



GABRIEL NORONHA MORETTI

**PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS NA SELEÇÃO
DE GENÓTIPOS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS EM ENSAIO
DE VALOR DE CULTIVO E USO**

LAVRAS – MG

2023

GABRIEL NORONHA MORETTI

**PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE
ARROZ DE TERRAS ALTAS EM ENSAIO DE VALOR DE CULTIVO E USO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel

Prof. Dr. Flávia Barbosa Silva Botelho

Orientadora

Me. Felipe Pereira Cardoso

Coorientador

Lavras – MG

2023

GABRIEL NORONHA MORETTI

**PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE
ARROZ DE TERRAS ALTAS EM ENSAIO DE VALOR DE CULTIVO E USO**

**GENETIC AND PHENOTYPIC PARAMETERS IN THE SELECTION OF UPLAND
RICE GENOTYPES IN THE VALUE OF CULTIVATION AND USE**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel

APROVADA em 06 de julho de 2023

Me. Felipe Pereira Cardoso	UFLA
Dr. Flávia Barbosa Silva Botelho	UFLA
Dr. Janine Magalhães Guedes Simão	EPAMIG

Prof (a). Dr. Flávia Barbosa Silva Botelho

Orientadora

Me. Felipe Pereira Cardoso

Coorientador

Lavras – MG

2023

Aos meus pais, Marcos e Alessandra, por todo apoio, carinho e motivação diária em todas as etapas da minha vida

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu padrinho/tio André, que me apresentou esta profissão de extrema importância para o mundo, e me levou para conhecer a Universidade Federal de Lavras, em 2015, quando ainda estava ingressando no Ensino Médio. Além disso, agradeço pelos diversos conselhos e orientações durante toda minha jornada acadêmica.

Aos meus pais, Marcos e Alessandra, agradeço por todo apoio durante toda minha vida, por diariamente me motivarem na busca por meus sonhos, e por sempre acreditarem em mim e no meu potencial, isso foi fundamental para que mais um objetivo fosse atingido.

À minha família, por todo apoio, força e motivação. Em especial, meus avós Milton, Santa Ana e Maria, que me criaram e instruíram passando valores e princípios para a vida, mostrando sempre o que é certo ou errado, orientando em que caminho devo seguir, isso foi fundamental para formar a índole que busco ter em minhas ações. Também não poderia deixar de citar minhas tias Paula, Silvana e Rosana, pelo apoio incondicional.

À minha namorada, Isadora, que esteve comigo durante toda essa jornada, agradeço por cada momento compartilhado, pelo apoio, carinho e motivação nos momentos mais difíceis, por cada horário montado em todo início de período, mas principalmente por ser minha companheira para tudo, desde sempre e para sempre.

À Universidade Federal de Lavras e ao seu corpo docente, por me proporcionarem uma formação de excelência e o contato com diversas áreas da agricultura.

À minha orientadora, Prof. Dr. Flávia Barbosa Silva Botelho, agradeço pela oportunidade de poder ter trabalhado contigo durante a graduação, por todas as orientações, apoio e motivação nessa jornada, mas principalmente por não ter desistido de mim e do meu potencial, em momentos que apresentei oscilações.

Ao meu coorientador, Me. Felipe Pereira Cardoso, gostaria de agradecer por todo apoio no desenvolvimento desse trabalho, me orientando na escrita, análise estatística, e na interpretação dos resultados, mas também pela amizade durante todos esses anos.

À pesquisadora da EPAMIG, Dr. Janine Magalhães Guedes Simão, agradeço pelo apoio e auxílio nesse projeto de pesquisa, pela sua disponibilidade, e por toda contribuição para minha formação.

Aos amigos que a universidade me proporcionou, em especial, Kevin Augusto Chaves Fernandes, meu amigo desde o primeiro dia de aula. Obrigado por todo apoio durante essa jornada, compartilhando diversos momentos juntos, e se ajudando diariamente.

Agradeço as entidades de extensão: MelhorArroz, PET Agronomia, Núcleo de Estudos em Sementes (NESem), Grupo de Estudos em Proteção de Plantas (G-PRO), e ao Núcleo de Estudos em Genética e Melhoramento de Plantas (GEN), por todo aprendizado passado através de atividades, reuniões e treinamentos, pelas amizades criadas, e por me proporcionarem uma formação profissional e pessoal de alta qualidade.

Por último, agradeço a EPAMIG e a instituição de fomento à pesquisa FAPEMIG, pelo apoio e por viabilizar a realização de pesquisas de tamanha importância para a agricultura.

OBRIGADO!

RESUMO

O arroz (*Oryza sativa*) é amplamente cultivado e consumido em todo o mundo, sendo um dos cereais mais difundidos. No Brasil, enfrentando o desafio de manter a produção de arroz, o melhoramento genético emerge como uma das estratégias de maior sucesso. Isso envolve o desenvolvimento de linhagens amplamente adaptadas e produtivas, capazes de se adequar às novas áreas agrícolas. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de linhagens do Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU), quanto a produtividade, precocidade, renda e rendimento de grãos, visando a seleção e recomendação de genótipos superiores. O experimento foi conduzido durante a safra 2022/23, instalado em dois locais no município de Lavras-MG, sendo um deles na área experimental do Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária, na Universidade Federal de Lavras (UFLA), e outro no Campo Experimental de Lavras, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). Ao todo, 20 linhagens do VCU foram avaliadas nos experimentos, e o delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com três repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por cinco linhas de 4 m, espaçadas a 0,35 m, com densidade de semeadura de 80 sementes/metro. Durante a realização dos experimentos foram avaliadas as seguintes características: dias até o florescimento (DEF), produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), renda e rendimento de grãos. As análises de variância conjunta foram realizadas por meio do software GENES, o agrupamento de médias pela metodologia de Scott-Knott, e a partir dos resultados obtidos foram estimados os parâmetros genéticos e fenotípicos para seleção de genótipos superiores. Houve diferenças significativas em função da variável genótipo para produtividade, número de dias para florescimento e rendimento de grãos inteiros. Já em relação a variável ambiente, os resultados apontaram diferença significativa apenas para renda e rendimento de grãos. A herdabilidade (h^2) para os caracteres florescimento e rendimento de grãos inteiros foi alta, visto que apresentaram valores acima de 60%. Diante dos resultados, a linhagem que mais se destacou foi a MP1819-106-8 Trat. 44 EO, pois dentre os 20 materiais testados foi o mais precoce, e mesmo assim apresentou a quarta melhor produtividade de grãos, com $4051,24 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, e o segundo melhor rendimento de grãos inteiros.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Melhoramento genético. Variância genética. Variância fenotípica. Herdabilidade.

