento de Arroz da UFLA. Em Arcos, foram coletadas da cultivar IRGA 424 e, no caso de Lavras e Lambari a partir das cultivares testemunhas suscetíveis à doença com que se trabalha. A identificação do patógeno foi realizada avaliando-se as estruturas reprodutivas por meio do microscópio ótico, com auxílio da chave taxonômica proposta por Menezes e Oliveira (1993).

Seguido a isso, procedeu-se ao isolamento monospórico, onde foram retirados esporos de *P. oryzae* das lesões de brusone e transferidas para placas com meio ágar-água, sendo submetidas a temperatura de 24°C, por 24 horas em BOD. Os esporos germinados foram transferidos, individualmente para placas com meio BDA (batata 200g, dextrosa 15g e ágar 16g por litro) + estreptomicina (0,2 g/L) e incubados a temperatura de 24°C em BOD.

Os isolados monospóricos (dez/local) foram transferidos para o meio de cultura aveia, considerado o ideal para esporulação, e incubados por 12 a 15 dias, sob luz fluorescente (12 horas de luz/ 12 hora no escuro), a temperatura de 25°C em BOD (DHINGRA; SINCLAIR, 1995).

### **3.3.2 Preparo e instalação do experimento**

Utilizou-se um delineamento de blocos casualizados, com duas repetições, cada uma contendo as oito cultivares diferenciadoras e, na qual foram inoculados com os trinta isolados. Para cada cultivar diferenciadora foram semeadas três sementes/célula em bandejas plásticas de 162 células, com substrato comercial. Foram utilizadas nove células (uma fileira da bandeja) para cada cultivar diferenciadora. As oito cultivares foram distribuídas nas bandejas com um espaçamento de uma fileira entre elas.

A irrigação foi efetuada duas vezes por dia (9:00 e 17:00 hs). Posterior à emergência realizou-se desbaste deixando apenas uma planta por célula.

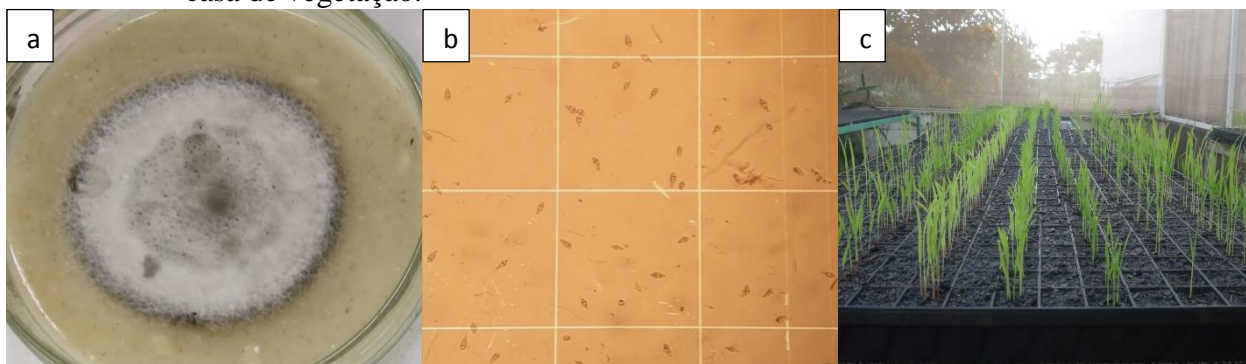
### **3.3.3 Inoculação dos isolados de *P. oryzae***

Para esta etapa, foram inoculados os trinta isolados sobre as oito cultivares diferenciadoras. Para cada isolado monospórico de *P. oryzae* foram preparadas suspensões na concentração de  $3 \times 10^5$  conídios/ml em 100 ml de água destilada por bandeja/repetição. A concentração do inóculo foi estimada utilizando-se a câmara de Neubauer, Figuras 2a e 2b (FENCH; HEBERT, 1980).

As plantas foram inoculadas quando atingiram a fase V3-V5 (3 a 5 folhas verdadeiras), aproximadamente 21 dias, com auxílio de um pulverizador de pressão constante.

Após disso, foram mantidas em câmara de nebulização na temperatura de 25-27 °C e umidade relativa superior a 90%, por dois dias, em local sem luz ambiente. Posteriormente as plantas foram transferidas novamente a casa de vegetação (SARIAH et al., 2016).

**Figura 2.** a. Isolado monosóxico de *P. oryzae* utilizado para inoculação. b. Quantificação dos conídios de *P. oryzae* em câmara de Neubauer c. Plantas das CDI em bandejas na casa de vegetação.



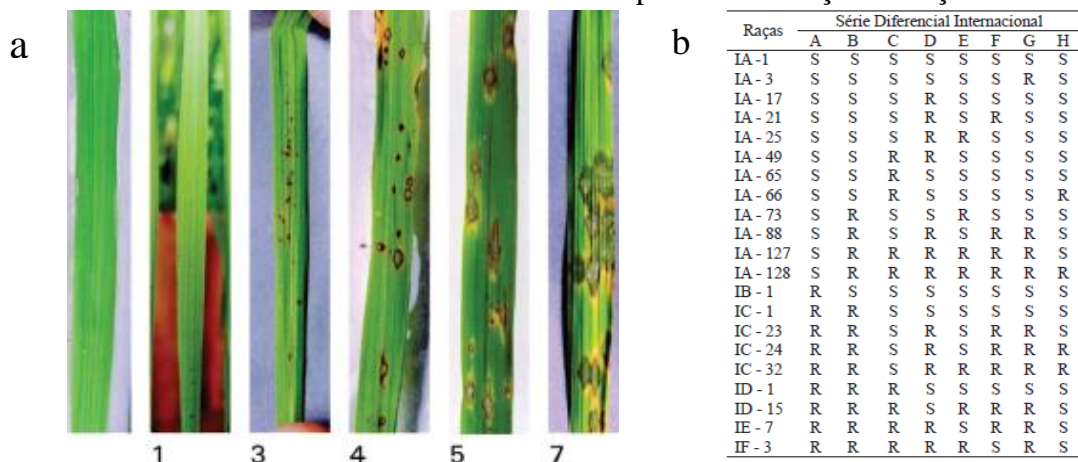
Fonte: Do autor (2020).

### 3.3.4 Características avaliadas

Entre os 7 e 10 dias após inoculação, avaliou-se reação das cultivares aos diferentes isolados de *P. oryzae* utilizando uma escala diagramática para severidade proposta pela Embrapa (2003) e uma escala de notas proposta pela International Rice Research Institute (1996), constituída de notas de 0 a 9. As plantas com notas de 0 a 3 foram consideradas como resistentes e, de 4 a 9 suscetíveis.

A determinação da raça foi obtida comparando-se a reação de cada cultivar diferenciadora (resistente ou suscetível) a cada isolado monospóxico do patógeno avaliado com a tabela apresentada por Ling e Ou (1969), Figura 3b.

**Figura 3.** a. Escala de avaliação da brusone no arroz, notas de 0 a 3 considerados resistentes e de 4 a 9 suscetíveis b. Serie de CDI utilizada para identificação de raças de *P. oryzae*.



Fonte: Embrapa (2003); Ling e Ou (1969).

### 3.4 Experimento 2: Reação de genótipos elites de arroz a *P. oryzae*

#### 3.4.1 Instalação do experimento

A execução dos experimentos nos locais de Lavras e Lambari ocorreu entre os meses de outubro e dezembro e o delineamento experimental foi de blocos casualizados com 36 tratamentos e três repetições, Tabela 1. A parcela foi constituída de três linhas de 3m espaçadas de 0,35m.

Na adubação aplicou-se 300 kg/ha da fórmula 8-28-16 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O na semeadura mais micronutrientes e 40 kg/ha de N em cobertura, aos 25 dias e 45 após a semeadura. Além disso, contou-se com um sistema de irrigação automatizado durante a safra.

#### 3.4.2 Características avaliadas

A avaliação da severidade da brusone nas plantas de arroz foi feita aos 80 dias após emergência da planta utilizando-se a escala de notas apresentadas na Tabela 2. Estimou-se o índice médio da doença (ID), descrito embaixo, com o valor médio da doença para cada linhagem de arroz pertencente ao Ensaio Preliminar do Programa de Melhoramento Genético de Arroz. A partir disso foram estabelecidas quatro classes para resistência a brusone: resistente, ID < 3; moderadamente resistente, 3 < ID < 4; moderadamente suscetível, 4 < ID < 5; suscetível, ID > 5 (EMBRAPA, 2003; YELOME et al., 2018).

**Tabela 2.** Escala de notas para avaliação a campo da brusone na cultura de arroz. DBI – UFLA, Lavras, Brasil. 2020.

Escala	Observação a campo
0	Sem sintomas
1	Lesões hipersensitivas, pequenas lesões marrons do tamanho de um alfinete
3	Lesões de 1 a 2 mm, ligeiramente alongadas, marrons com centro branco ou cinza
4	Poucas lesões elípticas de 3 a 3 mm, centro cinza, isoladas ou coalescendo
5	Muitas lesões típicas isoladas ou coalescendo, cor cinza e altamente esporulativa
7	Lesões coalescentes que ocupam mais de 50% da área foliar
9	Muitas lesões que coalescem causando a murcha e morte da folha

Fonte: Embrapa (2003).

