



NATÁLIA BOTEGA ALVES

**AVANÇO DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO
GENÉTICO DE ARROZ DE TERRAS ALTAS E GANHOS
PARA RESISTÊNCIA A DOENÇAS FÚNGICAS**

**LAVRAS – MG
2018**

NATÁLIA BOTEGA ALVES

**AVANÇO DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE ARROZ DE
TERRAS ALTAS E GANHOS PARA RESISTÊNCIA A DOENÇAS FÚNGICAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Grandes Culturas, para a obtenção do título de Doutor.

Prof^ª. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho
Orientadora

**LAVRAS – MG
2018**

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

Alves, Natália Botega.

Avanço do programa de melhoramento genético de arroz de terras altas e ganhos para resistência a doenças fúngicas / Natália Botega Alves. - 2018.

109 p. : il.

Orientador(a): Flávia Barbosa Silva Botelho.

.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.
Bibliografia.

1. *Oryza sativa* L. 2. BLUP. 3. Eficiência de seleção. I. Universidade Federal de Lavras. . II. Título.

NATÁLIA BOTEGA ALVES

**AVANÇO DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE ARROZ DE
TERRAS ALTAS E GANHOS PARA RESISTÊNCIA A DOENÇAS FÚNGICAS**

**PROGRESS OF THE PROGRAM OF GENETIC BREAKDOWN OF RICE OF
HIGHLANDS AND GAINS FOR RESISTANCE TO FUNGAL DISEASES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Grandes Culturas, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 23 de outubro de 2018.

Dra. Elaine Aparecida de Souza	UFLA
Dra. Fernanda Carvalho Lopes de Medeiros	UFLA
Dr. Wagner Pereira Reis	UFLA
Dra. Vanda Maria Oliveira Cornélio	EPAMIG

Prof^ª. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho
Orientadora

**LAVRAS – MG
2018**

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter sido conforto nas horas difíceis e se ter feito presente nos momentos de alegria suprema.

Aos meus pais, José Expedito Alves e Ana Neire Botega Alves, que nunca mediram esforços para que eu alcançasse todos os meus objetivos. Pelo incansável incentivo, apoio, compreensão, confiança, carinho, paciência e amor. Minha eterna gratidão!

À minha irmã, Aline Botega Alves, pelo exemplo de persistência, equilíbrio, amizade e companheirismo.

Aos familiares que mesmo quando distantes, se fizeram presentes. Em especial à “Vó Lia”, pelas incessantes orações e torcida. Aos que não estiveram presentes, mas deixaram sábios ensinamentos, “Vó Vita” e “Vô Osmar” (*in memória*).

À orientadora Flávia Barbosa Silva Botelho, pelos conselhos, compreensão e por todo o suporte e direcionamento para a conclusão de mais esta etapa. O trabalho foi desafiador, mas você confiou em mim. Obrigada pelo encorajamento e pela oportunidade de me ajudar a me superar!

A todos do grupo Melhor Arroz pelo trabalho em equipe, auxílio na condução dos experimentos e pelos inúmeros momentos agradáveis de convívio.

A todos os amigos e amigas que tornaram a trajetória menos árdua e compartilharam comigo os bons e maus momentos.

A todos os professores, em especial aos professores e funcionários do Departamento de Agricultura da UFLA, que fizeram parte da minha vida acadêmica e que, de alguma forma, contribuíram para o meu crescimento e para mais essa realização.

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

RESUMO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é afetado por doenças durante todo o seu ciclo. Elas reduzem a produtividade e a qualidade dos grãos e elevam o custo de produção. O controle do impacto da doença pode ser realizado via melhoramento, por meio do uso de cultivares menos suscetíveis. Este estudo objetivou avaliar a severidade de doenças fúngicas em linhagens de arroz de terras altas; verificar a eficiência da seleção visando resistência às doenças e; avaliar a adaptabilidade e estabilidade de linhagens dos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU), pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas de Minas Gerais, frente aos estresses bióticos. Os experimentos foram conduzidos em 35 locais, durante 12 anos agrícolas, em delineamento blocos casualizados com três repetições e parcelas constituídas por 5 linhas de 4 metros. Foram avaliadas 124 linhagens quanto a severidade de doenças fúngicas (brusone de pescoço, mancha de grãos e escaldadura) utilizando-se a escala de notas proposta pelo International Rice Research Institute (1- menos de 1% da área foliar infectada a 9- mais de 50% da área foliar infectada). A partir das notas atribuídas à severidade, foram estimadas as áreas abaixo da curva de progresso da doença e os dados foram submetidos a análise de variância conjunta por ano agrícola, com o auxílio do programa estatístico R. Devido ao desbalanceamento dos dados, foi utilizada também a abordagem via modelos mistos. Houve diferença estatística para a maioria das fontes de variação e as estimativas de variância evidenciaram a presença de variabilidade genética para os caracteres em questão. Com base nas estimativas do ganho, o programa tem sido eficiente em selecionar genótipos resistentes, mesmo com a seleção para múltiplos caracteres. O estudo da interação mostrou que os genótipos G50 e G11 associam boa resistência à alta adaptabilidade e estabilidade, e que os ambientes Lavras e Lambari são discriminantes e representativos. O Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas de Minas Gerais possui linhagens com variabilidade para os caracteres resistência à brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos, linhagens estas com potencial para o lançamento.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., BLUP, eficiência de seleção.

ABSTRACT

The rice (*Oryza sativa* L.) is affected by diseases throughout your cycle. They reduce the grains productivity and quality and raise the production cost. The disease impact control can be carried out via breeding, through the use of less susceptible cultivars. This study aimed to evaluate, in relation to biotic stresses, the severity of fungal diseases in upland rice lines, to verify the selection efficiency aim resistance to diseases and to evaluate the lines adaptability and stability of the value for cultivation and use (VCU) belonging to the Breeding Program of Upland Rice of *Minas Gerais*. The trials were conducted in 35 sites, during 12 agricultural years, in a randomized complete block design with three replicates and plots consisting of 5 rows of 4 meters. A total of 124 lines were evaluated for fungal diseases severity (neck blast, spotting grain and leaf scald) using grading scale proposed by the International Rice Research Institute (1-less than 1% of infected leaf area at 9- more than 50% of the infected leaf area). From the scores assigned to severity, the areas under the disease progress curve were estimated and the data were submitted to analysis of joint variance per agricultural year, with the aid of the statistical program R. Due to the data imbalance, the mixed models approach was also used. There was statistical difference for most sources of variation and variance estimates have evidenced the presence of genetic variability for the characters in question. Based on the gain estimates, the program has been effective in selecting resistant genotypes, even with multi-character selection. The interaction study showed that genotypes G50 and G11 associate good resistance to high adaptability and stability, and *Lavras* and *Lambari* environments are discriminant and representative. The Breeding Program of Upland Rice of Minas Gerais has lines with variability for the characters resistant to neck blast, leaf scald and spotting grain, these lines with potential for release.

Keywords: *Oryza sativa* L., BLUP, Selection efficiency.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	Importância econômica e social da cultura do arroz	11
2.2	Doenças na cultura do arroz.....	17
2.2.1	Brusone.....	18
2.2.2	Escaldadura	21
2.2.3	Mancha de grãos.....	22
2.3	Estratégias visando resistência, controle da severidade e incidência das doenças fúngicas na cultura do arroz de terras altas	25
2.4	Adaptabilidade e estabilidade	32
3	MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1	Locais e safras	35
3.2	Material genético e características avaliadas.....	36
3.3	Análises estatísticas	41
3.3.1	Área abaixo da curva de progresso da doença	41
3.3.2	Estimativa dos componentes de variância e de parâmetros genéticos considerando as análises conjuntas de cada ano agrícola.....	43
3.3.3	Taxa de renovação.....	45
3.3.4	Abordagem via modelos mistos.....	45
3.3.5	Progresso genético	48
3.3.6	Adaptabilidade e estabilidade	48
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
4.1	Análises de variância.....	50
4.2	Taxa de renovação.....	58
4.3	Abordagem via modelos mistos.....	59
4.3.1	Adaptabilidade e estabilidade	62
5	CONCLUSÃO	74
	REFERÊNCIAS	75
	ANEXO A.....	94
	ANEXO B.....	97

1 INTRODUÇÃO

O melhoramento genético da cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) há muitos anos tem sido responsável pelo lançamento de cultivares com potencial produtivo cada vez mais elevado (STRECK et al., 2017; BOTELHO et al., 2018). Os diversos programas visam a obtenção de plantas com maior resistência a doenças, maior qualidade de grãos, época de florescimento adequado às mais diversas regiões, bem como cultivares tolerantes ao acamamento e ao déficit hídrico, sempre objetivando atender ao mercado consumidor e as exigências e necessidades do produtor.

Não diferente, o Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras, em parceria com a EMBRAPA Arroz e Feijão e a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, vem desenvolvendo há mais de vinte anos, linhagens competitivas dentro do mercado da orizicultura (SOARES et al., 2003; BORGES et al., 2009). Dentro do programa, é realizada, em todas as etapas, a seleção para múltiplos caracteres. Isso permite que, quando em gerações avançadas, as linhagens selecionadas apresentem um conjunto de caracteres agronomicamente favoráveis associados no mesmo genótipo. Um dos objetivos do programa é a obtenção de cultivares com resistência aos principais estresses bióticos que afetam a cultura do arroz. Dentre eles, destacam-se as doenças fúngicas como brusone foliar e de bainha ou pescoço (*Magnaporthe oryzae*), mancha-parda (*Bipolaris oryzae*), mancha de grãos (complexo de patógenos) e escaldadura (*Monographella albescens*).

As doenças podem ser extremamente limitantes na expressão do potencial produtivo quando afetam a parte vegetativa, levando à redução da área foliar útil das plantas, afetando a capacidade fotossintética e reduzindo a produção de fotoassimilados, intimamente relacionados ao enchimento de grãos. A presença de doença nas panículas pode causar ainda, danos diretos ao produto final, bem como na qualidade fisiológica e sanitária de sementes. Os grãos podem apresentar-se gessados, quebradiços e manchados, o que afeta respectivamente o rendimento final, a qualidade e a tipificação comercial do produto (BEDENDO, 1997; EMBRAPA, 2006; PRABHU; FILIPPI, 2006a; SANTOS et al., 2009; SANTOS et al., 2011; SOARES et al., 2014; SOSBAI, 2016; NASCIMENTO et al., 2018). Estas perdas podem ser maiores ou menores dependendo do grau de resistência da cultivar, do estágio em que a lavoura é afetada e da severidade da doença (PRABHU et al., 2012). Entretanto, na ausência de aplicação de medidas de controle, estas doenças podem inviabilizar a produção de grãos, levando a perdas de até 100% em plantas suscetíveis sob condições ambientais favoráveis às

doenças. Quando a infecção ocorre no estágio de plântula, é comum que a planta não sobreviva. Em progênies jovens, a taxa fotossintética é a primeira a sofrer redução, prejudicando o desenvolvimento e a entrada da planta no período reprodutivo. Em casos onde a planta já está em fase de maturação, a infecção pode ocorrer antes do enchimento de grãos, causando a morte da panícula inteira, ou mais tardiamente, levando à perda das partes infectadas (DEAN et al., 2005; FILIPPI, 2007; SANTOS et al., 2009; SANTOS et al., 2011).

A gestão integrada destas doenças requer um conjunto de medidas que englobam a resistência genética das cultivares, o controle químico e o manejo, tendo como objetivo a redução da população de patógenos a níveis toleráveis, não comprometendo a quantidade e a qualidade do arroz (SOARES et al., 2014). Como as doenças fúngicas podem interferir em todos os estágios de desenvolvimento da cultura, sendo importante seu manejo do plantio à colheita, o emprego de linhagens resistentes é a medida de controle mais eficiente em termos econômicos e ambientais (SANTOS et al., 2017). A resistência atua positivamente tanto no sentido de reduzir a severidade como de evitar perdas na lavoura. Dependendo do grau de resistência da cultivar, pode ser dispensável a aplicação de fungicidas, reduzindo ainda, os custos de produção e danos ao meio ambiente (BEDENDO; PRABHU, 2005; NUNES et al., 2004). Assim, quanto maior o grau de resistência, maiores as vantagens ao produtor.

Nestas circunstâncias, faz-se necessário estabelecer uma associação entre as doenças fúngicas de maior impacto na cultura do arroz; com os caracteres agrônômicos de interesse dentro do programa de melhoramento, a fim de, inclusive, estabelecer os efeitos negativos das doenças na produtividade final de cada linhagem. A quantificação de doenças de plantas é a base para a seleção de cultivares mais resistentes, e é realizada pela avaliação da severidade de doenças no campo, com base em escala de notas (IRRI, 1996). As estimativas de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e a elaboração de curvas de progresso da doença ao longo dos anos, permitem ainda uma avaliação menos afetada pelo tempo de análise e variações ambientais, como Campbell e Maddem (1990) já constatavam, sendo ferramentas ideais na seleção de cultivares resistentes dentro dos programas de melhoramento.

Ao mesmo tempo, o programa de melhoramento necessita ser submetido à análise crítica com relação ao possível sucesso no âmbito da seleção de linhagens e lançamento de cultivares com resistência às doenças. Neste contexto, a estimativa do progresso genético constitui uma opção para constatar a eficácia da condução dos experimentos e avaliações ao longo dos anos (RAMALHO et al., 2012; STRECK et al., 2017).

Desde modo, o presente trabalho tem por objetivo verificar a eficiência do Programa de Melhoramento genético, visando resistência às doenças, bem como a adaptabilidade e estabilidade de linhagens dos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU), pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras, frente aos estresses bióticos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância econômica e social da cultura do arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) ocupa a quarta posição entre os grãos mais produzidos no mundo, atrás apenas da soja, do trigo e do milho. Do total produzido, cerca de 740 milhões de toneladas, 85% são direcionadas ao consumo humano e fazem parte da dieta de mais da metade da população mundial (FAOSTAT, 2016). Este grão tem importância ainda mais relevante em países subdesenvolvidos, onde a cultura pode influenciar diretamente na renda, saúde, meio ambiente e no bem-estar social.

O processo evolutivo da rizicultura levou a adaptação das plantas às mais variadas condições ambientais. De uma maneira mais abrangente, são considerados dois grandes ecossistemas para a cultura. O arroz pode ser cultivado em sequeiro ou terras altas, que consiste no plantio em solos bem drenados com ou sem a utilização de irrigação suplementar e inundado ou em várzea, onde o cultivo ocorre em associação com uma lâmina de água e em solos mal drenados (EMBRAPA, 2006; LOPES et al., 2017).

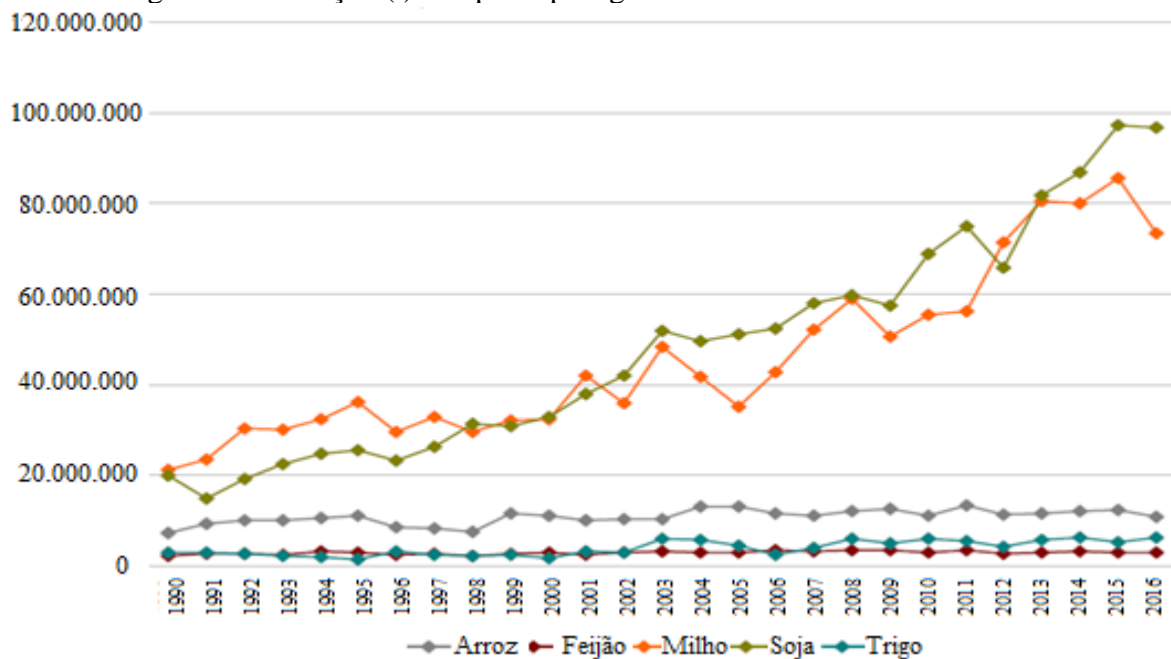
Apesar de ter origem asiática, atualmente o arroz é produzido e consumido em quase todos os países do mundo. Na Ásia, maior produtor e consumidor mundial, a garantia de que há arroz suficientemente acessível para todos é equivalente a segurança alimentar. A importância da cultura neste país é tão relevante que 90% do arroz colhido é cultivado e consumido na Ásia. A China lidera o *ranking* com a maior produção mundial de arroz, que chegou a aproximadamente 211 milhões de toneladas em 2016 (FAOSTAT, 2016).

A taxa de crescimento populacional mundial tem apresentado um constante declínio, porém, a população continua crescendo (UNITED NATIONS, 2015). Associada às estimativas de crescimento populacional mundial, encontra-se ainda uma parcela da população que não pode pagar ou não tem acesso a uma gama completa de alimentos com qualidade nutricional. Estes fatos levam ao desafio não só da produção de alimento em quantidade, mas em qualidade. Dentre as alternativas para o aumento da segurança alimentar, o incremento da produção e o melhoramento de plantas, envolvendo a cultura do arroz, encontram-se como pontos cruciais. Pingali (1995) já ressaltava que a demanda crescente de arroz em todo o mundo reflete na necessidade da expansão do mercado. O continente Asiático será capaz de suprir cerca da metade dessa demanda, devendo o restante ser originado fora dessa macrorregião. Com isso, África e América Latina, destacam-se no cenário mundial como regiões com alto potencial para a produção de arroz. Dotada de 12% das terras

agrícolas, com destaque para a extensão territorial do Brasil, com apenas 6,78% da área destinada à agricultura e com grande capacidade de expansão, e 13,2% dos recursos renováveis, a América Latina pode se tornar o grande fornecedor deste cereal (EMBRAPA, 2006; IBGE, 2014).

No Brasil, a cultura do arroz é superada apenas pelas culturas da soja e milho quanto à produção de grãos (FIGURA 1). Apesar das adversidades climáticas dos últimos anos, o país encontra-se entre os dez primeiros no ranking mundial, com produção girando em torno de 12 milhões de toneladas, destacando-se como o maior produtor fora do continente asiático (REIFSCHEIDER et al., 2015; FAOSTAT, 2016; IBGE, 2016).

Figura 1 - Produção (t) dos principais grãos do Brasil nos últimos 26 anos.



Quantidade produzida em toneladas – Brasil – 1990 a 2016. Levantamento sistemático da produção agrícola (DPE/COAGRO). Maio/2016.

Fonte: IBGE (2016).

Como mostra a Tabela 1, há uma tendência na redução da área plantada com a cultura do arroz no Brasil. A produção de arroz de sequeiro compete intensamente com a da soja e do milho, principalmente no centro-oeste brasileiro. Por competir com a área de soja e milho na primeira safra, uma vez que são cultivados no mesmo período, na maior parte das vezes, o arroz de sequeiro perde lugar devido a sua menor rentabilidade. Nas últimas safras, a consistente demanda internacional e os preços atrativos da soja atuaram como variáveis inibidoras na expansão da orizicultura. Diferentemente do mercado de soja, o arroz possui mais de 90% de sua demanda concentrada dentro do próprio país, sendo o mercado

internacional de menor relevância na formação dos preços internos, se comparado com a soja e o milho, importantes *commodities* comercializadas pelo Brasil (CONAB, 2017). Isso reflete na redução da área plantada com arroz de sequeiro, observada na comparação das últimas safras. Em contrapartida, observa-se um incremento nas áreas cultivadas sob inundação, onde a tendência é de manutenção e/ou aumento do seu cultivo (CONAB, 2018).

Tabela 1 - Estimativa de área plantada no Brasil: em 1000 ha.

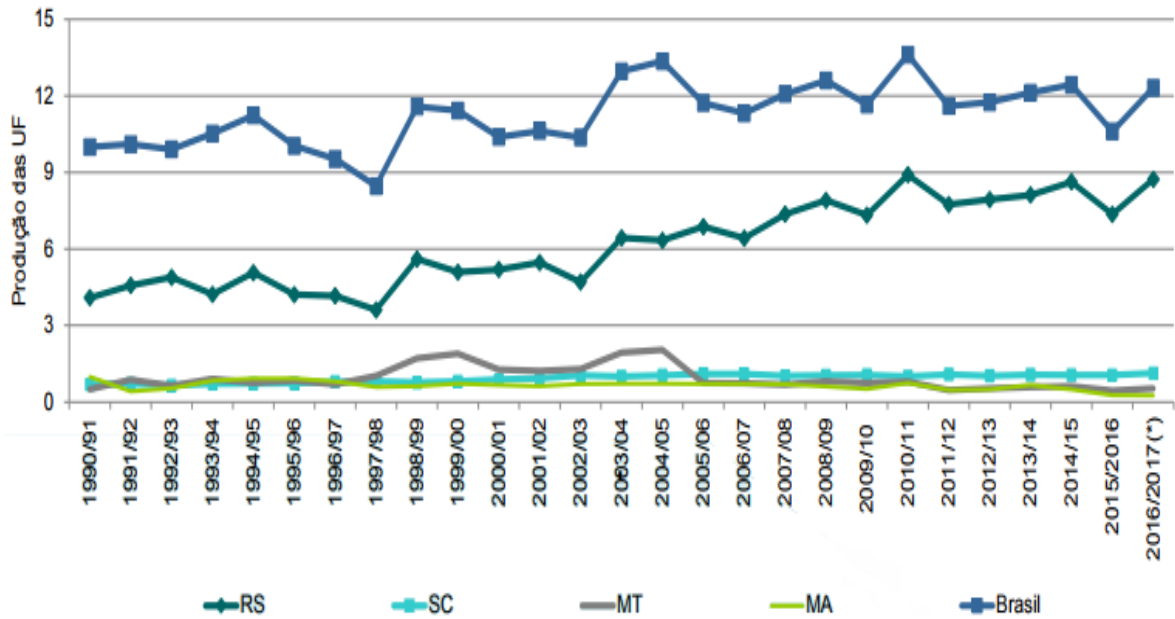
CULTURA	SAFRAS				VARIÇÃO			
	2015/2016	2016/2017	2017/2018		Percentual	Absoluta	Percentual	Absoluta
	(a)	(b)	JULHO (c)	AGOSTO (d)	(d/b)	(d-b)	(d/a)	(d-a)
ARROZ	2.008,0	1.980,9	1.961,8	1.966,7	-0,7	-14,2	-2,1	-41,3
SEQUEIRO	607,7	524,4	529,9	535,9	+2,2	+11,5	-11,8	-71,8
VÁRZEA	1.400,3	1.456,5	1.431,9	1.430,8	-1,8	-25,7	+2,2	+30,5

Nono levantamento/junho 2017 e décimo primeiro levantamento/agosto 2018.

Fonte: Conab (2018).

Apesar da tendência de redução da área plantada da cultura, a produção de arroz no Brasil, quando analisada em série histórica, sofreu incremento bastante significativo (FIGURA 2). Entre as safras 1990/91 e projeção de safra 2016/17, a produção expandiu-se 24,40%, resultado obtido, principalmente, devido a um aumento da produtividade do setor. O grande impulsionador do crescimento do arroz no Brasil foi o estado do Rio Grande do Sul (RS), o qual aumentou em 111,21% a sua produção entre as safras 1990/91 e 2016/17. Atualmente o RS é responsável por mais de 2/3 de toda a produção do grão no Brasil. Esta concentração e dependência produtiva pode ser bem ilustrada na safra 2015/16, cuja retração da produção de arroz no RS refletiu em expressiva queda da oferta nacional (CONAB, 2017).

Figura 2 - Principais estados produtores em milhões de toneladas de arroz em casca.



(*) Estimativa. Perspectivas para a agropecuária.

Fonte: Conab (2017).

O cenário de concentração da produção intensificou-se com o passar dos anos. Em 1990/91, o RS participava com 40,55% da produção, seguido do Maranhão com 9,86%, Minas Gerais, com 8,44%; Santa Catarina, com 6,88%; Goiás, com 5,44%; Mato Grosso, com 4,99% e; os demais, com 23,84%. Nas últimas safras, nos estados do GO, do MS e de MT, houve significativa redução de área de arroz em substituição pela cultura da soja. No MA e PI, a redução foi resultado da desestruturação da cadeia produtiva estadual e da falta de assistência técnica e financeira (CONAB, 2017). Todas estas mudanças ao longo dos anos favoreceram a expansão da orizicultura no RS, onde, atualmente, concentra-se mais de 70% da produção nacional.

Na safra 2016/17, foi estimada uma produção 17,4% maior do que na safra anterior, atingindo o montante de 12.467,5 mil toneladas no Brasil (CONAB, 2017; IBGE 2017). Esta estimativa reflete uma significativa alteração no volume produzido do grão no país, principalmente em razão do bom clima no período de plantio. Diferentemente, na safra 2015/16, que sofreu com o excesso hídrico ocasionado pelo fenômeno El Niño, o excesso de chuva danificou áreas e reduziu a produtividade média brasileira, o que refletiu na produção de 10,6 milhões de toneladas base casca no Brasil (TABELA 2), volume 1,4 milhão abaixo do volume médio dos últimos dez anos (CONAB, 2017). As estimativas de produção de arroz da safra 2017/2018 mostram a tendência da manutenção da alta produção alcançada em 2016/2017, em relação às safras anteriores, sofrendo pequenas oscilações negativas devido a

redução da produção de arroz inundado. Neste cenário, destaque deve ser dado à produção de arroz de sequeiro, que contribuiu favoravelmente na estimativa, com crescimento médio de 3,5% em relação à safra 2016/2017 (CONAB, 2018).

Tabela 2 – Estimativa da produção de grãos: em 1000 t.

CULTURA	SAFRAS				VARIÇÃO			
	2015/2016	2016/2017	2017/2018		Percentual	Absoluta	Percentual	Absoluta
	(a)	(b)	JULHO (c)	AGOSTO (d)	(d/b)	(d-b)	(d/a)	(d-a)
ARROZ	10.603,0	12.327,8	11.759,7	12.025,2	-2,5	-302,6	+13,4	+1422,2
SEQUEIRO	1.232,6	1.230,7	1.251,3	1.274,3	+3,5	+43,6	+3,4	+41,7
VÁRZEA	9.370,4	11.097,1	10.508,4	10.750,9	-3,1	-346,2	+14,7	+1380,5

Nono levantamento/junho 2017 e décimo primeiro levantamento/agosto 2018.

Fonte: Conab (2017).

As boas condições climáticas durante todo o desenvolvimento da cultura e a adoção de cultivares melhoradas influenciam o aumento das estimativas de produtividade do arroz. Este aumento favorece o cenário que tem sido observado para a cultura no Brasil, ou seja, redução de área planta com recorrente aumento de produção. O aumento da área de plantio em várzea e a queda no plantio em terras altas contribuíram também para o aumento da média de produtividade na safra 2016/2017, uma vez que o manejo do arroz de várzea ainda alcança produtividade muito superior ao de sequeiro (TABELA 3). Este cenário perdurou nas safras seguintes, com pequeno aumento da área de arroz de sequeiro e manutenção das grandes áreas de arroz inundado. Atualmente, a previsão é que a média brasileira se situe em 6.141 kg. ha⁻¹, a maior da série histórica e 13,3% superior à melhor produtividade já alcançada, ocorrida na safra 2014/15, de 5.422 kg. ha⁻¹ (CONAB, 2017; CONAB, 2018).

Tabela 3 - Estimativa de produtividade: em kg.ha⁻¹.

CULTURA	SAFRAS				VARIÇÃO			
	2015/2016	2016/2017	2017/2018		Percentual	Absoluta	Percentual	Absoluta
	(a)	(b)	JULHO (c)	AGOSTO (d)	(d/b)	(d-b)	(d/a)	(d-a)
ARROZ	5.280	6.223	5.994	6.114	-1,7	-108,9	+15,8	+834,0
SEQUEIRO	2.028	2.347	2.362	2.378	+1,3	+31,1	+17,3	+350,0
VÁRZEA	6.692	7.619	7.339	7.514	-1,4	-105,1	+12,3	+822,0

Nono levantamento/junho 2017 e décimo primeiro levantamento/agosto 2018.

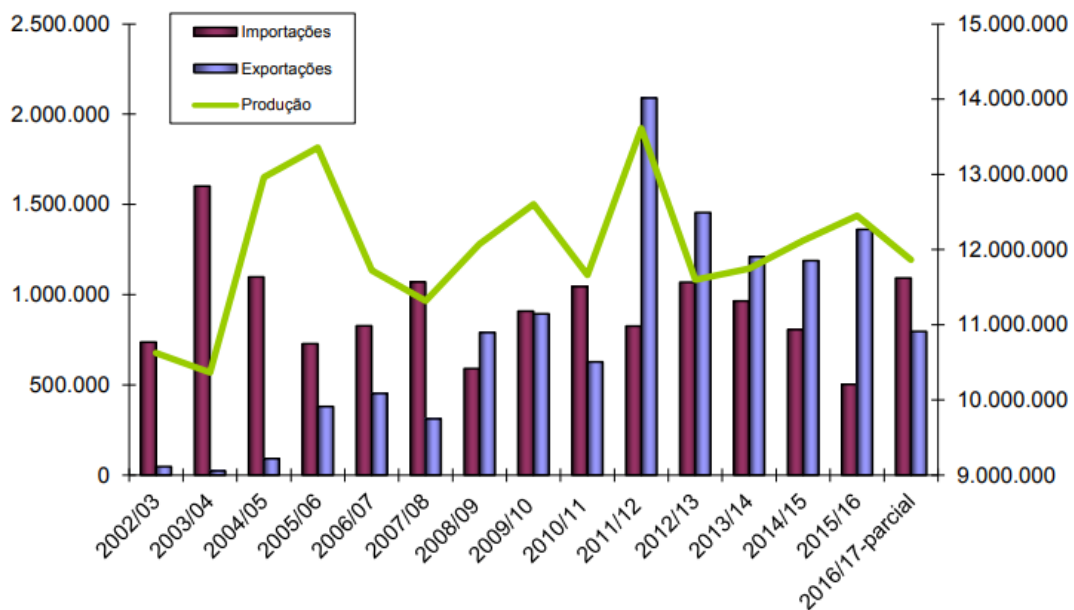
Fonte: Conab (2018).

Apesar de refletir em aumento significativo da produtividade, o cultivo do arroz de várzea consiste em uma preocupação quando se trata da limitação dos recursos hídricos. A agricultura irrigada é responsável pelo consumo de 72% da vazão total de água doce

consumida, sendo um desafio equilibrar a segurança hídrica, segurança alimentar e segurança energética no Brasil. No caso dos grãos, a cultura de arroz aparece como a maior consumidora de água pelo seu amplo cultivo em sistemas inundados e pela sua grande demanda de água, de 7.500 m³ /ha/ano (ASSAD, 2016). Além disso, o arroz é a cultura que abrange 22% das áreas irrigadas, segundo os dados de outorga da ANA (2017), com 1,54 milhões de hectares. Neste contexto, associado a necessidade de poupar os recursos hídricos, produzir cada vez mais alimento e aquecer o mercado, o melhoramento e a expansão do cultivo de arroz de terras altas surge como uma boa alternativa.

Apesar do crescimento observado na produção, é fundamental o estímulo da orizicultura no Brasil. Mesmo com a ajuda do clima, o país produz quantidades muito próximas do que se consome anualmente, cerca de 11,5 milhões de toneladas (CONAB, 2017). Isso faz com que o estoque do cereal fique abaixo do limite esperado, prejudica as exportações e ainda faz com que seja necessário recorrer à importação dos grãos para suprir a demanda interna (FIGURA 3) (TABELA 4).

Figura 3 - Comparação da balança comercial e da produção de arroz no Brasil (toneladas)



Fonte: Conab (2017).

É importante ressaltar ainda que o arroz de terras altas pode ser uma cultura rentável e favorável aos produtores. Apresenta custo de produção médio inferior ao da soja e do milho, considerando os mesmos padrões de tecnologia empregada (CONAB, 2017; SISTEMA FAEG, 2016). Além disso, as cultivares transgênicas, maioria utilizada hoje no plantio de soja e milho, são responsivas a investimentos em tecnologia. Portanto, são exigentes em recursos

para alcançar as maiores produtividades, incluindo a adoção de pacotes tecnológicos. Diferentemente, por ser considerada uma cultura pouco exigente em insumos, o arroz de terras altas é responsivo a investimentos, mas apresenta também boa estabilidade produtiva, não exigindo altos níveis tecnológicos para alcançar bons rendimentos (UTUMI et al., 2008; BORGES et al., 2010; FIDELIS et al., 2016).