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa*) is widely cultivated and consumed throughout the world, being one of the most widespread cereals. In Brazil, facing the challenge of maintaining rice production, genetic improvement emerges as one of the most successful strategies. This involves the development of widely adapted and productive varieties, capable of adapting to new agricultural areas. In this context, the objective of this work was to evaluate the performance of lines from the Highland Rice Improvement Program of the Federal University of Lavras (UFLA), in Value of Cultivation and Use (VCU) trials, regarding productivity, precocity, yield and grain yield, aiming the selection and recommendation of superior genotypes. The experiment was conducted during the 2022/23 crop season, installed in two sites in the municipality of Lavras-MG, one in the experimental area of the Center for Scientific and Technological Development in Agriculture, at the Federal University of Lavras (UFLA), and the other in the Experimental Field of Lavras, of the Agricultural Research Corporation of Minas Gerais (EPAMIG). In all, 20 VCU strains were evaluated in the experiments, and the design used was randomized block design (BCT) with three repetitions. The experimental plots consisted of five 4m rows, spaced at 0.35m, with sowing density of 80 seeds/meter. During the experiments the following characteristics were evaluated: days to flowering (DEF), grain yield ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), yield and grain yield. The joint analysis of variance was performed using the GENES software, the grouping of means by Scott-Knott methodology, and from the results obtained the genetic and phenotypic parameters for the selection of superior genotypes were estimated. There were significant differences according to the genotype variable for productivity, number of days to flowering and whole grain yield. In relation to the environment variable, the results showed significant difference only for yield and grain yield. The heritability (h^2) for the characters flowering and whole grain yield was high, since they presented values above 60%. In view of the results, the strain that stood out the most was MP1819-106-8 Trat. 44 EO, because among the 20 tested materials it was the earliest, and even so showed the fourth best grain yield, with $4051.24 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, and the second best whole grain yield.

Keywords: *Oryza sativa*. Genetic improvement. Genetic variance. Phenotypic variance. Heritability.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1	Cultura do arroz: aspectos gerais e importância no Brasil e no mundo.....	12
2.2	Melhoramento genético de arroz de terras altas.....	13
2.3	Interação Genótipos-Ambientes	14
2.4	Adaptabilidade e estabilidade.....	15
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3.1	Local de condução do experimento.....	17
3.2	Material genético.....	18
3.3	Características avaliadas.....	18
3.4	Condução dos experimentos.....	19
3.5	Análise de dados.....	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5	CONCLUSÃO.....	27
	REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

A cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) é cultivada e consumida em todo o mundo, tornando-o um dos cereais mais populares. O arroz representa um dos alimentos básicos, e se destaca por desempenhar um papel fundamental ao fornecer alimento para milhões de pessoas diariamente (FAO, 2018). Além disso, consiste em uma das principais fontes de energia e de diversos nutrientes essenciais, como proteínas, vitaminas e minerais (WALTER et al., 2008). Igualmente, sua importância ganha ainda mais relevância por atuar diretamente na garantia da segurança alimentar e nutricional para mais da metade da população mundial (WANDER; DA SILVA, 2014).

Existem dois sistemas de cultivos para a cultura, sendo eles: o arroz irrigado, ou de várzea, e o arroz de terras altas, também denominado como arroz de sequeiro (PINHEIRO et al. 2006). O cultivo de arroz irrigado predomina e esteve presente em cerca de 93% das áreas cultivadas durante a safra 2022/23 (CONAB, 2023), porém tal situação é preocupante, uma vez que, houve uma queda significativa da área produzida da safra 2021/22 para 2022/23, passando de 1,30 mil hectares para 1,17 mil hectares (CONAB, 2023). Determinada circunstância se deve ao fato de que muito orizicultores tradicionais da região Sul estão migrando para outras culturas, como a soja. Com isso, o arroz de terras altas ganha força, visando manter ou até mesmo elevar a produção de arroz no país, principalmente com a oportunidade de inserção em sistemas de produção intensivos, que utilizam uma sequência de culturas irrigadas por pivô central, entregando altas produtividades (DE CASTRO; FERREIRA; SILVA, 2022).

O Brasil, mesmo sendo o maior produtor fora do continente asiático (USDA, 2023), enfrenta fortes desafios na produção de arroz, e nesse contexto, o melhoramento genético de plantas surge como uma estratégia altamente bem-sucedida. Isso implica no desenvolvimento de novas cultivares com alto potencial produtivo, e que sejam amplamente adaptáveis às áreas agrícolas, visando sempre atender o produtor rural, mas também a indústria de beneficiamento, e o consumidor final.

De forma geral, o melhoramento genético é uma combinação de arte e ciência que possibilita aprimorar geneticamente as plantas (FEHR, 1987). Esse processo teve início há mais de 10.000 anos e foi intensificado devido à crescente demanda por alimentos resultante do aumento da população (RAMALHO; LAMBERT, 2004). No melhoramento genético de arroz de terras altas almeja-se alcançar determinadas características desejadas, as quais incluem: alto potencial produtivo, resistência à brusone e outras doenças, precocidade, resistência ao

acamamento, tolerância à seca, e qualidade de grãos *premium* (BRESEGHELLO; CASTRO; DE MORAIS, 2006).

Desde 1993, o Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras (UFLA), atua em parceria com a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), e a EMBRAPA Arroz e Feijão, buscando desenvolver novas cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas do estado de Minas Gerais (SOARES et. al., 2004).

Desta forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho de linhagens do Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU), quanto a produtividade, precocidade, renda e rendimento de grãos, visando a seleção e recomendação de genótipos superiores para o estado de Minas Gerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do arroz: aspectos gerais e importância no Brasil e no mundo

A cultura do arroz (*Oryza sativa* L.), é de grande importância para a agricultura mundial, sendo fundamental para a economia de muitos países, tendo em vista que é responsável por fornecer alimento para milhões de pessoas em todo o mundo (FAO, 2018). Além disso, o arroz possui um enorme valor social, pois é um dos principais alimentos básicos, representando uma excelente fonte de energia, resultante da alta concentração de amidos, mas também fonte de diversos nutrientes essenciais, como proteínas, vitaminas e minerais (WALTER et al., 2008). Portanto, a cultura desempenha um papel crucial na garantia da segurança alimentar e nutricional para mais da metade da população mundial (WANDER; DA SILVA, 2014).