Determinação do índice médio de doença proposta por Yelome et al. (2018):

$$ID = \frac{\sum mi}{T}$$

ID: índice médio da doença

mi: somatória das notas de reação à brusone por cultivar

T: total de plantas avaliadas por cultivar

Finalmente a variável produtividade foi estimada colhendo todas as linhas por parcela quando a cultura atingiu a maturidade e apresentando umidade no grão entorno de 20%. Posteriormente foi feita a secagem, limpeza e calculado em kg ha<sup>-1</sup> para cada linhagem.

### **3.5 Análise estatística**

Os dados obtidos no experimento 2 para severidade da brusone e produtividade de grãos foram submetidos a análise de variância individual e conjunta com auxílio do software *R*. Além disso foi realizada uma transformação nos dados de severidade por meio da raiz quadrada (CHOU et al., 2019).

#### 4 RESULTADOS

As seguintes raças de *P. oryzae* determinadas nas avaliações realizadas entre os 7 e 10 DAI (dias após a inoculação) são apresentadas na Tabela 3. Foram coletados 10 (dez) isolados em cada um dos três municípios do Estado de Minas Gerais e identificados um total 6 grupos e 11 raças, sendo: IA-17, IA-25, IA-65, IA-66, IB-1, IC-1, IC-24, IC-32, ID-1, IE-7, IF-3.

**Tabela 3.** Determinação das raças de *P. oryzae* para os três diferentes locais, avaliações realizadas entre os 7 e 10 DAI. DBI – UFLA, Lavras, Brasil. 2020.

Local/Isolados	Lavras	Arcos	Lambari
1	ID-1	IB-1	IA-25
2	IE-7	IF-3	IA-25
3	IA-65	IB-1	IA-25
4	IF-3	IC-32	IB-1
5	IA-25	IC-1	IA-25
6	IA-25	IA-25	IA-25
7	ID-1	IC-32	IC-24
8	IA-17	ID-1	IA-66
9	IF-3	IF-3	IA-25
10	IF-3	IB-1	IA-25

Fonte: Do Autor (2020).

Primeiramente, relacionado com a variabilidade de raças, foi observado uma prevalência dos grupos IA (43,33%), IF (16,66%), IB (13,33%) e IC (13,33%). Ressalta-se igualmente que apenas o grupo IA foi constatado em todos os locais avaliados.

Por outro lado, no que se refere às raças diferentes/local, teve-se em Lavras um total de 6 raças fisiológicas, 6 em Arcos e 4 em Lambari. É possível inferir também que, a raça IA-25 foi identificada como a mais frequente (33,33%) e, ainda, presente nos três locais, sendo seguida pela raça IF-3 (16,66%) e pela IB-1 (13,33%).

A raça IB-1 foi constatada em todos os locais exceto em Lavras, e as raças ID-1 e IF-3 apareceram em Lavras e em Arcos. O restante de raças apareceram de forma esporádica nos diferentes locais onde foram instalados os experimentos.

Neste trabalho, igualmente foi avaliado em cada local o impacto do conjunto de raças de *P. oryzae* sobre 36 linhagens elites de arroz, pertencentes ao Programa de Melhoramento de Arroz – UFLA, tanto em termos de severidade da doença nas plantas quanto na produtividade de grãos, apresentados nas Tabelas 4, 5 e 6 respectivamente.

**Tabela 4.** Análises de variância dos valores de severidade da brusone foliar (BF) e produtividade de linhagens de arroz de terras altas na safra 18/19. DBI – UFLA, Lavras, Brasil. 2020.

Fontes de Variação	GL	BF	Produtividade (Kg/ha)
Genótipos (G)	35	0,1585*	3652836,4967*
Locais(L)	1	14,0829*	610086303,03863*
Repetição	4	1,1895*	350734,3486*
G x L	35	0,1209*	1803988,4312*
Resíduos	140	0,0612	653827,8213
CV (%)		19,10	15,29

\*significativo a 5% pelo teste F

**Tabela 5.** Média da reação a brusone de 36 materiais/linhagens de arroz do preliminar avaliados em dois locais durante a safra 18/19. DBI – UFLA, Lavras, Brasil. 2020.

Materiais	Lavras	Lambari	Conjunta
P142-6-CNAx18832-B-1-B	6,0 A	1,6 A	3,8 A
CMG-ERF-179-3	4,3 A	1,6 A	3,0 A
BRSMG-Caravera	4,0 A	1,0 A	2,5 B
P266-5-CNAx18834-B-5-B	4,0 A	1,0 A	2,5 B
CMG-ERF-78-1	3,6 A	1,0 A	2,3 B
CMG-ERF-81-3	3,0 A	1,6 A	2,3 B
P143-5-CNAx18834-B-16-B	3,6 A	1,0 A	2,3 B
CMG-ERF-221-1	3,3 A	1,0 A	2,1 B
P242-5-CNAx18946-B-6-B	3,3 A	1,0 A	2,1 B
P313-2-CNAx18901-B-9-B	3,3 A	1,0 A	2,1 B
ERF-11-?-2015-16	3,0 A	1,0 A	2,0 B
P260-7-CNAx18294-B-2-B-B	2,3 B	1,6 A	2,0 B
P34-1-CNAx18803-B-15-B	3,0 A	1,0 A	2,0 C
ERF-3-?-2015-16	2,6 B	1,0 A	1,8 C
P20-4-CNAx18274-B-1-B-B	2,6 B	1,0 A	1,8 C
CMG-ERF-100-1	2,3 B	1,0 A	1,6 C
CMG-ERF-85-9	2,3 B	1,0 A	1,6 C
P118-1-CNAx18816-B-5-B	1,6 B	1,6 A	1,6 C
P15-8-CNAx18281-B-7-B-B	2,3 B	1,0 A	1,6 C
P153-15-CNAx18906-B-2-B	2,3 B	1,0 A	1,6 C
P28-1-CNAx18807-B-8-B	2,3 B	1,0 A	1,6 C
P85-15-CNAx18874-B-5-B	1,6 B	1,6 A	1,6 C
P95-8-CNAx18360-B-3-B-B	2,3 B	1,0 A	1,6 C
BRS-Esmeralda	2,0 B	1,0 A	1,5 C

CMG-ERF-27-2	2,0 B	1,0 A	1,5 C
ERF-8-?-2015-16	2,0 B	1,0 A	1,5 C
P112-1-CNAx18845-B-6-B	2,0 B	1,0 A	1,5 C
P138-6-CNAx18839-B-1-B	2,0 B	1,0 A	1,5 C
P143-2-CNAx18834-B-16-B	2,0 B	1,0 A	1,5 C
CMG-ERF-145-3	1,6 B	1,0 A	1,3 C
CMG-ERF-70-1	1,6 B	1,0 A	1,3 C
ERF-14-2015-16	1,6 B	1,0 A	1,3 C
P113-2-CNAx18839-B-6-B	1,6 B	1,0 A	1,3 C
P20-1-CNAx18274-B-1-B-B	1,6 B	1,0 A	1,3 C
P29-1-CNAx18806-B-4-B	1,6 B	1,0 A	1,3 C
P80-14-CNAx18874-B-3-B	1,6 B	1,0 A	1,3 C

Fonte: Do Autor (2020).

A análise conjunta primeiramente revelou diferenças estatísticas na reação das linhagens a brusone, onde ambos P142-6-CNAx18832-B-1-B e CMG-ERF-179-3 apresentaram as maiores notas, sendo considerados semelhantes entre eles e com resistência moderada ( $3 > ID < 4$ ). Destacase ainda, que cerca de 94 % das linhagens avaliadas se comportaram como resistentes ( $ID < 3$ ) à brusone.

As avaliações feitas em Lavras permitiram detectar divergências no comportamento das linhagens com relação ao grupo de raças nesse local, o material P142-6-CNAx18832-B-1-B apresentou a maior nota (não diferenciando-se estatisticamente das linhagens com notas igual ou superior de 3) e foi considerado como suscetível. Além disso, os materiais CMG-ERF-179-3, BRSMG-Caravera e P266-5-CNAx18834-B-5-B foram considerados como moderadamente suscetíveis e ressalta-se, que apenas as linhagens com notas abaixo de 3,00, foram resistentes à doença.

No local de Lambari, no entanto, não houveram diferenças estatísticas entre nenhuma das linhagens e, tendo em vista a escala de notas utilizada para as avaliações, todas elas apresentaram resistência à brusone. Os materiais P142-6-CNAx18832-B-1-B e CMG-ERF-179-3 novamente se mantiveram entre os que apresentaram uma maior nota de reação.

Na tabela abaixo são apresentados os dados relacionados com a produtividade de grãos de arroz avaliados nos locais de Lavras e Lambari.



**Tabela 6.** Média de produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) de 36 materiais/linhagens de arroz do preliminar avaliados em dois locais durante a safra 18/19. DBI – UFLA, Lavras, Brasil. 2020.