A cultura do arroz pode ainda ser uma alternativa na quebra de ciclos sucessivos de aplicação dos mesmos princípios ativos de herbicidas, o que acaba favorecendo a resistência de plantas daninhas nas lavouras e faz com que a cultura antecessora se torne praga no cultivo da sucessora (tiguera). Este é um problema encontrado frequentemente nas lavouras de rotação de milho RR e soja RR e, segundo López-Ovejero et al. (2016), a presença de plantas voluntárias de milho reduz em até 69,9% a produtividade da cultura da soja cultivada em sucessão. Neste sentido, o arroz pode ser uma boa opção para a rotação de culturas, surgindo como uma alternativa a mais para os produtores.

Desenvolver a cultura do arroz de terras altas no Brasil, pode significar autossuficiência, pela redução da necessidade de importação e garantia dos estoques do cereal, expansão do mercado externo e incremento da produção com menor utilização dos recursos hídricos. Neste âmbito, o melhoramento objetiva o lançamento tanto de cultivares com maiores produtividades e atrativas economicamente ao produtor, como que apresentem melhor eficiência no uso da água, qualidade e maior competitividade no mercado agrícola.

2.2 Doenças na cultura do arroz

A cultura do arroz é afetada por doenças durante todo o seu ciclo. Estas doenças podem ser extremamente limitantes na expressão do potencial produtivo, como já ressaltava Bendendo (1997). Elas podem afetar a parte vegetativa, levando à redução da área foliar útil das plantas, reduzindo a capacidade fotossintética e a produção de fotoassimilados, intimamente relacionados ao enchimento de grãos. A presença de doença nas panículas pode ainda causar danos diretos ao produto final. Os grãos podem apresentar-se gessados, quebradiços e manchados, o que afeta respectivamente o rendimento final, bem como a qualidade e a tipificação comercial do produto (BEDENDO, 1997; EMBRAPA, 2006; SANTOS et al., 2009; SOARES et al., 2014, SOSBAI, 2016).

A incidência e a severidade das doenças dependem da ocorrência simultânea do patógeno virulento, da planta suscetível bem como o ambiente favorável ao seu desenvolvimento. Na cultura do arroz, a maioria das doenças de importância são fúngicas e

aparecem em associação no campo, principalmente em condições de temperaturas amenas e alta umidade. A gestão integrada destas doenças requer um conjunto de medidas, que englobam a resistência genética das cultivares, o controle químico e o manejo, tendo como objetivo a redução da população dos patógenos a níveis toleráveis, não comprometendo a quantidade e a qualidade do arroz (SOARES et al., 2014). Como as doenças fúngicas podem interferir em todos os estádios de desenvolvimento da cultura, sendo importante seu manejo do plantio à colheita, a semeadura de cultivares resistentes é a medida de controle mais eficiente em termos econômicos e ambientais (SANTOS et al., 2017).

Um dos desafios mais importantes do melhoramento é a identificação de plantas com resistência aos múltiplos agentes patogênicos que ameaçam a produção de alimento e o abastecimento. A gama de mecanismos que favorecem as alterações nas populações patogênicas em detrimento à população de plantas, e a preocupação com a ocorrência de resistência aos fungicidas comerciais, aumentaram a urgência dessa tarefa. Além da necessidade de novas fontes de resistência em programas de melhoramento, a caracterização funcional e a incorporação da resistência também precisam avançar (VLEESHOUWERS; OLIVER, 2014). Portanto, os melhoristas de plantas precisam adotar novas estratégias e técnicas, desenvolvendo métodos, produtos e cultivares eficazes contra o ataque e a evolução dos patógenos (DELIOPOULOS; KETTLEWELL; HARE, 2010; REDDY, 2013).

Nas regiões produtoras de arroz de terras altas no Sul de Minas destacam-se doenças fúngicas como a brusone (*Magnaporthe oryzae*), escaldadura (*Monographella albescens Thümen*) e mancha de grãos (complexo de patógenos). Elas são responsáveis pela maior parte dos danos causados à cultura do arroz e, por consequência, são as mais estudadas.

2.2.1 Brusone

A Brusone, causada pelo fungo *Magnaporthe oryzae* (fase anamórfica *Pyricularia grisea*), é uma doença fúngica severa, de difícil controle e recorrente em todas as regiões produtoras de arroz no mundo. É considerada um problema econômico e humanitário, visto a estimativa de que, todo ano, a doença seja responsável pela destruição de arroz suficiente para alimentar 60 milhões de pessoas (DEAN, 2005). Não diferente, é a doença mais expressiva no Brasil, causando perdas significativas quando em condições ambientais favoráveis (MELLO; URASHIMA, 2003; PRABHU; FILIPPI, 2006b).

É uma doença policíclica nas plantas cultivadas e o fungo pode sobreviver na forma de micélio (telomórfica) ou conídios (anamórfica). Os principais mecanismos de sobrevivência

são pelo parasitismo de hospedeiros cultivados primários e secundários, saprofitismo em restos culturais de plantas suscetíveis, sementes e plantas voluntárias que permanecem no campo na entre safra (KIMATI, 2005, SOARES et al., 2014). Além disso, apresentam esporos pequenos e leves (ascósporos), que podem ser transportados pelo vento. Isto faz com que a redução do inóculo desses patógenos seja uma tarefa onerosa, visto que os esporos podem ser transportados a partir de áreas distantes e introduzido naquelas regiões onde se adotou estratégias visando o seu controle (REIS; CASA; BIANCHIN, 2011).

O patossistema da brusone pode ser dividido basicamente em dois subsistemas: o patossistema foliar e o patossistema da panícula (TENG, 1994). De acordo com Bedendo e Prabhu (2005), o período mais suscetível da planta ao ataque nas folhas ocorre entre 20 e 55 dias após a emergência. Nas folhas, os sintomas iniciais da brusone aparecem como pequenas lesões amarronzadas ou castanhas que podem crescer e adquirir formato elíptico. Em estágio mais avançado, as manchas necróticas apresentam margem marrom e centro cinza ou esbranquiçado, característica bastante marcante da doença, que permite, inclusive, sua identificação no campo (FIGURAS 4A e 4B). Em condições favoráveis ao desenvolvimento do fungo, as lesões podem coalescer, causando a morte das folhas ou até mesmo da planta inteira. Bastiaans e Kropff (1993), já salientavam que uma epidemia grave da doença, durante o perfilhamento máximo, pode resultar na senescência das folhas e na redução drástica da massa seca. A doença pode ainda prolongar o período juvenil da planta, atrasando o florescimento e a maturação, e prejudicar o crescimento e a formação de áreas foliares. Assim, nestes casos, a doença, que afeta a taxa fotossintética e a respiração das plantas, provoca danos indiretos principalmente na produtividade.

Figuras 4A e 4B - Sintoma de brusone foliar em experimento de arroz de sequeiro no campus da Universidade Federal de Lavras.



A

Foto: Alves, N. B.



B

Foto: Sebastião Araújo/Embrapa.

Fonte: Da autora (2018).

Na fase de enchimento de grãos, entre 10 e 20 dias após a emissão das panículas, ocorre a fase mais suscetível da planta ao ataque da brusone de panícula (BEDENDO; PRABHU, 2005). A infecção pode ocorrer nos nós e entrenós, apresentando como sintomas lesões de cor marrom (FIGURA 5). Quando a planta atinge a fase de maturação e a infecção ocorre no primeiro nó que segue a inserção da panícula, essa se torna necrosada, caracterizando a ‘brusone de pescoço’ ou ‘brusone de panícula’ (SANTOS et al., 2011; PRABHU, 2002). Nestes casos, os componentes de produção são afetados negativamente, principalmente devido à redução do fornecimento de fotoassimilados para drenos reprodutivos. Diversas partes da panícula, como ráquis, ramificações primárias, secundárias e pedicelos, também podem ser infectados. Em condições de alta umidade, o fungo pode ainda esporular nas espiguetas causando chochamento completo dos grãos na fase leitosa (PRABHU, 2002). Quando atinge as panículas, os danos causados pela brusone afetam diretamente os diferentes componentes de produção e a qualidade de grãos (SOARES et al., 2014).

Figura 5 - Sintoma da brusone de pescoço em experimento de arroz de sequeiro no campus da Universidade Federal de Lavras.



Fotos: Alves, N. B.

Fonte: Da autora (2018).

A doença pode atingir a planta em todos os estádios de desenvolvimento, provocando perdas variáveis na produtividade e no rendimento final dos grãos e danos que podem chegar a 100% em cultivares suscetíveis, quando em condições ambientais favoráveis (EMBRAPA, 2006; FILIPPI, 2007; SANTOS et al., 2009). Estas perdas podem ser maiores ou menores dependendo do grau de resistência da cultivar, do estágio em que a lavoura é afetada e da severidade da doença (PRABHU, 2002). Quando a infecção ocorre no estágio de plântula, é comum que a planta não sobreviva. Em progênies jovens, a taxa fotossintética é a primeira a sofrer redução, prejudicando o desenvolvimento e a entrada da planta no período reprodutivo.

Em casos onde a planta já está em fase de maturação, a infecção pode ocorrer antes do enchimento de grãos, causando a morte da panícula inteira, ou mais tardiamente, levando a perda das partes infectadas (DEAN, 2005; SANTOS et al., 2011).

2.2.2 Escaldadura

A escaldadura, causada pelo fungo necrotrófico *Monographella albescens* (fase anamórfica *Rhynchosporium oryzae*), tem grande impacto na cultura do arroz. Foi relatada pela primeira vez em 1955, no Japão, mas atualmente tem sido identificada em várias partes do mundo onde o arroz é cultivado. Esta doença tem provocado perdas consideráveis em países da América Latina e, no Brasil, onde a doença também é bastante incidente, os maiores danos estão associados a produtores que utilizam cultivares suscetíveis e excesso de adubação nitrogenada (BUENO et al., 2017; FILIPPI; PRABHU; KIMATI et al., 2011; NUNES et al., 2004; TATAGIBA et al., 2014).

A escaldadura tem potencial para reduzir significativamente a produtividade do arroz por reduzir a área fotossinteticamente ativa da planta, por meio da destruição da superfície foliar, esterilização das flores e deterioração de sementes (OU, 1985; PRABHU; FILIPPI, 2006a). Antes mesmo do aparecimento dos sintomas, a infecção por este fungo reduz a penetração de CO₂ nas folhas, a taxa líquida de assimilação de CO₂ bem como a condutância estomática ao vapor d'água (BUENO et al., 2017; TATAGIBA; DA MATTA; RODRIGUES, 2015).

Os sintomas, que aparecem principalmente nas folhas, correspondem, inicialmente, a formação de ferimentos leves, com halo castanho e sem margens bem definidas. Com o desenvolvimento da doença, as ponteiros das folhas secam muito rapidamente e formam sucessivas faixas concêntricas ou manchas onduladas (FIGURA 6). As faixas aparecem com alternância de cores marrom clara e escura, formando um aspecto de 'escaldado'. Este padrão de manchas, característico da doença, permite a distinção entre a seca de ponteiros ocasionada pelo fungo *Monographella albescens* daquela causada por deficiência nutricional ou hídrica, comuns em plantações de arroz. As lesões podem ainda coalescer e causar a morte da área foliar afetada, tornando a taxa fotossintética bastante reduzida (TATAGIBA et al., 2014; TATAGIBA et al., 2015). Com a menor produção de fotoassimilados, o desenvolvimento e a produtividade do arroz tornam-se comprometidos. A incidência severa da escaldadura pode paralisar o crescimento da planta mesmo no estágio de emborrachamento, período que antecede imediatamente a floração. Normalmente, as lavouras afetadas apresentam um

amarelecimento generalizado, com as pontas das folhas secas e desuniformidade de estande (FILIPPI et al., 2005; NUNES et al., 2004). Quando a doença aparece nos estádios iniciais de desenvolvimento, pode provocar ainda a podridão de radículas e coleótilos (SOUZA JÚNIOR et al., 2017).

Figura 6 - Sintoma da escaldadura em experimento de arroz de sequeiro no campus da Universidade Federal de Lavras.



Foto: Alves, N. B.

Fonte: Da autora (2018).

2.2.3 Mancha de grãos

Dentre as doenças que incidem no arroz, a mancha de grãos constitui um problema comum, presente em diversos países produtores. No Brasil, sua ocorrência tem aumentando nos últimos anos, principalmente devido ao uso de cultivares com maior suscetibilidade, assumindo posição de doença economicamente importante. Possui etiologia bastante complexa, pois está associada a mais de um patógeno fúngico ou bacteriano, ocorrendo simultaneamente. Os mais comuns e constatados com maior frequência são *Bipolaris oryzae* (= *Helminthosporium oryzae*), *Pyricularia grisea*, *Phoma sorghina*, *Microdochium oryzae* (= *Rhynchosporium oryzae*), *Alternaria padwickii*, *Alternaria* spp., *Curvularia lunata*, *Nigrospora oryzae*, *Sarocladium oryzae* e *Drechslera oryzae*, além de diferentes espécies de *Fusarium* (OU, 1985; LOBO et al., 2006; MALAVOLTA et al., 2007).

Os patógenos causadores desta doença atacam tipicamente as panículas. As manchas nos grãos, que caracterizam o sintoma da doença, podem aparecer desde o início da emissão

das panículas até o seu amadurecimento. Os sintomas são muito variáveis dependendo do patógeno predominante, das condições ambientais, principalmente temperatura e umidade, da localidade e do estágio de infecção (LOBO et al., 2006; OU, 1985; SANTOS et al., 2011). A infecção é afetada por vários fatores exógenos e endógenos como a suscetibilidade do hospedeiro, a densidade do inoculo, umidade e temperatura (TSUSHIMA, 1996). Quando há ocorrência de altos índices pluviométricos, bem como a alta umidade relativa do ar durante a formação dos grãos, a incidência das manchas aumenta consideravelmente, podendo reduzir drasticamente o peso das panículas e o rendimento de engenho em anos de epidemia (EMBRAPA, 2003).

Nos campos de cultivo de arroz de terras altas, onde a doença tem sido considerada um dos maiores problemas, a mancha de grãos é predominantemente marcada pela queima das glumeiras. Ela manifesta-se durante a emissão das panículas, como manchas de coloração marrom-avermelhada nas espiguetas, em forma de lente, com centro esbranquiçado e borda marrom ou com grande número de pontuações avermelhadas (FIGURA 7). As glumas tornam-se escurecidas, com coloração que varia de castanho a negro (OU, 1985). A intensidade das manchas pode ser ainda mais severa se o momento da formação dos grãos coincidir com períodos chuvosos. Nestes casos, além de prejudicar a aparência física dos grãos, a doença reduz sua qualidade, podendo causar gessamento e, conseqüentemente, quebra exagerada dos grãos durante o beneficiamento (SANTOS et al., 2011). A doença pode resultar ainda em perda de peso e esterilidade da semente de arroz, dependendo da suscetibilidade da cultivar utilizada (ASHFAQ et al., 2017; SOLIGO et al., 2004; FILIPPI; PRABHU, 1998).

Figura 7 - Ilustração de casos de mancha de grãos na plantação experimental de arroz de terras altas na Universidade Federal de Lavras.



Fotos: Alves, N. B.

Fonte: Da autora (2018).

A maioria dos patógenos, associados à ocorrência da mancha de grãos, possuem a semente com a principal via de disseminação. As sementes atuam ainda como fonte primária de inóculo (LOBO et al., 2006). A infecção primária ocorre quando sementes contaminadas são semeadas e transplantadas para o campo, provocando a podridão das plântulas na grande maioria dos casos. Na antese, plantas saudáveis localizadas próximas às plantas primariamente infectadas, são atacadas pelo patógeno, estabelecendo assim, infecção secundária. Após a infecção, a cor das espiguetas muda de verde para avermelhado marrom, caracterizando o sintoma da doença. Eventualmente, a infecção pode causar o aparecimento de esterilidade ou chochamento de grãos (HAM; MELANSON; RUSH, 2011; MIZOBUCHI et al., 2013). Além da qualidade fisiológica, já que estes patógenos podem reduzir a porcentagem de germinação das sementes, a qualidade comercial do arroz também é afetada por esta doença (DALLAGNOL et al., 2005; ISLAM; AHMED, 2017; MIURA et al., 2005). Em avaliação fitossanitária realizada por pesquisadores, os resultados mostraram que as sementes de 100% das cultivares avaliadas apresentaram contaminações com fungos causadores de manchas nos grãos (FARIAS et al., 2004, DALLAGNOL et al., 2006). Este resultado evidencia a gravidade e a importância da doença na cultura do arroz.

2.3 Estratégias visando resistência, controle da severidade e incidência das doenças fúngicas na cultura do arroz de terras altas

As doenças constituem um dos principais fatores limitantes do rendimento e da qualidade de grãos e, além disso, são as que exigem maior conhecimento técnico para seu controle. A estratégia mais eficaz e econômica de manejo de doenças é o uso de cultivares resistentes (MALAVOLTA et al., 2007; SILVA-LOBO et al., 2014). A utilização de cultivares com maior nível de resistência, além da fácil adoção, promove redução de custos de produção, sem agredir o meio ambiente, já que, dependendo do grau de resistência da cultivar, pode ser reduzida a aplicação de fungicidas (NUNES et al., 2004; BEDENDO; PRABHU, 2005; MALAVOLTA et al., 2007). Assim, quanto maior o grau de resistência, maiores as vantagens ao produtor.

Para um grande número de doenças, no entanto, o grau de resistência é insuficiente para evitar que as perdas atinjam o nível de dano econômico. Neste caso, torna-se necessário a adoção de medidas complementares como rotação/sucessão de culturas, aplicação de fungicidas, controle biológico, manejo da população, espaçamento e densidade de plantio e alteração da época de semeadura, o que caracteriza o manejo integrado (PRABHU; FILIPPI, 2006b). A utilização de genótipos com resistência genética às doenças, no entanto, é o principal componente do manejo integrado na cultura do arroz (PRABHU; FILIPPI, 2006b), e o desenvolvimento de cultivares com grau de resistência cada vez mais elevado, juntamente com técnicas que tornem essa resistência mais duradoura, é fundamental para o controle das doenças fúngicas na cultura do arroz (SANTOS et al., 2009; ASHKANI et al., 2015; ZAN et al., 2015; MIAH et al., 2017; SANTOS et al., 2017).

Na busca por fontes de resistência e pelo entendimento da interação patógeno-hospedeiro, visando o desenvolvimento de genótipos resistentes, pesquisas têm evidenciado a presença e o efeito de diversos genes ligados à resistência em plantas. Segundo Lobo (2004), a resistência ao patógeno aumenta com a idade da planta, resultando em uma redução da severidade da brusone nas folhas. Wang et al. (2007) desenvolveram marcadores moleculares que vem sendo aplicados para o gene de resistência *Pi-ta*. Este gene codifica uma proteína citoplasmática com sítios de ligação a nucleotídeos, que, putativamente, ao ligar-se ao produto processado do gene de avirulência *AVR Pi a* em *Pyricularia grisea*, ativa uma resposta de defesa da planta (FILIPPI, 2007). A reação de hipersensibilidade caracteriza-se pela morte celular localizada no sítio de penetração do patógeno, produção de espécies reativas de oxigênio, fortificação da parede celular, acúmulo de calose e lignina, aumento da atividade de

enzimas como chalcona isomerase e peroxidases, acúmulo de compostos antimicrobianos e fitoalexinas, indução de proteínas relacionadas à patogênese e a síntese de metabólitos secundários (SCHENCK et al., 2000; YANG; DICKMAN, 1999). Os genes para a síntese destes compostos de defesa citados acima, estão presentes em todos os genótipos de arroz (KUC, 1995, RIBEIRO DO VALE; PARLEVLIT; ZAMBOLIM, 2001; FILIPPI, 2007). A diferença entre um genótipo resistente e suscetível está em como e quando a expressão destes genes será induzida.

Filippi et al. (2007) verificaram que existe um intervalo de tempo ideal entre a aplicação do indutor, a inoculação do isolado virulento e a concentração ideal de isolado avirulento para a indução da resistência, e que estes fatores, mudam com a cultivar, sendo necessário estudar separadamente cada genótipo. Assim, tanto nos casos de incompatibilidade como de compatibilidade, a expressão dos genes de defesa depende da eficiência do hospedeiro em reconhecer a presença do patógeno por meio de mecanismos de percepção e transdução de sinais. Esse processo resulta na ativação de fatores de transcrição no núcleo da célula vegetal, com a expressão subsequente dos genes de defesa (GUZZO, 2004; FILIPPI, 2007).

Outros trabalhos estudaram mais profundamente a interação planta-patógeno com o objetivo de encontrar fontes de resistência genética e, com o uso de marcadores moleculares, novos genes associados à resistência foram descobertos nos últimos anos (EIZENGA et al., 2006; XU et al., 2008; ZHU et al., 2012). Estudos do sequenciamento do genoma dos fungos causadores de doença também estão sendo realizados (DEAN et al., 2005) e podem trazer novas contribuições para os programas de melhoramento genético do arroz.

A resistência pode ser classificada como horizontal ou vertical. A resistência vertical segue a teoria gene a gene, proposta por Flor (1971). De acordo com esta teoria, para cada alelo que confere resistência do hospedeiro, existe um alelo correspondente no patógeno que lhe confere virulência para vencer aquela resistência. Mais especificamente, a interação se dá por meio do alelo dominante de resistência do hospedeiro com o alelo dominante de avirulência do patógeno, responsáveis respectivamente pela síntese de uma substância receptora e elicitadora incompatíveis. Em contato, estas substâncias permitem ao hospedeiro reconhecer que está sendo infectado. Assim, ocorre uma reação de defesa pelo desencadeamento de uma série de induções de outros genes, os quais expressam-se em tempo necessário para produzir um fenótipo resistente (KUC; STROBE, 1992; RIBEIRO DO VALE et al., 2001, FILIPPI, 2007; SANTOS, 2015). Portanto, neste caso, a resistência é considerada específica a uma determinada raça de patógeno. Além disso, é considerada de curta duração,

pois os patógenos têm capacidade de quebrá-la quando selecionados na população ou quando ocorre a introdução de novas raças para as quais as cultivares não tem resistência. A resistência vertical, por ser efetiva apenas contra algumas raças do patógeno, age no sentido de reduzir a quantidade de inóculo inicial. Isso faz com que o início da epidemia seja atrasado (CARNEIRO, 2013; SANTOS, 2015; KRATTINGER; KELLER, 2016).

A interação entre o patógeno e o hospedeiro, conhecida como resistência horizontal, tem recebido maior atenção dos melhoristas principalmente por ser durável e possuir efeito para todas as raças do patógeno, podendo ser mantida mesmo com o aparecimento de novas raças. É um tipo de resistência com controle genético mais complexo, pois associa características quantitativas. A ação dos genes em conjunto, neste caso, pode ser somada, multiplicada ou pode sofrer diversos tipos de interação. São genes de efeito principal, conhecidos como genes maiores, cujos efeitos são modificados por vários outros genes de efeito menor ou modificadores. Neste caso, a resistência expressa pela planta é sempre parcial e mais influenciada pelo ambiente. Assim, para selecioná-la, deve-se proceder a avaliação da reação de materiais genéticos inoculados por diferentes raças em experimentos com repetição e instalados em diferentes locais (SANTOS, 2015; KRATTINGER; KELLER, 2016). Este tipo de resistência reduz a taxa de desenvolvimento da doença, sem afetar significativamente o inóculo inicial, reduzindo a evolução da doença após o início da epidemia (CARNEIRO, 2013; SANTOS, 2015; KRATTINGER; KELLER, 2016).

Como Michereff (2001) já constatava, três etapas básicas devem ser consideradas em qualquer programa de obtenção e utilização de cultivares resistentes. Elas incluem a identificação de fontes de resistência em materiais comerciais, selvagens ou interespecíficos, incorporação do(s) genes de resistência em cultivares comerciais por meio dos métodos de melhoramento e, após a obtenção de um cultivar resistente, deve-se traçar a melhor estratégia para que a resistência seja durável face à natureza dinâmica das populações patogênicas.

As cultivares modernas de plantas autógamas apresentam grande vulnerabilidade por serem homogêneas, já que são constituídas de uma única linha pura. Além disso, o intenso processo de melhoramento faz com que, muitas vezes, seja estreitada a base genética do conjunto de materiais destinados ao lançamento. A grande variabilidade dos patógenos faz com que a resistência vertical contida nessas cultivares tenha uma vida útil curta (SINGH et al., 2016). Para evitar que essa resistência se perca, prolongando a vida útil das linhagens, estratégias como rotação de genes, piramidação de genes e multilinhas têm sido propostas e eficientemente empregadas (FUKUOKA et al., 2015; SANTOS, 2015; SANTOS et al., 2017).

O método da rotação de genes segue o mesmo princípio da rotação de culturas, ou seja, alterar os genótipos que estarão em campo a cada safra. As cultivares que serão utilizadas na rotação devem possuir genes de resistência a diferentes raças fisiológicas do patógeno. A principal função desta estratégia é diminuir a pressão de seleção sobre o patógeno evitando o aparecimento de novas raças. A dificuldade é que, na grande maioria dos casos, os agricultores optam por não substituir, mesmo que temporariamente, a cultivar de sucesso, o que dificulta a rotação das diferentes cultivares no campo (FUKUOKA et al., 2015; SANTOS, 2015).

Na piramidação de genes, vários genes de resistência vertical a um determinado patógeno são incorporados no mesmo genótipo. A técnica parte da premissa que é muito difícil o aparecimento de uma ‘super raça’ do patógeno, contendo todos os genes de virulência necessários para quebrar esta combinação de genes de resistência (FUKUOKA et al., 2015). A dificuldade do processo de obtenção de cultivares piramidadas, via melhoramento convencional, é o tempo necessário à sua obtenção, já que os genes de resistência vertical são incorporados via retrocruzamentos.

As multilinhas consistem em uma mistura de linhagens isogênicas, isto é, agronomicamente uniformes, que diferem entre si por possuírem diferentes genes de resistência vertical com diferentes reações de resistência a determinado grupo de patógenos. São obtidas através do método dos retrocruzamentos, sendo que cada linha recebe genes de resistência a uma ou algumas raças predominantes do patógeno. Neste caso, as plantas resistentes à determinada raça constituem uma barreira à dispersão de esporos do patógeno para plantas suscetíveis àquela mesma raça. Apesar das plantas suscetíveis serem infectadas, há uma diminuição na concentração e dispersão dos esporos. Isto atrasa o ataque e faz com que os prejuízos com a doença sejam diminuídos. Apesar de ser um caso de resistência vertical, a ação conjunta das linhagens na multilinha se assemelha à da resistência horizontal. A grande vantagem do uso das multilinhas é sua estabilidade (CASELA et al., 2005; ASHKANI et al., 2015; ZAN et al., 2015; MIAH et al., 2017; SANTOS et al., 2017).

O uso de técnicas biotecnológicas, como a transgenia e a biologia molecular, também tem sido cada vez mais empregadas com o objetivo de introduzir resistência em cultivares de arroz. A utilização de marcadores moleculares como uma ferramenta que auxilia a identificação de novos genes e a seleção de linhagens de arroz resistentes, juntamente com as técnicas de melhoramento convencional, permite o desenvolvimento de novos materiais genéticos resistentes (MIZOBUCHI et al., 2013; YU et al., 2008). Marcadores moleculares associados à triagem e identificação de patógenos de plantas, também têm auxiliado o

trabalho dos melhoristas na seleção de genótipos resistentes (ASHFAQ et al., 2017; MANNAN; HAMEED, 2013). Além disso, a biotecnologia pode ser utilizada para o melhor entendimento do processo de infecção e para introdução de transgenes (FUKUOKA et al., 2015). Através da utilização das técnicas de biologia molecular tem sido possível identificar e clonar os genes envolvidos no processo de infecção, tanto do patógeno como do hospedeiro. Com estas informações, será possível reconhecer e entender os mecanismos dos genes envolvidos no processo de doença e no processo de defesa da cultivares (ASHKANI et al., 2015; KRATTINGER; KELLER, 2016; MIAH et al., 2017). O conhecimento destes mecanismos é muito importante para que os melhoristas possam desenvolver estratégias de melhoramento mais eficientes de controle de doenças em plantas.

Em termos de manejo, verifica-se que, em muitos patossistemas, a adoção de técnicas isoladas de controle é ineficiente. Assim, muitas vezes, associado à resistência, há necessidade de adoção de outros métodos de controle. Dependendo do sistema de cultivo, o manejo pode ser simples ou complexo. Na região centro-oeste do Brasil, a antecipação da semeadura do arroz de terras altas tem efeito preponderante no controle da brusone foliar. O plantio no mês de novembro e/ou utilização de cultivares precoces, reduz a chance de exposição da cultura a condições favoráveis ao desenvolvimento da doença nas fases em que a planta se encontra mais suscetível. Em ambientes tropicais, onde o cultivo de arroz irrigado é feito de forma intensiva, o manejo torna-se mais complexo, envolvendo vários fatores, desde a semeadura até a colheita (PRABHU; FILIPPI, 2006b).

Além disso, a seleção de sementes de boa qualidade fitossanitária e o tratamento de sementes com fungicida para o plantio está entre os cuidados primordiais para o controle de doenças fúngicas, visto que a semente é considerada uma fonte de inóculo primário (LOBO, 2008). Dentre as medidas de controle da mancha de grãos, o tratamento de sementes com fungicida é a primeira medida preventiva, pois reduz o inóculo inicial, podendo resultar no aumento do vigor e do estande (SILVA et al., 2014). O manejo da água e os cuidados adequados na rotação de cultura também ajudam a reduzir a incidência dos fungos (CELMER et al., 2007). É necessário também planejamento adequado da adubação, já que fungos como os causadores da escaldadura, têm maior ocorrência em lavouras com altas concentrações de adubação nitrogenada (NUNES, 2004). Restos culturais e plantações vizinhas contaminadas também são fontes de inóculo preocupantes, uma vez que o fungo é disseminado pelo vento através de seus esporos (REIS; CASA; BIANCHIN, 2011; SOARES et al., 2014).

A adoção de um controle químico eficiente com fungicidas, necessário principalmente quando o produtor adota cultivares com maior grau de suscetibilidade, também é importante

para garantir a saúde e produtividade da cultura (PRABHU; FILIPPI, 2006b). O controle químico com os estandes já estabelecidos deve também ser feito de forma preventiva, dando prioridade a fungicidas sistêmicos (BAYER et al., 2014; BORDIN et al., 2014). Esta medida nem sempre envolve uma boa relação de custo benefício ao produtor e, se não realizada no período adequado, com o número de aplicações recomendadas, nem sempre é efetiva no controle das doenças.

Quando consideramos o manejo da mancha de grãos, o uso de cultivares resistentes ao acamamento também está associado, uma vez que plantas acamadas contribuem para o aumento da descoloração dos grãos. O manejo adequado da cultura, incluindo a adubação equilibrada (SILVA-LOBO et al., 2011) e o controle de insetos praga são medidas importantes, já que ferimentos causados por insetos, principalmente percevejo, predispõem os grãos à infecção por microrganismos (SANTOS et al., 2009). Apesar das alternativas, não existem medidas efetivas de controle da mancha de grãos (ASHFAQ et al., 2017). Como é uma doença que está associada a perdas qualitativas e quantitativas, é particularmente importante abordar quais os principais fatores relacionados à sua ocorrência e identificar os diferentes fungos e seus mecanismos associados a doença, para que as melhores práticas de manejo possam adotadas no seu controle (ISLAM; AHMED, 2017).

O empenho no desenvolvimento de estratégias com a finalidade de trazer mais facilidade e soluções adicionais aos produtores de arroz, tanto de sequeiro quando de várzea, é constante. Considerando a maioria das doenças na cultura do arroz, uma alternativa que auxilia no controle da severidade é a aplicação de silício no solo, bem como o controle de outros minerais e sais inorgânicos na planta. Embora o silício não seja considerado um elemento essencial na nutrição das plantas, seu efeito benéfico sobre o crescimento e desenvolvimento tem sido demonstrado em muitas espécies (CAI et al., 2009). No arroz, pode ser considerado um indutor de resistência contra diversos patógenos (BUENO et al., 2017; LIANG et al., 2006). A sílica em altas concentrações, pode reduzir consideravelmente a seca das ponteiros e, conseqüentemente, os danos nas taxas fotossintéticas sofridos pela planta com escaldadura (TATAGIBA et al., 2014). Utilizando substâncias como silício, manganês e outros sais inorgânicos como forma de melhorar a resistência das plantas ao ataque de fungos, ou mesmo reduzir a severidade da doença, pesquisadores têm obtido resultados bastante satisfatórios no controle da brusone (DATNOFF et al., 1997; DELIOPOULOS et al., 2010; CACIQUE et al., 2012; CACIQUE et al., 2013; SCHURT et al., 2013; SOUSA et al., 2013; DEBONA, et al., 2014; SCHURT et al., 2014).

Biopromotores, microrganismos benéficos para as plantas, também têm sido utilizados no controle de doenças como a escaaldadura (BUENO et al., 2017). Estes organismos auxiliam a planta promovendo o seu crescimento, atuando como via de proteção a doenças e, de forma indireta, mitigando as perdas na produção. Entre os diversos biopromotores, um dos mais populares são as rizobactérias promotoras de crescimento de plantas. Estas foram aplicadas com sucesso resultando na promoção do crescimento e supressão de doenças no arroz. (HARMAN et al., 2004; VAN WEES; VAN DER ENT; PIETERSE, 2008; FILIPPI et al., 2011; RÊGO et al., 2014). Segundo pesquisa realizada por Bueno et al. (2017), a associação das rizobactérias com silício reduz a severidade da escaaldadura em plantas de arroz. Esta associação atua protegendo o aparelho fotossintético contra a fotoinibição crônica e o aumento do estresse oxidativo durante a infecção por *M. albescens*.