O arroz possui origem asiática, e sua expansão global ocorreu por meio das grandes navegações (DUBOS, 1995), e isso fez com que atualmente a cultura seja encontrada em todos os continentes, em diferentes graus de importância e desenvolvimento. Além disso, apresenta um significado importante para muitas comunidades, desempenhando um papel na identidade e patrimônio cultural de muitos municípios e regiões produtoras (BISOGNIN, 2022).

A produção de arroz é uma atividade agrícola que contribui para a geração de empregos, tanto no campo, de forma direta, quanto indiretamente em atividades relacionadas, empregando aproximadamente 144 milhões de pessoas em todo o mundo, incluindo desde trabalhadores rurais até profissionais da indústria de beneficiamento, do comércio e da logística envolvidos na distribuição do produto final (FAO, 2014). A Embrapa vem desenvolvendo novas tecnologias na agricultura, buscando proporcionar melhores condições de trabalho no setor orizícola (MARTINS, 2018).

Na cultura do arroz, temos dois principais sistemas de cultivo, sendo eles: o arroz irrigado e o arroz de sequeiro, também denominado como arroz de terras altas. O arroz irrigado é cultivado em áreas com alta disponibilidade de água, como em planícies alagadas ou áreas de várzea. Já o arroz de terras altas, pode ser cultivado nas demais regiões em que a chuva é suficiente para manter o desenvolvimento e crescimento das plantas, ou em situações em que se utiliza sistema de irrigação por aspersão (PINHEIRO et al. 2006).

Na safra 2022/23, o Brasil produziu 9,9 milhões de toneladas, sendo 9,2 milhões de toneladas provenientes do sistema irrigado, e 748,6 mil toneladas do arroz de terras altas. Em comparação com a safra de 2021/22, houve uma queda de 9,2% na área plantada, saindo de

1,62 mil hectares para 1,47 mil hectares. Em contrapartida, avaliando a produtividade, ocorreu um aumento de 1,6% em relação à safra anterior, atingindo nesta safra a média de 6.773 kg/ha. Os estados brasileiros que obtiveram maiores produções foram: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Tocantins, Mato Grosso e o Maranhão (CONAB, 2023).

No que se refere à produção orizícola mundial, os países que se destacaram como maiores produtores foram respectivamente, a China, Índia, Indonésia e o Vietnã. O Brasil, por sua vez, é o maior produtor fora do continente asiático, ocupando atualmente a oitava posição no ranking mundial de produção (USDA, 2023).

2.2 Melhoramento genético de arroz de terras altas

O arroz de terras altas, ou de sequeiro, é um dos sistemas adotados na condução da lavoura de arroz. No ano de 1986, 80% do arroz cultivado no Brasil era por esse sistema, e apenas 20% pelo arroz irrigado (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2021). Atualmente, há predominância do sistema irrigado, representando 93% das áreas na safra 2022/23 (CONAB, 2023). Porém, tal situação deve mudar à medida que vem ocorrendo a redução das áreas de produção do sistema irrigado, devido a entrada da soja no Sul, região de maior produção do sistema inundado no Brasil (CONAB, 2023). Sendo assim, visando manter e até mesmo elevar a produção de arroz no país, o sistema de terras altas é uma das principais alternativas, principalmente com a possibilidade de inserção em sistemas de produção intensivos, que utilizam uma sequência de culturas irrigadas por pivô central (DE CASTRO; FERREIRA; SILVA, 2022).

O melhoramento consiste na arte e a ciência capaz de propiciar o melhoramento genético de plantas (FEHR, 1987), tal processo se iniciou há mais de 10.000 anos atrás e foi intensificado pela crescente demanda por alimentos gerada pelo aumento populacional (RAMALHO; LAMBERT, 2004). Existem diversos métodos de melhoramento para a condução de populações segregantes, no entanto, desde que sejam manejados de forma correta, com todos é possível alcançar o sucesso na seleção de famílias superiores (RAPOSO; RAMALHO; ABREU, 2000). De acordo com a realidade do programa, e a disponibilidade de recursos, é importante estabelecer e traçar as melhores estratégias para a condução das populações (BORÉM; MIRANDA, 2005).

Frente a importância do arroz de sequeiro, citada acima, o melhoramento de plantas corresponde a uma ferramenta fundamental para manter, ou até mesmo elevar a produção arrozeira no Brasil com o desenvolvimento de novas cultivares. Fato é que, no melhoramento

genético de arroz de terras altas busca-se atingir algumas características alvo, sendo elas: alto potencial produtivo, resistência à brusone e outras doenças, precocidade, resistência ao acamamento, tolerância à seca, e qualidade de grãos *premium* (BRESEGHELLO; CASTRO; DE MORAIS, 2006).

Desde 1976, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Arroz e Feijão, sediada em Santo Antônio do Goiás, no estado de Goiás, desenvolve melhoramento genético de arroz de terras altas. Cabe ressaltar que, com o passar do tempo os objetivos e prioridades do programa foram se modelando de acordo com a realidade e a distribuição geográfica da cultura no Brasil (BRESEGHELLO; CASTRO; DE MORAIS, 2006), contudo, sempre buscando atender as demandas do produtor rural, da indústria de beneficiamento, e as exigências do consumidor final.

O Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras (UFLA), foi fundado em 1993, em parceria com a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), e a EMBRAPA Arroz e Feijão. Desde então, atua desenvolvendo novas cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas do estado de Minas Gerais (SOARES et. al., 2004). Uma das etapas finais do programa consiste no ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU), realizada com o objetivo de identificar materiais com alto potencial agrônomo, adaptados e produtivos. Esses devem ser testados, e apresentar um desempenho superior em diferentes ambientes de cultivo (FERREIRA, 2022),

Alguns exemplos de variedades melhoradas de arroz de terras altas, são: BRSMG Caçula, BRS Esmeralda, BRS 501 CL, e a BRS A502, esta última, recém-lançada pela EMBRAPA Arroz e Feijão, destaca-se por apresentar alto potencial produtivo, sobretudo em áreas de cultivo intensivo, e ainda conta com grãos de alta qualidade culinária e industrial (FURTINI et. al., 2022).

2.3 Interação genótipos-ambientes

A interação genótipos x ambientes (G x A), refere-se ao modo como o genótipo responde, sob influência do ambiente, e suas possíveis variações (HONGYU, 2018). Essa interação também pode ser caracterizada pela resposta variada dos genótipos em diferentes ambientes (BORÉM; MIRANDA, 2009). Fato é que, o conhecimento da relação G x A é de extrema importância, pois impacta no desenvolvimento de cultivares, estando diretamente ligadas à fatores fisiológicos e bioquímicos específicos de cada genótipo (NUNES et al., 2011). Além disso, deve-se ressaltar que, aproximadamente mais de 50% da variação total na produção

de grãos pode ser atribuída ao efeito dos locais, meses, anos, época de semeadura e cultivares (RAMALHO; ABREU; RIGHETTO, 1993).