Materiais	Lavras	Lambari	Conjunta
P95-8-CNAx18360-B-3-B-B	8.994	4.692	6.843 A
CMG-ERF-78-1	8.228	5.253	6.740 A
P313-2-CNAx18901-B-9-B	7.196	6.055	6.625 A
P153-15-CNAx18906-B-2-B	8.143	4.133	6.138 A
CMG-ERF-70-1	7.810	4.385	6.097 A
P143-2-CNAx18834-B-16-B	8.259	3.494	5.876 B
BRSMG-Caravera	7.915	3.805	5.860 B
BRS-Esmeralda	6.952	4.610	5.780 B
ERF-14-2015-16	7.963	3.598	5.780 B
P142-6-CNAx18832-B-1-B	7.508	4.019	5.763 B
CMG-ERF-81-3	7.889	3.560	5.724 B
P28-1-CNAx18807-B-8-B	8.095	3.338	5.716 B
CMG-ERF-179-3	7.831	3.460	5.645 B
P113-2-CNAx18839-B-6-B	7.042	4.131	5.586 B
P85-15-CNAx18874-B-5-B	7.762	3.405	5.583 B
P118-1-CNAx18816-B-5-B	6.587	4.480	5.533 B
ERF-3-?-2015-16	6.339	4.480	5.409 B
P15-8-CNAx18281-B-7-B-B	7.841	2.889	5.364 B
P34-1-CNAx18803-B-15-B	7.079	3.646	5.362 B
P260-7-CNAx18294-B-2-B-B	6.815	3.759	5.286 B
CMG-ERF-100-1	6.952	3.570	5.261 B
P80-14-CNAx18874-B-3-B	7.704	2.658	5.180 B
P266-5-CNAx18834-B-5-B	5.595	4.728	5.161 B
ERF-8-?-2015-16	6.952	3.202	5.077 C
P20-4-CNAx18274-B-1-B-B	6.428	3.172	4.800 C
ERF-11-?-2015-16	5.529	3.934	4.731 C
P112-1-CNAx18845-B-6-B	5.979	3.304	4.641 C
P29-1-CNAx18806-B-4-B	6.862	2.235	4.548 C
P138-6-CNAx18839-B-1-B	6.466	2.578	4.521 C
P143-5-CNAx18834-B-16-B	5.434	3.587	4.510 C
CMG-ERF-85-9	5.820	3.145	4.482 C
P20-1-CNAx18274-B-1-B-B	5.408	3.149	4.278 C
CMG-ERF-27-2	5.682	2.772	4.227 C
P242-5-CNAx18946-B-6-B	5.571	2.461	4.016 C
CMG-ERF-145-3	6.079	1.943	4.011 C
CMG-ERF-221-1	5.344	2.248	3.795 C

Fonte: Do Autor (2020).

A análise conjunta permitiu identificar linhagens superiores com relação a produtividade de grãos e entre os principais ou mais estáveis nos diferentes locais estão os materiais P95-8-CNAx18360-B-3-B-B, CMG-ERF-78-1, P313-2-CNAx18901-B-9-B, P153-15-CNAx18906-B-2-

B e CMG-ERF-70-1 com médias de produtividade acima de 6000 kg/ha. Vale destacar que esses materiais foram categorizados, conforme suas reações perante a brusone, como resistentes ou moderadamente resistentes.

Em contrapartida, os genótipos P20-1-CNAx18274-B-1-B-B, P29-1-CNAx18806-B-4-B e P80-14-CNAx18874-B-3-B embora se posicionem como os mais resistentes a brusone foliar, obtiveram como resultado os piores rendimentos de grão. Nessa mesma linha, materiais como o P142-6-CNAx18832-B-1-B e CMG-ERF-179-3 mesmo apresentando as maiores notas de suscetibilidade, tiveram bons rendimentos acima dos 5.500 kg/ha.

## 5 DISCUSSÃO

### Variabilidade da brusone nos locais avaliados

Os resultados apresentados no estudo se ajustam com os obtidos por Malavolta et al. (2009) em uma pesquisa visando verificar a variabilidade de *P. oryzae* em genótipos de arroz, a qual evidenciou no Estado de Minas Gerais uma ocorrência de IA (59%), IB (16,9%) e IC (10%).

Filippi e Prabhu (2001), igualmente avaliando isolados de *P. oryzae* provenientes de cultivares de arroz de terras altas no Estado de Goiás, determinaram que as principais raças identificadas foram dos grupos IA, IB e IC, com 82 % predominância do grupo IB.

Em relação à variabilidade de raças do patógeno, Martíns et al. (2014), constataram em diversas cultivares de arroz irrigado a presença da raça IA-25 (aprox. 3 %) em municípios produtores do Rio Grande do Sul.

A raça IF-3, no entanto, não é uma das mais predominantes no país. Porém, já foi identificada com frequência em cerca de 1% por Dias Neto et al. (2010), conforme avaliações sobre diversidades de raças fisiológicas de *M. oryzae* (sin. *P. oryzae*) realizadas por estes em áreas de arroz no estado de Tocantins.

Além disso, a raça IB-1 aparece como uma das mais frequentes em diversos trabalhos realizados no Brasil (PRABHU et al., 2002; CORNELIO et al., 2003; ANJOS et al., 2009; DA SILVA et al., 2011). Ainda nesse sentido, Prabhu e Filippi (2006) em um estudo de identificação de raças no Brasil destacam que, entre as principais raças do grupo IB, aparece a IB-1 como uma das mais virulentas e predominantes.

É importante ressaltar que as demais raças identificadas de forma esporádica neste experimento, também foram constatadas em diversos trabalhos (FILIPPI; PRABHU, 2001; DIAS NETO et al., 2010; MARTÍNS et al., 2014).

Deve-se considerar que a alta variabilidade de *P. oryzae* encontrada neste experimento pode estar relacionada à pressão de seleção, tendo em vista que os locais avaliados são importantes municípios produtores de arroz do estado de Minas Gerais. Referente a isso, Gonzalez et al. (2014) destacam alguns fatores que influenciam na pressão de seleção do patógeno como: monocultura de arroz, pouca rotação das cultivares utilizadas na região, manejo agrônomico, condições climáticas e plantas daninhas, o que finalmente explicam a alta variabilidade de raças do patógeno.

A variabilidade patogênica observada no estudo também coincide com Ling e Ou (1969) e Pantoja et al. (1997), os quais já mencionavam nessa época a possibilidade de se obter um elevado e divergente número de raças de *P. oryzae* à medida que são realizados estes tipos de estudos, em razão da diferença entre cultivares semeadas.

Os resultados evidenciam, de forma geral, que se mantém uma alta frequência de determinados grupos de raças, os mesmos predominantes em regiões produtoras tanto a nível a nível estadual (estado de Minas Gerais) quanto a nível nacional. Isso acontece apesar das mudanças de cultivares utilizadas nos últimos anos, o que pode ser devido às rotações de material genético (novas cultivares) porém não de genes R e, inclusive, a uma rápida adaptabilidade das raças aos novos materiais lançados.

Alguns exemplos relacionados podem ser encontrados em estudos como os de Prabhu et al. (2002) que atribuem epidemias da brusone em cultivares com poucos meses de lançamento ao surgimento de novas raças ou preexistência em baixas frequências e rápido aumento no campo.

D'Ávila et al. (2016) ressaltam que, no Brasil, existem subpopulações (diferenciadas por região geográfica, cultivar hospedeira e cultivar dentro de cada região) com uma alta diversidade genotípica e que as mesmas estão se adaptando constantemente a cultivares específicas.

### **Reação dos genótipos elites de arroz à brusone**

A resistência é normalmente dividida em dois tipos, a qualitativa e quantitativa. Ambos termos são relacionados ao fenótipo expressado na avaliação da reação e ao tipo de herança existente para cada caso. Uma resistência qualitativa é aquela onde se observam indivíduos

completamente ou quase completamente resistentes e comumente são associados com genes maiores, entando, a resistência quantitativa evidencia um fenótipo incompleto ou parcial e ela é controlada por múltiplos genes de efeito menor (NELSON et al., 2017).

De igual forma, Yelome et al. (2018), em um estudo da diversidade genética e resposta de cultivares de arroz de terras altas contra a *P. oryzae*, detectaram uma enorme diferença na reação dos materiais de arroz no que diz respeito ao patógeno (variações desde altamente suscetíveis até altamente resistentes) e, ainda, que a apresentação de alta resistência daqueles genótipos se dá em razão da presença de poucos ou inclusive um único gene de efeito maior. Já Vasudevant et al. (2014) mencionam que uma variabilidade quantitativa na resistência à brusone pode ser detectada em genótipos que apresentam resistência moderada.

Nesse sentido, Santos et al. (2002), em um estudo da resistência de genótipos de arroz a doenças no sul do estado de Tocantins, reportaram que 83% dos genótipos avaliados foram considerados resistentes (notas iguais ou inferiores a 3, resistência moderada a alta), semelhante ao obtido no presente estudo.

Santos et al. (2017) e Kariaga et al. (2016) também destacam que existe uma alta variabilidade entre os genótipos de arroz enquanto a reação frente a brusone foliar, e que ela depende principalmente da estrutura populacional do patógeno predominante na região.

Levando-se em consideração o citado anteriormente, o fato dos resultados observados neste trabalho serem diferentes dentro e entre os locais, pode ser explicado pelo tipo de resistência (principalmente observada uma resistência moderada, ou seja, uma resistência quantitativa) e a variabilidade das raças tendo em vista que em Lavras teve-se um número maior e portanto uma resposta mais diversa perante a doença. É importante destacar, ainda, que em Lambari a raça IA-25 foi a predominante com valores de 70% e assim provavelmente poucos genes seriam necessários para que a planta apresentasse resistência.