O controle biológico também é uma alternativa viável quando se trata de doenças nas plantas cultivadas. Devido à preocupação com o aparecimento de populações de patógenos resistentes aos principais princípios ativos dos fungicidas, a necessidade de redução do custo de produção, a crescente preocupação com o meio ambiente e com o bem-estar dos trabalhadores, associando ainda, a maior cobrança por parte dos consumidores por alimentos livres de agroquímicos, esta prática tem recebido maior atenção nos últimos anos (CHANDLER et al., 2015; LUDWIG; MOURA, 2007; PRABHU; FILIPPI, 1997; VIDHYSEKARAN et al., 2001). Souza Júnior et al. (2017) avaliaram o potencial de diferentes bactérias, isoladas e em combinação, visando o controle da escaaldadura, mancha parda e brusone na cultura do arroz e os resultados mostraram que o controle biológico aplicado auxiliou positivamente no controle das doenças.

Apesar das várias ferramentas que podem ser utilizadas na prevenção ou controle de doenças, a utilização da resistência genética é, sem dúvida, a tecnologia considerada um dos meios mais eficazes de incrementar continuamente e simultaneamente, os caracteres agronômicos, atuando positivamente tanto no sentido de reduzir a severidade da doença como no sentido de evitar perdas na lavoura (NUNES et al., 2004; BEDENDO; PRABHU, 2005; MALAVOLTA et al., 2007)..

A maioria dos programas de melhoramento, tanto das Universidades quanto das instituições, como EMBRAPA e EPAMIG, têm voltado atenção especial ao desenvolvimento de cultivares resistentes às doenças fúngicas. As cultivares de arroz atualmente comercializadas, possuem diferentes graus de resistência, mas, mesmo com tantos avanços na pesquisa, ainda não foi identificada a cultivar com resistência completa a nenhuma das doenças fúngicas consideradas (PRABHU; FILIPPI, 2001; PRABHU et al., 2003; SANTOS,

2002; ASHFAQ et al., 2017). Isso ocorre não só devido à dificuldade de incorporar genes de resistência a todas as estirpes do fungo, mas também, devido à rápida adaptação das diferentes raças do patógeno às cultivares melhoradas, resultando em constante quebra da resistência vertical. Por este motivo, a avaliação e seleção de genótipos, associados às tecnologias disponíveis, são tão importantes e devem ser intensamente praticadas (CHERIF et al., 2007; CORNÉLIO et al., 2003; LUDWIG et al., 2009). Nesse cenário, os melhoristas visam não só identificação e incorporação de genes de resistência contra raças específicas e mais frequentes, mas também a seleção de cultivares que associem resistência horizontal e vertical (PRABHU; FILIPPI, 2001), sempre buscando o controle sustentável das populações do patógeno e a supressão da doença, possibilitando uma resistência mais estável (SANTOS et al., 2017).

Os objetivos do presente, no âmbito da pesquisa e melhoramento da cultura do arroz de terras altas, prioriza ações a fim de consolidar a presença da cultura em sistemas de produção de grãos nas regiões favorecidas dos cerrados e, principalmente, adaptá-la ao sistema de plantio direto, que oferece vários desafios como a exigência da cultura em solos com maior macroporosidade ou à demanda inicial por nitrogênio na forma amoniacal, sendo, portanto, muito sensível à qualidade do perfil do solo (KLUTHCOUSKI, et al., 2000). A implantação e adaptação ao sistema de plantio direto é um dos principais objetivos, possibilitando que a cultura do arroz seja uma opção no manejo de rotação e sucessão de culturas. Para a sustentabilidade econômica do arroz de terras altas, os programas de melhoramento de arroz, no geral, visam a obtenção e plantio de cultivares mais produtivas e com maior vigor inicial. Associado a este caráter, os objetivos também são voltados à máxima obtenção do produto final, ou seja, o arroz colhido e processado, com alta qualidade, atendendo, sobretudo, o mercado consumidor (CASTRO et al., 2005). Para isso, as cultivares devem ser cada vez mais tolerantes à deficiência hídrica e resistentes às diversas doenças que atacam a cultura durante todo o seu ciclo (SANTOS et al., 2006). Tais características, sem dúvida nenhuma, não serão alcançadas sem a dedicação dos melhoristas genéticos de arroz de terras altas, que devem lançar mão de estratégias cada vez mais eficientes para driblar os desafios da produção dos grãos.

2.4 Adaptabilidade e estabilidade

Uma das etapas mais onerosas dos programas de melhoramento genético é a avaliação de linhagens que antecede a recomendação de novas cultivares, ou seja, os ensaios de valor de

cultivo e uso (VCU). Ela exige a condução de experimentos precisos em uma grande quantidade de locais, com a maior amplitude de variação das condições ambientais possível. Isso ocorre porque é nessa etapa que será testado o desempenho das linhagens visando direcionar a sua recomendação para todo o país, para uma região ou local (SILVA et al., 2013). Assim, o conhecimento das exigências ambientais e das peculiaridades das principais cultivares do ensaio de VCU, permitem a escolha do genótipo mais adequado à realidade de cada local e/ou condição de cultivo (STRECK et al., 2017).

A partir dos experimentos em múltiplos anos e locais, é possível obter a interação genótipos por ambiente, que é a estimativa da resposta diferencial dos genótipos aos diferentes ambientes de cultivo, bem como isolar os efeitos do ambiente e dos genótipos. A interação GxE é um grande desafio para os melhoristas. Ela pode alterar o ranqueamento dos genótipos nos diferentes ambientes, ou seja, a melhor linhagem para um determinado local, não necessariamente será a melhor em outro. Tal fato tem influência no ganho de seleção e dificulta a recomendação de cultivares. Assim, a partir da significância destas estimativas da interação, para que a recomendação seja a mais segura possível, além da avaliação das características agronomicamente desejáveis, é recomendado o estudo da adaptabilidade e estabilidade dos tratamentos (DIAS et al., 2009). A adaptabilidade refere-se a capacidade das plantas assimilarem vantajosamente o estímulo ambiental do ponto de vista de rendimento agrícola, ou seja, o desempenho do genótipo em determinado ambiente e condição. Diferentemente, a estabilidade refere-se à capacidade do genótipo manter comportamento constante, frente às variações ambientais (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; MACHADO et al., 2008, HAIDER et al., 2017).

Adaptações específicas de genótipos a ambientes podem fazer toda a diferença na escolha da cultivar a ser lançada (GAUCH; ZOBEL, 2006), e cultivares que associam boa adaptabilidade e estabilidade são muito desejadas dentro dos programas de melhoramento. Contudo, para que seja possível tirar proveito dos efeitos positivos da interação e do seu estudo, como Duarte e Zimmermam (1995) já ressaltavam, é preciso dispor de metodologias estatísticas adequadas para estimar e explorar a interação por meio do estudo da adaptabilidade e estabilidade.

Há inúmeros métodos de adaptabilidade e estabilidade em ensaios multiambiente, os quais diferem quanto aos seus conceitos e procedimentos biométricos de estimação. Esses métodos utilizam conceitos de modelos paramétricos univariados (EBERHART; RUSSELL, 1966; WRICKE, 1965), multivariados (ZOBEL, et al. 1988; YAN, 2001), mistos (RESENDE, 2006) e não paramétricos (LIN; BINNS, 1988). A capacidade de

explicar a soma de quadrados da interação genótipos por ambientes é, principalmente, o que fomenta as diferenças entre os métodos existentes (BORNHOFEN et al., 2017). Dentre as metodologias mais recentes, tem-se as análises AMMI (*Additive Main effects and Multiplicative Interaction*), que combinam técnicas estatísticas para ajustar os efeitos principais (genótipos e ambientes) e os efeitos da interação GxE (MANDEL, 1971; ZOBEL et al., 1988), cujo modelo é baseado em efeitos principais aditivos e interação multiplicativa, e o modelo GGE biplot (*genotype main effects + genotype environment interaction*), proposto por Yan et al. (2000), que consideram o efeito principal de genótipo mais a interação genótipo e ambiente. Ambas as análises, baseadas em gráficos biplot, representam graficamente uma matriz de dados. A análise AMMI combina a análise de variância e a análise de componentes principais, para ajustar, respectivamente, os efeitos principais (genótipos e ambientes) e os efeitos da interação GE. Já a análise GGE agrupa o efeito aditivo de genótipo com o efeito multiplicativo da interação GE, e submete estes à análise de componentes principais (YAN et al., 2000, SILVA; BENIN, 2012).

Embora as metodologias AMMI e GGE sejam bastante citadas na literatura, em análises de adaptabilidade e estabilidade (VENCOVSKY, 1999; YAN et al., 2000; BALESTRE et al., 2009; OLIVEIRA, 2010; HAIDER et al., 2017), ambas são limitadas, quando se tem dados desbalanceados, delineamentos experimentais não ortogonais e heterogeneidade de variâncias entre os ambientes onde são conduzidos os ensaios, pois assumem efeitos fixos para genótipos (REZENDE; THOMPSON, 2004; SMITH et al., 2015; UATE et al., 2016).

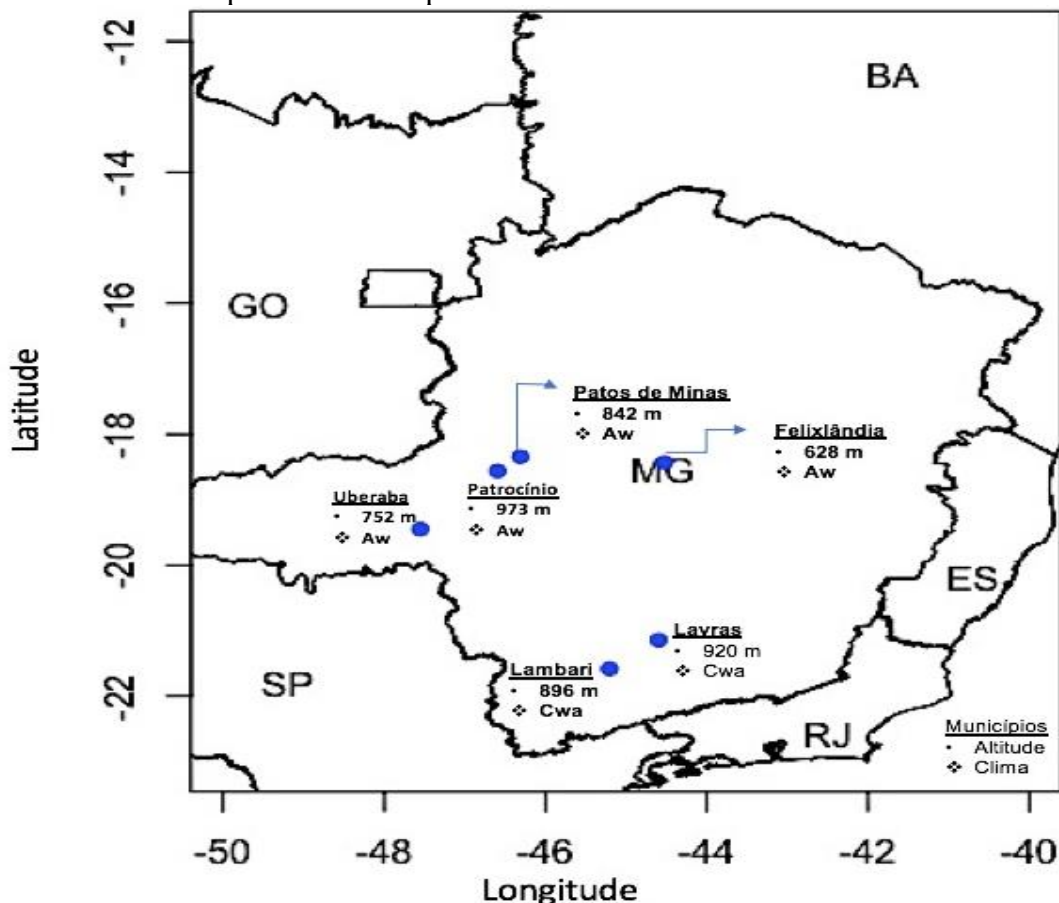
Diversos autores utilizaram metodologias de modelos lineares mistos para estudos de adaptabilidade e estabilidade relativas aos efeitos genotípicos, em várias culturas, em diferentes situações de desbalanceamento. Eles constataram que este procedimento é vantajoso por possibilitar lidar, facilmente, com dados desbalanceados, e por permitir ordenação de tratamentos de maneira acurada (GUIMARÃES et al., 2009). Assim, é possível aliar as vantagens da metodologia dos modelos mistos, inerentes à capacidade do modelo de lidar com dados altamente desbalanceados, heterogeneidade de variâncias e covariâncias residuais e genotípicas, à facilidade de interpretação dos resultados nos gráficos GGE Biplots, como se procedeu neste trabalho (UATE et al., 2016; GAUCH; PIEPHO; ANNICCHIARICO, 2008; YAN et al., 2007; STEFANOVA; BUIRCHELL, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Locais e safras

Os ensaios de valor de Cultivo e Uso (VCU) foram conduzidos em seis diferentes municípios de Minas Gerais ao longo de doze anos de experimentação (FIGURA 8). Foram consideradas as safras: 1997/1998, 1998/1999, 1999/2000, 2000/2001, 2001/2002, 2004/2005, 2005/2006, 2009/2010, 2010/2011, 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017. Contabilizando todos locais e considerando ainda os sistemas de cultivo em sequeiro, com e sem irrigação suplementar, e plantio direto, foram utilizados 35 ambientes (TABELA 4).

Figura 8 - Coordenadas geográficas, altitudes e clima, segundo classificação Köppen-Geiger, dos municípios onde os experimentos foram conduzidos.



Fonte: Disponível em <<http://pt.db-city.com/Brasil--Minas-Gerais>>. Acesso em: 20 out. 2017
 Fonte: Da autora (2018).

Tabela 4 - Safras e ambientes considerados na avaliação da severidade de brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos.

ANO	Local	Identificação	Ano	Local	Identificação
1997/1998	Lambari SI	Amb1	2004/2005	Lavras PD	Amb19
	Lambari ST	Amb2		Lavras ST	Amb20
	Lavras SI	Amb3		Patos de Minas ST	Amb21
	Lavras ST	Amb4		Patrocínio ST	Amb22
1998/1999	Lambari SI	Amb5	2005/2006	Uberaba ST	Amb23
	Lavras SI	Amb6		Lambari I ST	Amb24
	Lambari ST	Amb7		Lavras ST	Amb25
1999/2000	Lavras ST	Amb8	2009/2010	Lambari ST	Amb26
	Lambari ST	Amb9		Lavras ST	Amb27
2000/2001	Lambari ST	Amb10	2010/2011	Lambari ST	Amb28
	Lavras ST	Amb11		Lavras ST	Amb29
2001/2002	Lambari ST	Amb12	2014/2015	Lambari ST	Amb30
	Lavras ST	Amb13		Lavras ST	Amb31
2004/2005	Lambari ST	Amb14	2015/2016	Lambari ST	Amb32
	Felixlândia PD	Amb15		Lavras ST	Amb33
2004/2005	Felixlândia ST	Amb16	2016/2017	Lambari ST	Amb34
	Lambari PD	Amb17		Lavras ST	Amb35
	Lambari ST	Amb18			

SI (Sistema de sequeiro irrigado), ST (Sistema de sequeiro tradicional), PD (Sistema de plantio direto)

Fonte: Da autora (2018).

3.2 Material genético e características avaliadas

Foram utilizadas 124 linhagens dos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) do Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras, conduzido pelo grupo Melhor Arroz, em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e Epamig, avaliadas ao longo dos doze anos de experimentação (TABELAS 5 e 6).

Tabela 5 - Linhagens dos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) do Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e Epamig, avaliadas ao longo dos doze anos de experimentação. (continua...)

1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2004/2005
1 - CNA 8541	3 - CNA 8436	28 - CNAs 8983	40- BRS Colosso	44 - CRO 97505	57 - MG 1097
2 - CNA 8536	5 - BRS Primavera	21 - IAC 202	29 - CNAs 8824	11 - Guarani	31 - BRSMG Curinga
3 - CNA 8436	2 - CNA 8536	29 - CNAs 8824	5 - BRS Primavera	49 -BRSMGConai	58 - BRSMG Caravera
4 - BRS Talento	7 - Carisma	30 - CNAs 8817	11 - Guarani	40- BRS Colosso	7 – Carisma
5 - BRS Primavera	12 - Canastra	31 - BRSMG Curinga	28 - CNAs 8983	5 - BRS Primavera	59 - MG 1084
6 - CNA 8551	4 - BRS Talento	7 - Carisma	41 - CRO 97422	50 - BRS Pepita	60 - CNAs 10227
7 - Carisma	21 - IAC 202	11 - Guarani	42 - CNAs 8938	7 - Carisma	61 - BRSMG Relâmpago
8 - CNA 8564	1 - CNA 8541	4 - BRS Talento	43 - MG 1066	51 - CNAs 9027	49 –BRSMGConai
9 - BRS Bonança	13 - Caiapó	5 - BRS Primavera	44 - CRO 97505	29 - CNAs 8824	62 - MG 1089
10 - CNA 8535	11 - Guarani	32 - CNAs 8818	45 - MG 1043	52 - CNAs 9021	63 - CNAs 10217
11 - Guarani	9 - BRS Bonança	13 - Caiapó	30 - CNAs 8817	53 - CNAs 9026	64 - CNAs 8957-1
12 - Canastra	22 - CNA 8707	12 - Canastra	31 - BRSMG Curinga	54 - MG 1067	65 - CNAs 8938-1
13 - Caiapó	17 - Douradão	33 - MG 1045	7 - Carisma	43 - MG 1066	12 - Canastra
14 - IAC 1483	23 - CG3-1519	34 - CNAs 8962	21 - IAC 202	30 - CNAs 8817	66 - MG 1078
15 - CNA 8552	24 - CNA 8711	35 - IAC 1437	13 - Caiapó	31 - BRSMG Curinga	67 - MG 1093
16 - CNA 8553	14 - IAC 1483	36 - MG 1046	46 - CNAs 8957	28 - CNAs 8983	68 - YIN LU 31

Tabela 5 - Linhagens dos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) do Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e Epamig, avaliadas ao longo dos doze anos de experimentação. (continua...)

1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2004/2005
17 - Douradão	25 - CNA 8798	37 - MG 1044	47 - CNAs 8960	55 - CNAs 9060	69 - Japonês
18 - Confiança	26 - CNA 8693	38 - L 95-2	12 - Canastra	56 - CNAs 9045	13 - Caiapó
19 - CNA 8543	18 - Confiança	39 - CNAs 8822	48 - MG 1057	13 - Caiapó	70 - CNAs 10260
20 - CNA 8561	27 - CNA 8712	18 - Confiança	18 - Confiança	12 - Canastra	71 - CNAs 8817-2

Tabela 5 - Linhagens dos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) do Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e Epamig, avaliadas ao longo dos doze anos de experimentação. (continua...)

2005/2006	2009/2010	2010/2011	2014/2015	2015/2016	2016/2017
72 - BRA 01596	61 - BRSMG Relâmpago	93 - CMG 1675	102 - CMG 2162	102 - CMG 2162	102 - CMG 2162
31 - BRSMG Curinga	78 - MG 1097-4	85 - CMG 1509	103 - CMG 2168	103 - CMG 2168	103 - CMG 2168
73 - BRA 01506	79 - MG 1097-7	79 - MG 1097-7	104 - BRS Esmeralda	104 - BRS Esmeralda	104 - BRS Esmeralda
58 - BRSMG Caravera	80 - CMG 1152	94 - CMG 1698	105 - CMG 2170	105 - CMG 2170	105 - CMG 2170
74 - MG 1102	81 - BRA 042048	95 - CMG 1672	106 - CMG 2172	118 - CMG 2119	118 - CMG 2119
68 - YIN LU 31	82 - CMG 1284	96 - BRA 032048	107 - BRSMG Caçula	107 - BRSMG Caçula	107 - BRSMG Caçula
57 - MG 1097	83 - MG 1097-2	31 - BRSMG Curinga	108 - CMG 2185	108 - CMG 2185	108 - CMG 2185
75 - MG 1101	84 - CMG 1511	61 - BRSMG Relâmpago	109 - CMG 2187	109 - CMG 2187	109 - CMG 2187
12 - Canastra	85 - CMG 1509	97 - CMG 1590	110 - CMG 2188	110 - CMG 2188	110 - CMG 2188
61 - BRSMG Relâmpago	58 - BRSMG Caravera	84 - CMG 1511	111 - CMG 2085	111 - CMG 2085	111 - CMG 2085
62 - MG 1089	86 - CG3-118-6	98 - CMG 1692	58 - BRSMG Caravera	58 - BRSMG Caravera	58 - BRSMG Caravera
76 - MG 1066-1	87 - CMG 1545	99 - CMG 1594	61 - BRSMG Relâmpago	61 - BRSMG Relâmpago	119 - CMG ERF 221-4
7 - Carisma	31 - BRSMG Curinga	58 - BRSMG Caravera	84 - CMG 1511	84 - CMG 1511	84 - CMG 1511
77 - MG 1103	88 - MG 1097-16	80 - CMG 1152	112 - CMG 2089	112 - CMG 2089	120 - CMG ERF 221-7
13 - Caiapó	89 - CMG 1271	78 - MG 1097-4	113 - CMG 1896	113 - CMG 1896	113 - CMG 1896

Tabela 5 - Linhagens dos ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) do Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e Epamig, avaliadas ao longo dos doze anos de experimentação. (conclusão...)

2005/2006	2009/2010	2010/2011	2014/2015	2015/2016	2016/2017
49 -BRSMGConai	49 -BRSMGConai	100 - CMG 1152-6	114 - CMG 2097	114 - CMG 2097	121 - CMG ERF 221-9
63 - CNAs 10217	90 - BRSGO S. Dourada	92 - CMG 1164	115 - CMG 2093	115 - CMG 2093	122 - CMG ERF 221-19
60 - CNAs 10227	12 - Canastra	49 -BRSMGConai	116 - CMG 1977	116 - CMG 1977	123 - CMG ERF 221-29
69 - Japonês	91 - CMG 1128	12 - Canastra	85 - CMG 1509	85 - CMG 1509	85 - CMG 1509
64 - CNAs 8957-1	92 - CMG 1164	101 - CMG 1367	117 - CMG 1987	117 - CMG 1987	124 - Multilinha

Todos os experimentos foram implantados no delineamento em blocos casualizados (DBC), com três repetições, com parcelas constituídas de cinco linhas de quatro metros, espaçadas a 35 cm, sendo a área útil as três linhas centrais.

Foram avaliadas três das principais doenças fúngicas na cultura do arroz, sendo elas: Brusone de Pescoço (*Magnaporthe oryzae*), Escaldadura (*Monographella albescens*) e Mancha de Grãos (Complexo de patógenos). As avaliações da severidade foram realizadas na área útil de cada parcela, sem aplicação de fungicidas. Para todas as doenças foram consideradas 4 avaliações, realizadas no intervalo de 21 dias. Foi utilizada escala de notas proposta pelo *International Rice Research Institute* (IRRI, 1996) levando em consideração a porcentagem da área foliar, porcentagem de panículas afetadas e porcentagem de grãos infectados, considerando respectivamente escaldadura, brusone de pescoço e mancha de grãos. As notas foram atribuídas conforme análise visual, sendo: nota 1 - menos de 1% da área foliar/panículas/grãos com sintoma; nota 3 - de 1% a 5% da área foliar/panículas/grãos com sintoma; nota 5 - de 6% a 25% da área foliar/panículas/grãos com sintoma; nota 7 - de 26% a 50% da área foliar/panículas/grãos com sintoma e nota 9 - acima de 50% da área foliar/panículas/grãos com sintoma. As avaliações foram realizadas nos períodos que mais favorecem a infecção e o desenvolvimento de cada doença no campo. Neste caso, as avaliações de escaldadura foram realizadas próximas a fase de florescimento, em plantas com aproximadamente 65 dias, as avaliações de brusone de pescoço nas fases de grão pastoso e maturação dos grãos, períodos de maior suscetibilidade da cultura à doença e, para mancha de grãos, as avaliações ocorreram próximas ao período de colheita.

3.3 Análises estatísticas

3.3.1 Área abaixo da curva de progresso da doença

As notas de severidade de doença atribuídas a cada parcela, bem como o intervalo entre as avaliações de severidade, foram utilizadas para a obtenção da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD):

$$\text{AACPD} = \sum_i^{n-1} \left(\frac{Y_i - Y_{i+1}}{2} \right) \cdot (T_{i+1} - T_i), \text{ onde:} \quad (1)$$

n = número de avaliações;

y_i = severidade da doença na avaliação i ;

t_i = tempo, em dias, respectivos à primeira avaliação de severidade da doença;

$\frac{Y_i - Y_{i+1}}{2}$ = média das notas atribuídas entre duas avaliações consecutivas, i e $i+1$, a qual

faz referência a altura média do retângulo entre os pontos y_i e y_{i+1} ;

$(T_{i+1} - T_i)$ = intervalo de tempo entre duas avaliações consecutivas, a qual faz referência a diferença da base do retângulo entre os pontos t_{i+1} e t_i .

As estimativas de AACPD foram utilizadas como base de dados para o procedimento de todas as análises estatísticas.

As análises de variância conjunta com os dados de severidade de cada doença por local, considerando todos os ambientes dentro de cada safra ou ano agrícola, foram realizadas utilizando o software estatístico R (2003), seguindo o modelo:

$$Y_{ij(k)} = \mu + t_i + l_k + (tl)_{ik} + b_{j(k)} + e_{ij(k)} \quad (2)$$

Y_{ijkn} : valor observado na parcela que recebeu o i -ésimo tratamento no j -ésimo bloco;

μ : efeito fixo da média geral;

t_i : efeito aleatório do i -ésimo tratamento, onde $i = 1, 2, 3 \dots 20$;

l_k : efeito fixo do k -ésimo ambiente, variável em cada ano agrícola;

$(tl)_{ik}$: efeito aleatório da interação do tratamento i com o ambiente k ;

$b_{j(k)}$: efeito aleatório do bloco j dentro do ambiente k , onde $j = 1, 2, 3$.

$e_{ij(k)}$: efeito aleatório do erro experimental assumindo que os erros são independente e identicamente distribuídos, seguindo distribuição normal, com média zero e variância comum.

As estimativas da acurácia seletiva ($r_{\hat{g}g}$) foram utilizadas como medidas de precisão e foram obtidas pelo estimador:

$$r_{\hat{g}g} = \sqrt{1 - \frac{1}{F_c} \times 100} \quad (3)$$

onde:

F_c = valor de F calculado.

3.3.2 Estimativa dos componentes de variância e de parâmetros genéticos considerando as análises conjuntas de cada ano agrícola

A partir das esperanças dos quadrados médios foram obtidas as estimativas dos componentes de variância e alguns parâmetros genéticos e fenotípicos, pelos seguintes estimadores:

- a. Variância genética entre linhagens (σ^2_G):

$$\sigma^2_G = \frac{(Q_1 - Q_2)}{j \cdot k} \quad (4)$$

onde:

Q_1 = quadrado médio da fonte de variação referente às linhagens;

Q_2 = quadrado médio da interação;

j = número de repetições;

k = número de locais.

- b. Variância fenotípica entre linhagens (σ^2_F):

$$\sigma^2_F = \frac{Q_1}{j \cdot k} \quad (5)$$

onde:

Q_1 = quadrado médio da fonte de variação referente às linhagens;

j = número de repetições;

k = número de locais.

- c. Variância ambiental entre linhagens (σ^2_E):

$$\sigma^2_E = \frac{Q_3 - Q_2 - Q_4 + Q_5}{i \cdot j} \quad (6)$$

onde:

Q_2 = quadrado médio da interação;

Q_3 = quadrado médio da fonte de variação ambiente;

Q_4 = quadrado médio de blocos;

Q_5 = quadrado médio do erro;

i = número de tratamentos;

j = número de repetições.

d. Herdabilidade no sentido amplo (h_a^2) para seleção na média de linhagens, como sugere Ramalho (2012):

e.

$$h_a^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100 \quad (7)$$

O limite inferior (LI) e o superior (LS) referentes a herdabilidade no sentido amplo foram estimados seguindo a expressão proposta por Knapp Stroup e Roos (1985). Estas estimativas são importantes para fazer inferências sobre o erro associado às estimativas de herdabilidade.

$$LI = \{1 - [(\frac{Q_1}{Q_2}) \cdot F_{1-\frac{\alpha}{2}}(GL_{\text{Erro}}; GL_{\text{Progenie}})]^{-1}\} \quad (8)$$

$$LS = \{1 - [(\frac{Q_1}{Q_2}) \cdot F_{\frac{\alpha}{2}}(GL_{\text{Erro}}; GL_{\text{Progenie}})]^{-1}\} \quad (9)$$

em que:

α = nível de probabilidade e o valor tabelado de F é determinado pelo coeficiente de confiança $(1 - \frac{\alpha}{2})$ e $(\frac{\alpha}{2})$.

f. Foram obtidas as estimativas do ganho esperado após a seleção. O estimador utilizado no cálculo do ganho de seleção foi:

$$GS = ds \cdot h^2 \quad (10)$$

onde:

ds = diferencial de seleção. Este valor é obtido pela média das melhores linhagens selecionada (M_s), baseada na intensidade de seleção, subtraída da média geral ($ds = M_s - M_o$);

h^2 = herdabilidade.

3.3.3 Taxa de renovação

As estimativas da taxa de renovação do ensaio de VCU, por safra, foram obtidas pela fórmula:

$$TR (\%) = \frac{ngi}{ngt} \times 100 \quad (11)$$

onde:

ngi = número de genótipos introduzidos na safra i;

ngt = número de genótipos totais avaliados na safra i.

3.3.4 Abordagem via modelos mistos

Em virtude do desbalanceamento dos dados, pela seleção e incorporação de novos genótipos no experimento VCU de uma safra para outra, foi utilizada abordagem via modelos mistos. Assim, foi possível analisar o comportamento das doenças estudadas em todas as safras e locais simultaneamente.

Utilizando a metodologia apresentada em NUVUNGA, et al.(2015) na análise de dados multi-ambientais (MET), considerou-se para cada ambiente o confundimento de locais com anos, obtendo um total de 35 ambientes, sendo o modelo linear mistos (multivariado) utilizado, representado da seguinte maneira :

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Zu} + \mathbf{e} \quad (12)$$

em que:

y: vetor de observações de parcelas em cada ambiente;

b e u: vetores de efeitos fixos (blocos e locais confundidos com os anos) e aleatórios (de genótipos mais as interações), respectivamente;

e: vetor aleatório de erros;

X e Z: matrizes de incidência para os efeitos fixos e aleatórios, respectivamente. Neste conjunto de dados, assumiu-se que $\mathbf{e} \sim N(0, \mathbf{R})$ e $\mathbf{u} \sim N(0, \mathbf{\Sigma})$.

Utilizando a matriz de equações de modelos mistos (MEMM):

$$C = \begin{pmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + \Sigma^{-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{pmatrix} \quad (13)$$

Tomando o logaritmo natural, derivando em relação a \mathbf{b} e \mathbf{u} e considerando as matrizes de variância e covariância genética Σ e de efeito aleatório \mathbf{R} conhecidas, obtemos as equações dos modelos mistos multivariada dada por:

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + \Sigma^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{b}} \\ \hat{\mathbf{u}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}\mathbf{y} \\ Z'R^{-1}\mathbf{y} \end{bmatrix} \quad (14)$$

As soluções de $\hat{\mathbf{b}}$ e $\hat{\mathbf{u}}$ são dados por:

$$\begin{pmatrix} \hat{\mathbf{b}} \\ \hat{\mathbf{u}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + \Sigma^{-1} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} X'R^{-1}\mathbf{y} \\ Z'R^{-1}\mathbf{y} \end{pmatrix} \quad (15)$$

Realizando algumas manipulações e assumindo a matriz dos autovetores $V = ZR^{-1}Z' + \Sigma^{-1}$, sendo Σ a matriz de variância e covariância genética, Z a matriz de incidência dos vetor de efeitos aleatórios e \mathbf{R} é a matriz de variância e covariância para efeitos residuais, a estimação dos BLUEs (efeitos fixos) é dada por :

$$\hat{\mathbf{b}} = (\mathbf{X}'\mathbf{V}^{-1}\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{V}^{-1}\mathbf{y} \quad (16)$$

E a estimação dos BLUPs (efeitos aleatorios) é dada por:

$$\hat{\mathbf{u}} = \mathbf{Z}\Sigma\mathbf{V}^{-1}(\mathbf{y} - \mathbf{X}\hat{\mathbf{b}}) \quad (17)$$

Os componentes de variância foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita adotando o modelo misto, via algoritmo EM. Assim a solução REML para os elementos das matrizes Σ e \mathbf{R} são representadas da seguinte maneira:

$$\sigma_{u_{ij}}^2 = \frac{\left[u_i' u_j + tr(C_{ij}^{-1}) \right]}{t} \quad (18)$$

Sendo:

C_{ij} correspondendo a submatriz i,j ;

C_{ij}^{-1} o inverso dessa matriz.

O estimador da variância residual pode ser expresso como:

$$\sigma_{u_{ij}}^2 = \frac{\left\{ e_i' e_j + \text{tr} \left[\left(KC^{-1} K' \right)_{ij} \right] \right\}}{n} \quad (19)$$

Em que o traço é calculado utilizando a matriz $K=\{X,Z\}$ e o inverso da submatriz C_{ij}^{-1} sendo n o comprimento do vetor $\{j,i\}$ da submatriz.