Nota-se, na literatura, a ocorrência de dois tipos de interação genótipos x ambientes possíveis, podendo ser: simples ou complexa (ROBERTSON, 1960). A interação simples possui caráter quantitativo, enquanto a complexa qualitativo, ambas em função do desempenho fenotípico dos genótipos em relação aos ambientes (BAKER, 1990). De forma geral, há três formas possíveis de lidar com a relação G x A em um programa de melhoramento, sendo elas: 1) ignorar os efeitos, 2) evitar os efeitos, 3) explorar os efeitos. A primeira estratégia atrasa o progresso genético, já a segunda e a terceira vem sendo amplamente utilizadas pelos melhoristas por diversos fatores, sendo alguns deles: a busca por cultivares altamente produtivas e adaptadas a diferentes locais, permitir a seleção para ambientes específicos, economizar tempo e recursos gastos no processo de melhoramento genético (COSTA NETO et. al., 2020).

Portanto, a interação implica intrinsecamente no trabalho de melhoristas, podendo ser utilizada para tomada de decisões, a fim de direcionar esforços e recursos do programa de melhoramento (MALOSETTI et al., 2013). Ademais, é evidenciada no momento de recomendações de novas cultivares ao mercado, que devem ser avaliadas em condições ambientais semelhantes às dos locais de cultivos (RAMALHO; ABREU; DOS SANTOS, 1998). Por isso, para minimizar os efeitos dessa interação realiza-se uma rede de experimentos.

A cultura do feijoeiro cultivado em diferentes safras e ambientes, evidenciou diferentes respostas do genótipo em função do ambiente (ZANELLA et. al., 2019). Assim como, cultivares de soja com desempenho diferencial ao longo dos ambientes de cultivo (CERUTTI et. al., 2020), e na adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de terras em diferentes locais no estado de Minas Gerais (ALVES et. al., 2020).

2.4 Adaptabilidade e Estabilidade

Analisando a interação G x A, por si só não basta para compreender comportamento dos genótipos frente a variações ambientais. Logo, é necessário utilizar alguns modelos para identificar e prever o desempenho dos diferentes genótipos em relação ao ambiente (CRUZ; REGAZI; CARNEIRO, 2012), avaliar a adaptabilidade e estabilidade é uma das formas possíveis de mensurar esse desempenho.

A adaptabilidade refere-se à habilidade do genótipo em responder de maneira favorável a melhorias do ambiente, enquanto a estabilidade diz respeito à capacidade do genótipo em

apresentar um desempenho previsível diante das variações ambientais (MARIOTTI, et al., 1976). Sendo assim, é desejável que a cultivar a ser desenvolvida seja estável e amplamente adaptada a diferentes regiões e condições específicas.

Podem ser empregados diversos métodos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade, sendo alguns exemplos: Eberhart-Russell (1966) que se baseia em uma regressão linear simples, leva em conta o desempenho médio e a interação genótipos x ambientes. Outro muito comum, é método de Lin e Binns (1998), modificado por Carneiro (1998), que se baseia em métodos não parimétricos, é muito utilizado devido a sua facilidade para interpretação, pois leva em conta tanto o desempenho médio quanto a estabilidade em relação a um genótipo de referência (MACIEL, 2022).

Outros índices comumente empregados para realizar a avaliação são: Additive Main effects and Multiplicative Interaction (AMMI), consiste em uma combinação de métodos univariados com multivariados, e que permite decompor a interação genótipo-ambiente em componentes aditivos e multiplicativos, identificando variedades produtivas e estáveis (ARCE, 2014). Outro método estatístico de extrema relevância é o Biplot Genotype and Genotype \times Environment interaction (GGE), que faz referência principal ao efeito do genótipo (G), mais o ambiente (GE). Além disso, esse método utiliza gráficos Biplot para visualizar a interação e identificar as variedades mais adaptáveis e estáveis (GONÇALVES E FRITSCHÉ-NETO, 2012).

Alguns exemplos de variedades de arroz que apresentam alta adaptabilidade e estabilidade em diferentes ambientes de cultivo em diferentes ambientes e condições agrícolas, são: BRS Catiana (DE MORAIS et. al. 2016), e a BRS PAMPA, para a região Sul do Brasil (MAGALHÃES JÚNIOR et. al. 2012).

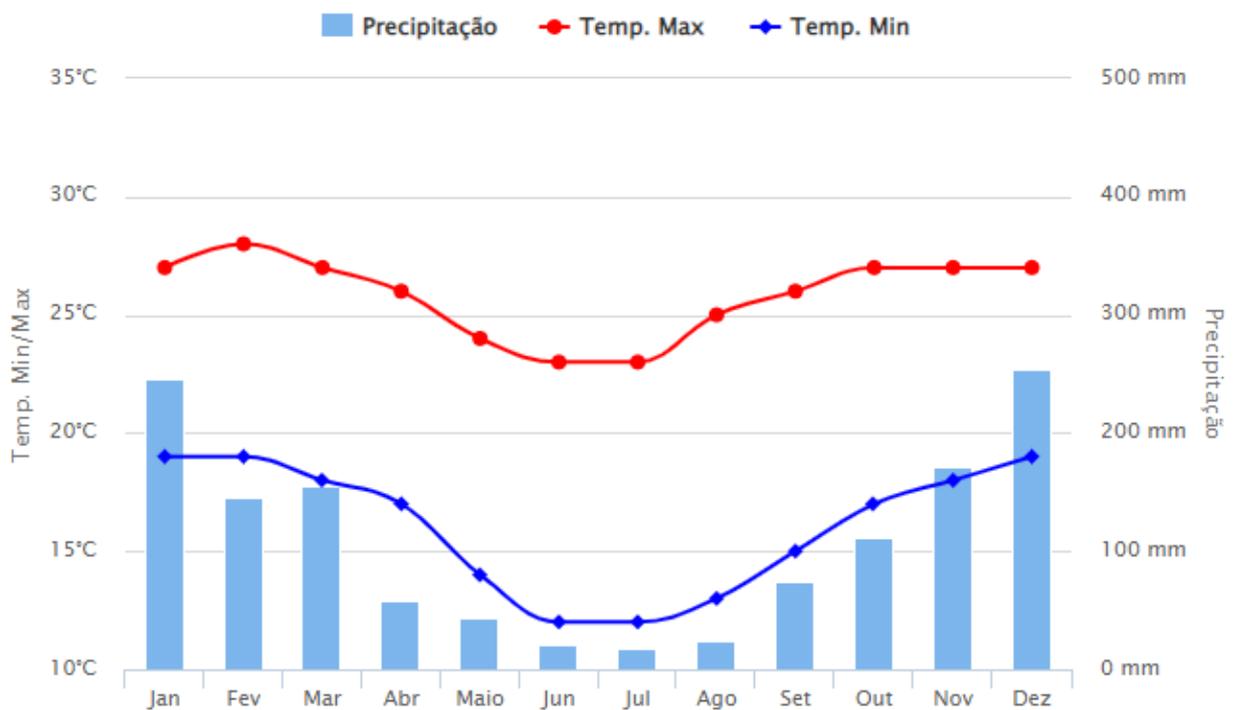
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido durante a safra 2022/23, em dois locais no município de Lavras, no estado de Minas Gerais, sendo um deles na área experimental do Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária, na Universidade Federal de Lavras (UFLA), e outro no Campo Experimental de Lavras, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