Existem inúmeros trabalhos relacionados com o estudo de genes de resistência presentes e avaliar o espectro de reação de plantas, como estratégia de melhoramento para seleção e cruzamento de genótipos. Alguns exemplos são trabalhos como os de Sreewongchai et al. (2010), que utilizando seleção assistida por marcadores (MAS), identificaram QTLs associados a essa resistência e, assim puderam realizar cruzamentos para obter genótipos de arroz com maior espectro de resistência a 11 raças da brusone.

Além disso, Usatov et al. (2016) destacam que, as seleções de plantas individuais através de características morfológicas e em combinação com uma seleção assistida por marcadores (MAS), permitem simplificar o esquema de seleção e piramidação de genes de resistência (ex.: *Pi1*, *Pi2* e *Pi33*) a brusone em arroz. Esses materiais são melhorados para apresentar um maior espectro de resistência às diferentes raças como também para desenvolver uma resistência durável a longo prazo.

Da mesma forma Koide et al. (2010), em um trabalho de piramidação de dois genes de resistência (*Pish* e *Pib*) a brusone, destacam o potencial da estratégia e o efeito aditivo evidenciado com a combinação desses genes ao incrementar a resistência de linhagens a diferentes raças do patógeno.

No entanto, Xiao et al. (2017), mencionam depois de obter bons resultados com piramidação de vários genes (*Pi9*, *Pizt* e *Pi54*) que, dependendo da combinação estes genes de resistência maiores interatuam entre eles de uma forma mais complexa do que um simples efeito aditivo, principalmente ao determinar o nível de resistência a brusone na panícula. Os mesmos autores, ressaltam inclusive que além dos bons resultados obtidos com essa estratégia, não se alteram a performance das características agrônômicas básicas da planta.

Zhao et al. (2018), utilizando a técnica CRISPR/Cas9 com knockout, identificaram o gene *Ptr* que confere resistência a brusone, esse gene tanto de forma isolada quanto em combinação de outros (*Pi-ta* e *Pi-ta2*) oferece um maior espectro de reação das plantas ao fungo pela ativação de mecanismos de defesa em fases iniciais de infecção.

Em um trabalho de piramidação de genes para resistência durável a brusone no arroz, Fukuoka et al. (2015), apresentam resultados onde a estratégia com alelos controlando diferentes respostas de reação, confere uma resistência forte, não específica, e mais estável em diferentes ambientes. Dessa forma, destacam que reforçando o sistema de defesa da planta, é possível gerar resistências mais estáveis ao patógeno.

Nunes et al. (2014) dão ênfases na importância do conhecimento tanto dos isolados predominantes na região quanto do grau de resistência dos genótipos a fim de recomendar cruzamentos e, assim, incrementar a resistência à brusone. A criação de grupos de genótipos com base no grau de resistência permite avaliar a complementariedade para produzir populações segregantes transgressivas para este caráter.

Toda informação sobre a variabilidade genética de plantas são úteis dentro do melhoramento para a seleção dos progenitores que possam ser usados no cruzamento para ampliar a base genética das cultivares de arroz modernas (THAKUR et al., 2015). Nesse sentido, ressalta-se a importância de trabalhos futuros identificando os genes de resistência presentes nos principais materiais do Programa de Melhoramento de Arroz – UFLA.

### **Produtividade de grãos dos genótipos elites de arroz**

Os resultados encontrados evidenciaram, em forma geral, a grande influência da doença na produtividade de grãos de arroz. Santos et al. (2005), mencionam que no caso da brusone foliar, por produzir necroses nas folhas que afeta a fotossíntese e, a brusone das panículas com sintomas que aparecem na forma de lesão na ráquis da panícula, que provocam obstrução dos vasos no local. Desta forma, impede a translocação de carboidratos para o enchimento das sementes.

Tendo em vista isso, Santos et al. (2009), em um estudo da resistência às doenças de linhagens de arroz de terras altas, mencionam que os genótipos com mais resistência à brusone (tanto foliar como das panículas) apresentaram a maior produtividade de grãos.

Segundo Prabhu et al. (2003) e, em concordância com o citado anteriormente, ressaltam a dificuldade de se obter parcelas sem doença nos campos de terras altas e o impacto significativo e variável na produtividade que isto acarreta. Assim, a deficiência hídrica torna-se um dos motivos principais que aumenta a suscetibilidade das cultivares de arroz.

Entanto Rao e Kumar (2018), destacam a importância do manejo integrado da brusone no arroz, devido a que permite como finalidade principal obter uma maior produtividade de grãos. Em relação a isso, mencionam que cultivares resistentes quando utilizadas dentro desse sistema, permitem de forma significativa obter as menores porcentagens de severidade (entorno de 20% menos com relação a outros tratamentos) e altos rendimentos (acima de 3000 kg/ha).

Igualmente, Wasimfiroz et al. (2018), evidenciam como os genótipos de arroz quando suscetíveis a brusone e sem adoção de outras medidas (especialmente fungicidas), podem apresentar significativas perdas no rendimento, em torno a 50%, em comparação com outros tratamentos. Com isso, fica evidente a necessidade do uso de diferentes métodos de controle da doença e começando com as cultivares que apresentam uma resistência.

Em um estudo sobre o manejo da brusone no arroz, Chou et al. (2019), também mencionam a alta correlação que existe entre a doença (foliar e das panículas) e o rendimento de grãos e, realçam a resistência em uma cultivar como uma das principais ferramentas que podem ser empregadas. Torna-se eficiente comparado com cultivares sem genes R e práticas convencionais (uso de fungicidas), inclusive, em épocas com alta incidência da brusone.

Em contrapartida, alguns genótipos avaliados no presente trabalho se comportaram de forma atípica considerando a resistência a brusone foliar e produtividade. Santos et al. (2017) indicam nesse sentido, que a maior parte dos genótipos avaliados podem apresentar elevada severidade à brusone e, ainda, de uma baixa produtividade. Porém, isso não é necessariamente constatado para todos os casos o que poderia estar relacionado com a tolerância dos genótipos frente a doença.

É importante salientar, ainda, a existência de genes R que podem apresentar uma correlação negativa com a produtividade de grãos quando expressados. Um exemplo disso são os genes *Pigm* que foram identificados no arroz e que permitem uma resistência duradora à brusone, o gene *PigmR* confere a resistência à brusone e o gene *PigmS* reduz essa resistência (ambos regulados por mecanismos epigenéticos). Porém, a problemática surge devido ao fato de que o gene *PigmR* ao mesmo tempo diminui a produtividade de grãos enquanto o gene *PigmS* produz um aumento através do incremento de número de grãos (WANG; VALENT, 2017).

Por outra parte Santos et al. (2011) e Prabhu et al. (1995) mencionam que os danos na produtividade são importantes e, quando não controladas as doenças no arroz, esses giram entorno de 30%, sendo isso principalmente atribuído à brusone foliar e das panículas. Contudo, não existe uma correlação significativa entre a infecção de *P. oryzae* presente nas folhas e a incidência da doença nas panículas ou, inclusive, no impacto que elas produzem nas plantas (ECHEVERRÍA et al., 2010; SANTOS et al., 2017).

Entre os dois tipos, a brusone foliar causa perdas indiretas na produtividade, relacionadas com a diminuição da área foliar e afetando a fotossíntese. No entanto, a brusone das panículas normalmente é atribuída de forma mais direta às perdas de rendimento e pode ocorrer em alta severidade, mesmo não sendo precedida pela brusone nas folhas, o que deixa claro a necessidade de avaliar ambos parâmetros simultaneamente (BASTIAANS et al., 1994; BONMAN et al., 1992).

Levanto em consideração todo o citado anteriormente, os programas de melhoramento de arroz tem a necessidade de desenvolver estudos relacionados com as doenças, pela evidência do

impacto em termos econômicos que as mesmas podem gerar. O conhecimento das raças predominantes nos locais de interesse e dos genótipos superiores (resistentes/tolerantes e produtivos) permite melhores resultados, pelo que se recomenda a continuidade deste tipo de pesquisas.