A utilização desses métodos para obtenção dos estimadores dos componentes da variância, permite a análise multi-ambiental com dados faltantes e heterogeneidade de variâncias. No entanto, as estabilidades e adaptabilidades dos genótipos em diferentes ambientes não são observadas de forma direta. Assim, a utilização da análise de fatores na verossimilhança restrita pode ser realizada posteriormente, na determinação de padrões, agrupando variáveis com maior grau de correlação e, permitindo uma estrutura de dependência mais simplificada.

Dada a matriz de variância genética Σ , os BLUP's dos genótipos e assumindo uma estrutura de fator analítico (FA) para Σ ($\Sigma = \mathbf{L}\mathbf{L}' + \Psi$), em que os BLUPs possam ser representados por fatores comuns na forma ($\mathbf{u} = \mathbf{L}\mathbf{f} + \delta$), o modelo utilizando a análise de fatores pode ser descrito como:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\mathbf{b} + \mathbf{Z}[\mathbf{L}\mathbf{f} + \delta] + \mathbf{e} \quad (20)$$

$$\mathbf{f} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{I}), \delta \sim N(\mathbf{0}, \Psi), \text{ e } \mathbf{e} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{R})$$

em que o \mathbf{f} e δ representam os vetores dos escores fatoriais (BLUP's) e variância específica respectivamente, \mathbf{L} a matriz de cargas fatoriais e \mathbf{X} e \mathbf{Z} as matrizes de delineamento. Assim, a solução matriz das equações de modelos mistos re-parametrizadas ($\mathbf{W} = \mathbf{Z}\mathbf{L}$) pode ser dada por:

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}W & X'R^{-1}Z \\ W'R^{-1}X & W'R^{-1}W + I & W'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & X'R^{-1}W & Z'R^{-1}Z + \Psi^{-1} \otimes I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{f} \\ \hat{\delta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ W'R^{-1}y \\ ZR^{-1}y \end{bmatrix} \quad (21)$$

Assumindo a matriz de covariância genética modelada pela estrutura FA ($\Sigma = \mathbf{L}\mathbf{L}' + \Psi$), a solução dos efeitos fixos e aleatórios, com os estimadores dos escores

fatoriais e da variância específicas (BLUP's de \mathbf{f} e δ), resolvendo em relação a $\hat{\mathbf{b}}$, $\hat{\mathbf{f}}$ e $\hat{\delta}$ tem-se:

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{b}} &= (\mathbf{X}'\Sigma^{-1}\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}'\Sigma^{-1}(\mathbf{y} - \mathbf{Wf} - \mathbf{Z}\delta) \\ \hat{\mathbf{f}} &= (\mathbf{W}'\Sigma^{-1}\mathbf{W} + \mathbf{I})^{-1} \mathbf{W}'\Sigma^{-1}(\mathbf{y} - \mathbf{Xb} - \mathbf{Z}\delta) \\ \hat{\delta} &= (\mathbf{Z}'\Sigma^{-1}\mathbf{Z} + \Psi^{-1}\mathbf{A}\mathbf{I})^{-1} \mathbf{Z}'\Sigma^{-1}(\mathbf{y} - \mathbf{Xb} - \mathbf{Wf})\end{aligned}\quad (22)$$

3.3.5 Progresso genético

Foi calculado o progresso genético de avanço (PGA), a partir das médias BLUP, pelo estimador:

$$PGA = MGS_{i;i+1} - MGE_i \quad (23)$$

em que:

$MGS_{i;i+1}$ = média BLUP dos genótipos selecionados no ano i para o ensaio de VCU no ano $i+1$;

MGE_i = média BLUP dos genótipos excluídos no ano i ;

Foi calculado ainda o progresso genético de renovação (PGR), a partir das médias BLUP, pelo estimador:

$$PGR = MGS_{i+1} - MGE_i \quad (24)$$

em que:

MGS_{i+1} = média BLUP dos genótipos no ano $i+1$.

3.3.6 Adaptabilidade e estabilidade

A partir dos resultados obtidos em relação aos melhor preditor linear não viesado (BLUP) e verificada a interação genótipo x ambiente, procedeu-se a análise de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos quanto a severidade das doenças. A avaliação foi feita utilizando-se o modelo GGE biplot (*Genotype and Genotype - Environment Interaction*), proposto por Yan et al. (2000), que considera o efeito principal de genótipo mais a interação genótipo e

ambiente. As matrizes e os gráficos foram obtidos com o auxílio do software R (2015) utilizando o pacote GGEBiplotGUI, de acordo com o modelo a seguir:

$$G + GE = [(g_i + ge_{ij})] = \sum_{s=1}^n \lambda_s \gamma_{is} \delta_{js} + \rho_{ij} \quad (25)$$

em que:

$G + GE$: matriz dos efeitos dos genótipos somados aos efeitos das interações genótipos por ambientes;

λ_s : valor singular do s -ésimo componente principal;

γ_{is} e δ_{js} : autovetores do s -ésimo componente principal associado ao efeito genótipo i e ambiente j , respectivamente;

n : número dos componentes principais retidos do modelo;

ρ_{ij} : ruído.

Os gráficos biplots foram obtidos a partir dos escores para melhorar o entendimento da inter-relação entre genótipos e ambientes, conforme Yan e Tinker (2006), sendo estes construídos a partir da decomposição das médias, apresentando qual genótipo possui o melhor desempenho, ou seja, a menor severidade de doença associada. Os biplots foram construídos a partir dos dois primeiros componentes principais do efeito dos tratamentos mais a interação (GxA) (PCA1 e PCA2).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análises de variância

Com o objetivo de estimar a confiabilidade e qualidade dos experimentos, foram obtidos os valores de acurácia (r_{ee}) (TABELAS – ANEXO A). Segundo Resende e Duarte (2007), esta é a medida de precisão experimental mais recomendada quando se avalia progênies e/ou cultivares. A acurácia está associada a correlação entre valores genéticos preditos e valores genéticos verdadeiros dos indivíduos, ou seja, quanto maior a estimativa da acurácia maior será a confiança na avaliação e no valor genético predito (PIMENTEL et al. 2014). No presente trabalho, a maioria dos valores obtidos foi superior a 90%. Segundo Resende e Duarte (2007), para precisão e controle de qualidade em experimentos VCU, estas estimativas foram consideradas de elevada acurácia, indicando boa precisão experimental, o que auxilia na detecção de diferenças significativas quanto ao caráter severidade de doenças.

De acordo com os resultados da análise conjunta por ano agrícola, considerando BP, ESC e MG (TABELAS – ANEXO A), foi detectada diferença significativa ($p < 0,01$) no desempenho médio dos genótipos, na grande maioria dos casos. Isso aponta que as linhagens apresentaram comportamento estatisticamente diferente entre si quanto aos caracteres avaliados, evidenciando a variabilidade genética entre os genótipos quando considerada a severidade às doenças. Este é um relato importante, pois é um indício da existência de genótipos com diferentes níveis de resistência no programa de melhoramento, fato que, a princípio, vislumbra sucesso com a seleção para as características em questão (MORAIS JÚNIOR et al., 2017; STRECK et al., 2017; CAVATTE et al., 2018). O teste F indicou ainda a presença de variabilidade entre os ambientes na maioria das análises, ou seja, evidenciou a diferença entre eles quando consideramos a severidade de doenças. A interação genótipos por ambientes (G x E) foi significativa, também na maioria dos casos, mostrando que o desempenho das linhagens não foi coincidente nos diferentes ambientes.

Apesar da maioria das análises conjuntas detectar a significância dos efeitos dos tratamentos, dos ambientes e da interação entre eles, isso nem sempre ocorreu. Da mesma maneira, quando se observou a safra 15/16, os valores de acurácia foram bem abaixo do recomendado, considerando tanto BP, como ESC e MG. Isso ocorre devido à grande dificuldade em realizar as avaliações de doenças em condições de campo. As notas são

fortemente influenciadas pelo maior número de avaliadores, necessários pela elevada quantidade de plantas a serem avaliadas na mesma data e em horários próximos, com a finalidade de manter a uniformidade de avaliação em todas as parcelas dos experimentos, pelo estado nutricional e pelas condições ambientais e hídricas da planta, nem sempre passíveis de serem controladas. Especificamente na safra 15/16, os experimentos foram expostos a uma condição de déficit hídrico. Isso provocou enrolamento e queima das ponteiros das folhas, o que prejudicou diretamente a avaliação de escaldadura e dificultou a avaliação dos sintomas de BP e MG, já que a falta de água causa efeito em todas as partes da planta.

As estimativas de variância genotípica confirmaram a existência de variabilidade entre os genótipos avaliados para todas as características, na maioria dos ambientes (TABELA 6). Mesmo se tratando de ensaios VCU, que precedem o lançamento das cultivares, a presença de variabilidade é muito importante. Ela possibilita a seleção de diferentes genótipos com níveis distintos de resistência a cada doença, visando atender a demanda de cada região e possibilitando ao melhorista realizar a seleção de linhagens de acordo com os objetivos do programa de melhoramento (MORAIS JÚNIOR et al., 2017; STRECK et al., 2017; CAVATTE et al., 2018). Além disso, para a constituição de multilinhas, essa variabilidade diferencial da resistência das linhagens é muito desejável (SANTOS et al., 2017). Aquelas variâncias genéticas que assumiram valores negativos, ou seja, foram nulas, podem ser explicadas pela baixa magnitude da variância genética entre as linhagens presentes nas respectivas safras e doenças. Este fato enfatiza a presença de genótipos com pedigree muito semelhante, avaliados simultaneamente na mesma safra. As variações existentes para o mesmo caráter, em ambientes diferentes, podem ser elucidadas devido as condições existentes naquele ambiente que favoreceram ou não a sua expressão.

A herdabilidade, segundo Ramalho et al. (2012), indica a proporção da variância fenotípica que é devida à variância genética, estimando a confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor genotípico. Na Tabela 7 são apresentadas as estimativas da herdabilidade para todos os ambientes e características avaliadas, bem como seus respectivos erros associados por meio dos intervalos de confiança. É possível observar que há variação nas magnitudes dos valores de acordo com o ambiente, como Vencovsky e Barriga (1992) já discutiam se estas estimativas não são função apenas do caráter, mas sim, de todas as condições ambientais relacionadas àquele experimento. Vale ressaltar ainda, que na execução da safra 15/16, houve falta de chuvas e déficit hídrico, como discutido anteriormente. Sendo a

planta de arroz muito influenciada pelas condições hídricas (HEINEMANN; STONE, 2009; SILVEIRA, 2018), a condição acarretou uma alteração no desenvolvimento das plantas, afetando assim, a estimativa do coeficiente de herdabilidade.

Tabela 6 - Estimativas da variância genética (σ_G^2) com seus respectivos limites inferior (LI) e superior (LS), variância ambiental (σ_E^2), variância fenotípica (σ_F^2), herdabilidade (h^2) com seus respectivos LI e LS e o ganho médio com a seleção (GS), considerando cada safra e doença estudada. (continua...)

MANCHA DE GRÃOS	Safras	σ_G^2	LI	LS	σ_E^2	σ_F^2	h^2	LI	LS	GS
	97/98	4059.33	2158.21	10658.28	272.76	4857.42	0.85	0,67	0,92	-4.57
	98/99	17294.92	8965.24	56556.25	3722.81	22907.25	0.91	0,81	0,96	1.01
	99/00	2609.00	1508.90	5565.70	-621.35	8515.00	0.82	0,61	0,91	-1.15
	00/01	13030.33	7536.04	27797.21	5845.95	34556.67	0.89	0,76	0,94	-8.79
	01/02	5536.83	3202.20	11811.56	87.55	6906.67	0.73	0,39	0,86	-1.27
	04/05	4634.11	2308.39	16261.34	1299.27	6527.74	0.90	0.79	0.94	-10.02
	05/06	7417.67	4289.98	15823.88	451.25	8570.50	0.79	0.54	0.89	-8.24
	09/10	-3432.17	-	-	1856.27	5899.83	0.61	0.11	0.79	1.17
	10/11	-2706.67	-	-	2164.54	32676.00	0.72	0.36	0.85	-4.05
	14/15	-10449.0	-	-	-811.46	17004.00	0.43	-0.28	0.70	-2.49
	15/16	329.93	190.82	703.84	143.50	1075.53	0.22	-0.75	0.59	0.23
16/17	-2405.0	-	-	2837.23	4326.83	0.52	-0.075	0.75	0.56	

Tabela 6 - Estimativas da variância genética (σ_G^2) com seus respectivos limites inferior (LI) e superior (LS), variância ambiental (σ_E^2), variância fenotípica (σ_F^2), herdabilidade (h^2) com seus respectivos LI e LS e o ganho médio com a seleção (GS), considerando cada safra e doença estudada. (conclusão)

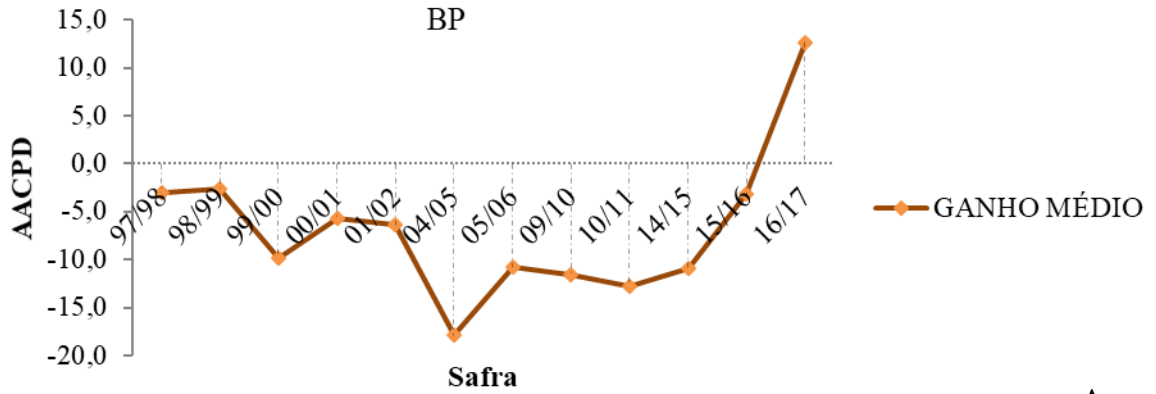
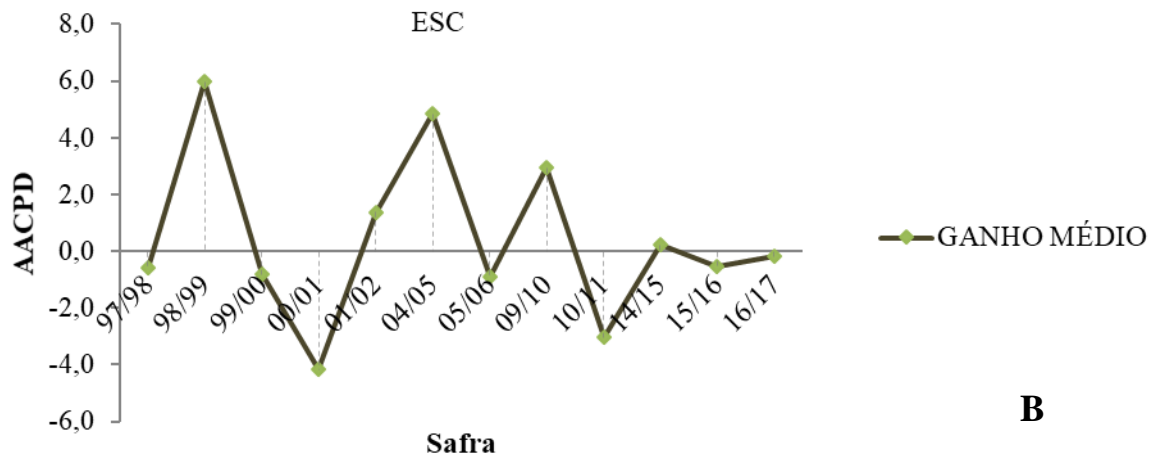
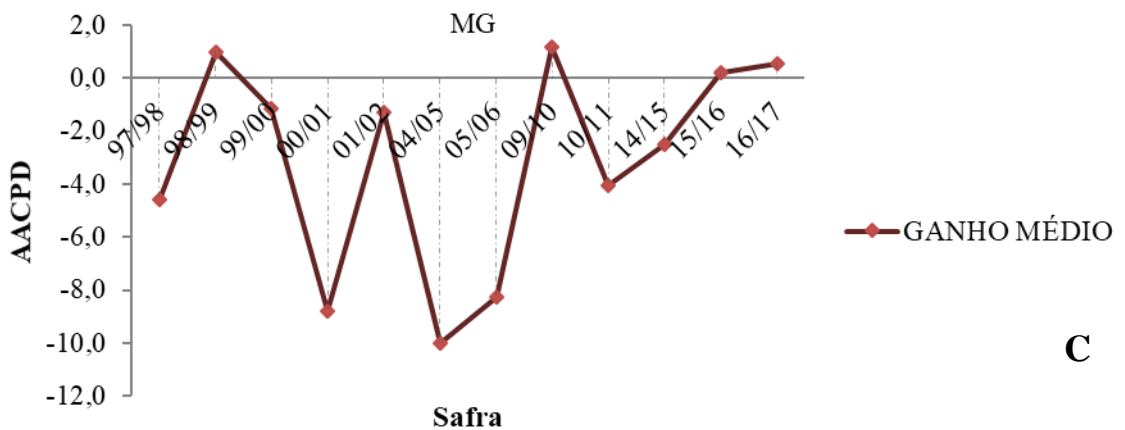
BRUSONE DE PESCOÇO	97/98	4944.33	2671.16	13191.47	137.75	5871.25	0.93	0.84	0.96	-3.09
	98/99	242.46	100.01	2300.61	29.43	474.41	0.81	0.57	0.89	-2.67
	99/00	-83.58	-	-	-149.16	9805.25	0.66	0.24	0.82	-9.84
	00/01	576.83	333.61	1230.54	-105.86	4143.35	0.75	0.44	0.87	-5.69
	01/02	7848.33	4539.05	16742.61	-916.16	20771.83	0.75	0.45	0.87	-6.43
	04/05	18268.59	10565.56	38971.83	7989.72	22800.93	0.94	0.86	0.96	-17.89
	05/06	51725.67	29915.31	110344.79	8031.56	94910.83	0.89	0.74	0.94	-10.80
	09/10	63974.83	36999.57	136475.56	-175.03	96092.83	0.92	0.81	0.96	-11.54
	10/11	27565.50	15942.39	58804.64	5622.20	33601.83	0.81	0.58	0.90	-12.73
	14/15	32831.17	18987.76	70037.73	54431.53	72493.67	0.99	0.99	0.99	-10.87
	15/16	2931.0	1695.13	6252.61	3174.56	10070.67	0.25	-0.68	0.61	-3.22
	16/17	64401.33	37246.23	137385.40	11045.38	85115.00	0.96	0.91	0.98	12.67
ESCALDADURA	97/98	444.17	233.21	1235.82	29.29	549.73	0.78	0.52	0.88	-0.59
	98/99	6895.33	2930.44	34220.85	4761.17	11794.42	0.86	0.68	0.92	5.98
	99/00	1354.17	783.18	2888.80	1158.53	4231.58	0.68	0.29	0.83	-0.83
	00/01	5505.50	3184.08	11744.72	677.60	7735.00	0.53	-0.06	0.75	-4.18
	01/02	12284.33	7104.59	26205.79	1599.99	20907.50	0.72	0.38	0.86	1.38
	04/05	10421.56	5815.20	28718.24	2289.29	12210.96	0.94	0.86	0.96	4.84
	05/06	11807.50	6828.82	25188.58	6452.97	19051.83	0.86	0.69	0.93	-0.91
	09/10	-4029.67	-	-	2463.75	9069.83	0.60	0.11	0.79	2.93
	10/11	6428.17	3717.70	13713.01	-132.02	10683.83	0.80	0.54	0.89	-3.03
	14/15	195.33	112.97	416.70	837.98	1764.00	0.73	0.40	0.86	0.22
	15/16	-93.0	-	-	921.14	1126.33	-	-	-	-0.52
	16/17	26.32	15.22	56.14	128.68	322.10	0.72	0.38	0.85	-0.20

Observa-se que os valores das estimativas de herdabilidade (TABELA 6) encontrados no presente trabalho, estão em grande maioria, dentro dos intervalos citados na literatura, conforme Servellon Rodriguez, Rangel e Morais (1998), Rosas et al. (2016), Morais Júnior et al. (2017) e Silva et al. (2017), indicando uma boa precisão e confiabilidade das estimativas. Os valores de herdabilidade relacionados à resistência das cultivares são comumente altos, já que este caráter é controlado por poucos genes e facilmente selecionado visualmente. Entretanto, houve casos onde a estimativa encontrou-se bem abaixo do esperado, não coincidentemente, nas safras onde os experimentos passaram por menor controle abiótico. A presença de interação com o ambiente, nestes casos, certamente contribuiu para o aumento do desvio no padrão fenotípico, além de redução da herdabilidade ao longo dos ambientes nas respectivas safras (FACCHINELLO, 2017).

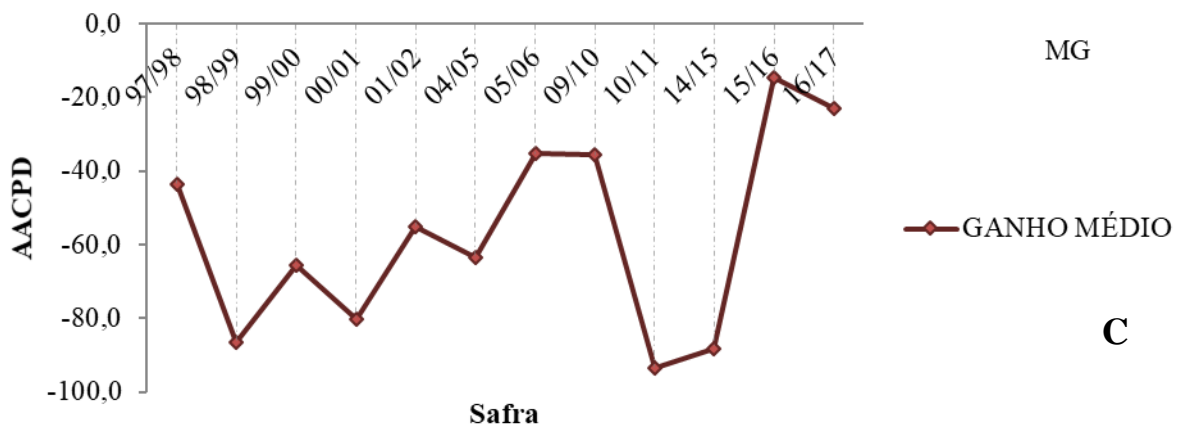
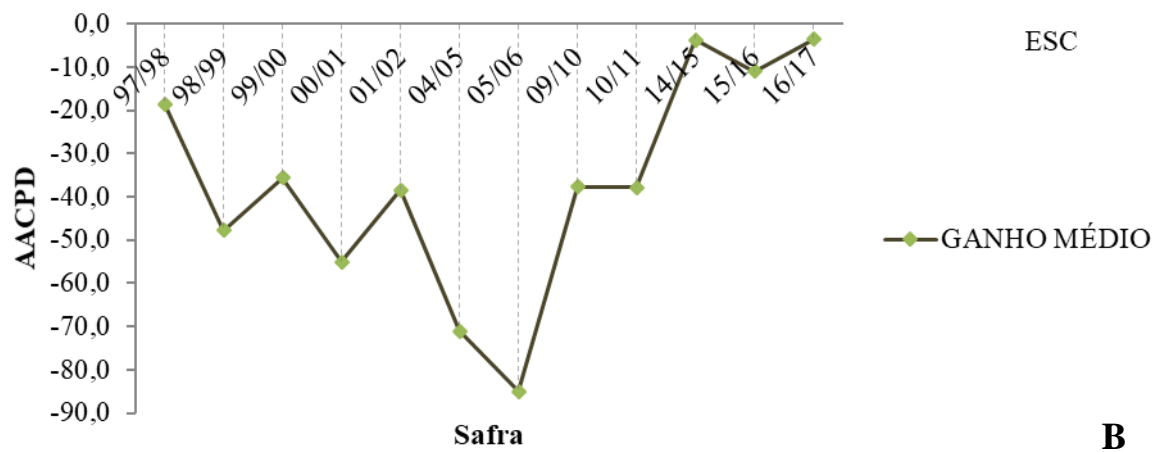
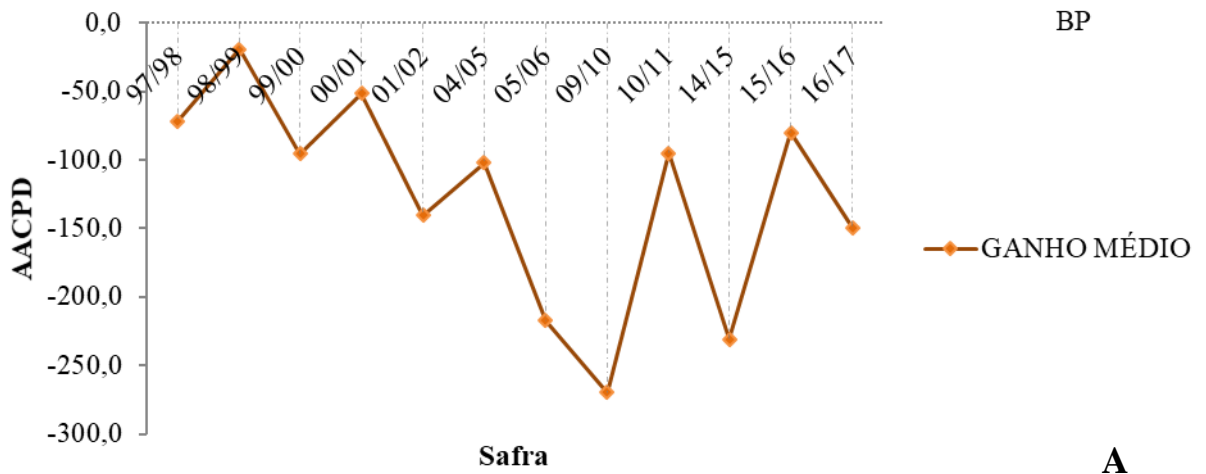
As estimativas do ganho com a seleção (TABELA 7) são importantes dentro do programa de melhoramento pois, além de possibilitar que o melhorista faça a predição da resposta da seleção antes mesmo que esta seja realizada, fornece um indicativo do seu sucesso em detrimento da característica sob avaliação. Os resultados mostram que, em mais de 70% das safras, houve ganho quanto à resistência às doenças de um ano agrícola para outro, ou seja, redução dos valores de AACPD. Esta redução foi, em média, de -3,18 ao ano. Este fato é expressivo pois as linhagens avaliadas não são oriundas de um programa de melhoramento específico para resistência de plantas. O Programa Melhor Arroz não visa exclusivamente a seleção de genótipos resistentes a doenças, sendo considerados, concomitantemente, outros caracteres agronomicamente importantes, como produtividade, altura de plantas, tolerância ao déficit hídrico, qualidade culinária, dentre tantos outros de interesse para a cultura do arroz de terras altas (BOTELHO et al., 2018; MORETTI, 2017).

A interferência da seleção para múltiplos caracteres sobre a seleção visando resistência às doenças pode ser observada por meio das Figuras 9A, 9B e 9c e Figuras 10A, 10B e 10C. As Figuras 9A, 9B e 9C representam os ganhos estimados com base nos genótipos realmente selecionados dentro do programa, enquanto a Figuras 10A, 10B e 10C representam o ganho estimado caso a seleção tivesse sido realizada apenas visando a resistência às doenças, com base nas estimativas de AACPD via modelos mistos. Gráficamente fica claro que a seleção visando apenas um caráter leva sempre a ganhos favoráveis e com maiores magnitudes. Isso indica a variabilidade e a possibilidade de grandes avanços no âmbito da seleção visando resistência no programa, caso este caráter seja priorizado (SOARES, 2012).

Figuras 9 A, B e C - Ganho médio real do Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas considerando a seleção com base na severidade de doenças e nos demais caracteres agrônômicos de interesse na cultura do arroz de terras altas, para BP, ESC e MG respectivamente.

**A****B****C**

Figuras 10A, B e C - Ganho médio no Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas considerando a seleção hipotética de genótipos com base apenas na severidade de doenças para BP, ESC e MG respectivamente.



4.2 Taxa de renovação

A dinâmica de um programa de melhoramento é quantificada pela taxa média de substituição genotípica, composta pelas taxas de inclusão, exclusão, manutenção e renovação, mensurada entre um ano de avaliação e outro (CRUZ; CARNEIRO, 2003). A taxa de renovação (TR), portanto, é um parâmetro importante para demonstrar a vitalidade do programa de melhoramento, expressando a taxa de genótipos novos entre aqueles que estão sendo testados em um determinado ano. Nesse sentido, altas taxas de renovação contribuem com os ganhos dentro do programa e garantem uma boa exploração da variabilidade genética (FRITSCHÉ-NETO et al., 2013, BRAGA JÚNIOR, 2017).

Soares et al. (1999), Atroch e Nunes (2000) e Braga Júnior (2017), trabalhando com arroz, encontraram taxas de renovação médias de 40%. Esses autores relataram que os valores encontrados evidenciam alta vitalidade dos programas de melhoramento genético. Na Tabela 7 são apresentadas as taxas de renovação dos experimentos VCU do Programa de Melhoramento de arroz de Terras Altas de Minas Gerais, nos doze anos agrícolas considerados. As significativas taxas de renovação ressaltam a eficiência do programa em selecionar plantas competitivas para compor o experimento VCU e, possivelmente, serem lançadas como novas cultivares, a cada safra. É importante enfatizar ainda, que entre as safras 01/02 - 04/05, 05/06 – 09/10, 10/11 – 14/15, os valores da TR foram elevados em relação aos demais. Isso ocorreu pela falta de dados das safras consecutivas, o que evidentemente faz com que aumente os valores de TR, já que as linhagens do VCU são substituídas gradualmente a cada safra. Apenas entre as safras 14/15 – 15/16 foi observada uma reduzida TR. Isso pode ocorrer quando há necessidade de confirmar o desempenho dos genótipos antes de praticar a seleção de forma efetiva. Assim, as linhagens foram novamente testadas, na safra seguinte, visando à avaliação do seu verdadeiro valor genotípico em relação ao caráter estudado.

Tabela 7 - Taxa de renovação dos experimentos VCU do Programa de Melhoramento de arroz de Terras Altas, da Universidade Federal de Lavras, nos doze anos agrícolas considerados.

Safra	TR (%)
97/98 – 98/99	35
98/99 – 99/00	60
99/00 – 00/01	45
00/01 – 01/02	40
01/02 – 04/05	75
04/05 – 05/06	30
05/06 – 09/10	75
09/10 – 10/11	45
10/11 – 14/15	80
14/15 – 15/16	5
15/16 – 16/17	30

4.3 Abordagem via modelos mistos

Com a finalidade de encontrar as estimativas de AACPD para todas as linhagens, em todos os ambientes, ao longo dos doze anos de experimentação, foi utilizada a abordagem via modelos mistos. Assim, por meio das médias ajustadas dos valores preditos BLUP's, foi possível visualizar com mais clareza o progresso genético dentro do VCU para o caráter resistência às doenças ao longo dos anos estudados. Assim, foram calculados os progressos genéticos de avanço (PGA) e progresso genético de renovação (PGR) nos ensaios de VCU (TABELA 8).

Tabela 8 - Progresso genético de avanço (PGA) e progresso genético de renovação (PGR), para brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos.

Safras	BP		ESC		MG	
	PGA	PGR	PGA	PGR	PGA	PGR
97/98 – 98/99	-3.6117	-0.6999	20.2993	9.5270	-21.6078	-30.7644
98/99 – 99/00	-1.2750	-3.1892	1.0709	-2.4748	11.9726	8.9538
99/00 – 00/01	-6.4941	-5.1330	-15.1971	-10.4508	-35.7444	-15.8099
00/01 – 01/02	-40.7311	2.8378	0.0648	-2.5124	-0.2147	-0.4776
04/05 – 05/06	-19.9420	-76.3313	18.3857	15.1347	-1.4635	-1.7823
09/10 – 10/11	-38.1623	-11.1780	-13.4153	-1.2666	-5.2783	-2.5864
14/15 – 15/16	17.3571	7.6805	-6.7190	-7.4241	3.0218	0.1667
15/16 – 16/17	83.2472	41.4304	1.2113	0.6476	3.0589	1.7901

Observa-se que o progresso médio de avanço quanto à resistência a BP, ESC e MG foram em maioria negativos, reduzindo a magnitude das estimativas de AACPD. Destaque deve ser dado aos valores obtidos para brusone de pescoço, por ser uma doença de maior relevância, estar diretamente relacionada ao enchimento de grãos e, por conseguinte, à produtividade final (BOTELHO et al., 2018). Da mesma forma, o PGR para os caracteres estudados foi eficiente, mostrando que os genótipos introduzidos a partir dos ensaios de observação e preliminar dentro do programa de melhoramento, apresentam menores notas de severidade de doença quando comparados aos genótipos do ano anterior. Isso não só é favorável aos ensaios de VCU, como comprova a eficiência da seleção visando resistência às doenças nos ensaios de observação e preliminar.