Analisando um histórico dos últimos 30 anos, o clima do município de Lavras-MG possui duas estações definidas, seca de abril a setembro e chuvosa de outubro a março, e conforme a classificação climática de Köppen e Geiger é do tipo Cwa, apresentando clima subtropical úmido. (Climatempo, 2023).

Figura 1 – Dados referentes ao comportamento da temperatura e pluviosidade ao longo do ano no município de Lavras-MG, médias calculadas em uma série de dados de 30 anos.



Fonte: Climatempo (2023).

3.2 Material genético

Foram avaliadas 20 linhagens, pertencentes ao ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU) do Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras, em convênio com a EMBRAPA Arroz e Feijão e EPAMIG (Tabela 1).

Tabela 1 – Linhagens do ensaio VCU conduzido na safra 2022/23

Identificação	Genótipo
1	CNAx18360-B-3-B-B
2	CNAx20651-B-39 Trat. 67 EO
3	BRS Esmeralda
4	CMG ERF 221-16
5	CNAx20663-B-14 Trat. 78 EO
6	BRSMG Caçula
7	CNAx20658-B-12 Trat. 73 EO
8	CNAx20652-B-22 Trat. 69 EO
9	CNAx20650-B-17 Trat. 63 EO
10	CNAx20665-B-5 Trat. 80 EO
11	CNAx18839-B-6-B Trat. 10 do Preliminar
12	CNAx20650-B-22-B
13	CMG ERF 179-3 Trat. 11 do Preliminar
14	CNAx20651-B-6 (Trat. 64 EO 19/20)
15	CNAx20651-B-29 (Trat. 66 EO 19/20)
16	OBS1819-126-9 Trat. 7 do Preliminar
17	CNAx20665-B-15 Trat. 83 EO
18	CNAx20665-B-6 Trat 81 EO
19	MP1819-106-8 Trat. 44 EO
20	CMG 1590

Fonte: Do autor (2023)

3.3 Características avaliadas

Foram avaliados as seguintes características:

a) Produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$):

Corresponde à extrapolação do peso dos grãos da área útil da parcela ($4,8 \text{ m}^2$), após colheita e secagem para 13% de umidade, para 10.000 m^2 .

b) Dias para o florescimento (DFL):

Sendo o número de dias do plantio até o florescimento de 50% das plantas da parcela.

c) Renda (%):

Representa a percentagem de arroz beneficiado (descascado e polido), somando os grãos inteiros e quebrados, resultantes do processamento de 100g de arroz em casca de cada parcela, realizado por meio do moinho modelo PAZ-1/DTA. A renda de grãos beneficiados foi determinada por meio do cálculo percentual da massa de grãos inteiros e quebrados, em relação a massa inicial da amostra antes de ser polida, conforme a fórmula.

$$\text{Renda (\%)} = \frac{\text{Rendimento de grãos beneficiados e brunidos (inteiros + quebrados)}}{\text{Massa de grãos em casca}}$$

d) Rendimento de grãos inteiros (%):

Realizou-se a contabilização da massa de grãos inteiros e quebrados de cada parcela, resultante do beneficiamento dos grãos de arroz. Este processo também foi realizado por meio do moinho modelo PAZ-1/DTA e um trieur nº 01. O rendimento de grãos inteiros foi determinado por meio do cálculo percentual de grãos inteiros, conforme a fórmula.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Rendimento de grãos beneficiados e polidos (inteiros)}}{\text{Massa de grãos em casca}}$$

3.4 Condução dos experimentos

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados (DBC), com três repetições. As parcelas foram constituídas por cinco linhas de 4 m espaçadas 0,35 m, com densidade de semeadura de 80 sementes/metro. Com a finalidade de evitar possíveis contaminações, foram colhidas apenas as 3 linhas centrais de cada parcela, totalizando 4,8 m² como área útil da parcela.

A aplicação de fertilizantes, no plantio e em cobertura, foi realizada com base na recomendação para a cultura levando em consideração a análise de solo nos locais de plantio. Quanto ao controle de doenças, não foram utilizados fungicidas, já que a tolerância às mesmas faz parte das avaliações do experimento. Os demais tratos culturais foram os mesmos recomendados para a cultura do arroz de terras altas na região.

3.5 Análise dos dados

Os dados obtidos nas avaliações foram tabulados e foi realizado a análise de variância conjunta por meio do software GENES, e o agrupamento de médias pela metodologia de Scott-Knott. A partir dos resultados obtidos foram estimados os parâmetros genéticos e fenotípicos, em relação às características avaliadas.

As análises de variâncias conjunta para cada característica foram realizadas considerando o delineamento em blocos casualizados. O seguinte modelo estatístico foi empregado:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + b_{j(k)} + l_k + gl_{ik} + e_{ij(k)}$$

Em que:

Y_{ijk} : observação referente ao genótipo i , na repetição j ;

μ : constante associada às observações (média geral);

g_i : efeito do genótipo i ($i = 1, 2, \dots, 20$);

$b_{j(k)}$: efeito do bloco j ($j = 1, 2, 3$) dentro do local k ($k = 1, 2, 3$);

l_k : efeito do local k ($k = 1, 2$);

gl_{ik} : efeito da interação do i -ésimo genótipo com o k -ésimo local;

e_{ijk} : efeito do erro experimental associado à observação, sendo $e_{ik} \sim N(0, \sigma_e^2)$

Para cada característica avaliada foi estimado o coeficiente de variação experimental (CV), através da seguinte fórmula:

$$CV (\%) = \frac{\sqrt{QME}}{\bar{x}} \times 100$$

Em que:

QME: Quadrado Médio do Erro;

\bar{x} : Média dos tratamentos avaliados;

Foram estimados os componentes de variância genética e fenotípica, conforme as expressões abaixo:

$$\sigma_G^2 = \frac{QMg - QMe}{a \cdot r}$$

$$\sigma_F^2 = \frac{QMg}{a \cdot r}$$

Em que:

a = número de ambientes

σ_G^2 = variância genética entre os genótipos;

σ_F^2 = variância fenotípica entre os genótipos;

QMg = quadrado médio dos genótipos;

QMe = quadrado médio do erro dos genótipos;

r = número de repetições do experimento.