## 6 CONCLUSÕES

- Existe uma variabilidade patogênica de *P. oryzae* dentro dos locais avaliados no estado de Minas Gerais, com predominância das raças IA-25, IF-3 e IB-1;
- Os genótipos P95-8-CNAx18360-B-3-B-B, CMG-ERF-78-1, P313-2-CNAx18901-B-9-B, P153-15-CNAx18906-B-2-B, CMG-ERF-70-1 apresentaram os melhores desempenhos tanto em relação a tolerância à brusone quanto na produtividade de grãos, onde obtiveram rendimentos acima de 6000 kg/ha;
- Estes resultados auxiliarão na compreensão do sistema patógeno-hospedeiro, bem como permitir o direcionamento de programas na obtenção de genótipos de arroz com resistência à brusone.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEBO, Y.; HERNÁNDEZ, A.; RIVES, N.; VELÁZQUEZ, M.; HERNÁNDEZ, A. N. **Perspectivas del uso de bacterias rizosféricas en el control de *Pyricularia grisea* en el cultivo del arroz.** Revista Colombiana de Biotecnología, v. 13, n. 1, p. 16-22. 2011.
- ADACHI, M.; FUKUDA, M.; NISHIDA, E. **Nuclear export of map kinase (erk) involves a map kinase kinase (mek)-dependent active transport mechanism.** v. 148, n. 1, p. 849-856. 2000.
- AMORIM, L.; REZENDE, J.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia.** vol. 1. p. 229-238, 2018.
- AMORIM, L.; REZENDE, J.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. **Manual de Fitopatologia.** vol. 2. p. 87-99, 2016.
- ANJOS, L.; SANTOS, G.; DIAS NETO, J.; OLIVEIRA, W.; CASTRO NETO, M. **Identificação de raças fisiológicas de *Magnaporthe grisea* em áreas de arroz irrigado no Estado do Tocantins.** Tropical Plant Pathology. v. 34, n. 3, p. 182-185. 2009.
- ANSELMINI, R. **Arroz: o prato do dia na mesa e na lavoura Brasileira.** 130 p. 1985.
- ARAZOE, T.; KUWATA, S.; ARIE, T.; OHSATO, S. **Experimental evidence of a pathogenic change caused by homologous recombination between endogenous and introduced dysfunctional Avr-Pita genes in *Pyricularia oryzae*.** J Gen Plant Pathol, v. 80, n. 1, p. 153-157. 2014.
- ATKINS, J. G.; ROBERT, A. L.; ADAIR, C. R. **An international set of rice varieties for differentiating races of *Pyricularia oryzae*.** Phytopathology, St. Paul, v. 57, n. 3, p. 297-301, 1967.
- BASTIAANS, L.; RABBINGE, R.; ZADOKS, J. **Understanding and modeling leaf blast effects on crop physiology and yield.** TENG, P.S. (Ed.). Rice blast disease. Wallingford: CAB. p.357-380. 1994.
- BECKERMAN, J.; EBBOLE, D. **MPG1, a gene encoding a fungal hydrophobin of *Magnaporthe grisea*, is involved in surface recognition.** Molecular Plant-Microbe Interactions, St. Paul, v. 9, n. 6, p. 450-456. 1996.
- BERRUYER, R.; ADREIT, J.; MILAZZO, J.; GAILLARD, S.; BERGER, A.; DIOH, W.; LEBRUN, M.; THARREAU, D. **Identification and fine mapping of Pi33, the rice resistance gene corresponding to the *Magnaporthe grisea* avirulence gene ACE1.** Theor Appl Genet, v. 107, n. 1, p. 1139-1147. 2003.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas.** Editora UFV, 7 ed. 543 p. 2017.

- BONILLA, T.; SANDOVAL, I. **Evaluación *in vitro* de cinco fungicidas para el control de *sarocladium oryzae***. Fitosanidad, v. 6, n. 2, p. 19-21. 2002.
- BONMAN, J.M.; KHUSH, G.S.; AND NELSON, R.J. **Breeding rice for resistance to pests**. Annual Review of Phytopathology, v. 20, n. 1, p. 507-528. 1992.
- CARMONA, M.; SAUTUA, F. **La problemática de la resistencia de hongos a fungicidas**. Revista Facultad de Agronomía, v. 37, n. 1, p. 1-19. 2017.
- CASTEJÓN-MUÑOZ, M.; LARA-ÁLVAREZ, I.; AGUILAR, M. **Resistance of rice cultivars to *Pyricularia oryzae* in Southern Spain**. Spanish Journal of Agricultural Research. v. 5, n. 1, p. 59-66. 2007.
- CHOU, C.; CASTILLA, N.; HADI, B.; TANAKA, T.; CHIBA, S. **Rice blast management in Cambodian rice fields using *Trichoderma harzianum* and a resistant variety**. Elsevier Journal, v. 1, n. 1, p. 1-7. 2019.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de Safra Brasileira de Grãos**. Monitoramento agrícola – Safra 2017-2018, v. 5, p. 1-145. 2018.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Compendio de estudos: Evolução dos custos de produção de arroz no Brasil**. Companhia Nacional de Abastecimento, v. 1. 2016.
- CORNELIO, V.; SOARES, A.; DE SOUZA, J.; SOARES, P. **Identificação de raças fisiológicas de *pyricularia grisea* em arroz no estado de minas gerais**. Revista Ciência Agrotecnológica. v. 27, n. 5, p. 1016-1022. 2003.
- COUCH B.; KOHN, L. **A multilocus gene genealogy concordant with host preference indicates segregation of a new species, *Magnaporthe oryzae*, from *M. grisea***. Mycologia. v. 1, n. 94, 683–693. 2002.
- CRUZ, A.; RIVERO, D. **Efecto del oleonim 50 ce sobre el crecimiento y desarrollo *in vitro* de hongos fitopatógenos del arroz (*Oryza sativa* lin.)**. Fitosanidad, v. 13, n. 4, p. 271-276. 2009.
- D´AVILA, L.; LEHNER, M.; FILIPPI, M.; SCHEUERMANN, K.; DEL PONTE, E. **Genetic structure and mating type analysis of the *Pyricularia oryzae* population causing widespread epidemics in southern Brazil**. Trop. Plant Pathol. v. 41, n. 1, p. 297-305. 2016.
- DA SILVA, G.; GARCES, L.; LEMES, V.; PRABHU, A.; TAVARES, E.; FILIPPI, M. **Use of local rice cultivars as additional differentials to identify pathotypes of *Pyricularia oryzae***. Bragantia, Campinas. v. 70, n. 4, p. 860-868. 2011.
- DA SILVA, G.; SITARAMA, A.; CORSI, M.; GARCES, L.; ZAMBOLIM, L. **Caracterização da virulencia de *Magnaporthe grisea* em cultivares diferenciadoras japonesas e linhas quase-isogénicas das cultivares IAC-25 e de CO-39 de arroz**. v. 33, n. 4, p. 372-377. 2007.

DEAN, R.; TALBOT, N.; EBBOLE, D.; FARMAN, M.; MITCHELL, T.; ORBACH, M.; THON, M. **The genoma sequence of the rice blast fungus *Magnaporthe grisea***. *Nature*. v. 434, n. 1, p. 980-986. 2005.

DHINGRA, O.; SINCLAIR, J. **Basic plant pathology methods**. 2nd. Boca Raton: CRC, Press. 448p. 1995.

DIVYA, B.; ROBIN, S.; RABINDRAN, R.; MANJUNATH, H.; VALARMATHI, P.; JHON JOEL, A. **Resistance reaction of gene introgressed lines against rice blast (*Pyricularia oryzae*) disease**. *Australian Plant Pathol.* v. 43, p. 177-191. 2014.

DIAS NETO, J.; RODRIGUES, G.; DOS ANJOS, L.; NAKANO, P.; FERREIRA, M. **Hot spots for diversity of *Magnaporthe oryzae* physiological races in irrigated rice fields in Brazil**. *Revista de Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. v. 45, n. 3, p. 252-260. 2010.

ECHEVERRÍA, A.; CRUZ, A.; PÉREZ, N.; CÁRDENAS, R.; RIVERO, D.; FABRÉ, L. **Respuesta de 18 líneas de arroz (*oryza sativa* L.) ante la piriculariosis en la época poco lluviosa**. *Cultivos Tropicales*, v. 31, n. 2, p. 17-20. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cadeia produtiva de arroz**. 21 ed. Embrapa Arroz e Feijão. 280 p. 2003.

FAGERIA, N.; WANDER, A.; SILVA, S. **Rice (*Oryza sativa*) cultivation in Brazil**. *Indian Journal of Agronomy*, v. 59, n. 3, p. 350-358. 2014.

FRENCH, E; HEBERT, T. **Métodos de investigación fitopatológica**. San José, CR. v. 43, p. 175-177. 1980.

FUKUOKA, S.; SAKA, N.; MIZUKAMI, Y.; KOGA, H.; YAMANOUCHI, U.; YOSHIOKA, Y.; HAYASHI, N.; EBANA, K.; MIZOBUCHI, R.; YANO, M. **Gene pyramiding enhances durable blast disease resistance in rice**. *Nature Scientific Reports*, v. 5, n. 1, p. 1-7. 2015.

GARCES, F.; DIAZ, T.; AGUIRRE, A. **Severidad de la quemazón (*Pyricularia oryzae* cav.) en germoplasma de arroz f1 en la zona central del litoral ecuatoriano**. *Revista Ciencia y tecnología*, v. 5, n. 2, p. 1-6. 2012.

GONZÁLEZ, A.; GUZMÁN, G.; HERNÁNDEZ, A.; ARNAO, E.; PINEDA, J. **Diversidad de linajes y virulência de una población venezolana del hongo *Pyricularia oryzae*, causante de la piricularia en arroz**. *Revista Bioagro*. v. 26, n. 1, p. 29-37. 2014.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI). **Standard evaluation system for rice**. Manila: IRRI, 1996.

KARIAGA, G.; WAKHUNGU, J.; HASSAN, W. **Identification of rice blast (*Pyricularia oryzae* cav.) races from kenyan rice growing regions using culture and classical characterization**. *Quest Journal*, v. 4, n. 4, p. 16-24. 2016.