A partir dos valores de AACPD preditos (estimativas dos BLUP's), também foi possível obter as probabilidades do melhor e do pior genótipo em cada ambiente estudado (TABELA 9). Constatou-se que os genótipos G11, G13, G29, G58 e G108 para BP, G4, G5 e G7 para ESC e G2, G5 e G49 para MG foram os piores genótipos quanto a resistência às respectivas doenças, considerando as probabilidades sobre as notas médias de AACPD obtidas via modelos mistos (ANEXO B). Em contrapartida, os genótipos G7, G9, G12, G49, G50, G57, G59, G67, G68 e G70 para BP, G2, G9, G11, G28, G41, G49, G57, G61, G67, G82 para ESC e G7, G11, G14, G31, G57, G58, G61, G63, G69 e G70 receberam as melhores notas médias e são considerados os melhores genótipos com resistência a cada uma das doenças. Este é um indicativo de que estes genótipos devem ser selecionados quando consideramos apenas o caráter resistência. É necessário, no entanto, cuidado com esta

informação. Ela por si só, não basta para considerar os tratamentos eficientes ou ineficientes, já que é baseada em dados médios, com influência ambiental entre safras e nas estimativas dos BLUP's, que possuem erro, mesmo que reduzido, associado.

Tabela 9 - O melhor e o pior genótipo em cada ambiente segundo as probabilidades obtidas a partir das estimativas BLUP de AACPD.

AMB	Brusone de Pescoço				Escaldadura				Mancha de grãos			
	Resistentes		Suscetíveis		Resistentes		Suscetíveis		Resistentes		Suscetíveis	
Amb1	G84	0.9929	G15	0.0000	G115	0.99835	G5	0.0005	G40	0.99945	G2	0.0000
Amb2	G76	0.9970	G11	0.0000	G55	0.99982	G5	0.0001	G22	0.99942	G2	0.0000
Amb3	G118	0.9959	G11	0.0000	G104	0.9999	G4	0.0000	G23	0.99881	G2	0.0000
Amb4	G123	0.9987	G11	0.0000	G123	0.99974	G4	0.0000	G95	0.99994	G11	0.0000
Amb5	G4	0.9960	G29	0.0023	G113	0.99872	G7	0.0074	G51	0.99872	G5	0.0000
Amb6	G37	0.9921	G58	0.0000	G99	0.99665	G18	0.0062	G51	0.99863	G5	0.0000
Amb7	G65	0.9985	G58	0.0000	G99	0.99902	G18	0.0046	G98	0.9962	G5	0.0000
Amb8	G34	0.9933	G58	0.0002	G101	0.99889	G1	0.0013	G92	0.99858	G5	0.0000
Amb9	G113	0.9990	G108	0.0000	G86	0.99983	G7	0.0007	G98	0.99968	G5	0.0000
Amb10	G100	0.9977	G11	0.0041	G116	0.99927	G7	0.0032	G98	0.99781	G18	0.0010
Amb11	G101	0.9920	G108	0.0001	G115	0.99863	G7	0.0000	G79	0.99575	G2	0.0000
Amb12	G116	0.9969	G29	0.0000	G30	0.99942	G7	0.0003	G58	0.99877	G2	0.0000
Amb13	G123	0.9973	G11	0.0000	G116	0.99938	G5	0.0011	G34	0.99917	G2	0.0000
Amb14	G72	0.9984	G50	0.0000	G107	0.99517	G7	0.0338	G97	0.99794	G2	0.0001
Amb15	G94	0.9967	G13	0.0000	G99	0.99841	G7	0.3318	G20	0.99962	G49	0.0000
Amb16	G101	0.9997	G13	0.0000	G99	0.99802	G4	0.0276	G36	0.99807	G49	0.0000
Amb17	G47	0.9985	G13	0.0000	G22	0.99958	G7	0.0002	G98	0.99205	G5	0.0000
Amb18	G104	0.9999	G13	0.0000	G24	0.99718	G7	0.0000	G80	0.99551	G5	0.0000
Amb19	G94	0.9993	G13	0.0000	G116	0.99977	G7	0.0000	G122	0.99816	G12	0.0044
Amb20	G99	0.9981	G11	0.0002	G115	0.99987	G7	0.0000	G74	0.99999	G12	0.0018
Amb21	G77	0.9999	G11	0.5435	G111	0.99793	G7	0.0003	G79	0.99974	G5	0.0007
Amb22	G100	0.9978	G13	0.0000	G99	0.99562	G7	0.0000	G101	0.99486	G49	0.0000
Amb23	G80	0.9995	G13	0.0000	G115	0.99967	G7	0.0000	G98	0.99951	G5	0.0006
Amb24	G33	0.9986	G29	0.0023	G123	0.99981	G4	0.0003	G71	0.99953	G5	0.0001
Amb25	G6	0.9981	G13	0.0004	G116	0.99741	G4	0.0002	G98	0.99915	G5	0.0001
Amb26	G20	0.9987	G58	0.0092	G108	0.99908	G5	0.2701	G111	0.99844	G49	0.0384
Amb27	G44	0.9992	G85	0.0058	G115	0.99785	G7	0.0332	G98	0.99401	G5	0.0000
Amb28	G88	0.9996	G58	0.0000	G89	0.99707	G13	0.0198	G98	0.99924	G5	0.0006
Amb29	G119	0.9960	G29	0.0011	G104	0.99863	G13	0.0219	G119	0.99182	G5	0.0020
Amb30	G46	0.9974	G58	0.0000	G112	0.99985	G7	0.2877	G39	0.99461	G5	0.0194
Amb31	G73	0.9998	G58	0.0000	G17	0.99983	G7	0.2694	G47	0.9993	G5	0.0169
Amb32	G111	0.9959	G108	0.0051	G115	0.99961	G7	0.0081	G98	0.99753	G12	0.0228
Amb33	G80	0.9948	G58	0.0000	G47	0.99988	G1	0.2966	G98	0.99211	G5	0.0001
Amb34	G77	0.9948	G108	0.0000	G30	0.99852	G7	0.0810	G71	0.99863	G108	0.0542
Amb35	G3	0.9983	G108	0.0000	G115	0.99962	G7	0.0042	G98	0.99813	G108	0.0043

4.3.1 Adaptabilidade e estabilidade

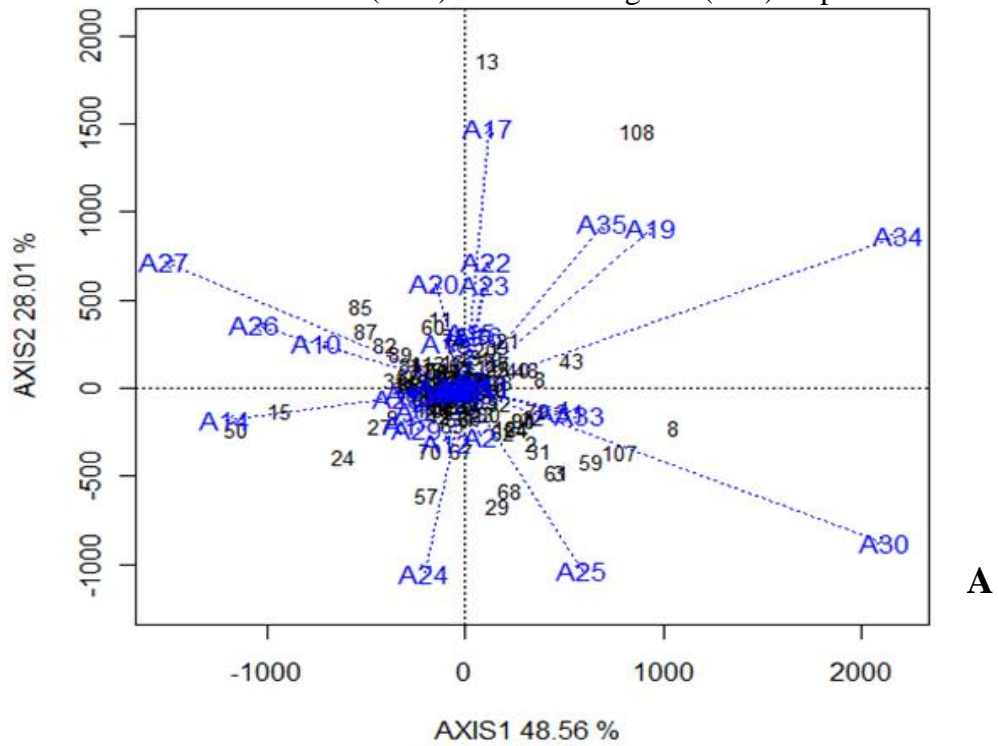
Para o lançamento de uma nova cultivar é necessário a avaliação dos genótipos selecionados em um conjunto de ambientes, que consiste no VCU (Experimento de Valor de Cultivo e Uso). Com o resultado do VCU é possível que o melhorista certifique-se da manutenção das características agronômicas, pelas quais os materiais foram selecionados, nos diferentes locais de cultivo. Os resultados deste trabalho mostraram que houve forte interação genótipos por ambiente para o caráter severidade de doenças, e esta interação foi do tipo complexa, ou seja, houve alteração no *ranking* das cultivares quando implantadas em diferentes ambientes. As interações complexas indicam a falta de coincidência no ranqueamento dos genótipos com relação à variação ambiental, isto é, existem linhagens que apresentam comportamento alterado com a mudança do ambiente, sendo melhores em um local que em outro. A interação G x E do tipo complexa é um complicador para os programas de melhoramento, pois não permite a correlação perfeita entre o genótipo e o fenótipo nos diferentes ambientes. Isso dificulta tanto a recomendação de cultivares como a seleção dos melhores genótipos pelos melhoristas (CRUZ; CASTOLDI, 1991; CRUZ, REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

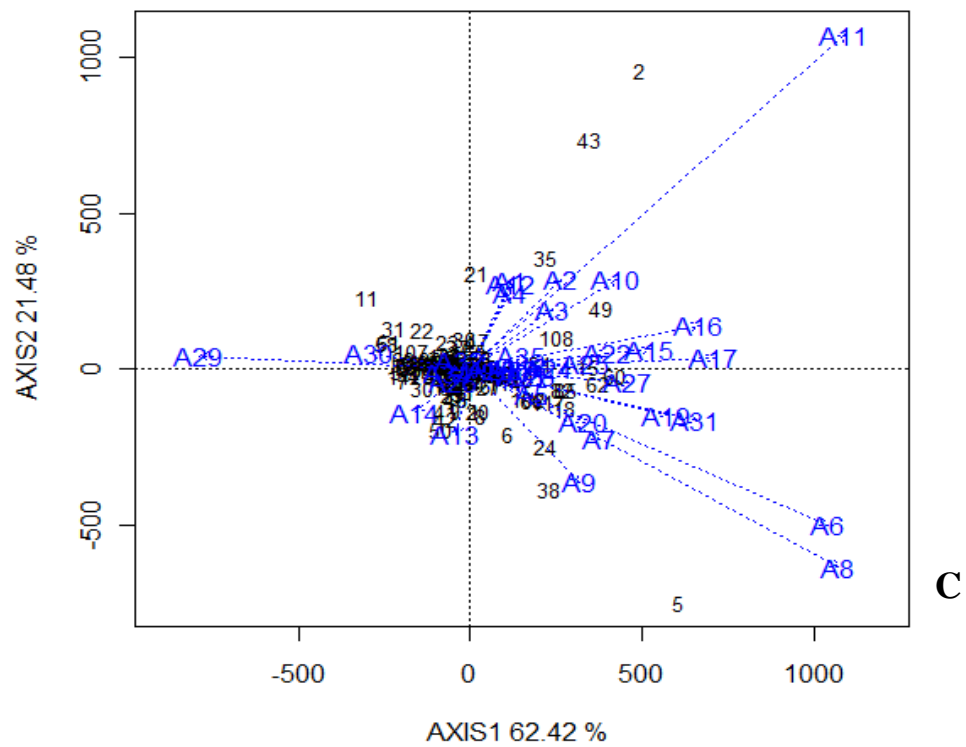
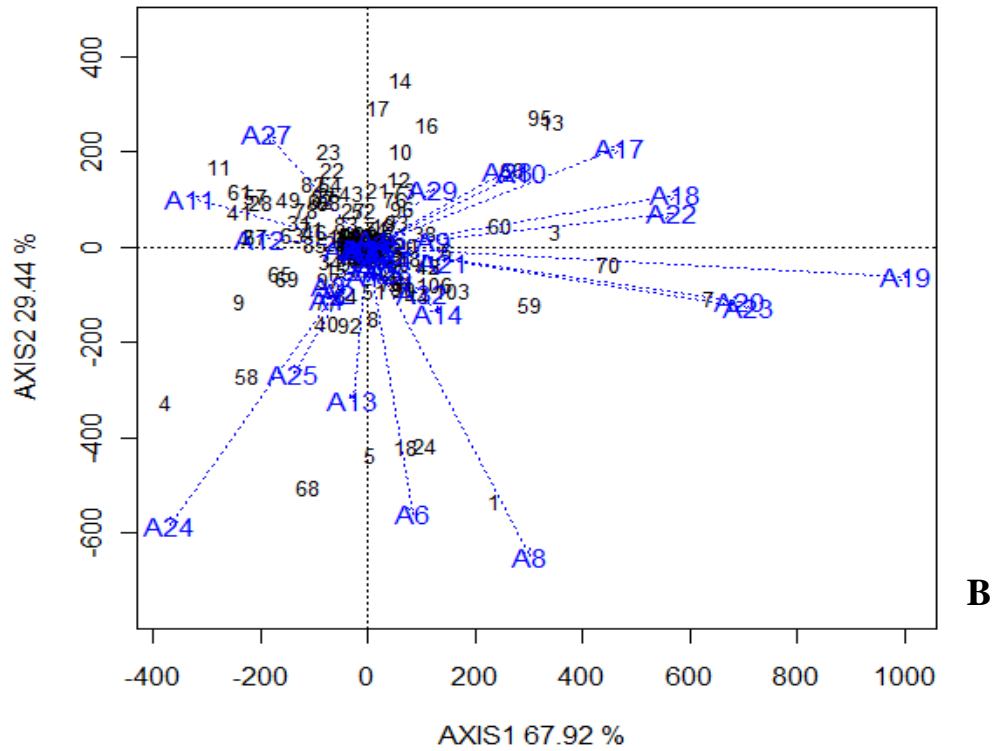
Detectada a interação genótipos por ambientes do tipo complexa, deve-se levar em consideração a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos para a seleção (RESENDE; DUARTE, 2007). Esta interação é decorrente das diferenças abióticas específicas de cada ambiente, bem como de técnicas de manejo e tudo que possa causar qualquer oscilação no desempenho dos genótipos nos diferentes ambientes. Este também é um indicativo de que a recomendação das cultivares deve ser realizada regionalmente/por safra. Regionalizar a indicação do cultivar é um modo de lidar com a interação genótipo por ambiente, pois assim é possível reduzir seus efeitos negativos na produção agrícola (RAMALHO et al., 2012).

Nas Figuras 11A, 11B e 11C está representado o biplot entre os genótipos e os ambientes considerando as estimativas BLUP de AACPD de brusone de pescoço (BP), escaldadura (ESC) e mancha de grãos (MG), respectivamente. Os gráficos foram construídos com SVP = 2, escala = 0, centralizado no G + GxE e com os componentes principais, PC1 e PC2, derivados da decomposição dos valores singulares dos efeitos de genótipos (G) + interação (GxE). A análise GGE biplot apresentou boa eficiência, explicando 76,57%, 97,36% e 83,90% da soma de quadrados de G + GxE para BP, ESC e MG, respectivamente. Este

método considera o efeito do ambiente como irrelevante na seleção de cultivares, pois, a capacidade adaptativa dos genótipos é mais importante neste caso quando comparada as condições ambientais (CAMARGO-BUITRAGO et al., 2011).

Figuras 11A, B e C - Biplot mostrando a relação entre os genótipos e os ambientes considerando a severidade de brusone de pescoço (BP), escaldadura (ESC) e mancha de grãos (MG) respectivamente.





Fonte: Da autora (2018).

As linhas traçadas entre a origem e os ambientes são utilizadas para especificar a inter-relação entre os ambientes e os genótipos, com base no ângulo formado entre eles (FIGURAS

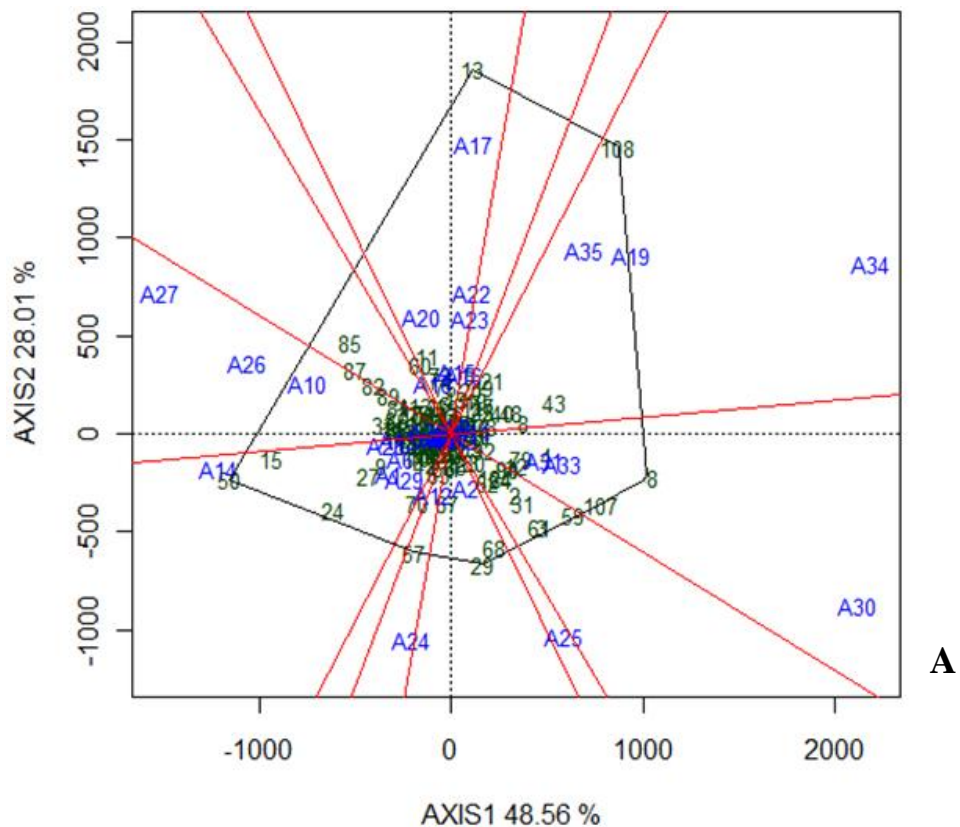
11A, 11B e 11C). Considerando as estimativas de AACPD, o desempenho de um genótipo em um determinado ambiente é maior que a média se o ângulo formado entre ele e o ambiente for maior que 90° . Se este ângulo for menor que 90° o desempenho do genótipo neste ambiente é menor que a média, pois está associado a valores maiores que a média obtida de AACPD. Caso o ângulo formado seja igual ou próximo a 90° , considera-se que o desempenho do genótipo seja igual à média. (YAN; TINKER, 2006; YAN, 2011). Assim, pode-se constatar que houve variação no padrão de distribuição dos genótipos e ambientes nos gráficos e que muitos genótipos formaram ângulos maiores que 90° com os ambientes avaliados. Isso demonstra que estes tratamentos apresentaram as menores estimativas de AACPD, ou seja, menor severidade de doenças em todos os ambientes.

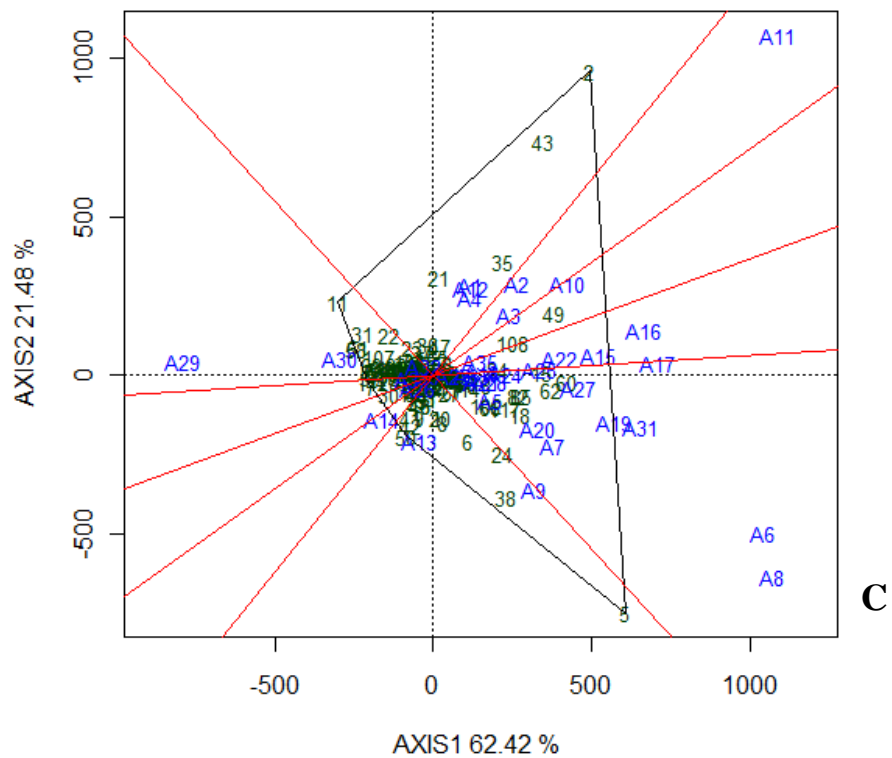
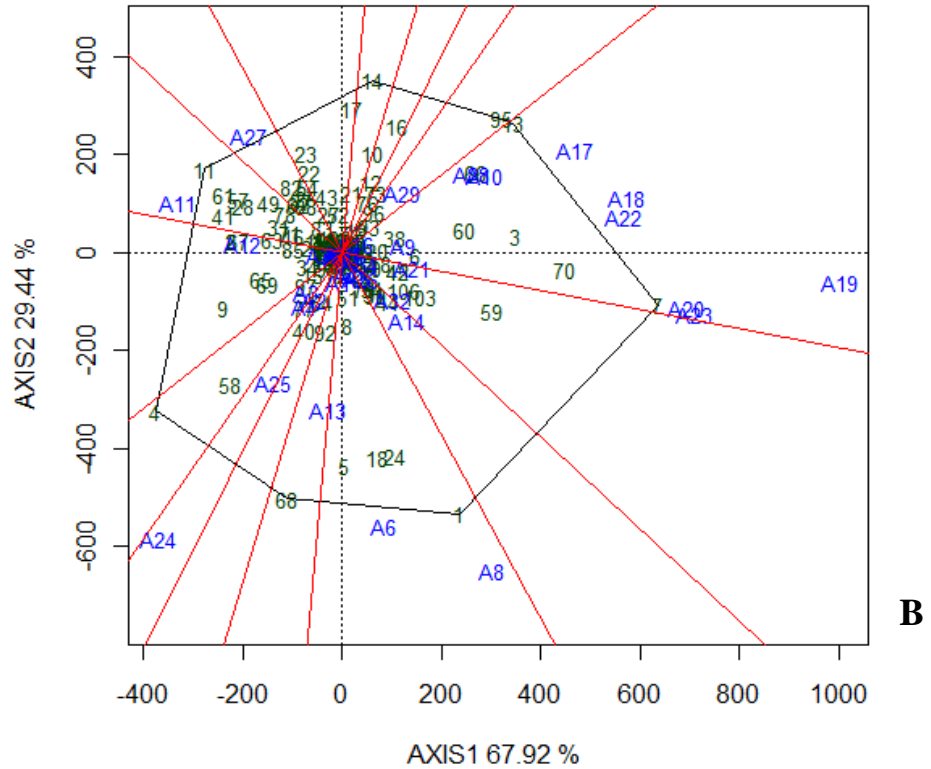
Quando diferentes cultivares estão adaptadas a diferentes grupos de ambientes e a variação entre grupos é maior do que dentro do grupo, tem-se a formação de um mega-ambiente (YAN; KANG, 2003). A definição de mega-ambiente é a relação entre os ambientes auxiliam fitotecnistas e melhoristas de plantas na identificação de genótipos que possuam adaptação ampla ou específica a determinados ambientes ou grupos de ambientes (TRETOWAN, et al., 2001). As Figuras 12A, 12B e 12C mostram o biplot que foi construído com $SVP = 2$, escala = 0, centralizado no $G + G \times E$ e $PC1$ vs. $PC2$ (Primary). Os ambientes foram divididos em setores, de acordo com as linhas vermelhas que saíram da origem do biplot. Essa divisão é realizada de acordo com a variação do grupo de genótipos em um determinado grupo de ambientes.

O desempenho de um dado genótipo ou ambiente é observado em relação ao eixo x, em que quanto mais à direita do centro do biplot menor é o desempenho em relação à média pela associação com maiores estimativas de AACPD e, quanto mais à esquerda, maior o desempenho em relação à média (FIGURAS 12A, B e C). Assim, a distribuição em relação ao eixo x reflete a severidade das doenças encontradas nesses genótipos considerando os respectivos ambientes. O genótipo que corresponde ao vértice do grupo de ambientes é aquele que possui a maior ou menor estimativa de AACPD, dependendo do posicionamento em relação ao eixo x, para o mega-ambiente em que está contido. Nos setores onde não foram agrupados nenhum dos ambientes, estão os genótipos que apresentaram os mais inconsistentes valores médios de AACPD, em um ou mais ambientes. Como o objetivo é identificar os genótipos com consistentes e menores severidades de doenças e, conseqüentemente, menores estimativas de AACPD, os tratamentos à esquerda merecem maior atenção dentro do

programa de melhoramento. Os genótipos associados a valores abaixo da média, mostrando menor severidade e, portanto, maior resistência a doenças, dentro do mega-ambiente, são aqueles contidos nos vértices do polígono à esquerda, com destaque para G50 considerando BP, G4 e G11 para ESC e G11 para MG. As linhagens que obtiveram estimativas acima da média de AACPD e devem ser desconsideradas em relação à resistência dentro do programa de melhoramento são “G13, G29, G8 e G108”, “G1, G7, G13 e G95” e “G2 e G5”, pois ocuparam respectivamente os vértices à direita de BP, ESC e MG.

Figuras 12A, B e C - GGE biplot “Which won where” para AACPD de BP, ESC e MG respectivamente na cultura do arroz de terras altas. Mostra quais genótipos obtiveram maior AACPD em que ambientes ou mega-ambientes.



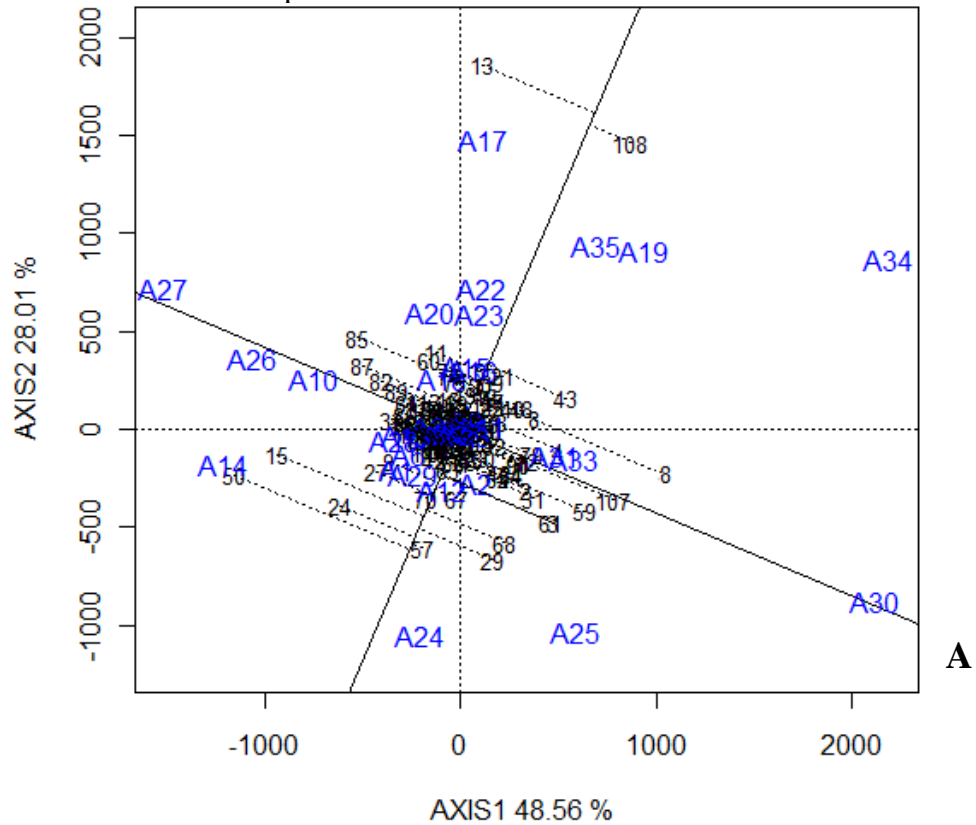


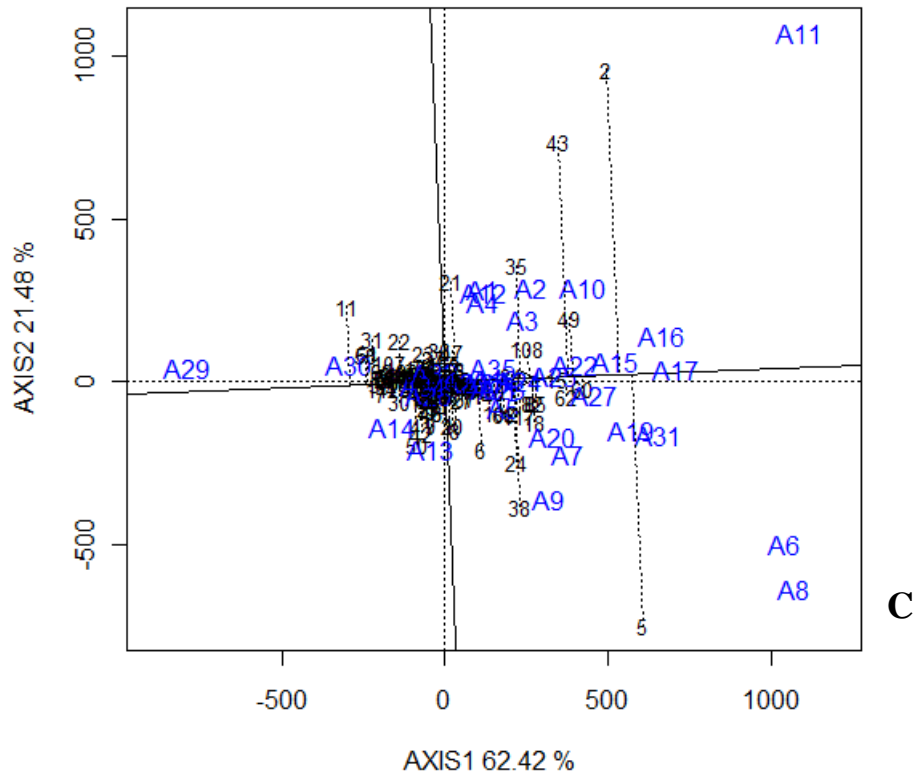
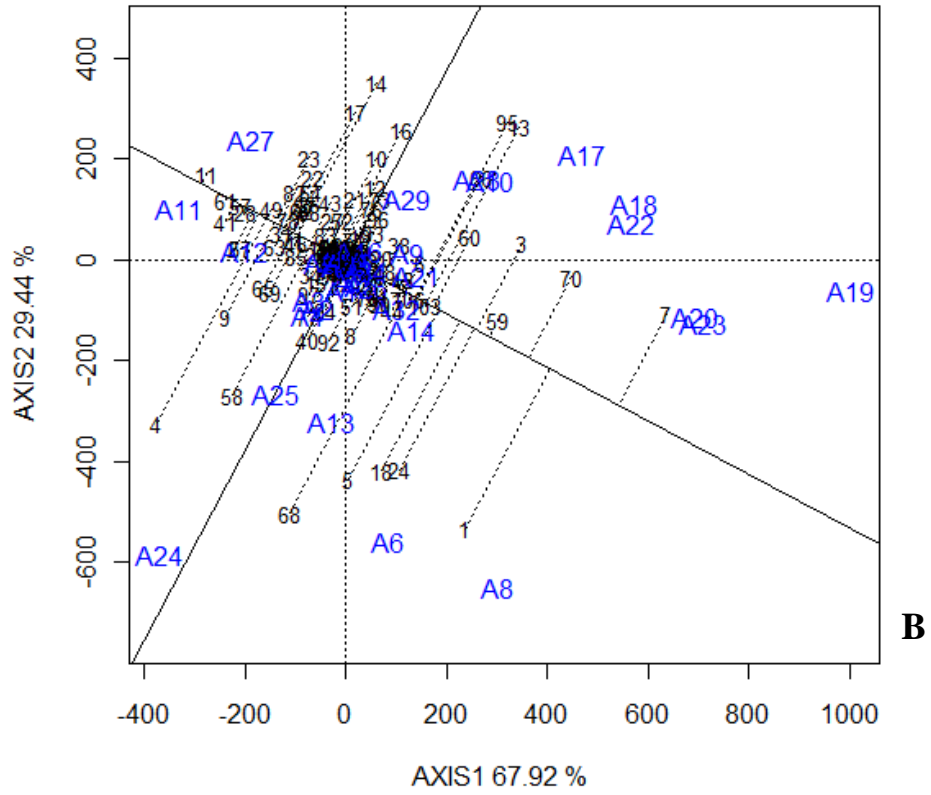
Fonte: Da autora (2018).