A herdabilidade para a seleção na média das progênes foi estimada utilizando a expressão:

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2 \times 100}{\sigma_F^2}$$

Em que:

h^2 : herdabilidade;

σ_G^2 e σ_F^2 : já definidos anteriormente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a seleção de genótipos de arroz de terras altas por meio das estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, visando à obtenção de linhagens superiores, realizou-se análise de variância conjunta para as características: produtividade de grãos, número de dias para o florescimento, renda de grãos beneficiados, e rendimento de grãos inteiros.

De acordo com Pimentel-Gomes (2009), para experimentos em campo, o coeficiente de variação é freqüentemente empregado, e pode ser classificado como baixo, se for menor que 10%, médio, quando varia entre 10 a 20%, alto, se oscila entre 20 a 30% e muito alto quando está acima de 30%. Analisando a tabela 2 da análise de variância, observa-se o CV com valores abaixo de 20% para as três características analisadas, demonstrando boa precisão experimental. A produtividade de grãos é a única área em que o coeficiente de variação (CV) ultrapassou 20%. No entanto, essa situação pode ser explicada pelo fato de que essa característica é fortemente influenciada pelo ambiente na expressão do fenótipo. Apesar disso, o valor ainda está dentro dos limites observados para essa característica na literatura. (MORAIS JÚNIOR et al., 2018)

Tabela 2 - Resumo da análise de variância conjunta, e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos avaliados no ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU), conduzido na safra 2022/23 para as características: produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), número de dias para o florescimento (dias), renda de grãos (%), rendimento de grãos inteiros (%).

FV	GL	PRODUTIVIDADE ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	DFL ¹ (dias)	RENDA (%)	RENDIMENTO (%)
GENÓTIPOS	19	1577759,12*	37,07**	4,31 ^{ns}	144,02**
AMBIENTE	1	394613,50 ^{ns}	0,13 ^{ns}	415,13**	10586,28**
G x A	19	1007641,52 ^{ns}	0,59 ^{ns}	1,83 ^{ns}	25,71 ^{ns}
BLOCOS/AMB.	4	2591855,79	1,98	14,46	65,17
ERRO	76	734934,27	0,74	2,81	28,27
MÉDIA		3551,83	86,88	68,95	46,77
CV (%)		24,14	0,99	2,43	11,36
σ^2_G		140470,80	6,05	0,25	19,29
σ^2_F		262959,85	6,17	0,71	24,00
h^2		53,42	98,05	34,96	80,37

** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

* - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

^{ns} - não significativo pelo teste F

¹ DFL: Número de dias para o florescimento

Fonte: Do autor (2023)

Em relação aos genótipos, houve diferença significativa para: número de dias para o florescimento (DFL), produtividade e rendimento de grãos inteiros. Desta forma, os genótipos apresentaram comportamentos distintos em relação as características quantitativas avaliadas. Em relação ao ambiente, a análise estatística revelou a existência de diferença significativa apenas para renda e rendimento de grãos.

Ainda analisando a Tabela 2, para a produtividade de grãos, a média apresentada foi de 3551,83 kg.ha⁻¹, considerada como uma boa produtividade, estando acima da média do estado de Minas Gerais que é de aproximadamente 2035 kg.ha⁻¹ (CONAB, 2023). No caractere DFL, a média apresentada foi de aproximadamente 87 dias, considerada adequada. Tal caracter desempenha um papel essencial na seleção de genótipos precoces de arroz de terras altas, que corresponde a um dos principais objetivos do melhoramento genético nesta área atualmente, buscando a inserção do arroz de sequeiro no sistema de produção intensivos (DE CASTRO; FERREIRA; SILVA, 2022).

De acordo com a legislação vigente no Brasil, o preço final para a comercialização do arroz é calculado utilizando o coeficiente de valorização, que é determinado com base na renda e no rendimento mínimo estabelecido pelo governo brasileiro, sendo 68% para a renda de benefício, 40% correspondente a grãos inteiros, enquanto 28% corresponde a grãos quebrados e quimeras (ADAMI; MIRANDA, 2011). Avaliando a Tabela 2, e analisando a renda de grãos beneficiados, obteve-se a média de 68,95%, considerada uma renda satisfatória após o processo de brunimento, atendendo a legislação vigente. Já em relação ao caractere rendimento de grãos, a média apresentada foi de 46,77%, considerada como um bom rendimento de grãos inteiros após o beneficiamento, pois além de atender a legislação brasileira, representa uma vantagem econômica significativa para os produtores (FURTINI et. al., 2020). Ademais, é importante ressaltar que o armazenamento em condições adequadas, em relação a umidade e temperatura, é de extrema importância para manter a qualidade de grãos, e afeta diretamente a renda e rendimento de arroz de terras altas (DA SILVA et. al., 2021).