- KOIDE, Y.; KAWASAKI, A.; TELEBANCO, M.; HAIRMANSIS, A.; NGUYET, T.; BIGIRIMANA, J.; FUJITA, D.; KOBAYASHI, N.; FUKUTA, Y. **Development of pyramided lines with two resistance genes, Pish and Pib, for blast disease (*Magnaporthe oryzae* B. Couch) in rice (*Oryza sativa* L.)**. Plant Breeding Journal, v. 129, n. 1, p. 670-675. 2010.
- LEAL, A.; PALMA, J.; DABDAB, P.; CLOVIS, L.; LANFRANCO, B. **Economic and accounting evaluation of rice milled production chains in Rio Grande do Sul (Brazil) and Uruguay with application of the Policy Analysis Matrix**. Ciência Rural, Santa Catarina, v. 47, n. 4, p. 1-7. 2017.
- LING, K. C.; OU, S. H. **Standardization of the international race numbers of *Pyricularia oryzae***. Phytopathology, St. Paul, v. 59, n. 3, p. 339-342, 1969.
- MALAVOLTA, V. M. A.; CARQUEIJO, A. de P.; MENDES, L. **Pathogenic variability of *Pyricularia grisea* in the State of São Paulo, Brazil**. Summa Phytopathologica, Botucatu, v. 35, n. 1, p. 49-51, 2009.
- MARTINS, C. D.; SALETE, M.; IRAJA, F.; COSTA, A. **Variabilidade de *Pyricularia oryzae* Cav. em genótipos de arroz**. v. 44, n. 3, p. 263-270. 2014.
- MENEZES, M; ALVES DE OLIVEIRA, S. **Fungos Fitopatogênicos**. Recife, Br. 277p. 1993.
- NELSON, R.; WEISNER-HANKS, T.; WISSER, R.; BALLINT-KURTI, P. **Navigating complexity to breed disease-resistant crops**. Nature Ver Genet, n. 19, p. 21-33. 2018
- NISHIZAWA, Y.; NISHIO, Z.; NAKAZONO, K.; SOMA, M.; NAKAJIMA, E.; UGAKI, M.; HIBI, T. **Enhanced resistance to blast (*Magnaporthe grisea*) in transgenic Japonica rice by constitutive expression of rice chitinase**. Revista Theor Appl Genet, v. 1, n. 99, p. 383-390. 1999.
- NUNES, J.; SILVEIRO, P.; GOMES, P.; GRAVINA, M. **Análise da variabilidade genética de duas cultivares raminad str. 3 utilizadas como diferenciadoras de raças de *Pyricularia grisea***. Fitopatologia Brasileira, v. 29, n. 1, p. 631-637. 2004.
- NYONGESA, B.; BIGIRIMANA, J.; WERE, B.; MURORI, R. **Virulence spectrum of populations of *Pyricularia oryzae* in irrigated rice ecosystems in Kenya**. Eur J. Plant Phatol, v. 149, n. 1, p. 911-922. 2016.
- OLUFOLAJI, D.; ADEOSUN, B.; ONASANYA, R. **In vitro investigation on antifungal activity of some plant extracts againts *Pyricularia oryzae***. Nig J. Biotech., v. 29, n. 1, p. 38-43. 2015.
- PANTOJA, A.; FISHER, F.; CORREA, L.; RAMÍREZ, A. **MIP em arroz: manejo integrado de plagas, artrópodos, enfermidades y malezas**. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia, 141 p. 1997.

PERINI, V.; GUILHON DE CASTRO, H.; CHAGAS, A.; PEREIRA, D.; WAGNER, R.; DE AGUIAR, A. **Effect of vegetal extract in the inhibition of mycelial growth of *Pyricularia grisea***. Journal of Biotechnology and Biodiversity, v. 4, n. 1, p. 70-77. 2013.

PRABHU, A.S. **Situação atual do arroz de sequeiro e estratégias de controle**. Fitopatologia Brasileira, v.20, p. 277. 1995.

PRABHU, A.; GARCES, L.; FAUSTINA, C.; FASCIN. **Estimativa de danos causados pela brusone na produtividade de arroz de terras altas**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38, n. 9, p. 1045-1051. 2003.

PRABHU, A.; FILIPPI, M.; ARAUJO, L. **Pathotype diversity of *pyricularia grisea* from improved upland rice cultivars in experimental plots**. Revista de Fitopatología Brasileira. v. 27, n. 5, p. 468-473. 2002.

PRABHU, A.; FILIPPI, M. **Phenotypic virulence analysis of *Pyricularia grisea* isolates from Brazilian upland rice cultivars**. Revista de Pesquisa Agropecuaria Brasileira. v. 36, n. 1, p. 27-35. 2001.

PRABHU, A.; FILIPPI, M.; ARAUJO, L.; FARIA, J. **Genetic and phenotypic characterization of isolates of *Pyricularia grisea* from the rice cultivars epagri 108 and 109 in the state of Tocantins**. v.27, n. 6, p. 566-573. 2002.

PRABHU, A.; FILIPPI, M. **Brusone em arroz: controle genético, progresso e perspectivas**. 3 ed. Embrapa Arroz e Feijão. 388 p. 2006.

PRABHU, A. **Sistema de produção de arroz de sequeiro visando o controle da brusone**. Goiânia, Embrapa – CNPAF, 15 p. 1980.

RAO, V.; KUMAR, A. **Integrated disease management of rice blast caused by *pyricularia grisea* (sacc.)**. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci., v. 7, n. 3, p. 2952-2958. 2018.

RIBEIRO, A. S.; TERRES, A. L. S. **Variabilidade do fungo *Pyricularia oryzae* e sua relação com cultivares resistentes à brusone**. Fitopatologia Brasileira, v. 12, n. 4, p. 316-21, 1987.

SANTOS, G. R.; RANGEL, P. H. N.; SANTIAGO, C. M.; LEÃO, F. F.; MARRA, B. M.; ALMEIDA JÚNIOR, D. **Reação a doenças e caracteres agronômicos de genótipos de arroz de várzeas no Estado do Tocantins**. Agropecuária Técnica, Areia, v. 26, n. 1 p. 41-45, 2005.

SANTOS, G.; CASTRO, M.; IGNACIO, M.; FURTADO, G.; RANGEL, P.; SILVA, L.; RIBEIRO, F. **Resistência às doenças de linhagens de arroz de terras altas no sul do estado do Tocantins**. Boisci Journal, v. 25, n. 6, p. 96-105. 2009.

SANTOS, G.; RIBEIRO, J.; DELINTRO, M.; FIDELIS, R.; URZEDO, E. **Seleção de genótipos de arroz para integrar uma mistura varietal visando o controle da brusone**. Summa Phytopathology, v. 43, n. 4, p. 1-7. 2017.

- SANTOS, G.; SABOYA, L.; RANGEL, P.; OLIVEIRA, J. **Resistencia de genótipos de arroz a doenças no sul do estado de Tocantins, Brasil.** Boisci Journal, v. 18, n. 1, p. 3-12. 2002.
- SARIAH, L. C.; SARIAM, O.; RADZIAH, O.; ZAINAL, M. A. **PGPM-induced defense-related enzymes in aerobic rice against rice leaf blast caused by *Pyricularia oryzae*.** Eur J. Plant Pathol, v. 145, p. 167-175. 2016.
- SARMENTO-BRUM, R.; GUILHON DE CASTRO, H.; LAU, M.; ALMEIDA, R.; RODRIGUES DO NASCIMENTO, I.; RODRIGUES DOS SANTOS, G. **Effect of plant oils in inhibiting the mycelial growth of pathogenic fungi.** Journal of Biotechnology and Biodiversity, v. 5, n. 1, p. 63-70. 2014.
- SECRETARIA DO ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS. **Arroz.** 2017. Disponível em: [http://www.agricultura.mg.gov.br/images/Arq\\_Relatorios/Agricultura/2017/Mar/perfil\\_arroz\\_mar\\_2017.pdf](http://www.agricultura.mg.gov.br/images/Arq_Relatorios/Agricultura/2017/Mar/perfil_arroz_mar_2017.pdf) . Acesso em: 29 de jul. de 2019.
- SKAMNIOTI, P.; GURR, S. **Against the grain: safeguarding rice from rice blast disease.** Trends Biotechnol, v. 27, p. 141–150. 2009.
- SREEWONGCHAI, T.; TOOJINDA, T.; THANINTORN, N.; KOSAWANG, C.; VANAVICHIT, A.; THARREAU, D.; SIRITHUNYA, P. **Development of elite indica rice lines with wide spectrum of resistance to Thai blast isolates by pyramiding multiple resistance QTLs.** Plant Breeding Journal, v. 129, n. 1, p. 176-180. 2010.
- SWEIRGARD, J.; CARROLL, A.; FARRALL, L.; CHUMLEY, F.; VALENT, B. ***Magnaporthe grisea* pathogenicity genes obtained through insertional mutagenesis.** Molecular Plant-Microbe Interactions, St. Paul, v. 11, n. 5, p. 404-412. 1998.
- THAKUR, S.; SINGH, P.; DAS, A.; RATHOUR, R.; VARIAR, M.; PRASHANTHI, S.; SINGH, A.; SINGH, U.; CHAND, D.; SINGH, N.; SHARMA, T. **Extensive sequence variation in rice blast resistance gene Pi54 makes it broad spectrum in nature.** Front Plant Sci v. 6, p. 345. 2015.
- TITONE, P.; MONGIANO, G.; TAMBORINI, L. **Resistance to neck blast caused by *Pyricularia oryzae* in Italian rice cultivars.** Eur J Plant Pathol, v. 142, n. 1, p. 49-59. 2015.
- TOSA Y.; CHUMA, I. **Classification and parasitic specialization of blast fungi.** Journal of General Plant Pathology 80: 202–209. 2014.
- TOSA, Y.; HIRATA, K.; TAMBA, H. **Genetic constitution and pathogenicity of *Lolium* isolates of *Magnaporthe oryzae* in comparison with host species-specific pathotypes of the blast fungus.** Phytopathology 94: 454–462. 2004
- USATOV, A.; KOSTYLEV, P.; AZARIN, K.; MARKIN, N.; MAKARENKO, M.; KHACHUMOV, V.; BIBOV, M. **Introgression of the rice blast resistance genes *pi1*, *pi2* and**

***pi33* into russian rice varieties by marker-assisted selection.** Indian Journal of Genetics, v. 76, n. 1, p. 18-23. 2016.