A visualização do GGE Biplot “Média vs Estabilidade” (FIGURAS 13A, 13B e 13C) é uma ferramenta eficaz para a avaliação de genótipos considerando tanto a severidade de

doenças como a estabilidade dos genótipos nos ambientes sob estudo. Neste gráfico é possível identificar genótipos que possuem média alta associada a alta estabilidade, relação esta, muito desejada pelos melhoristas de plantas (YAN, TYNKER, 2006, YAN, 2011). O gráfico “Mean vs. Stability” foi centralizado no $G + G \times E$, com $SVP = 2$, escala = 0 e PC1 vs. PC2 (Primary).

Figuras 13A, B e C - GGE biplot “Mean vs. Stability” associando severidade média e estabilidade em linhagens de arroz de terras altas para BP, ESC, e MG respectivamente.





Fonte: Da autora (2018).

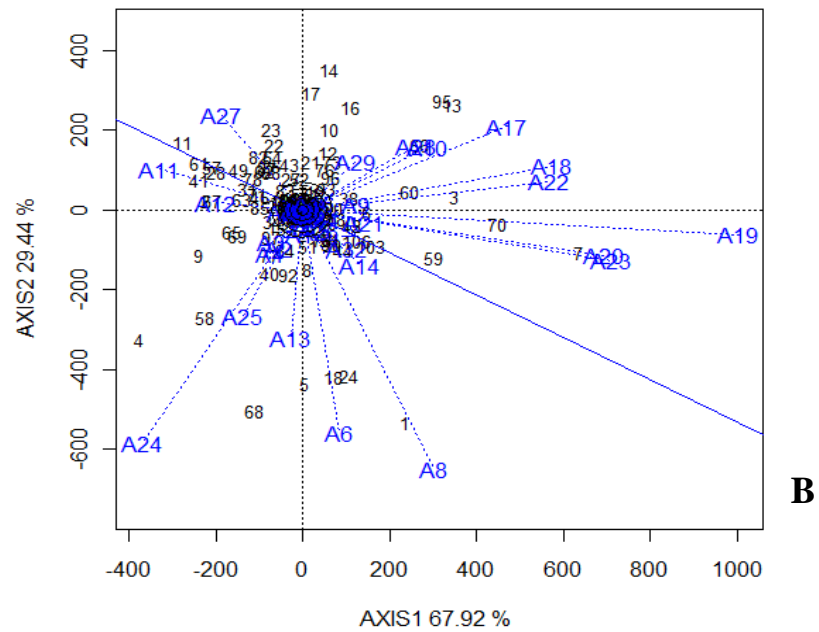
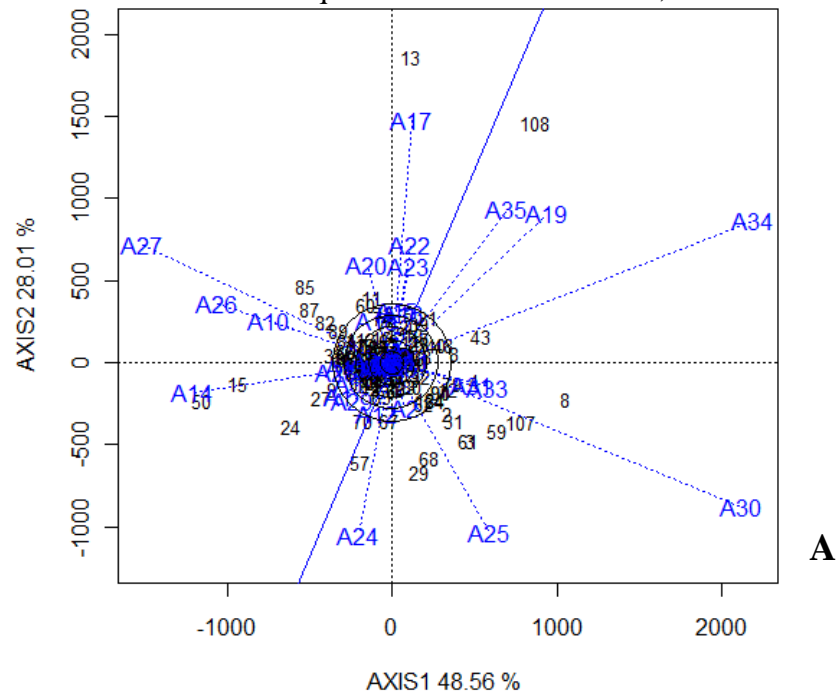
A linha que passa pela origem do gráfico é o eixo do ambiente médio (FIGURAS 13A, B e C). A seta indica o sentido das maiores notas médias de AACPD. A linha perpendicular ao eixo do ambiente médio está relacionada à estabilidade do genótipo. Quanto menor o afastamento do genótipo da linha do eixo médio, maior sua estabilidade.

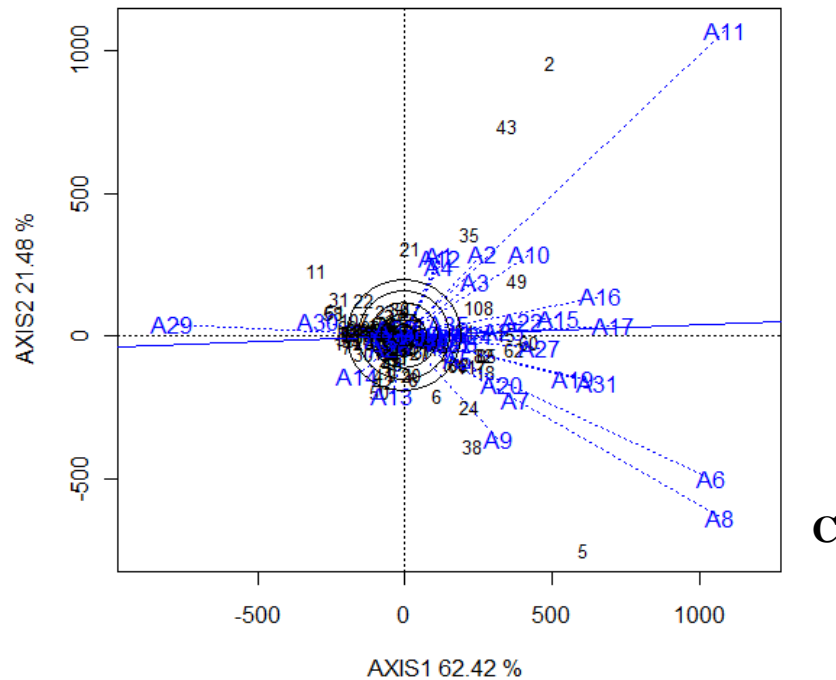
Os genótipos podem ser classificados de acordo com sua estimativa de AACPD, seguindo a ordem estabelecida pelo eixo do ambiente médio, sendo mais resistente a linhagem G50 e G57 para BP, G11 e G61 para ESC e G11 e G58 para MG. As linhagens menos resistentes foram G13, G7 e G5 respectivamente para BP, ESC E MG. Muitos genótipos apresentaram boa estabilidade, devido a maior proximidade em relação ao eixo do ambiente médio. Isso não significa que estes genótipos apresentaram bom desempenho em termos de resistência às doenças, mas sim, que o desempenho relativo de ambos foi consistente. Como a estabilidade por si só não garante o desempenho das linhagens, destaque foi dado aos genótipos “G57 e G70”, “G11 e G61” e “G11 e G61”, respectivamente para BP, ESC e MG, por associarem alta estabilidade às estimativas de AACPD bem abaixo da média. As linhagens menos estáveis, ou seja, que mais se distanciaram do eixo do ambiente médio são as mais imprevisíveis ou variáveis em termos de resistência quando o ambiente é alterado. Estes genótipos são também os que mais contribuem com as estimativas da interação. Neste caso, não são boas alternativas quando o objetivo é recomendar uma cultivar para um conjunto de ambientes ou região. Seguindo esse critério apenas, as linhagens “G8” para o caráter resistência à BP, “G4, G13, G14, G68 e G95” para o caráter resistência à ESC e “G2, G5 e G43” para resistência à MG, são consideradas os piores genótipos para recomendação devido a menor estabilidade.

Na análise multi-ambiental é importante realizar o teste de ambientes com o intuito de classificá-los quanto a capacidade de discriminar os tratamentos. Ambientes de teste ideais para realizar a seleção são aqueles que possuem maior poder de discriminar os genótipos, e melhor capacidade de representar os demais ambientes (YAN, TYNKER 2006). Neste caso, a avaliação dos locais tem como objetivo identificar os melhores ambientes que podem ser utilizados para selecionar genótipos superiores de forma eficaz para um mega-ambiente. Os ambientes que estão contidos dentro do mesmo mega-ambiente são considerados semelhantes quanto a resposta dos genótipos. Neste caso, é recomendada a escolha de apenas um dos ambientes do mega-ambiente para representar os demais do grupo, já que as respostas de todos eles foram semelhantes, o que possibilita inclusive, a economia de recursos.

Nas Figuras 14A, 14B e 14C está representado o biplot intitulado *Discriminateness vs representativeness* que foi construído com $SVP = 2$, centralizado em $G + G \times A$ e $escala = 0$. O comprimento da linha que sai da origem até o ponto onde está localizado o ambiente representa o desvio padrão das médias dos genótipos, e é utilizado para medir a discriminação do ambiente. Logo, ambientes de teste com vetores mais longos são mais discriminantes em relação aos genótipos, o que significa que os genótipos não tendem a comportar-se de forma semelhante e as diferenças genotípicas entre os materiais podem ser reveladas (YAN, 2011). Desta forma os ambientes “A27, A34 e A30”, “A8, A19 e A24” e “A6, A8 e A11”, respectivamente considerando o caráter resistência à BP, ESC E MG, foram os que mais discriminaram os genótipos quanto à AACPD, sendo os mais indicados para testar os genótipos. Estes ambientes correspondem a lavras e Lambari. Já o ambiente mais representativo é aquele que possui menor ângulo com o eixo do ambiente médio, que no presente caso foram “A1, A6, A12 e A29”, “A21, A26 e A32” e “A 15, A17, A19, A22, A25 e A27” considerando o caráter BP, ESC e MG respectivamente. Estes ambientes correspondem aos locais Lavras, Lambari, Patos de Minas, Felixlândia e Patrocínio. “A17, A35 e A24”, “A11, A20 e A23” e “A17 e A29”, respectivamente para BP, ESC e MG, são os melhores ambientes de teste para a seleção de genótipos adaptados uma vez que são os que melhor unem estas duas características, discriminante e representativo. Estes ambientes correspondem a Lavras, Lambari e Uberaba. Os ambientes de teste que são discriminantes, mas não representativos, são úteis para a seleção de genótipos adaptados especificamente em um mega-ambientes ou para a seleção de genótipos instáveis se o ambiente teste é um único mega-ambiente (HONGYU et al., 2015).

Figuras 14A, B e C - GGE biplot “Discriminativens vs representativens”, visando identificar ambientes teste com melhor capacidade de discriminar e representar os demais ambientes quando a severidade de BP, ESC e MG.





Nem todas as linhagens do Programa de Melhoramento do Arroz de Terras Altas foram superiores às testemunhas ou mostraram boa resistência às doenças em estudo, nos ambientes testados, mesmo se tratando de um experimento de VCU, onde os genótipos já são avaliados visando o lançamento de uma nova cultivar. Este fato pode ser explicado considerando que, mesmo que todas as linhagens tenham sido selecionadas durante a condução do programa de melhoramento nestes mesmos locais, o caráter severidade de doenças não é o único relevante na seleção de genótipos. Características como produtividade, qualidade culinária, porte da planta, precocidade são primordiais ao lançamento de uma cultivar. Mesmo que muitas vezes estejam correlacionadas a severidade de doenças, o que pode prejudicar todas estas características, nem sempre essa correlação é alta. Outro fato que deve ser levado em consideração é o efeito do ambiente. A incidência e a severidade de doenças fúngicas são extremamente influenciadas pelas condições ambientais e o ambiente também pode levar a alteração na expressão dos genes de resistência e, conseqüentemente, no desempenho de linhagens nos diferentes ambientes e safras.

5 CONCLUSÃO

O Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas de Minas Gerais, mostrou-se eficiente na seleção de genótipos resistentes à brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos, procedendo a seleção para múltiplos caracteres.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, J.; DATNOFF, L. E. The economic potential of silicon for integrated management and sustainable rice production. **Crop Protection**, v. 20, n. 1, p. 43-48, 2001.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2017. Disponível em: <<http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>>. Acesso em: 10 fev. 2018.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; CRUSCIOL, C. A. C. Influência da época de semeadura no comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão em selvíria, MS. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 35, n. 10, p. 1967-1976, out. 2000.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; CRUSCIOL, C. A. C. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 6, p. 871-879, jun. 2001.
- ASHFAQ, M.; HAIDER, M. S.; ALI, M.; SHAHEEN, S.; KHAN, F.; MUBASHAR, U. Molecular diversity and heterosis analysis for rice grain discoloration. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 54, n. 3, 2017.
- ASHKANI, S.; RAFII, M. Y.; SHABANIMOFRAD, M.; MIAH, G.; SAHEBI, M.; AZIZI, P.; NASEHI, A. Molecular breeding strategy and challenges towards improvement of blast disease resistance in rice crop. **Frontiers in plant science**, v. 6, p. 886, 2015.
- ASSAD, E. D. **Eficiência do uso da água no Brasil: análise do impacto da irrigação na agricultura brasileira e potencial de produção de alimentos face ao aquecimento global**. Relatório completo. Embaixada Britânica: Brasília. FGV EESP. GV AGRO: centro de estudos do agronegócio. Apoio: Embrapa. 2016.
- ATE, J. V. **Progresso genético e adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em ensaios de valor de cultivo e uso**. 78 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2016.
- BALBINOTI JUNIOR, A. A. B.; MORAES A.; VEIGAM.; PELISSARI A.; DIECKOW J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas Crop-livestock system: intensified use of agricultural lands. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p.1925-1933, set, 2009.
- BALESTRE, M. et al. Genotypic stability and adaptability in tropical maize based on AMMI and GGE biplot analysis. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 8, p. 1311-1322, 2009.
- BARRIGOSI, J. A. F.; LANNA, A. C.; FERREIRA, E. **Agrotóxicos no Cultivo do Arroz no Brasil: análise do consumo e medidas para reduzir o impacto ambiental negativo**. Embrapa, 2004. 8 p. (Circular Técnica 67).
- BASTIAANS, L.; KROPFF, M. J. Effects of leaf blast on photosynthesis of rice. 2. Canopy photosynthesis. Netherlands **Journal of Plant Pathology**, v.99, p.205-217, 1993.

- BAYER, T.; ENIMAR LOECK, A.; CABEZAS GUERRERO, M. F.; CARDOSO, E. M. Aplicação aérea de fungicidas com diferentes equipamentos e volumes sobre a produtividade, qualidade de grãos e controle de doenças em arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 44, n. 8, 2014.
- BHATTACHARYA, K. R. Breakage of rice during milling: a review. **Tropical Science**, London, v. 22, n. 2, p. 225-276, 1980.
- BEDENDO, I. P.; PRABHU, A. S. Doenças do arroz (*Oryza sativa* L.). In: KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 2, p. 85-99, 2005.
- BORGES, V.; SOARES, A. A.; RESENDE, M. D. V.; REIS, M. S.; CORNÉLIO, V. M. O.; SOARES, P. C. Progresso genético do programa de melhoramento de arroz de terras altas de Minas Gerais utilizando modelos mistos. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 27, p. 478-490, 2009.
- BORNHOFEN, E.; BENIN, G.; STORCK, L.; WOYANN, L. G.; DUARTE, T.; STOCO, M. G.; VOLMIR MARCHIORO, S. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade em trigo. **Bragantia**, v. 76, n. 1, 2017.
- BOTELHO, F. B. S.; SOARES, P. C.; CASTRO, A. P.; TORGA, P. P.; REIS, M. S.; RODRIGUES, C. S. Melhoramento genético do arroz em Minas Gerais: avanços e perspectivas. In: Arroz: do campo à mesa. **Informe Agropecuário**, EPAMIG. v. 39, n. 301, 2018.
- BRAGA JUNIOR, G. M.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; CHAGAS, L. F. B. de.; CARVALHO FILHO, M. R.; MILLER, L. de O. SANTOS, G. R. Controle biológico de fitopatógenos por *Bacillus subtilis* in vitro. *Biota Amazônia*. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 7, n. 3, p. 45-51, 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Portaria n. 2 89, de 17 de novembro de 1988**. Norma de identidade, finalidade, embalagem e apresentação do arroz. Brasília, 1988. 25 p.
- BEDENDO, I. P. Doenças do arroz. In: KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. p. 85-99. cap 10.
- BEDENDO, I. P.; PRABHU, A. S. Doenças do Arroz (*Oryza sativa*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Ed.). In: **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. 4. ed. São Paulo. Agronômica Ceres, 2005.
- BORDIN, L. C.; CASA, R. T.; MARCUZZO, L. L.; SANGOI, L.; ZANCAN, R. L. Intensidade de doenças foliares, produtividade, massa de mil grãos e grãos manchados em resposta ao número de aplicações de fungicida no cultivar de arroz irrigado SCS 116 Satoru. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 4, p. 329-333, 2014.

BORGES, V.; SOARES, A. A.; REIS, M. S.; RESENDE, M. D. V.; CORNÉLIO, V. M. O.; LEITE, N. A.; VIEIRA, A. R. Desempenho genotípico de linhagens de arroz de terras altas utilizando metodologia de modelos mistos. **Bragantia**, v. 69, p. 833-841, 2010.

BORNHOFEN, E.; BENIN, G.; STORCK, L.; WOYANN, L. G.; DUARTE, T.; STOCO, M. G.; VOLMIR MARCHIORO, S. BORNHOFEN, ELESANDRO. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade em trigo. **Bragantia**, v. 76, n. 1, 2017.

BUENO, A. C. S. O.; CASTRO, G. L. S.; SILVA JUNIOR, D. D.; PINHEIRO, H. A.; FILIPPI, M. C. C.; SILVA, G. B. Response of photosynthesis and chlorophyll a fluorescence in leaf scald-infected rice under influence of rhizobacteria and silicon fertilizer. **Plant Pathology**, v. 66, n. 9, p. 1487-1495, 2017.

CACIQUE, I. S. et al. Silicon and manganese on rice resistance to blast. **Bragantia**, v. 71, n. 2, p. 239-244, 2012.

_____. Effect of root and leaf applications of soluble silicon on blast development in rice. **Bragantia**, v. 72, n. 3, p. 304-309, 2013.

CAI, T.; CAI, W., ZHANG, J.; ZHENG, H.; TSOU, A. M.; XIAO, L.; ZHU, J. Host legume-exuded antimetabolites optimize the symbiotic rhizosphere. **Molecular microbiology**, v. 73, n. 3, p. 507-517, 2009.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. Monitoring epidemics. In: **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, 1990. cap 6, p. 107-128.

CARNEIRO, F. F. Estratégias visando a seleção de linhagens de feijão resistentes ao mofo branco. 2013. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

CASELA, C. R.; GUIMARÃES, F. B. Rotação de genes no manejo da resistência a doenças. **Revista Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 13, p. 321-349, 2005.

CASTRO, E. M. de; BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P. H. N.; MORAES, O. P. de. Melhoramento do Arroz. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005. p. 95-130.

CASTRO, A. P. de; MORAIS, O. P. de; BRESEGHELLO, F.; LOBO, V. L. da S.; GUIMARÃES, C. M.; BASSINELLO, P. Z.; COLOMBARI FILHO, J. M.; SANTIAGO, C. M.; FURTINI, I. V.; TORGA, P. P.; UTUMI, M. M.; PEREIRA, J. A.; CORDEIRO, A. C. C.; AZEVEDO, R. de; SOUSA, N. R. G.; SOARES, A. A.; RADMANN, V.; PETERS, V. J. **BRS Esmeralda**: cultivar de arroz de terras altas com elevada produtividade e maior tolerância à seca. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2014. (Comunicado Técnico 215).

CAVATTE, P. C.; SILVA, L. H.; DE SOUZA MACHADO, C. L. Fisionômica e a resistência de plantas a estresse bióticos. **Tópicos Especiais em Genética e Melhoramento II**. cap. 4, p. 64, 2018.

CELMER, A.; MADALOSSO, M. G.; DEBORTOLI, M. P.; NAVARINI, L.; BALARDIN, R. S. Chemical control of irrigated rice diseases. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 901-904, 2007.

CHANDLER, S.; VAN HESE, N.; COUTTE, F.; JACQUES, P.; HÖFTE, M.; DE VLEESSCHAUWER, D. Role of cyclic lipopeptides produced by *Bacillus subtilis* in mounting induced immunity in rice (*Oryza sativa* L.). **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 91, p. 20-30, 2015.

CHANG, T. T. The origin, evolution, dissemination and diversification of the Asian and African rices. **Euphytica**, Netherlands, v. 25, n.1, p. 425-441, 1976.

CHANG, T. T.; LI, C. C. Genetics and Breeding. In: LUH, B. S. (Ed.). **Rice: Production and Utilization**. AVI: Westport Conn, 1980, p. 82-146.

CHERIF, M.; REZGUI, S.; DEVAUX, P.; HARRABI, M. Interaction between *Rhynchosporium secalis* and *Pyrenophora teres* in the Field and Identification of Genotypes with Double Resistance in a Doubled-haploid Barley Population. **Journal of phytopathology**, v. 155, n. 2, p. 90-96, 2007.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária: safra 2013/2014**. Brasília, v.1, p. 1-154, 2013.

_____. Companhia Nacional de Abastecimento. **Prospectivas para a agropecuária: safra 2017/2018 – produtos de verão**. Brasília, v. 5, p. 1-111, agosto de 2017.

_____. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, Safra 2011/12, p. 13 – Oitavo Levantamento, maio de 2012.

_____. Companhia Nacional De Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 1 – Safra 2013/14, n. 7 – Sétimo Levantamento, junho de 2014.

_____. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Vol.4. Safra 2016/17 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-161, junho de 2017.

_____. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. ISSN 2318-6852. Vol.5. Safra 2017/18 - Quinto levantamento, Brasília, p. 1-140, fevereiro de 2018.

_____. Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura do arroz**. OLIVEIRA NETO, A. A. de (Org.) Brasília, 2015. 180 p.

_____. Companhia Nacional de Abastecimento. 2018. Observatório Agrícola. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 5 - Safra 2017/18 - n. 11 - Décimo primeiro levantamento | AGOSTO 2018. Acomp. safra bras. grãos, v. 11 Safra 2017/18 - Décimo primeiro levantamento, Brasília, p. 1-148, agosto 2018.

CORNÉLIO, V. D. O.; SOARES, A. A.; BUENO FILHO, J. D. S.; SOARES, P. C. Identificação de raças fisiológicas de *Pyricularia grisea* em arroz no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 1016-1022, 2003.

COSTA, N. H. A. D.; J. C. SERAPHIN; F. J. P.; ZIMMERMANN, C. Nova proposta de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 243-249, 2002.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, v.38, p.422-430, 1991.

CRUZ C. D.; CARNEIRO P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético II**. Viçosa: UFV, 2003. 58 5p.

_____. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 480 p., 2004.

_____. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012. v. 1. 514 p.

DALLAGNOL, L. J.; RODRIGUES, F. A.; MIELLI, M. V.; MA, J. F.; DATNOFF, L. E. Defective active silicon uptake affects some components of rice resistance to brown spot. **Phytopathology**, v. 99, n. 1, p. 116-121, 2009.

DALLAGNOL, L. J.; RODRIGUES, F. A.; DAMATTA, F. M. Brown spot of rice is affected by photon irradiance and temperature. **Journal of Phytopathology**, v. 159, n. 9, p. 630-634, 2011.

DALLAGNOL, L. J.; RODRIGUES, F. A.; CHAVES, A. D. M.; VALE, F. X. R.; DAMATTA, F. M. Photosynthesis and sugar concentration are impaired by the defective active silicon uptake in rice plants infected with *Bipolaris oryzae*. **Plant pathology**, v. 62, n. 1, p. 120-129, 2013.

DALLAGNOL, L. J.; RODRIGUES, F. A.; MIELLI, M. V.; MA, J. F. Rice grain resistance to brown spot and yield are increased by silicon. **Tropical Plant Pathology**, v. 39, n. 1, p. 56-63, 2014.

DATNOFF, L. E.; DEREN, C. W.; SNYDER, G. H. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. **Crop Protection**, v. 16, n. 6, p. 525-531, 1997.

DEAN, R.A. et al. The genome sequence of the rice blast fungus *Magnaporthe grisea*. **Nature**, 434, p.980-986, 2005.

DELIOPOULOS, T.; KETTLEWELL, P. S.; HARE, M. C. Fungal disease suppression by inorganic salts: A review. **Crop Protection**, v. 29, n. 10, p. 1059-1075, 2010.

DIAS, F. T. C. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica para o caráter rendimento de grãos em cultivares de soja para o Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 01, p. 129-134, 2009.

DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipos x ambientes**: uma introdução a análise AMMI. Ribeirão Preto: ESALQ/USP, 1999. 60 p.

DUARTE, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. Correlation among yield stability parameters in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 3, p. 905-912, 1995.

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 36-40, 1966.

EIZENGA, G.C.; AGRAMA, H.A.; LEE, F.N.; YAN, W.; JIA, Y. Identifying novel resistance genes in newly introduced blast resistant rice germplasm. **Crop science**, v. 46, p.1870-1878, 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A Cultura do Arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio, do Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006.

_____. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de produção Embrapa: sistema de produção de arroz de terras altas**. Sistema de produção 31, 2008.

_____. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de produção Embrapa: cultivo do arroz irrigado no Brasil**. Sistema de produção 3. junho de 2016. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 09 jan. 2018.

_____. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Arroz e Feijão. **Dados conjunturais da produção de arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil (1986 a 2016)**: área, produção e rendimento. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2017. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 09 jan. 2018.

FACCHINELLO, P. H. K. Parâmetros genéticos e correlações para caracteres de qualidade de grãos em arroz irrigado. 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2017.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical databases, 2012**. Disponível em : <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em 10 jan. 2018.

_____. Food and Agriculture Organization of the United Nations -. **Top production – Rice, paddy – 2012**. Disponível em: <<http://http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

FERREIRA, C. M.; PINHEIRO, B. S.; SOUSA, I. S. F.; MORAIS, O. P. **Qualidade do arroz no Brasil**: evolução e padronização. Santo Antônio, de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 61 p.

- FIDELIS, R. R.; TONELLO, L. P.; VELOSO, D. A.; SANTOS, V. B.; BARROS, H.B. Comportamento de cultivares de arroz em condições de baixo nível tecnológico. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v. 9, n. 2, p. 7-17, 2016.
- FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S.; SILVA, G. B. **Escaldadura do arroz e seu controle**. Santo Antônio, de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. (Circular Técnica, 72), 2005.
- FILIPPI, M. C. C. Indução de resistência à brusone em folhas de arroz por isolado avirulento de *Magnaporthe oryzae*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 5, p. 387-392, 2007.
- FILIPPI, M. C. C.; DA SILVA, G. B.; SILVA-LOBO, V. L.; CÔRTEZ, M. V. C.; MORAES, A. J. G.; PRABHU, A. S. Leaf blast (*Magnaporthe oryzae*) suppression and growth promotion by rhizobacteria on aerobic rice in Brazil. **Biological Control**, v. 58, n. 2, p. 160-166, 2011.
- FLOR, H. H. Current status of the gene-for-gene concept. **Annual review of phytopathology**, v. 9, n. 1, p. 275-296, 1971.
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 589 p.
- FRITSCHÉ-NETO, R., CORNÉLIO, V. D. O., REIS, M. D. S., de MORAIS, O. P., MARQUES, T. D. S. Progresso genético para produtividade e peso de 100 grãos em 14 anos do Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado de Minas Gerais. Embrapa Arroz e Feijão- Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS. Variedade melhorada: a força da nossa agricultura. **Anais... Viçosa, MG: SBMP, 2013.**
- FUKUOKA, S.; SAKA, N.; MIZUKAMI, Y.; KOGA, H.; YAMANOUCHI, U.; YOSHIOKA, Y.; YANO, M. Shuichi et al. Gene pyramiding enhances durable blast disease resistance in rice. **Scientific reports**, v. 5, p. 7773, 2015.
- GALLAIS, A. Application of the test value and the varietal value to the study of genetic advance in recurrent selection: a synthesis. **Euphytica**, Dordrecht, v. 48, n.3, p. 197-209. 1990.
- GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M. S.; GAUCH, H. G. (Ed.). *Genotype by environment interaction*. Boca Raton: CRC, p. 85-86. 2006.
- GAUCH, H. G.; PIEPHO, H. P.; ANNICCHIARICO, P. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: further considerations. **Crop Science**, Madison, v. 48, p. 866-889, 2008.
- GHOSE, R. L. M., GHATGE, M. B.; SUB-RAHMANYAN, V. **Rice in India** (Revised edn). New Delhi: ICAR, 1960. 474 p.
- GUIMARÃES, L. J. M. et al. Adaptabilidade e estabilidade de variedades de milho na safrinha 2009 pela metodologia de modelos mistos. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 10., 2009, Rio Verde. **Anais... Rio Verde: Universidade de Rio Verde.** p. 174-180, 2009.

GUZZO, S. D. **Aspectos bioquímicos e moleculares da resistência sistêmica adquirida em cafeeiro contra *Hemileia vastatrix***. 2004. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba SP. 2004.

HAIDER, Z.; AKHTER, M.; MAHMOOD, A.; KHAN, R. A. R. Comparison of GGE biplot and AMMI analysis of multi-environment trial (MET) data to assess adaptability and stability of rice genotypes. *African Journal of Agricultural Research*, v. 12, n. 51, p. 3542-3548, 2017.

HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 3. ed. Springer: New York, 2010. 663 p.

HAM, J. H.; MELANSON, R. A.; RUSH, M. C. Burkholderia glumae: next major pathogen of rice? *Molecular plant pathology*, v. 12, n. 4, p. 329-339, 2011.

HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. Trichoderma species - opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature reviews microbiology*, v. 2, n. 1, p. 43, 2004.

HARMAN, G. E. Overview of Mechanisms and Uses of Trichoderma spp. *Phytopathology*, v. 96, n. 2, p. 190-194, 2006.

HEINEMANN A. B.; STONE L. F.; SILVA S. C.; MORAES A. C. Necessidade de suplementação hídrica para o arroz de terras altas em quatro estados brasileiros. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING 2., **Anais...** Fortaleza, Brasil, 2014.

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F. Efeito da deficiência hídrica no desenvolvimento e rendimento de quatro cultivares de arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 39, n. 2, p. 134-139, 2009.

HEINEMANN, A. B.; RAMIREZ, J. V.; NASCENTE, A. S.; ZEVIANI, W.; STONE, L. F.; SENTELHAS, P. C. Upland rice cultivar responses to row spacing and water stress across multiple environments. *Experimental Agriculture*, v. 10, p. 1-18, 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014. **Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15831-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil.html?=&t=cobertura-e-uso-da-terra>>. Acesso em: 03 fev. 2018.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/>> Acesso em: 12 abr. 2015.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201711_2.shtm> Acesso em: 10 dez. 2017.

IRRI. International Rice Research Institute. Standard Evaluation System for Rice. Manila, 1996. 52 p.

ISLAM, W.; AHMED, M. Identification of different fungi associated with grain discoloration complex disease of rice and management of infested grains through fungicides. **International Journal of Scientific Research in Agricultural Sciences**, v. 4, n. 2, p. 30-35, 2017.

KATO, S.; KOSAKA, H.; HARA, S. On the affinity of Rice varieties as shown by fertility of hybrid plant. **Bulletin Scientific Faculty Agricultural**, Japan, v. 3, p. 132-147, 1928.

KHUSH, G. S. Origin dispersal cultivation and variation of Rice. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v.35, n. 1/2 , p. 25-34. 1997.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 1997. v. 2.

_____. **Manual de Fitopatologia, doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005. v. 2.

_____. **Manual de Fitopatologia: Doenças de Plantas Cultivadas**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D.; RIBEIRO, C.M.; FERRARO, L. A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, jan./mar. 2000.

KRATTINGER, S. G.; KELLER, B. Molecular genetics and evolution of disease resistance in cereals. **New Phytologist**, v. 212, n. 2, p. 320-332, 2016.

KUC, J.; STROBE, N. Induced resistance using pathogens and nonpathogens. In: JAJAMOS, E.G.; PAPAIVIZAS, R.C. (Eds.) **Biological Control of Plant Diseases**. New York: Plenum, 1992. p. 295-303.

KUC, J. Induced systemic resistance: an Overview. In: HAMMERSCHMIDT, R.; KUC, J. (Eds.). **Induced Resistance to Disease in Plants**. Dordrecht. Kluwer Academic Publishers. p. 169-175, 1995.

LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 2, 2010.

LIANG, Y.; HUA, H.; ZHU, Y. G.; ZHANG, J.; CHENG, C.; RÖMHELD, V. Importance of plant species and external silicon concentration to active silicon uptake and transport. **New phytologist**, v. 172, n. 1, p. 63-72, 2006.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. **Canadian Journal of Plant Science**, 68, 193-198, 1988.