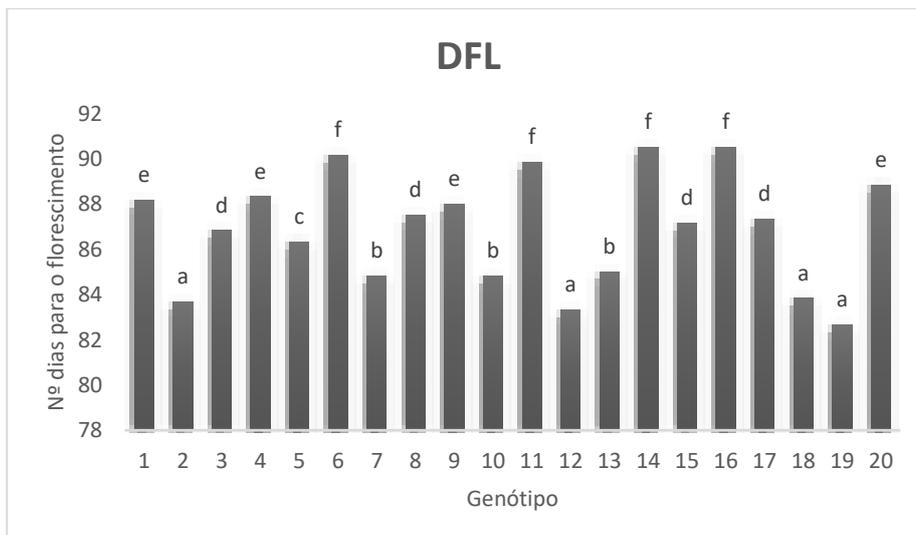
Explorando os parâmetros genéticos e fenotípicos das características avaliadas, as estimativas de herdabilidade são empregadas para discernir as diferenças de origem genética e não genética entre os indivíduos, servindo como ferramenta para melhoristas na melhoria da eficiência dos processos de seleção em programas de melhoramento (RAMALHO et al., 2012). No presente trabalho observa-se alta herdabilidade (h^2) para os caracteres florescimento e rendimento de grãos inteiros, visto que apresentaram valores acima de 60%. Sugere-se, inicialmente, que esses traços sejam menos suscetíveis à influência do ambiente e sejam

governados por um número reduzido de genes que controlam suas expressões fenotípicas. Porém, em contrapartida, os atributos de produtividade de grãos e renda demonstraram, em média, as estimativas mais baixas. Esse resultado era esperado, uma vez que a produtividade de grãos, é amplamente influenciada pelas condições ambientais, e a renda também teve uma baixa herdabilidade pois não houve variabilidade entre os genótipos. Vale ressaltar que as médias de herdabilidade variaram de 34,96% (Renda) até 98,05% (Florescimento).

Analisando as Figuras 2, 3, 4 e 5, é possível observar que o genótipo 19 obteve a melhor performance, destacando-se para todas as características avaliadas, estando nos grupos superiores para todos os caracteres analisados. Tal tratamento corresponde a seguinte linhagem: MP1819-106-8 Trat. 44 EO.

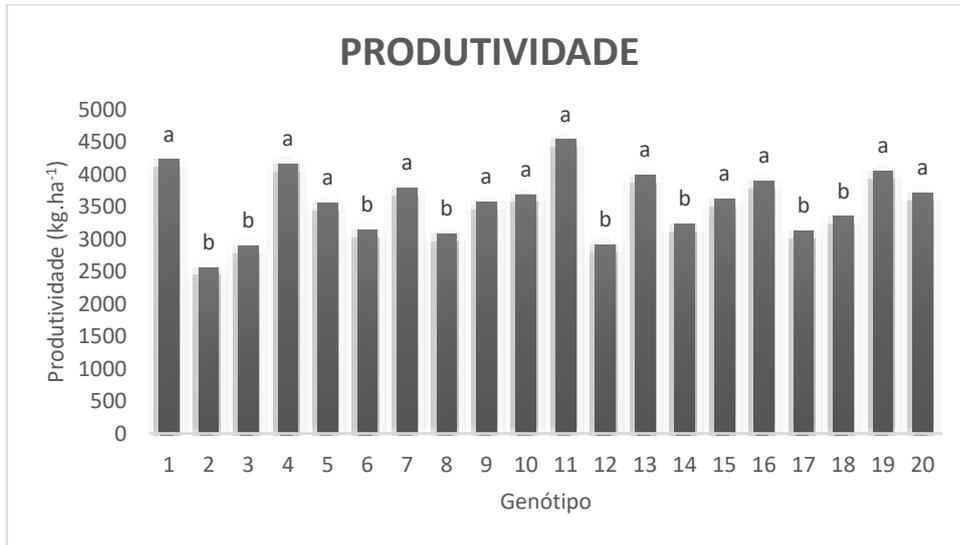
Pode-se evidenciar o desempenho dessa linhagem, pois dentre os 20 genótipos testados foi o mais precoce, e mesmo assim apresentou a quarta melhor produtividade de grãos, com cerca de 4051,24 kg.ha⁻¹, sendo estatisticamente igual aos melhores nessa característica, e obteve o segundo melhor rendimento de grãos inteiros. Além disso, é importante destacar o desempenho dessa linhagem em relação as testemunhas, sendo mais precoce do que a BRSMG Caçula (Genótipo 6), mais produtiva do que a BRS Esmeralda (Genótipo 3), e com desempenho semelhante a CMG 1590 (Genótipo 20), testemunha para qualidade de grãos, estando presente nos mesmos agrupamentos estatísticos nas características de renda e rendimento de grãos.

Figura 2 - Médias da variável DFL - número de dias para o florescimento (dias).



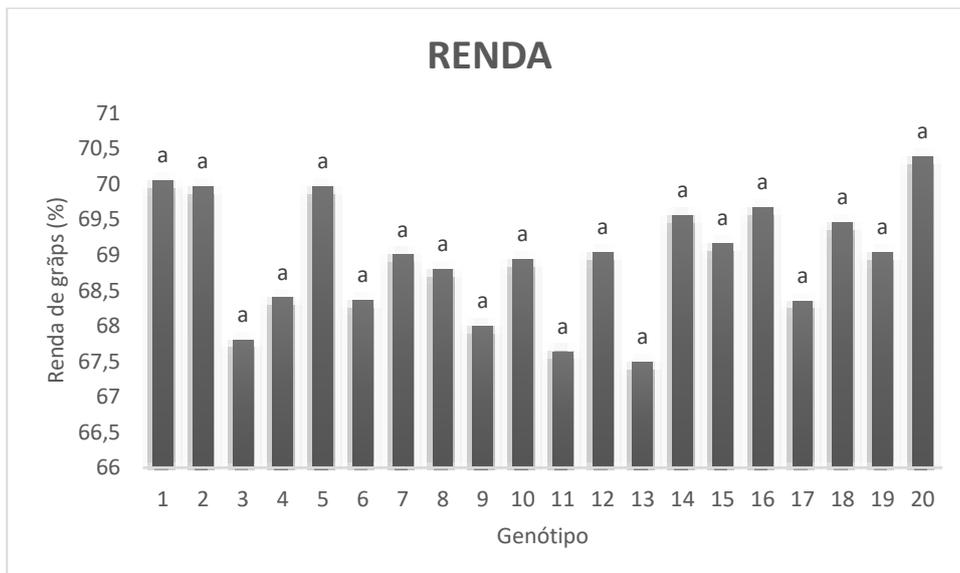
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott
Fonte: Do autor (2023).