USDA: UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agriculture Supply and Demand Estimates.** p. 1-40. 2018.

VASUDEVAN, K.; VERA CRUZ, C.; GRUISSEM, W.; BHULLAR, N. **Large scale germplasm screening for identification of novel rice blast resistance sources.** Plant Sci v. 5, n. 1, 1–9. 2014.

WANG, G.; VALENT, B. **Durable resistance to rice blast.** Science AAAS, v. 355, n. 1, p. 906-907. 2017.

WASINFIROZ, M.; HOSAGOUDAR, G.; NARAYANASWAMY, H.; BALANAGOUDA, P. **Management of leaf blast and neck blast of rice caused by *Pyricularia oryzae* under field condition.** Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, v. 7, n. 2, p. 968-971. 2018.

XIAO, N.; WU, Y.; PAN, C.; YU, L.; CHEN, Y.; LIU, G.; LI, Y.; ZHANG, X.; WANG, Z.; DAI, Z.; LIANG, C.; LI, A. **Improving of Rice Blast Resistances in *Japonica* by Pyramiding Major R Genes.** Frontier in Plant Science, v. 9, n. 1, p. 1-10. 2017.

YELOME, O.; AUDENAERT, K.; LANDSCHOOT, S.; DANSI, A.; VANHOVE, W.; SILUE, D.; VAN DAMME, P.; HAESAERT, G. **Exploring genetic diversity and disease response of cultivated rice accessions (*Oryza spp.*) against *Pyricularia oryzae* under rainfed upland conditions in Benin.** Genet Resour Crop Evol. v. 65, n. 1, p. 1615-1624. 2018.

ZANATA, B.; PINTO, A. **Pesquisa e inovação na cadeia produtiva do arroz:** Uma análise das novas cultivares utilizadas nas regiões da Amrec e Amesc, de Santa Satarina. Revista Iniciação Científica, v. 12, n. 1, p. 55-70. 2014.

ZHAO, H.; WANG, X.; JIA, Y.; MINKENBERG, B; WHEATLEY, M.; FAN, J.; JIA, M.; FAMOSO, A.; EDWARDS, J.; WAMISHE, Y.; VALENT, B.; WANG, G.; YANG, Y. **The rice blast resistance gene *Ptr* encodes na atypical protein required for broad-spectrum disease resistance.** Nature Communications, v. 9, n. 1, p. 1-12. 2018.



**ANEXO A**

**TABELA 1A** - Anova individual do local de Lavras para produtividade de grãos em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19.

Fontes de variação	GL	QM	F	P (>F)
Genótipos	35	3128123.72	3.937	0.0000*
Rep.	2	104911.83	0.132	0.8765
Resíduo	70			

\*significativo a 5% pelo teste F; CV: 12,79%

**TABELA 2A** - Anova individual do local de Lavras para reação a brusone foliar em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19.

Fontes de variação	GL	QM	F	P (>F)
Genótipos	35	0.253898	2.750	0.0002*
Rep.	2	2.364604	25.608	0.0000*
Resíduo	70	0.092326		

\*significativo a 5% pelo teste F; CV: 19,59%

**TABELA 3A** - Anova individual do local de Lambari para produtividade de grãos em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19.

Fontes de variação	GL	QM	F	P (>F)
Genótipos	35	2328701	4.5382	3.759e-08*
Rep.	2	596557	1.1626	0.3186
Resíduo	70	513138		

\*significativo a 5% pelo teste F; CV: 19,86%

**TABELA 4A** - Anova individual do local de Lambari para reação a brusone foliar em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19.

Fontes de variação	GL	QM	F	P (>F)
Genótipos	35	0.025519	0.8451	0.7033
Rep.	2	0.014886	0.493	0.6129
Resíduo	70	0.030197		

\*significativo a 5% pelo teste F; CV: 16,70%

**TABELA 5A** - Test de Scott-knott do local de Lavras para produtividade de grãos em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19.

Materiais	Médias	Ranq.
CMG-ERF-221-1	5.343	A
P20-1-CNAx18274-B-1-B-B	5.407	A
P143-5-CNAx18834-B-16-B	5.434	A
ERF-11-?-2015-16	5.529	A
P242-5-CNAx18946-B-6-B	5.571	A
P266-5-CNAx18834-B-5-B	5.595	A
CMG-ERF-27-2	5.682	A
CMG-ERF-85-9	5.820	A
P112-1-CNAx18845-B-6-B	5.978	A
CMG-ERF-145-3	6.079	A
ERF-3-?-2015-16	6.338	A
P20-4-CNAx18274-B-1-B-B	6.428	A
P138-6-CNAx18839-B-1-B	6.466	A
P118-1-CNAx18816-B-5-B	6.587	A
P260-7-CNAx18294-B-2-B-B	6.815	B
P29-1-CNAx18806-B-4-B	6.862	B
ERF-8-?-2015-16	6.952	B
CMG-ERF-100-1	6.952	B
BRS-Esmeralda	6.952	B
P34-1-CNAx18803-B-15-B	7.079	B
P313-2-CNAx18901-B-9-B	7.196	B
P142-6-CNAx18832-B-1-B	7.508	B
P80-14-CNAx18874-B-3-B	7.703	B
P85-15-CNAx18874-B-5-B	7.762	B
CMG-ERF-70-1	7.809	B
CMG ERF 179-3	7.830	B
P15-8-CNAx18281-B-7-B-B	7.841	B
P113-2-CNAx18839-B-6-B	7.871	B
CMG-ERF-81-3	7.889	B
BRSMG-Caravera	7.915	B
ERF-14-2015-16	7.963	B
P28-1-CNAx18807-B-8-B	8.095	B
P153-15-CNAx18906-B-2-B	8.143	B
CMG-ERF-78-1	8.227	B
P143-2-CNAx18834-B-16-B	8.259	B
P95-8-CNAx18360-B-3-B-B	8.994	B

Fonte: Do Autor (2020).

**TABELA 6A** - Test de Scott-knott com dados transformados do local de Lavras para reação da brusone foliar em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19.

Materialis	Médias	Ranq.
CMG-ERF-145-3	1.20	A
P29-1-CNAx18806-B-4-B	1.20	A
P80-14-CNAx18874-B-3-B	1.20	A
P85-15-CNAx18874-B-5-B	1.20	A
P118-1-CNAx18816-B-5-B	1.20	A
P113-2-CNAx18839-B-6-B	1.20	A
P20-1-CNAx18274-B-1-B-B	1.20	A
ERF-14-2015-16	1.20	A
CMG-ERF-70-1	1.20	A
P112-1-CNAx18845-B-6-B	1.30	A
CMG-ERF-27-2	1.30	A
ERF-8-?-2015-16	1.30	A
P143-2-CNAx18834-B-16-B	1.30	A
BRS-Esmeralda	1.30	A
P138-6-CNAx18839-B-1-B	1.30	A
P15-8-CNAx18281-B-7-B-B	1.40	A
CMG-ERF-100-1	1.40	A
P28-1-CNAx18807-B-8-B	1.40	A
P153-15-CNAx18906-B-2-B	1.40	A
P95-8-CNAx18360-B-3-B-B	1.40	A
P260-7-CNAx18294-B-2-B-B	1.40	A
CMG-ERF-85-9	1.40	A
ERF-3-?-2015-16	1.50	A
P20-4-CNAx18274-B-1-B-B	1.60	A
P34-1-CNAx18803-B-15-B	1.60	B
P313-2-CNAx18901-B-9-B	1.70	B
CMG-ERF-81-3	1.70	B
ERF-11-?-2015-16	1.70	B
CMG-ERF-221-1	1.70	B
P242-5-CNAx18946-B-6-B	1.80	B
CMG-ERF-78-1	1.90	B
P143-5-CNAx18834-B-16-B	1.90	B
BRSMG-Caravera	1.90	B
P266-5-CNAx18834-B-5-B	1.90	B
CMG ERF 179-3	2.00	B
P142-6-CNAx18832-B-1-B	2.40	B

Fonte: Do Autor (2020).

**TABELA 7A** - Test de Scott-knott do local de Lambari para produtividade de grãos em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19.