LITTLE, R. R.; HILDER, G. B.; DAWSON, E. H. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. **Cereal Chemistry**, St. Paul, n. 35, p.111-126, 1958.

LOBO, V. L. D. S. Tratamento de Sementes para o Controle da Brusone nas Folhas em Arroz. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2004. (Comunicado Técnico 77).

_____. Efeito do tratamento químico de sementes de arroz no controle da brusone nas folhas e na qualidade sanitária e fisiológica das sementes. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 2, p. 162-166, 2008.

LOBO, V. L. S.; FILIPPI, M. C.; UTUMI, M. M.; MORAIS, O. P.; CASTRO, E. M.; BRITO, A. M. **Perfil Sanitário e Fisiológico de Sementes de Arroz Provenientes de Ensaios de Valor de Cultivo e Uso, em Três Locais**. EMBRAPA. Santo Antônio, de Goiás, dezembro, 2006. (Comunicado Técnico 129).

LOPES, M. B. S.; RAUBER, W. A.; MARQUES, K. R.; SERAGLIO, N. A.; FIDELIS, R. R. Nitrogen fertilization in rice cultivated in sandy soils of tropical floodplain. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 10, n. 1, p. 17-24, 2017.

LUDWIG, J.; MOURA, A. B. Controle biológico da queima das bainhas em arroz pela microbiolização de sementes com bactérias antagonistas. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 5, p. 48-53, 2007.

_____. Controle biológico de *Bipolaris oryzae* no arroz irrigado. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Eds.) **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. 1. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente SP, 2009. p. 341.

LUDWIG, J., MOURA, A. B., SANTOS, A. S. D., RIBEIRO, A. S. Seed microbiolization for the control of rice brown spot and leaf scald. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 5, p. 322-328, 2009.

MACHADO, J. C. et al. Estabilidade de produção de híbridos simples e duplos de milho oriundos de um mesmo conjunto gênico. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 627-631, 2008.

MALAVOLTA, V. M. A., DE ARRUDA SOLIGO, E., DIAS, D. D., AZZINI, L. E., BASTOS, C. R. Fungi incidence and damage evaluation on seeds of rice genotypes. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 3, p. 280-286, 2007.

_____. Incidência de fungos e quantificação de danos em sementes de genótipos de arroz Fungi incidence and damage evaluation on seeds of rice genotypes. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 3, p. 280-286, 2007.

MANDEL, J. A new analysis of variance model for non-additive data. **Technometrics**, v.13, p.1-18, 1971.

MANNAN, S.; HAMEED, S. A molecular tool for differentiation of *Xanthomonas oryzae* pathovars isolated from rice. **Journal Agriculture Research**, v. 51, n. 1, p. 1-7, 2013.

MELLO, A.P.A.; URASHIMA, A.S. Diversidade da virulência de *Pyricularia grisea* num local de melhoramento genético de arroz. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n.5, p. 541-543, 2003.

MIA, M. A. T.; SAFEEULLA, K. M. Survival of Seed-Borne Inoculum of *Bipolaris oryzae*, the Causal Agent of Brown Spot Disease of Rice. **Seed Research**, v. 26, p. 78-82, 1998.

MIAH, G.; RAFII, M. Y.; ISMAIL, M. R.; SAHEBI, M.; HASHEMI, F. S. G.; YUSUFF, O.; USMAN, M. G. Blast disease intimidation towards rice cultivation: a review of pathogen and strategies to control. **J Anim Plant Sci**, v. 27, p. 1058-1066, 2017.

MIZOBUCHI, R.; SATO, H.; FUKUOKA, S.; TANABATA, T.; TSUSHIMA, S.; IMBE, T.; YANO, M. Mapping a quantitative trait locus for resistance to bacterial grain rot in rice. **Rice**, v. 6, n. 1, p. 13, 2013.

MORAIS JÚNIOR, O. P.; MELO, P. G. S.; MORAIS, O. P. de.; COLOMBARI FILHO, J. M. Variabilidade genética durante quatro ciclos de seleção recorrente em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 11, p. 1033-1041, 2017.

NASCENTE, A. S.; OLIVEIRA, J. A. P.; STONE, L. F.; LANNA, A. C.; HEINEMANN, A. B. Épocas de semeadura afetando índices morfofisiológicos de cultivares de arroz de terras altas. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, [s.l.], v. 60, n. 2, p. 131-140, out. 2017.

NASCIMENTO I. O.; RODRIGUES A. A. C.; BRAUN H.; SANTOS C. C.; CATARINO A. M. Silicon fertilization and seed microbiolization on disease severity and agronomic performance of upland rice. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 126-134, jan./mar, 2018.

NUNES, C. D.; RIBEIRO A. S.; TERRES, A. L. Principais doenças do arroz irrigado e seu controle. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa: Informação Tecnológica, 2004. p. 579-633.

OJIMA, R. As dimensões demográficas das mudanças climáticas: cenários de mudança do clima e as tendências do crescimento populacional. **Rev. bras. estud. popul.** v. 28, n. 2, p. 389-403, 2011.

OLIVEIRA, R. L. et al. Evaluation of maize hybrids and environmental stratification by the methods AMMI and GGE biplot. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 10, n. 3, p. 247-253, 2010.

PADMANABHAN, S. Y. The great Bengal famine. **Annual Review of Phytopathology**, v. 11, n. 1, p. 11-24, 1973.

PATERNIANI, E. Agricultura sustentável nos trópicos. **Estudos Avançados**, v. 15, p. 303-326, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142001000300023&nrm=iso>. Acesso em: 10 jul. 2016.

_____. Agricultura sustentável nos trópicos. **Estud. av.**, v. 15, n. 43, p. 303-326, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142001000300023>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

PAULA, F. S. de. **Revisão de Literatura do Melhoramento Genético do Arroz (*Oryza sativa*)**. 27 de abril de 2011. Disponível em: <<http://fitopatologia1.blogspot.com.br/2011/04/revisao-de-literatura-do-melhoramento.html>>. Acesso em: jul. 2015.

PEREIRA, J. A. **Cultura do Arroz no Brasil: subsídios para a sua história**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 226 p.

PÉREZ-TORRES, E.; BERNAL-CABRERA, A.; MILANÉS-VIRELLES, P.; SIERRA-REYES, Y.; LEIVA-MORA, M.; MARÍN-GUERRA, S.; MONTEAGUDO-HERNÁNDEZ, O. Eficiencia de *Trichoderma harzianum* (CEPA A-34) y sus filtrados em el control de três enfermedades fúngicas foliares em arroz. **Bioagro**, v. 30, n. 1, 2018.

PIMENTEL, A. J. B. et al. Estimacão de parâmetros genéticos e predição de valor genético aditivo de trigo utilizando modelos mistos. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 49, n. 11, p. 882-890, nov. 2014.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 2000. v. 15.

PINGALI, P. L. **GATT and rice: do we have our research priorities right?** In: International Rice Research Conference, 1995, Los Baños Philippines. Fragile lives in fragile ecosystems: proceedings. Manila: IRRI, 1995. p. 25-38.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. Arroz (*Oryza sativa* L.) controle de doenças. In: VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. **Controle de doenças de plantas**. Viçosa, MG: Ministério da Agricultura e Abastecimento. v. 1, p. 554, 1997.

_____. Graus de resistência à brusone e produtividade de cultivares melhoradas de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1453-1459, 2001.

PRABHU, A.S.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, G.B. Manejo da Brusone no Arroz de Terras Altas. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**. 2002. 6 p. (Circular Técnica, 52).

PRABHU, A.S.; ARAÚJO, L.G.; FAUSTINA, C.; BERNI, R.F. Estimativa de danos causados pela brusone na produtividade de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.9, 2003.

PRABHU, A.S.; FILIPPI, M.C. Resistência da cultivar no manejo integrado da brusone. In: PRABHU, A. S.; FILIPI, M. C. **Brusone em arroz: controle genético, progresso e perspectivas**. Santo Antônio de Goiás: EMPBRAPA Arroz e Feijão, 2006a.

_____. Brusone em Arroz: **Controle Genético, Progresso e Perspectivas**. Santo Antônio de Goiás, Brasil: Embrapa Arroz e Feijão, 2006b.

PHABHU, A.S.; FILLIPI, M.C.C.; RIBEIRO, A.S. Doenças e seu controle. In: SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R.A. (Ed.). A cultura do arroz no Brasil. 2.ed. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA/CNPAF, p.561-590, 2006.

PRABHU, A. S., BARBOSA FILHO, M. P., DATNOFF, L. E., SNYDER, G. H., BERNI, R. F., RODRIGUES, F. A., & DALLAGNOL, L. J. Silicon reduces brown spot severity and grain discoloration on several rice genotypes. **Tropical Plant Pathology**, v. 37, n. 6, p. 409-414, 2012.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 522 p. 2012.

REDDY, P. P. **Recent advances in crop protection**. Springer India, 2013. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84930700006&partnerID=40&md5=0e22fb4344c5c20f175c4f74a25044b8>>. Acesso em 24 fev. 2018.

RÊGO, M. C. F.; ILKIU-BORGES, F.; FILIPPI, M. C. C. D.; GONÇALVES, L. A.; SILVA, G. B. D. Morphoanatomical and biochemical changes in the roots of rice plants induced by plant growth-promoting microorganisms. **Journal of Botany**, v. 2014, 2014.

REIS, E.M.; CASA, R.T.; BIANCHIN, V. Control of plant disease by crop rotation. **Summa Phytopathol**, v. 37, p. 85-91, 2011.

REIS, M. S.; SOARES, A. A.; CORNÉLIO, V. M. O.; SOARES, P. C.; GUEDES, M. J.; COSTA JUNIOR, G. T. Comportamento de genótipos de arroz de terras altas sob sistemas de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 37, p. 227-232, dez, 2007.

REIS M. S.; MORAIS O. P.; SOARES P. C.; CORNÉLIO V. M. O.; VIEIRA A. R.; CONDÉ, A. B. T. Novas Cultivares BRSMG Caçula: cultivar superprecoce de arroz de terras altas. **Empresa de pesq. Agrop. de Minas Gerais - EPAMIG.**, 2012.

REIFSCHNEIDER, F.J.B.; NASS, L.L.; HEINRICH, A.G.; RIBEIRO, C.S.; HENZ, G.P.; EUCLIDES FILHO, K.; BOITEUX, L.S.; RITSCHER, P.; FERRAZ, R.M.; QUECINI, V. Uma pitada de biodiversidade na mesa dos brasileiros.1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

RESENDE, M. D. V.; THOMPSON, R. Factor analytic multiplicative mixed models in the analysis of multiple experiments. **Revista de Matemática e Estatística**, Marília, v. 22, p. 1-22, 2004.

RESENDE, M. D. V. **O software Selegen Reml/Blup**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte. (Embrapa Gado de Corte Documentos). 2006.

RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.182-194, 2007.

RIBEIRO DO VALE, F. X.; PARLEVLIET, J.E.; ZAMBOLIM, L. Concepts in plant disease resistance. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 577-589. 2001.

RODRIGUES, R.A.F.; SORATTO, R.P.; ARF, O. Manejo de água em arroz de terras altas no sistema de plantio direto, usando o tanque classe A. **Engenharia Agrícola**, v. 24, p. 546-556, 2004.

ROSAS, J. E.; MARTÍNEZ, S.; BONNECARRÈRE, V.; PÉREZ DE VIDA, F.; BLANCO, P.; MALOSETTI, M.; GUTIÉRREZ, L. Comparison of phenotyping methods for resistance to stem rot and aggregated sheath spot in rice. **Crop Science**, v. 56, n. 4, p. 1619-1627, 2016.

ROSCHEVICZ, R. J. A contribution to the knowledge to Rice. **Bulletin of Applied Botany of Genetics and Plant Breeding**, Leningrad, v. 27, p. 119-133, 1931.

RYAN, R. P.; GERMAINE, K.; FRANKS, A.; RYAN, D. J.; DOWLING, D. N. Bacterial endophytes: recent developments and applications. **FEMS microbiology letters**, v. 278, n. 1, p. 1-9, 2008.

SANT'ANA, E. P. Cultivo do arroz irrigado por aspersão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.14, p.71- 75, 1989.

SANTOS, G.R; SABOYA, L.M.F; RANGEL, P.N.N; OLIVEIRA FILHO, J.C. Resistência de genótipos de arroz a doenças no sul do Estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.18, n.1, p.3-12, 2002

SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. S. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. rev. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1000 p. 2006

SANTOS, G. R., SANTIAGO, C. M., MARRA, B. M., DIDONET, J., PELÚZIO, J. M. Efeito da aplicação de fungicidas sobre o controle das principais doenças e produtividade do arroz irrigado e de terras altas. **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2005.

SANTOS, G. R.; CASTRO, M. D.; IGNÁCIO, M.; FURTADO, G. Q.; RANGEL, P. H. N.; SILVA, L. M. A.; RIBEIRO, F. F. Resistência às doenças de linhagens de arroz de terras altas no sul do Estado do Tocantins/ Resistance of upland rice genotypes to rice diseases at the south of Tocantins state. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 25, n. 6, p. 96-105, 2009.

SANTOS, A. B. D. et al. Fertilização silicatada na severidade de brusone e na incidência de insetos-praga em arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 537-543, 2009.

SANTOS, G.; CHAGAS, J. F.; TAVARES, A.; NETO, M., SARMENTO, R. D.; CHAGAS JÚNIOR, A.; NASCIMENTO, I. Danos causados por doenças fúngica no arroz cultivado em várzeas no Sul do estado do Tocantins. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 869- 875, 2011.

SANTOS J. B. **Melhoramento de plantas visando resistência à doenças**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2015. p. 149.

SANTOS, G. R. D.; CHAGAS, J. F. R.; NETO, C.; FIDELIS, R.; LEÃO, E. U. Selection of rice genotypes to integrate a varietal mixture for blast control. **Summa Phytopathologica**, v. 43, n. 4, p. 290-296, 2017.

SARI B. G.; LÚCIO A. D. C.; COSTA I. F. D.; RIBEIRO, A. L. P. Tamanho de amostra para avaliar a severidade de brusone da folha em experimentos com arroz irrigado. **Revista caatinga**, v. 29, n. 4, p.1983-2125, 2016.

SCHENK, P. M.; KAZAN, K.; WILSON, I.; ANDERSON, J. P., RICHARMOND, T.; SOMERVILE, S.C.; MANNERS, J. M. Coordinated plant defense responses in *Arabidopsis* revealed by microarray analysis. **Proceedings of the National Academy of Science of the USA**, v. 97, p. 11655-11660, 2000.

SCHURT, D. A.; RODRIGUES, F. A.; COLODETTE, J. L.; CARRÉ-MISSIO, V. Effect of silicon on lignin and sugar concentrations of leaf sheaths in rice plants infected by *Rhizoctonia solani*. **Bragantia**, v. 72, n. 4, p. 360-366, 2013.

SCHURT, D. A.; CRUZ, M. F.; NASCIMENTO, K. J.; FILIPPI, M. C.; RODRIGUES, F. A. Silicon potentiates the activities of defense enzymes in the leaf sheaths of rice plants infected by *Rhizoctonia solani*. **Tropical Plant Pathology**, v. 39, n. 6, p. 457-463, 2014.

SCOTT A. J.; KNOTT M. Accouter analysis methods for grouping means in the analysis of variants. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.

SERVELLON RODRIGUEZ, R.E.; RANGEL, P.H.N.; MORAIS, O.P. Estimativas de parâmetros genéticos e de respostas a seleção na população de arroz irrigado CNA 1. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 685-691, maio, 1998.

SILVA, M. S. B. S.; RODRIGUES, A. A. C.; OLIVEIRA, L. D. J. M. G.; SILVA, E. K. C.; PEREIRA, T. S. Sanidade de sementes de arroz, biocontrole, caracterização e transmissão de *Curvularia lunata* em semente-plântula de arroz. **Revista Ceres**, v. 61, n. 4, 2014.

SILVA, R. R.; BENIN, G. Análises Biplot: conceitos, interpretações e aplicações. **Ciência Rural**, v. 42, n. 8, p. 1404-1412, 2012.

SILVA, G.A.P.; CHIORATO, A.F.; GONÇALVES, J.G.R.; PERINA, E.F.; CARBONELL, S.A.M. Análise da adaptabilidade e estabilidade de produção em ensaios regionais de feijoeiro para o Estado de São Paulo. **Revista Ceres**, v.60, n.1, p.059-065, 2013.

SILVA, M. S. B. D. S. E.; RODRIGUES, A. A. C.; OLIVEIRA, L. D. J. M. G.; SILVA, E. K. C.; PEREIRA, T. S. Sanidade de sementes de arroz, biocontrole, caracterização e transmissão de *Curvularia lunata* em semente-plântula de arroz. **Revista Ceres**, v. 61, n. 4, 2014.

SILVA, C. S. C.; BOTELHO, F. B. S.; RODRIGUES, C. S.; MENDES, M. P., DE MOURA, A. M.; NETO, A. R. Genetic and Phenotypic Parameters in the Selection of Upland Rice Genotypes. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, n. 13, p. 3450, 2017.

SILVA JÚNIOR, A. C. **Progresso genético do Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado em Minas Gerais no período 1993/94 A 2015/2016**. 2017. 85 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017.

SILVA-LOBO, V. L.; DE AGUIAR, J. T.; CÔRTEZ, M. V. D. C. B.; DE FILIPPI, M. C. C.; PRABHU, A. S. **Crítérios para Avaliação da Resistência à Mancha Parda e Relação entre a Mancha Parda na Folha Bandeira e a Mancha de Grãos em Genótipos de Arroz**. Embrapa Arroz e Feijão-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2014.

SILVA-LOBO, V. L.; LACERDA, M. G.; FILIPPI, M. C.; SILVA, G. B.; PRABHU, A. S. Influência da adubação nitrogenada, época de plantio e aerossposos sobre a severidade da mancha de grãos em arroz de terras altas. **SummaPhytopathologica**, v. 37, n. 3, p. 110-115, 2011.

SILVEIRA, R. D. D. Estudos genômicos de tolerância à seca em arroz. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 1, p. 62-69, 2018.

SMITH, A. B. et al. Factor analytic mixed models for the provision of grower information from national crop variety testing programs. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 128, p. 55-72, 2015.

SINGH, R. P.; SINGH, P. K.; RUTKOSKI, J.; HODSON, D. P. H. E. X., JORGENSEN, L. N.; MOGENS, S.; HOVMOLLER, M. S.; HUERTA-ESPINO, J. Disease impact on wheat yield potential and prospects of genetic control. **Annual review of phytopathology**, v. 54, p. 303-322, 2016.

SISTEMA FAEG. Faeg, Senar Goiás e Sindicato Rural. **Revista Campo**, 2018. Disponível em: <<http://sistemafaeg.com.br/mercados-e-cotacoes/custo-de-producao>>. Acesso em: 25 jan.

SOARES, A.A. **Cultura do Arroz**. 3 ed. Lavras: UFLA, 2012. 119 p.

SOARES, A. A.; CORNÉLIO, V. M. de O.; REIS, M.DE S.; SOARES, P. C.; SANTOS, P. G.; SOUSA, M. A. Desempenho de linhagens de arroz de terras altas quanto à produtividade de grãos e outras características em Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 50, p. 509-525, 2003.

SOARES A. A.; REIS M. S.; CORNÉLIO V. M. O.; SOARES P. C. ; JÚNIOR G. T. C.; GUEDES J. M.; LEITE N. A. , SOUZA M. A.; DIAS F. P. Novas Cultivares BRSMG Caravera: cultivar de arroz para terras altas. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.43, n.7, p.937-940, jul. 2008

- SOARES, L. C. S.; RAPHAEL, J. P. A.; BORTOLOTTI, R. P.; NORA, D. D.; GRUHN, E. M. Blast disease in rice culture. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava, v. 7, n. 2, p. 109-119, 2014.
- SOARES, A. A.; SANTOS, P. G.; MORAIS, O. P. de; SOARES, P. C.; REIS, M. D. S.; SOUZA, M. A. Progresso genético obtido pelo melhoramento do arroz de sequeiro em 21 anos de pesquisa em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 3, p. 415-424, mar. 1999.
- SOSBAI. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. 31., **Anais...** Pelotas, RS, 2016.
- SOUSA, R. S.; RODRIGUES, F. A.; SCHURT, D. A.; SOUZA, N. F. A.; CRUZ, M. F. A. Cytological aspects of the infection process of *Pyricularia oryzae* on leaves of wheat plants supplied with silicon. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 6, p. 472-477, 2013.
- SOUZA JÚNIOR, I. T. D., SCHAFER, J. T., CORRÊA, B. O., FUNCK, G. D., & MOURA, A. B. Expansion of the biocontrol spectrum of foliar diseases in rice with combinations of rhizobacteria. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 513-522, 2017.
- STEFANOVA, K. T.; BUIRCHELL, B. Multiplicative mixed models for genetic gain assessment in lupin breeding. **Crop Science, Madison**, v. 50, n. 3, p. 880- 891, 2010.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Arroz irrigado por aspersão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 70-76, 2004.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Embrapa Arroz e Feijão. **Arroz irrigado por aspersão**. Santo Antônio de Goiás, GO, dez. 2004. (Circular Técnica 64).
- STRECK, E. A. **Contribuição Genética do Melhoramento de Arroz Irrigado de Terras Baixas para o Rio Grande do Sul**. 146 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2017.
- STRECK, E. A.; AGUIAR, G. A.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de; FACCHINELLO, P. H. K.; OLIVEIRA, A. C. de. Phenotypic variability in genotypes of irrigated rice via multivariate analysis. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 101-109, 2017.
- TATAGIBA, S. D.; RODRIGUES, F. A.; FILIPPI, M. C. C.; SILVA, G. B.; SILVA, L. C. Physiological responses of rice plants supplied with silicon to *Monographella albescens* infection. **Journal of Phytopathology**, v. 162, n. 9, p. 596-606, 2014.
- TATAGIBA, S. D.; DAMATTA, F. M.; RODRIGUES, F. A. Leaf gas exchange and chlorophyll a fluorescence imaging of rice leaves infected with *Monographella albescens*. **Phytopathology**, v. 105, n. 2, p. 180-188, 2015.

TENG, P.S. The epidemiological basis for blast management. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). **Rice Blast Disease**. Wallingford: CAB International. 1994. p. 409-433.

TOMÉ, L. M. **Emprego dos índices de seleção no melhoramento de arroz**. 2017. 54 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

TSUSHIMA, S. Epidemiology of bacterial grain rot of rice caused by *Pseudomonas glumae*. **JARQ**, v. 30, n. 2, p. 85-89, 1996.

UATE, J. V. **Progresso genético e adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em ensaios de valor de cultivo e uso**. 2016. 78 f. Tese (Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

UNITED NATIONS. United Nations, Department of Economic and Social Affairs. **Probabilistic Population Projections based on the World Population Prospects: The 2012 Revision**. Population Division, DESA. ST/ESA/SER.A/353, 2014. Disponível em: <<http://esa.un.org/unpd/ppp/> - http://esa.un.org/unpd/ppp/Figures-Output/Population/PPP_Total-Population.htm>. Acesso em: 13 jan. 2017

_____. United Nations, Department of Economic and Social Affairs. Population Division. **World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables**. Working Paper No. ESA/P/WP.241. New York, 2015.

UTUMI, M. M.; MARCOLAN, A. L.; RAMALHO, A. R.; TEIXEIRA, C. A. D.; FERNANDES, C. F.; RAMOS, J. E. L.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JUNIOR, J. R.; OLIVEIRA, S. J. M.; GODINHO, V. P. C.; SILVA, W. C. da; HOLANDA FILHO, Z. F. (Ed.) **Sistema de produção de arroz de terras altas**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2008. 32 p. (Sistemas de Produção, 31).

VAN WEES, S. C.; VAN DER ENT, S.; PIETERSE, C. M. Plant immune responses triggered by beneficial microbes. **Current opinion in plant biology**, v. 11, n. 4, p. 443-448, 2008.

VIEIRA, N. R. A. Qualidade de grãos e padrões de classificação de arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 94-100, 2004.

WANG, Z.; JIA, Y., RUTGER, J.N.; XIA, Y. Rapid survey of presence of a blast resistance gene Pi-ta in rice cultivar using the ominat DNA markers derived from portions of Pi-ta gene. **Plant Breeding**, v. 126, p. 36-42. 2007.

WRICKE, G. Zur Berechning der okovalenz bei sommerweizen und hafer. **Zeitschrift Fur Pflanzenzuchtung**, Berlin, v. 52, p. 127-138, 1965.

XU, X.; CHEN, H.; FUJIMURA, T.; KAWASAKI. Fine mapping of a strong QTL of Weld resistance against rice blast, *Pikahei-1(t)*, from upland rice Kahei, utilizing a novel resistance evaluation system in the greenhouse. **Theoretical and Applied Genetics**, v.117, p. 997-1008, 2008.

YADAV, M. K.; ARAVINDAN, S.; GHRITLAHRE, S. K.; ADAK, T.; BERLINER, J. Induced Systemic Resistance and Plant Responses to Fungal Biocontrol Agents. **Popular Kheti**, v. 3, Issue-2 2015.

YAN, W. et al. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. **Crop Science, Madison**, v. 40, p. 597–605, 2000.

YAN, W. GGE biplot - a windows application for graphical analysis of multienvironmental trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, 93, 1111-1118, 2001.

YAN, W. et al. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype by environment data. **Crop Science**, Madison, v. 47, p. 643-653, 2007.

YAN, W.; TINKER, A. Biplot analysis of multi environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 86, n. 3, p. 623-645, 2006. Disponível em: <<http://pubs.aic.ca/doi/abs/10.4141/P05-169>>. Acesso em: 05 maio 2010.

YANG, Z.; DICKMAN, M.B. *Colletotrichum trifolii* mutants disrupted in the catalytic subunit of cAMP-dependent protein kinase are nonpathogenic. **Molecular Plant Microbe Interaction**, v. 12, p. 960-968. 1999.

YIWEN D. E. N. G. et al. Epigenetic regulation of antagonistic receptors confers rice blast resistance with yield balance. **Science**, v. 355, n. 6328, p. 962-965, 2017.

YOSHIDA, S.; HASEGAWA, S. The rice root system: its development and function. In: **IRRI**. Drought resistance in crops with emphasis on rice. Los Baños, 1982. p. 97-114.

YU, Y.; TANG, T.; QIAN, Q.; WANG, Y.; YAN, M.; ZENG, D.; LI, J. Independent losses of function in a polyphenol oxidase in rice: differentiation in grain discoloration between subspecies and the role of positive selection under domestication. **The Plant Cell**, v. 20, n. 11, p. 2946-2959, 2008.

ZHAN, J.; THRALL, P. H.; PAPAÏX, J., XIE, L.; BURDON, J. J. Playing on a pathogen's weakness: using evolution to guide sustainable plant disease control strategies. **Annual Review of Phytopathology**, v. 53, p. 19-43, 2015.

ZHU, X.; CHEN, S.; YANG, J.; ZHOU, S.; ZENG, L.; HAN, J.; SU, J.; WANG, L.; PAN, Q. The identification of Pi50(t), a new member of the rice blast resistance Pi2/Pi9 multigene family. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 124, p. 1295-1304, 2012.

ZOBEL, R. W.; WRIGHT, M. J.; GAUCH, H. G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, v. 80, p. 388-393, 1988.

ANEXO A

Tabela 1 - Resumo da análise conjunta para as avaliações de brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos, na safra 97/98, considerando os ambientes avaliados.

FV	GL	QM		
		BP	ESC	MG
Tratamentos	19	70455**	6596.8**	58289**
Ambientes	3	45800**	9130.0**	126705**
T. x A.	57	11123**	1266.8 ^{NS}	9577 ^{NS}
Rep (Ambiente)	8	6666 ^{NS}	2291.2 ^{NS}	60379**
Erro	152	5049	1458.4	8713
Acurácia (%)		96.35	88.26	92.22
Média		91.4375	55.50	131.28

*, ** teste de F significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Da autora (2018).

Tabela 2 - Resumo da análise conjunta para as avaliações de brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos, na safra 98/99, considerando os ambientes avaliados.

FV	GL	QM		
		BP	ESC	MG
Tratamentos	19	5692.9**	141533**	274887**
Ambientes	3	10415.0**	1211481**	975641**
T. x A.	57	2783.4**	58789**	67348**
Rep (Ambiente)	8	1680.0 ^{NS}	30532 ^{NS}	38717 ^{NS}
Erro	152	1111.6	20520	23899
Acurácia (%)		89.71	92.47	95.55
Média		29.25	142.40	162.37

*, ** teste de F significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Da autora (2018).

Tabela 3 - Resumo da análise conjunta para as avaliações de brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos, na safra 99/00, considerando os ambientes avaliados.

FV	GL	QM		
		BP	ESC	MG
Tratamentos	19	117663**	50779**	102180**
Ambientes	1	1755105**	2122680**	4973 ^{NS}
T. x A.	19	118666**	42654**	86526**
Rep (Ambiente)	4	114703*	46773*	11025 ^{NS}
Erro	76	39959	16183	18016
Acurácia (%)		81.26	82.54	90.76
Média		145.94	233.25	166.69

*, ** teste de F significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Da autora (2018).

Tabela 4 - Resumo da análise conjunta para as avaliações de brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos, na safra 00/01, considerando os ambientes avaliados.

FV	GL	QM		
		BP	ESC	MG
Tratamentos	19	24860.1**	46410*	207340**
Ambientes	1	10267.5 ^{NS}	95344*	868275**
T. x A.	19	21399.1**	13377 ^{NS}	129158**
Rep (Ambiente)	4	7786.9 ^{NS}	22500 ^{NS}	59817*
Erro	76	6215.8	21845	22214
Acurácia (%)		86.60	72.75	94.49
Média		52.25	146.94	198.06

*, ** teste de F significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Da autora (2018).

Tabela 5 - Resumo da análise conjunta para as avaliações de brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos, na safra 01/02, considerando os ambientes avaliados.

FV	GL	QM		
		BP	ESC	MG
Tratamentos	19	124631**	125445**	41440**
Ambientes	1	1267 ^{NS}	343898**	14520 ^{NS}
T. x A.	19	77541**	51739 ^{NS}	8219 ^{NS}
Rep (Ambiente)	4	64279 ^{NS}	38708 ^{NS}	7148 ^{NS}
Erro	76	30614	34547	11353
Acurácia (%)		86.85	85.12	85.21
Média		178.00	273.72	169.37

*, ** teste de F significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Da autora (2018).

Tabela 6 - Resumo da análise conjunta para as avaliações de brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos, na safra 04/05, considerando os ambientes avaliados.

FV	GL	QM		
		BP	ESC	MG
Tratamentos	19	615625**	329696**	176249**
Ambientes	8	4646644**	1295198**	770206**
T. x A.	152	122373**	48314**	51128**
Rep (Ambiente)	18	250061**	31442 ^{NS}	34988**
Erro	342	40241	20777	17517
Acurácia (%)		96.68	96.80	94.90
Média		226.19	207.41	156.22

*, ** teste de F significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Da autora (2018).

Tabela 7 - Resumo da análise conjunta para as avaliações de brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos, na safra 05/06, considerando os ambientes avaliados.

FV	GL	QM		
		BP	ESC	MG
Tratamentos	19	569465**	114311**	51423**
Ambientes	1	1305732**	986907**	65567*
T. x A.	19	259111**	43466**	6917 ^{NS}
Rep (Ambiente)	4	148215 ^{NS}	184655**	15077 ^{NS}
Erro	76	65381	15570	10577
Acurácia (%)		94.08	92.94	89.12
Média		401.31	203.19	132.87

*, ** teste de F significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Da autora (2018).

Tabela 8 - Resumo da análise conjunta para as avaliações de brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos, na safra 09/10, considerando os ambientes avaliados.

FV	GL	QM		
		BP	ESC	MG
Tratamentos	19	576557**	54419**	35399**
Ambientes	1	228377*	421789**	319043**
T. x A.	19	192708**	78597**	55992**
Rep (Ambiente)	4	104461 ^{NS}	69182*	54293**
Erro	76	47789	21640	13994
Acurácia (%)		95.77	77.61	77.76
Média		398.00	245.79	237.06

*, ** teste de F significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Da autora (2018).

Tabela 9 - Resumo da análise conjunta para as avaliações de brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos, na safra 10/11, considerando os ambientes avaliados.

FV	GL	QM		
		BP	ESC	MG
Tratamentos	19	201611**	64103**	196056**
Ambientes	1	872926**	27914 ^{NS}	4953244**
T. x A.	19	36218 ^{NS}	25534*	212296**
Rep (Ambiente)	4	199483**	31321 ^{NS}	53546 ^{NS}
Erro	76	37439	13099	30262
Acurácia (%)		90.24	89.20	91.96
Média		314.91	172.25	457.17

*, ** teste de F significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Da autora (2018).

Tabela 10 - Resumo da análise conjunta para as avaliações de brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos, na safra 14/15, considerando os ambientes avaliados.

FV	GL	QM		
		BP	ESC	MG
Tratamentos	19	434962**	10584**	102024*
Ambientes	1	6872457**	1091567**	127238 ^{NS}
T. x A.	19	237975**	9412**	164718**
Rep (Ambiente)	4	127559**	2041 ^{NS}	118114 ^{NS}
Erro	76	24861	2854	58219
Acurácia (%)		97.10	85.46	65.52
Média		322.56	119.37	258.06

*, ** teste de F significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Da autora (2018).

Tabela 1 - Resumo da análise conjunta para as avaliações de brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos, na safra 15/16, considerando os ambientes avaliados.

FV	GL	QM		
		BP	ESC	MG
Tratamentos	19	60424 ^{NS}	6758 ^{NS}	6453.2 ^{NS}
Ambientes	1	599607**	1071630**	20085.5*
T. x A.	19	42838 ^{NS}	7316 ^{NS}	4473.6 ^{NS}
Rep (Ambiente)	4	221252**	10158 ^{NS}	3433.6 ^{NS}
Erro	76	45430	20848	5042.1
Acurácia (%)		49.81	-	46.76
Média		126.31	136.00	68.56

*, ** teste de F significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Da autora (2018).

Tabela 12 - Resumo da análise conjunta para as avaliações de brusone de pescoço, escaldadura e mancha de grãos, na safra 16/17, considerando os ambientes avaliados.

FV	GL	QM		
		BP	ESC	MG
Tratamentos	19	510690**	1932.6**	25961*
Ambientes	1	1435547**	17280.0**	387319**
T. x A.	19	124282**	1774.7**	40391**
Rep (Ambiente)	4	5616 ^{NS}	600.0 ^{NS}	18908 ^{NS}
Erro	76	19797	536.8	12447
Acurácia (%)		98.04	84.98	72.15
Média		175.62	28.00	128.69

*, ** teste de F significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Fonte: Da autora (2018).

ANEXO B

Tabela BLUP's médios respectivamente para Brusone de Pescoço (BP), escaldadura (ESC) e Mancha de grãos (MG).

Gen. BP	Var (G)	Erro	LI	LS	Prob	Valor Genot.	Gen. BP	Var (G)	Erro	LI	LS	Prob	Valor Genot.
G1	0.3181	20.9440	-40.7314	41.3675	0.0121	203.7011	G25	1.4 277	25.4806	-48.5135	51.3688	0.0447	204.8107
G10	-11.1755	22.0961	-54.4832	32.1321	0.3870	192.2075	G26	3.1865	25.4806	-46.7547	53.1276	0.0995	206.5695
G100	2.4936	27.1440	-50.7077	55.6950	0.0732	205.8766	G27	-9.0424	25.4806	-58.9835	40.8988	0.2773	194.3406
G101	0.9402	27.1440	-52.2612	54.1415	0.0276	204.3232	G28	0.8786	22.1682	-42.5703	44.3275	0.0316	204.2616
G102	2.7864	23.8726	-44.0031	49.5759	0.0929	206.1694	G29	31.3335	22.1682	-12.1153	74.7824	0.8425	234.7165
G103	-0.3575	19.5007	-38.5782	37.8631	0.0146	203.0255	G3	19.1948	20.9440	-21.8547	60.2443	0.6406	222.5778
G104	-0.4096	19.5007	-38.6302	37.8111	0.0168	202.9734	G30	-3.1424	22.1682	-46.5912	40.3065	0.1127	200.2406
G105	-2.4941	19.5007	-40.7147	35.7266	0.1018	200.8889	G31	-10.8945	15.3832	-41.0449	19.2560	0.5212	192.4885
G106	-0.5446	20.2971	-40.3261	39.2370	0.0214	202.8385	G32	-3.1722	26.2315	-54.5850	48.2405	0.0963	200.2108
G107	-10.4567	23.8726	-57.2462	36.3329	0.3386	192.9263	G33	-12.5260	26.2315	-63.9388	38.8868	0.3670	190.8570
G108	75.0635	19.5007	36.8429	113.284	0.9999	278.4465	G34	-1.2476	26.2315	-52.6604	50.1652	0.0379	202.1354
G109	2.1657	19.5007	-36.0550	40.3863	0.0884	205.5487	G35	-5.0199	26.2315	-56.4327	46.3929	0.1518	198.3631
G11	27.6314	18.8223	-9.2597	64.5224	0.8579	231.0144	G36	-10.4089	26.2315	-61.8217	41.0039	0.3085	192.9741
G110	-5.5485	19.5007	-43.7692	32.6721	0.2240	197.8345	G37	-1.2476	26.2315	-52.6604	50.1652	0.0379	202.1354

G111	-0.7652	19.5007	-38.9858	37.4555	0.0313	202.6178	G38	7.9538	26.2315	-43.4590	59.3665	0.2383	211.3368
G112	-2.8552	19.5007	-41.0759	35.3654	0.1164	200.5278	G39	12.1511	26.2315	-39.2617	63.5639	0.3568	215.5341
G113	4.1685	23.8726	-42.6210	50.9580	0.1386	207.5515	G4	4.1951	20.2594	-35.5126	43.9029	0.1640	207.5782
G114	-3.4017	18.6872	-40.0280	33.2245	0.1444	199.9813	G40	0.9926	22.8531	-43.7987	45.7839	0.0346	204.3756
G115	1.1111	24.5295	-46.9657	49.1880	0.0361	204.4942	G41	-6.4545	25.6396	-56.7072	43.7982	0.1988	196.9285
G116	1.2801	23.8726	-45.5095	48.0696	0.0428	204.6631	G42	1.2893	25.6396	-48.9634	51.5420	0.0401	204.6723
G117	3.6817	23.8726	-43.1078	50.4712	0.1226	207.0647	G43	12.0954	22.8531	-32.6960	56.8867	0.4034	215.4784
G118	-0.7066	20.1617	-40.2228	38.8095	0.0280	202.6764	G44	-2.8436	22.8531	-47.6349	41.9478	0.0990	200.5394
G119	-4.4979	22.3167	-48.2378	39.2420	0.1597	198.8851	G45	0.2568	25.6396	-49.9959	50.5095	0.0080	203.6398
G12	-19.8822	12.9814	-45.3252	5.5608	0.8744	183.5008	G46	-3.8406	25.6396	-54.0932	46.4121	0.1191	199.5424
G120	-2.6663	22.3167	-46.4063	41.0736	0.0951	200.7167	G47	-2.8081	25.6396	-53.0607	47.4446	0.0872	200.5750
G121	-0.1635	22.3167	-43.9035	43.5764	0.0058	203.2195	G48	7.6477	25.6396	-42.6050	57.9004	0.2345	211.0307
G122	-4.8642	22.3167	-48.6041	38.8757	0.1725	198.5188	G49	-26.1674	16.4168	-58.3437	6.0089	0.8891	177.2156
G123	-7.1536	22.3167	-50.8936	36.5863	0.2514	196.2294	G5	5.8894	18.8223	-31.0016	42.7805	0.2456	209.2724
G124	-11.2746	22.3167	-55.0145	32.4653	0.3866	192.1084	G50	-36.7685	24.5682	-84.9214	11.3843	0.8655	166.6145
G13	90.3531	13.7513	63.4010	117.305	1.0000	293.7361	G51	2.4160	24.5682	-45.7369	50.5688	0.0783	205.7990
G14	-7.8580	20.9440	-48.9075	33.1915	0.2925	195.5250	G52	-7.7686	24.5682	-55.9215	40.3842	0.2482	195.6144

Gen. BP	Var (G)	Erro	LI	LS	Prob	Valor Genot.	Gen. BP	Var (G)	Erro	LI	LS	Prob	Valor Genot.
G15	10.4882	22.0961	-32.8195	53.7958	0.3650	213.8712	G53	-0.3907	24.5682	-48.5435	47.7622	0.0127	202.9923
G16	-12.0205	22.0961	-55.3282	31.2871	0.4136	191.3625	G54	-2.5411	24.5682	-50.6940	45.6117	0.0824	200.8419
G17	-1.8975	20.9440	-42.9470	39.1520	0.0722	201.4855	G55	-2.8346	24.5682	-50.9875	45.3183	0.0919	200.5484
G18	-15.1278	19.5834	-53.5106	23.2550	0.5602	188.2552	G56	-3.5851	24.5682	-51.7380	44.5678	0.1160	199.7979
G19	-6.8546	22.0961	-50.1622	36.4531	0.2436	196.5284	G57	-20.2630	20.9672	-61.3580	20.8320	0.6662	183.1200
G2	21.1930	20.9440	-19.8565	62.2425	0.6884	224.5760	G58	-10.8871	15.5884	-41.4397	19.6656	0.5151	192.4960
G20	-6.5478	22.0961	-49.8555	36.7598	0.2330	196.8352	G59	-24.6144	18.5515	-60.9747	11.7459	0.8154	178.7686
G21	9.7318	22.8929	-35.1375	54.6011	0.3292	213.1148	G6	-9.9631	22.0961	-53.2707	33.3446	0.3479	193.4199
G22	1.4277	25.4806	-48.5135	51.3688	0.0447	204.8107	G60	18.6368	20.9672	-22.4582	59.7317	0.6259	222.0198
G23	1.4277	25.4806	-48.5135	51.3688	0.0447	204.8107	G61	5.3900	15.5884	-25.1626	35.9426	0.2705	208.7730
G24	-1.8611	25.4806	-51.8023	48.0800	0.0582	201.5219	G62	-7.8370	20.9672	-48.9319	33.2580	0.2914	195.5460
G63	16.1907	20.9672	-24.9043	57.2857	0.5600	219.5737	G81	3.9676	25.0750	-45.1785	53.1137	0.1257	207.3506
G64	2.4740	20.9672	-38.6209	43.5690	0.0939	205.8571	G82	-4.5293	25.0750	-53.6754	44.6168	0.1433	198.8537
G65	-4.8744	22.4096	-48.7963	39.0476	0.1722	198.5086	G83	1.0599	25.0750	-48.0862	50.2060	0.0337	204.4429

G66	-5.9180	22.4096	-49.8399	38.0040	0.2083	197.4650	G84	4.0513	22.2798	-39.6163	47.7189	0.1443	207.4343
G67	-20.8144	22.4096	-64.7364	23.1075	0.6470	182.5686	G85	-12.0106	17.7941	-46.8865	22.8653	0.5003	191.3724
G68	-19.1037	20.9672	-60.1987	21.9913	0.6378	184.2793	G86	-0.2812	20.1896	-39.8520	39.2897	0.0111	203.1018
G69	3.0609	20.9672	-38.0341	44.1559	0.1161	206.4439	G87	-8.0246	25.0750	-57.1707	41.1215	0.2510	195.3584
G7	-26.4588	13.7513	-53.4109	0.4933	0.9457	176.9242	G88	-1.8889	25.0750	-51.0351	47.2572	0.0600	201.4941
G70	-25.0090	22.4096	-68.9310	18.9129	0.7356	178.3740	G89	-2.6419	25.0750	-51.7880	46.5042	0.0839	200.7411
G71	16.1476	22.4096	-27.7744	60.0695	0.5288	219.5306	G9	-16.1243	20.9440	-57.1738	24.9252	0.5586	187.2587
G72	3.2803	25.7260	-47.1416	53.7023	0.1015	206.6633	G90	2.2359	25.0750	-46.9102	51.3820	0.0711	205.6189
G73	1.1874	25.7260	-49.2345	51.6093	0.0368	204.5704	G91	2.3013	25.0750	-46.8448	51.4474	0.0731	205.6843
G74	3.1343	25.7260	-47.2877	53.5562	0.0970	206.5173	G92	1.5304	24.4370	-46.3654	49.4261	0.0499	204.9134
G75	2.4712	25.7260	-47.9507	52.8931	0.0765	205.8542	G93	-2.8648	27.1440	-56.0662	50.3365	0.0841	200.5182
G76	-0.6529	25.7260	-51.0748	49.7691	0.0202	202.7301	G94	-3.9814	27.1440	-57.1827	49.2200	0.1166	199.4016
G77	0.8391	25.7260	-49.5829	51.2610	0.0260	204.2221	G95	7.4394	27.1440	-45.7619	60.6408	0.2160	210.8224
G78	10.9751	24.4370	-36.9206	58.8709	0.3467	214.3581	G96	11.1324	27.1440	-42.0689	64.3338	0.3183	214.5154
G79	-3.9496	24.4370	-51.8453	43.9461	0.1284	199.4334	G97	-4.0402	27.1440	-57.2415	49.1612	0.1183	199.3429
G8	31.0468	22.0961	-12.2608	74.3545	0.8400	234.4298	G98	6.1969	27.1440	-47.0044	59.3983	0.1806	209.5799
G80	7.0646	24.4370	-40.8311	54.9604	0.2275	210.4477	G99	1.8377	27.1440	-51.3637	55.0390	0.0540	205.2207

Gen. ESC	Var (G)	Erro	LI	LS	Prob	Valor Genot.	Gen. ESC	Var (G)	Erro	LI	LS	Prob	Valor Genot.
G1	39.2616	9.2924	21.0488	57.4744	0.0000	202.7739	G25	-10.5126	11.2860	-32.6327	11.6075	0.3516	152.9997
G10	-5.1664	11.1568	-27.0332	16.7004	0.6433	158.3459	G26	5.7823	11.2860	-16.3378	27.9023	0.6084	169.2946
G100	-1.3133	12.3455	-25.5101	22.8834	0.9153	162.1990	G27	-5.0812	11.2860	-27.2012	17.0389	0.6526	158.4311
G101	-2.4022	12.3455	-26.5990	21.7946	0.8457	161.1101	G28	-19.9893	11.4376	-42.4066	2.4280	0.0805	143.5230
G102	3.6289	12.7788	-21.4169	28.6748	0.7764	167.1412	G29	-5.7009	11.4376	-28.1181	16.7164	0.6182	157.8114
G103	16.8838	12.5368	-7.6879	41.4555	0.1781	180.3961	G3	24.7147	9.2924	6.5019	42.9275	0.0078	188.2270
G104	-2.5817	12.5368	-27.1535	21.9900	0.8368	160.9306	G30	-0.0298	11.4376	-22.4470	22.3875	0.9979	163.4825
G105	-1.7880	12.5368	-26.3598	22.7837	0.8866	161.7243	G31	-13.2965	8.2706	-29.5066	2.9136	0.1079	150.2158
G106	13.6949	12.6056	-11.0116	38.4014	0.2773	177.2072	G32	-2.9257	12.4448	-27.3171	21.4656	0.8141	160.5866
G107	-0.0208	12.7788	-25.0667	25.0250	0.9987	163.4915	G33	-2.7854	12.4448	-27.1767	21.6060	0.8229	160.7270
G108	2.6226	12.5368	-21.9492	27.1943	0.8343	166.1349	G34	-4.6224	12.4448	-29.0138	19.7689	0.7103	158.8899
G109	-2.4907	12.5368	-27.0624	22.0811	0.8425	161.0216	G35	0.4649	12.4448	-23.9265	24.8562	0.9702	163.9772
G11	-28.4117	8.5721	-45.2127	-11.611	0.0009	135.1006	G36	0.4640	12.4448	-23.9274	24.8553	0.9703	163.9763
G110	-3.1393	12.5368	-27.7111	21.4324	0.8023	160.3730	G37	-2.0797	12.4448	-26.4710	22.3117	0.8673	161.4326
G111	0.5731	12.5368	-23.9987	25.1448	0.9635	164.0854	G38	7.5205	12.4448	-16.8708	31.9119	0.5456	171.0328
G112	0.7816	12.5368	-23.7902	25.3533	0.9503	164.2939	G39	1.4495	12.4448	-22.9419	25.8408	0.9073	164.9618

G113	0.8668	12.7788	-24.1791	25.9127	0.9459	164.3791	G4	-11.9125	9.0579	-29.6658	5.8407	0.1885	151.5998
G114	-2.8291	12.4970	-27.3228	21.6647	0.8209	160.6832	G40	1.0837	11.7464	-21.9388	24.1062	0.9265	164.5960
G115	0.0740	12.7967	-25.0071	25.1552	0.9954	163.5863	G41	-22.0810	11.9246	-45.4529	1.2908	0.0641	141.4313
G116	-0.0522	12.7788	-25.0981	24.9937	0.9967	163.4601	G42	10.6411	11.9246	-12.7308	34.0129	0.3722	174.1534
G117	-0.5291	12.7788	-25.5750	24.5168	0.9670	162.9832	G43	-7.6483	11.7464	-30.6708	15.3742	0.5150	155.8640
G118	-2.8404	12.5539	-27.4456	21.7648	0.8210	160.6719	G44	11.7299	11.7464	-11.2926	34.7524	0.3180	175.2422
G119	-2.7468	12.6230	-27.4875	21.9939	0.8277	160.7655	G45	10.6411	11.9246	-12.7308	34.0129	0.3722	174.1534
G12	-3.8611	6.6989	-16.9908	9.2685	0.5644	159.6512	G46	-9.2879	11.9246	-32.6597	14.0840	0.4361	154.2245
G120	-2.7468	12.6230	-27.4875	21.9939	0.8277	160.7655	G47	-1.8564	11.9246	-25.2283	21.5154	0.8763	161.6559
G121	-4.3606	12.6230	-29.1013	20.3801	0.7298	159.1517	G48	6.9254	11.9246	-16.4465	30.2972	0.5614	170.4377
G122	-2.7468	12.6230	-27.4875	21.9939	0.8277	160.7655	G49	-17.0992	8.5063	-33.7713	-0.4272	0.0444	146.4131
G123	-1.1330	12.6230	-25.8737	23.6077	0.9285	162.3793	G5	21.1993	8.5721	4.3983	38.0003	0.0134	184.7116
G124	-2.7468	12.6230	-27.4875	21.9939	0.8277	160.7655	G50	6.0340	12.6633	-18.7857	30.8536	0.6337	169.5463
G13	19.2600	6.8344	5.8648	32.6552	0.0048	182.7723	G51	5.1730	12.6633	-19.6467	29.9926	0.6829	168.6853
G14	-10.7402	9.2924	-28.9530	7.4726	0.2478	152.7721	G52	-4.2415	12.6633	-29.0612	20.5782	0.7377	159.2708

Gen. ESC	Var (G)	Erro	LI	LS	Prob	Valor Genot.	Gen. ESC	Var (G)	Erro	LI	LS	Prob	Valor Genot.
G15	-3.1523	11.1568	-25.0192	18.7145	0.7775	160.3600	G53	-0.9042	12.6633	-25.7239	23.9154	0.9431	162.6081
G16	-3.9086	11.1568	-25.7755	17.9582	0.7261	159.6037	G54	8.3945	12.6633	-16.4252	33.2142	0.5074	171.9068
G17	-11.6508	9.2924	-29.8636	6.5620	0.2099	151.8615	G55	-3.8840	12.6633	-28.7037	20.9357	0.7591	159.6283
G18	19.4340	8.6230	2.5333	36.3347	0.0242	182.9463	G56	-3.8968	12.6633	-28.7165	20.9228	0.7583	159.6155
G19	-0.1500	11.1568	-22.0169	21.7168	0.9893	163.3623	G57	-21.9442	8.8671	-39.3234	-4.5649	0.0133	141.5681
G2	-17.1959	9.2924	-35.4088	1.0169	0.0642	146.3164	G58	-5.2606	8.5646	-22.0469	11.5256	0.5391	158.2517
G20	5.9570	11.1568	-15.9098	27.8238	0.5934	169.4693	G59	29.5137	9.4654	10.9618	48.0657	0.0018	193.0260
G21	-3.0035	10.2183	-23.0309	17.0239	0.7688	160.5088	G6	12.7191	11.1568	-9.1477	34.5859	0.2543	176.2314
G22	-11.6125	11.2860	-33.7326	10.5076	0.3035	151.8998	G60	19.9740	8.8671	2.5948	37.3532	0.0243	183.4863
G23	-13.2876	11.2860	-35.4077	8.8325	0.2391	150.2247	G61	-25.9040	8.5646	-42.6903	-9.1178	0.0025	137.6083
G24	23.2719	11.2860	1.1519	45.3920	0.0392	186.7842	G62	-12.2225	8.8671	-29.6017	5.1568	0.1681	151.2898
G63	-13.2279	8.8671	-30.6071	4.1514	0.1358	150.2844	G81	4.7295	12.5340	-19.8368	29.2957	0.7059	168.2418
G64	-12.1785	8.8671	-29.5577	5.2008	0.1696	151.3338	G82	-14.3093	12.5340	-38.8755	10.2569	0.2536	149.2030
G65	-11.1905	9.5347	-29.8781	7.4970	0.2405	152.3218	G83	-5.6478	12.5340	-30.2140	18.9184	0.6523	157.8645
G66	13.9105	9.5347	-4.7771	32.5980	0.1446	177.4228	G84	0.2010	11.9284	-23.1781	23.5801	0.9866	163.7133
G67	-17.7286	9.5347	-36.4162	0.9589	0.0630	145.7837	G85	-8.9918	11.7324	-31.9869	14.0033	0.4434	154.5205

G68	13.3214	8.8671	-4.0579	30.7006	0.1330	176.8337	G86	0.1518	12.3225	-23.9998	24.3034	0.9902	163.6641
G69	-9.1872	8.8671	-26.5664	8.1921	0.3002	154.3251	G87	-11.3998	12.5340	-35.9660	13.1664	0.3631	152.1125
G7	55.5577	6.8344	42.1625	68.9529	0.0000	219.0700	G88	-9.8110	12.5340	-34.3772	14.7552	0.4338	153.7013
G70	37.2230	9.5347	18.5354	55.9106	0.0001	200.7353	G89	0.8545	12.5340	-23.7117	25.4208	0.9456	164.3668
G71	-9.7264	9.5347	-28.4140	8.9611	0.3077	153.7859	G9	-13.5420	9.2924	-31.7548	4.6708	0.1450	149.9703
G72	0.9673	12.0440	-22.6384	24.5730	0.9360	164.4796	G90	9.3547	12.5340	-15.2115	33.9209	0.4555	172.8670
G73	-0.2050	12.0440	-23.8107	23.4007	0.9864	163.3073	G91	8.7662	12.5340	-15.8001	33.3324	0.4843	172.2785
G74	-0.5468	12.0440	-24.1525	23.0589	0.9638	162.9655	G92	3.1992	12.0041	-20.3284	26.7267	0.7898	166.7115
G75	1.0371	12.0440	-22.5687	24.6428	0.9314	164.5494	G93	2.7290	12.3455	-21.4678	26.9258	0.8251	166.2413
G76	-0.6543	12.0440	-24.2600	22.9514	0.9567	162.8580	G94	1.9973	12.3455	-22.1995	26.1940	0.8715	165.5096
G77	-1.1746	12.0440	-24.7803	22.4311	0.9223	162.3377	G95	17.8446	12.3455	-6.3522	42.0414	0.1483	181.3569
G78	-13.3333	12.0041	-36.8609	10.1942	0.2667	150.1790	G96	2.2888	12.3455	-21.9080	26.4856	0.8529	165.8011
G79	6.7650	12.0041	-16.7626	30.2925	0.5731	170.2773	G97	-3.9076	12.3455	-28.1044	20.2891	0.7516	159.6047
G8	8.4590	11.1568	-13.4078	30.3258	0.4483	171.9713	G98	-1.5510	12.3455	-25.7478	22.6457	0.9000	161.9613
G80	1.7681	12.0041	-21.7594	25.2956	0.8829	165.2804	G99	0.2285	12.3455	-23.9683	24.4253	0.9852	163.7408

Gen. MG	Var (G)	Erro	LI	LS	Prob	Valor Genot.	Gen. MG	Var (G)	Erro	LI	LS	Prob	Valor Genot.
G1	-0.5116	11.5354	-23.1205	22.0973	0.9646	181.3211	G25	-6.1342	15.0669	-35.6648	23.3963	0.6839	175.6985
G10	-14.3947	14.3620	-42.5438	13.7543	0.3162	167.4380	G26	-4.9669	15.0669	-34.4974	24.5637	0.7417	176.8659
G100	-12.7471	17.6497	-47.3399	21.8458	0.4702	169.0857	G27	7.9209	15.0669	-21.6097	37.4515	0.5991	189.7537
G101	-1.6326	17.6497	-36.2254	32.9603	0.9263	180.2002	G28	-22.5337	14.7459	-51.4351	6.3677	0.1265	159.2990
G102	25.2461	16.6564	-7.3998	57.8920	0.1296	207.0788	G29	-7.9473	14.7459	-36.8487	20.9541	0.5899	173.8854
G103	-17.4986	16.2613	-49.3702	14.3730	0.2819	164.3341	G3	-3.7239	11.5354	-26.3328	18.8850	0.7468	178.1089
G104	-10.0457	16.2613	-41.9173	21.8259	0.5367	171.7871	G30	-22.2611	14.7459	-51.1625	6.6403	0.1311	159.5716
G105	-13.1056	16.2613	-44.9772	18.7661	0.4203	168.7272	G31	-33.9328	11.2344	-55.9518	-11.9139	0.0025	147.8999
G106	-18.3133	16.5860	-50.8213	14.1947	0.2695	163.5195	G32	-9.4319	16.4547	-41.6826	22.8188	0.5665	172.4008
G107	-26.2430	16.6564	-58.8889	6.4029	0.1151	155.5898	G33	-12.9806	16.4547	-45.2312	19.2701	0.4302	168.8522
G108	44.9196	16.2613	13.0480	76.7912	0.0057	226.7523	G34	-9.4319	16.4547	-41.6826	22.8188	0.5665	172.4008
G109	-8.5697	16.2613	-40.4413	23.3019	0.5982	173.2631	G35	35.8133	16.4547	3.5626	68.0640	0.0295	217.6461
G11	-37.3181	10.7499	-58.3874	-16.249	0.0005	144.515	G36	-2.3346	16.4547	-34.5853	29.9161	0.8872	179.4981
G110	-20.2504	16.2613	-52.1220	11.6212	0.2130	161.5824	G37	-5.8833	16.4547	-38.1340	26.3674	0.7207	175.9495
G111	-6.1293	16.2613	-38.0009	25.7423	0.7062	175.7035	G38	35.4062	16.4547	3.1555	67.6569	0.0314	217.2390

G112	-4.9399	16.2613	-36.8115	26.9317	0.7613	176.8928	G39	-2.5699	16.4547	-34.8206	29.6808	0.8759	179.2628
G113	-11.2917	16.6564	-43.9376	21.3541	0.4978	170.5410	G4	-25.0297	11.1204	-46.8252	-3.2342	0.0244	156.8030
G114	15.8031	15.4114	-14.4028	46.0089	0.3052	197.6358	G40	-7.8762	15.9501	-39.1378	23.3854	0.6214	173.9565
G115	10.9274	17.4686	-23.3104	45.1653	0.5316	192.7601	G41	-12.3118	16.2467	-44.1546	19.5311	0.4486	169.5210
G116	-14.6440	16.6564	-47.2899	18.0019	0.3793	167.1887	G42	-12.3474	16.2467	-44.1903	19.4955	0.4473	169.4853
G117	35.0165	16.6564	2.3706	67.6624	0.0355	216.8492	G43	59.6468	15.9501	28.3853	90.9084	0.0002	241.4796
G118	-10.7097	17.0942	-44.2137	22.7944	0.5310	171.1231	G44	-15.2761	15.9501	-46.5377	15.9855	0.3382	166.5566
G119	2.8860	17.5945	-31.5986	37.3705	0.8697	184.7187	G45	5.3924	16.2467	-26.4505	37.2353	0.7400	187.2251
G12	-1.9339	9.0378	-19.6477	15.7798	0.8306	179.8988	G46	-6.8643	16.2467	-38.7072	24.9785	0.6727	174.9684
G120	2.2193	17.5945	-32.2652	36.7039	0.8996	184.0521	G47	4.2087	16.2467	-27.6342	36.0516	0.7956	186.0414
G121	-9.9587	17.5945	-44.4432	24.5258	0.5714	171.8741	G48	-6.8643	16.2467	-38.7072	24.9785	0.6727	174.9684
G122	5.4670	17.5945	-29.0175	39.9515	0.7560	187.2997	G49	61.3710	13.3202	35.2639	87.4780	0.0000	243.2037
G123	-5.8507	17.5945	-40.3352	28.6338	0.7395	175.9820	G5	95.9165	10.7499	74.8471	116.9858	0.0000	277.7492
G124	-5.4633	17.5945	-39.9478	29.0212	0.7562	176.3695	G50	-17.6700	17.5999	-52.1652	16.8251	0.3154	164.1627
G13	-16.9004	9.1014	-34.7389	0.9380	0.0633	164.9323	G51	-4.3270	17.5999	-38.8222	30.1681	0.8058	177.5057
G14	-34.4245	11.5354	-57.0334	-11.816	0.0028	147.4083	G52	2.3671	17.5999	-32.1281	36.8622	0.8930	184.1998
G15	52.2254	14.3620	24.0763	80.3744	0.0003	234.0581	G53	5.4804	17.5999	-29.0148	39.9755	0.7555	187.3131

Gen. MG	Var (G)	Erro	LI	LS	Prob	Valor Genot.	Gen. MG	Var (G)	Erro	LI	LS	Prob	Valor Genot.
G16	-14.8602	14.3620	-43.0092	13.2889	0.3008	166.9726	G54	-1.2664	17.5999	-35.7616	33.2287	0.9426	180.5663
G17	-25.9814	11.5354	-48.5903	-3.3724	0.0243	155.8514	G55	3.0095	17.5999	-31.4856	37.5047	0.8642	184.8423
G18	43.1219	10.8093	21.9360	64.3077	0.0001	224.9546	G56	4.9727	17.5999	-29.5224	39.4679	0.7775	186.8054
G19	-14.3126	14.3620	-42.4616	13.8365	0.3190	167.5202	G57	-32.0214	13.8089	-59.0864	-4.9565	0.0204	149.8113
G2	87.2157	11.5354	64.6068	109.8246	0.0000	269.0485	G58	-39.2652	13.3624	-65.4550	-13.0755	0.0033	142.5675
G20	2.7302	14.3620	-25.4189	30.8792	0.8492	184.5629	G59	-27.5452	13.8670	-54.7241	-0.3663	0.0470	154.2876
G21	3.8046	12.5617	-20.8160	28.4251	0.7620	185.6373	G6	17.5566	14.3620	-10.5925	45.7056	0.2215	199.3893
G22	-21.6932	15.0669	-51.2238	7.8374	0.1499	160.1395	G60	69.0024	13.8089	41.9375	96.0674	0.0000	250.8352
G23	-9.9752	15.0669	-39.5058	19.5554	0.5079	171.8576	G61	-36.7251	13.3624	-62.9149	-10.5354	0.0060	145.1076
G24	34.6053	15.0669	5.0747	64.1359	0.0216	216.4380	G62	56.0875	13.8089	29.0225	83.1525	0.0000	237.9202
G63	-29.4838	13.8089	-56.5488	-2.4188	0.0328	152.3489	G81	-17.7737	17.2757	-51.6334	16.0861	0.3036	164.0591
G64	-26.0991	13.8089	-53.1641	0.9658	0.0588	155.7336	G82	43.0024	17.2757	9.1427	76.8622	0.0128	224.8352
G65	-27.7517	14.0359	-55.2615	-0.2418	0.0480	154.0811	G83	16.5637	17.2757	-17.2960	50.4235	0.3377	198.3964

G66	28.9832	14.0359	1.4733	56.4930	0.0389	210.8159	G84	33.1051	16.0219	1.7028	64.5073	0.0388	214.9378
G67	9.6786	14.0359	-17.8312	37.1885	0.4905	191.5114	G85	42.7331	15.7068	11.9484	73.5179	0.0065	224.5659
G68	-6.7485	13.8089	-33.8135	20.3164	0.6250	175.0842	G86	-7.4389	16.9442	-40.6489	25.7710	0.6606	174.3938
G69	-30.5373	13.8089	-57.6023	-3.4723	0.0270	151.2954	G87	16.3402	17.2757	-17.5195	50.2000	0.3442	198.1730
G7	-32.2342	9.1014	-50.0726	-14.3957	0.0004	149.5986	G88	-6.5239	17.2757	-40.3836	27.3359	0.7057	175.3089
G70	-30.0109	14.0359	-57.5207	-2.5010	0.0325	151.8219	G89	2.4765	17.2757	-31.3832	36.3363	0.8860	184.3092
G71	-5.7369	14.0359	-33.2467	21.7730	0.6827	176.0959	G9	-8.0042	11.5354	-30.6131	14.6047	0.4878	173.8285
G72	-14.8850	17.2619	-48.7177	18.9477	0.3885	166.9477	G90	-18.5292	17.2757	-52.3890	15.3305	0.2835	163.3035
G73	-12.5702	17.2619	-46.4029	21.2625	0.4665	169.2625	G91	-18.9762	17.2757	-52.8359	14.8836	0.2720	162.8566
G74	-12.5702	17.2619	-46.4029	21.2625	0.4665	169.2625	G92	0.5076	17.0089	-32.8293	33.8445	0.9762	182.3403
G75	7.5681	17.2619	-26.2646	41.4008	0.6611	189.4009	G93	7.5221	17.6497	-27.0708	42.1149	0.6700	189.3548
G76	-12.5702	17.2619	-46.4029	21.2625	0.4665	169.2625	G94	9.4997	17.6497	-25.0931	44.0926	0.5904	191.3324
G77	16.1324	17.2619	-17.7003	49.9651	0.3500	197.9651	G95	11.6227	17.6497	-22.9702	46.2155	0.5102	193.4554
G78	23.9977	17.0089	-9.3392	57.3347	0.1583	205.8305	G96	-15.3723	17.6497	-49.9651	19.2206	0.3838	166.4605
G79	-1.3491	17.0089	-34.6861	31.9878	0.9368	180.4836	G97	5.5190	17.6497	-29.0738	40.1119	0.7545	187.3518
G8	4.9016	14.3620	-23.2475	33.0506	0.7329	186.7343	G98	-0.2947	17.6497	-34.8875	34.2982	0.9867	181.5381
G80	-0.0149	17.0089	-33.3518	33.3221	0.9993	181.8179	G99	4.2024	17.6497	-30.3905	38.7952	0.8118	186.0351