Materiais	Médias	Ranq.
CMG-ERF-145-3	1.942	A
P29-1-CNAX18806-B-4-B	2.234	A
CMG-ERF-221-1	2.247	A
P242-5-CNAX18946-B-6-B	2.461	A
P138-6-CNAX18839-B-1-B	2.577	A
P80-14-CNAX18874-B-3-B	2.658	A
CMG-ERF-27-2	2.772	A
P15-8-CNAX18281-B-7-B-B	2.888	A
CMG-ERF-85-9	3.144	B
P20-1-CNAX18274-B-1-B-B	3.149	B
P20-4-CNAX18274-B-1-B-B	3.172	B
ERF-8-?-2015-16	3.202	B
P112-1-CNAX18845-B-6-B	3.303	B
P28-1-CNAX18807-B-8-B	3.337	B
P85-15-CNAX18874-B-5-B	3.405	B
CMG ERF 179-3	3.460	B
P143-2-CNAX18834-B-16-B	3.494	B
CMG-ERF-81-3	3.559	B
CMG-ERF-100-1	3.570	B
P143-5-CNAX18834-B-16-B	3.587	B
ERF-14-2015-16	3.597	B
P34-1-CNAX18803-B-15-B	3.645	B
P260-7-CNAX18294-B-2-B-B	3.758	B
BRSMG-Caravera	3.805	B
ERF-11-?-2015-16	3.934	C
P142-6-CNAX18832-B-1-B	4.019	C
P113-2-CNAX18839-B-6-B	4.131	C
P153-15-CNAX18906-B-2-B	4.133	C
CMG-ERF-70-1	4.385	C
ERF-3-?-2015-16	4.480	C
P118-1-CNAX18816-B-5-B	4.480	C
BRS-Esmeralda	4.609	C
P95-8-CNAX18360-B-3-B-B	4.692	C
P266-5-CNAX18834-B-5-B	4.728	C
CMG-ERF-78-1	5.252	D
P313-2-CNAX18901-B-9-B	6.055	D

Fonte: Do Autor (2020).

**TABELA 8A** - Test de Scott-knott com dados transformados do local de Lambari para reação da brusone foliar em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19.

Materiais	Médias	Ranq.
CMG-ERF-100-1	1.00	A
P29-1-CNAx18806-B-4-B	1.00	A
P143-5-CNAx18834-B-16-B	1.00	A
P242-5-CNAx18946-B-6-B	1.00	A
ERF-11-?-2015-16	1.00	A
ERF-3-?-2015-16	1.00	A
CMG-ERF-78-1	1.00	A
ERF-8-?-2015-16	1.00	A
P34-1-CNAx18803-B-15-B	1.00	A
CMG-ERF-27-2	1.00	A
CMG-ERF-221-1	1.00	A
P113-2-CNAx18839-B-6-B	1.00	A
P138-6-CNAx18839-B-1-B	1.00	A
P313-2-CNAx18901-B-9-B	1.00	A
P20-1-CNAx18274-B-1-B-B	1.00	A
ERF-14-2015-16	1.00	A
P28-1-CNAx18807-B-8-B	1.00	A
CMG-ERF-145-3	1.00	A
P20-4-CNAx18274-B-1-B-B	1.00	A
P95-8-CNAx18360-B-3-B-B	1.00	A
CMG-ERF-70-1	1.00	A
P15-8-CNAx18281-B-7-B-B	1.00	A
BRSMG-Caravera	1.00	A
BRS-Esmeralda	1.00	A
P153-15-CNAx18906-B-2-B	1.00	A
P143-2-CNAx18834-B-16-B	1.00	A
P80-14-CNAx18874-B-3-B	1.00	A
P266-5-CNAx18834-B-5-B	1.00	A
P112-1-CNAx18845-B-6-B	1.00	A
CMG-ERF-85-9	1.00	A
CMG-ERF-81-3	1.20	A
P118-1-CNAx18816-B-5-B	1.20	A
P85-15-CNAx18874-B-5-B	1.20	A
P260-7-CNAx18294-B-2-B-B	1.20	A
CMG ERF 179-3	1.20	A
P142-6-CNAx18832-B-1-B	1.20	A

Fonte: Do Autor (2020).

**TABELA 9A** - Anova conjunta para produtividade de grãos em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19.

Fontes de variação	GL	QM	F	P (>F)
Genótipos (G)	35	3652836.49	5.587	0.0000*
Locais (L)	1	610086303.03	933.099	0.0000*
Repetição	4	350734.34	0.536	0.7092
G x L	35	1803988.43	2.759	0.0000*
Resíduos	140	653827.82		

\*significativo a 5% pelo teste F; CV: 15,29%

**TABELA 10A** - Anova conjunta com dados transformados para reação da brusone foliar em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19.

Fontes de variação	GL	QM	F	P (>F)
Genótipos (G)	35	0.158	2.58	0.0000*
Locais (L)	1	14.08	229.88	0.0000*
Repetição	4	1.18	19.41	0.0000*
G x L	35	0.12	1.97	0.0000*
Resíduos	140	0.06		

\*significativo a 5% pelo teste F; CV: 19.10%

**TABELA 11A** - Test de Scott-knott da conjunta para produtividade de grãos em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19.

Tratamentos	Médias	Ranq.
CMG-ERF-221-1	3.795	A
CMG-ERF-145-3	4.011	A
P242-5-CNAx18946-B-6-B	4.016	A
CMG-ERF-27-2	4.227	A
P20-1-CNAx18274-B-1-B-B	4.278	A
CMG-ERF-85-9	4.482	A
P143-5-CNAx18834-B-16-B	4.510	A
P138-6-CNAx18839-B-1-B	4.521	A
P29-1-CNAx18806-B-4-B	4.548	A
P112-1-CNAx18845-B-6-B	4.641	A
ERF-11-?-2015-16	4.731	A
P20-4-CNAx18274-B-1-B-B	4.800	A
ERF-8-?-2015-16	5.077	A
P266-5-CNAx18834-B-5-B	5.161	B
P80-14-CNAx18874-B-3-B	5.180	B
CMG-ERF-100-1	5.261	B
P260-7-CNAx18294-B-2-B-B	5.286	B
P34-1-CNAx18803-B-15-B	5.362	B
P15-8-CNAx18281-B-7-B-B	5.364	B
ERF-3-?-2015-16	5.409	B
P118-1-CNAx18816-B-5-B	5.533	B
P85-15-CNAx18874-B-5-B	5.583	B
P113-2-CNAx18839-B-6-B	5.645	B
CMG-ERF-179-3	5.716	B
P28-1-CNAx18807-B-8-B	5.724	B
CMG-ERF-81-3	5.763	B
P142-6-CNAx18832-B-1-B	5.780	B
ERF-14-2015-16	5.780	B
BRS-Esmeralda	5.860	B
BRSMG-Caravera	5.876	B
P143-2-CNAx18834-B-16-B	6.001	B
CMG-ERF-70-1	6.097	C
P153-15-CNAx18906-B-2-B	6.138	C
P313-2-CNAx18901-B-9-B	6.625	C
CMG-ERF-78-1	6.740	C
P95-8-CNAx18360-B-3-B-B	6.843	C

Fonte: Do Autor (2020).



**TABELA 12A** - Test de Scott-knott com dados transformados da conjunta para brusone foliar em genótipos de arroz de terras altas, safra 18/19.

Materiais	Médias	Ranq.
CMG-ERF-145-3	1.10	A
P80-14-CNAx18874-B-3-B	1.10	A
CMG-ERF-70-1	1.10	A
P29-1-CNAx18806-B-4-B	1.10	A
P113-2-CNAx18839-B-6-B	1.10	A
ERF-14-2015-16	1.10	A
P20-1-CNAx18274-B-1-B-B	1.10	A
CMG-ERF-27-2	1.10	A
P112-1-CNAx18845-B-6-B	1.10	A
P143-2-CNAx18834-B-16-B	1.10	A
P138-6-CNAx18839-B-1-B	1.10	A
BRS-Esmeralda	1.10	A
ERF-8-?-2015-16	1.10	A
CMG-ERF-100-1	1.20	A
P15-8-CNAx18281-B-7-B-B	1.20	A
P28-1-CNAx18807-B-8-B	1.20	A
P153-15-CNAx18906-B-2-B	1.20	A
CMG-ERF-85-9	1.20	A
P118-1-CNAx18816-B-5-B	1.20	A
P95-8-CNAx18360-B-3-B-B	1.20	A
P85-15-CNAx18874-B-5-B	1.20	A
ERF-3-?-2015-16	1.20	A
P20-4-CNAx18274-B-1-B-B	1.30	A
P34-1-CNAx18803-B-15-B	1.30	A
P313-2-CNAx18901-B-9-B	1.40	B
P260-7-CNAx18294-B-2-B-B	1.40	B
ERF-11-?-2015-16	1.40	B
CMG-ERF-221-1	1.40	B
P242-5-CNAx18946-B-6-B	1.40	B
CMG-ERF-78-1	1.40	B
P143-5-CNAx18834-B-16-B	1.40	B
CMG-ERF-81-3	1.40	B
P266-5-CNAx18834-B-5-B	1.50	B
BRSMG-Caravera	1.50	B
CMG ERF 179-3	1.60	C
P142-6-CNAx18832-B-1-B	1.80	C

Fonte: Do Autor (2020).