Figura 3 – Médias da variável produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).



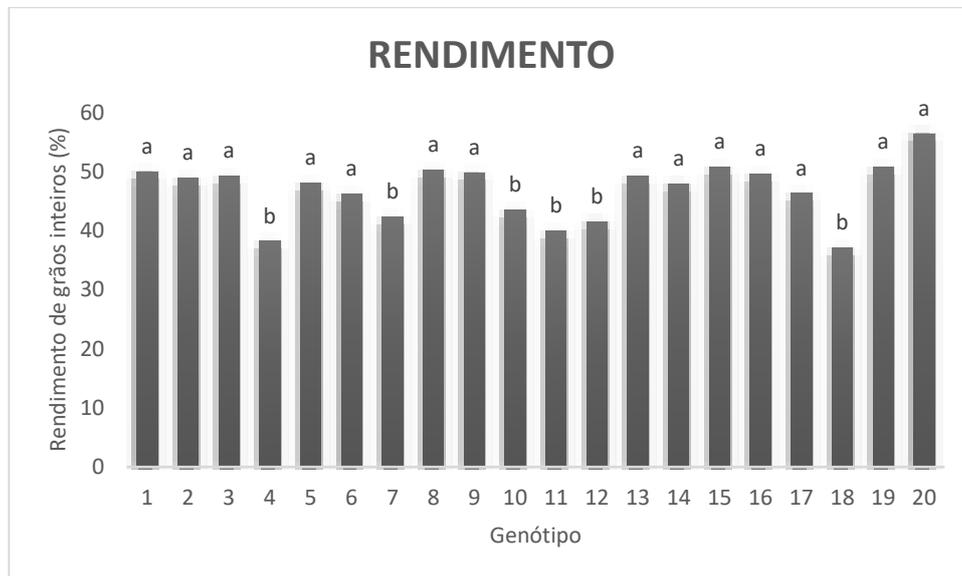
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott
 Fonte: Do autor (2023).

Figura 4 - Médias da variável Renda de grãos (%).



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott
 Fonte: Do autor (2023).

Figura 5 – Médias da variável rendimento de grãos inteiros (%).



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott
Fonte: Do autor (2023).

5 CONCLUSÃO

A linhagem MP1819-106-8 Trat. 44 EO, genótipo 19, foi a que mais se destacou dentre os 20 materiais testados, para as quatro características avaliadas, sendo: número de dias para o florescimento, produtividade, renda e rendimento de grãos.

Portanto, observa-se no presente trabalho, a elevada qualidade dos materiais testados no ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU) do programa de melhoramento de arroz de terras altas da UFLA, e uma alta eficiência na seleção de genótipos nas etapas que o antecedem.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, A.C.O; MIRANDA, S.F.G. Transmissão de preços e cointegração no mercado brasileiro de arroz. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 49, n. 1, p. 55-80, 2011.
- ALVES, Natália Botega et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de linhagens de arroz em Minas Gerais. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e735997857-e735997857, 2020.
- ARCE, Hércules et al. **Adaptabilidade e estabilidade de variedades de milho na região central do Brasil**. 2014.
- BAKER, R. J. Crossover genotype-environmental interaction in spring wheat. In: KANG, M. S. (Ed.). Genotype-by-environment interaction and plant breeding. Louisiana: **Louisiana State University**, 1990. p. 42-51.
- BISOGNIN, Roselaine de Oliveira et al. **Quarta Colônia: um olhar sobre a “cultura” do arroz como identidade e patrimônio cultural de São João do Polêsine–RS**. 2022.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 525 p.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de Plantas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 5ª edição, 2009. 529p.
- BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. da M.; DE MORAIS, O. P. **Progresso genético pelo melhoramento de arroz de terras altas da Embrapa para os Estados de Goiás, Minas Gerais, Maranhão, Piauí e Mato Grosso**. 2006.
- CERUTTI, Paulo Henrique et al. Desempenho de cultivares de soja em diferentes ambientes de cultivo. **Nativa**, v. 8, n. 3, p. 390-396, 2020.
- Clima Tempo. **Climatologia do município de Lavras-MG**. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/154/lavras-mg>>. Acesso em: 31 de maio de 2023.
- CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos, safra 2022/2023**, oitavo levantamento. Companhia Nacional de Abastecimento, 2023. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>> Acesso em: 25 de maio de 2023.
- COSTA NETO, G. M. F. et al. **Uso de informações ambientais na modelagem e interpretação da interação genótipo x ambiente: revisão bibliográfica**. 2020.
- CRUZ, C. D.; REGAZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4º. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 480p.
- DA SILVA, Camila Soares Cardoso et al. Influência do tempo de armazenamento na qualidade de grãos de arroz de terras altas Influence of storage time on the quality of upland rice grains. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 81017-81022, 2021.
- DE CASTRO, A. P.; FERREIRA, Carlos Magri; SILVA, Rodrigo Sérgio. **Arroz em sistemas sustentáveis sob pivô central**. 2022.
- DE MORAIS, O. P. et al. **BRS Catiana: cultivar de arroz irrigado de elevada produtividade e ampla adaptação**. 2016.

DUBOS, René. **Una Breve História do Arroz**. 1995.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. Dados conjunturais da produção de arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil (1986 a 2020): área, produção e rendimento. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2021b. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 28 de maio de 2023.

FAO. Employment and Income. In: Fourth edition - Rice Almanac. [S.l.]: International Rice Research Institute; Rome: **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/rice2014/>. Acesso em: 6 de maio de 2023.

FEHR, W. R. Principles of cultivar development. New York: **Mcmillian**, 1987. 761p.

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

FERREIRA, Mila Alves de Abreu. **Desempenho de linhagens de feijão de diferentes grupos de cores de grãos em ensaio de valor de cultivo e uso (vcu)**. 2022.

Food and Agriculture organization of the United Nations (FAO), 2018. Disponível em: <<https://www.fao.org/economic/est/publicaciones/publicaciones-sobre-el-arroz/seguimiento-del-mercado-del-arroz-sma/es/>>. Acesso em: 19 de junho 2023.

Food and Agriculture organization of the United Nations (FAO), 2018. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/I9243EN/i9243en.pdf>>. Acesso em: 19 de junho 2023.

FURTINI, I. V. et al. BRS A502: cultivar de arroz de terras altas com resistência ao acamamento e grãos de excelente qualidade industrial e culinária. **Embrapa Arroz e Feijão**, 2020.

FURTINI, Isabela Volpi et al. BRS A502: an upland rice cultivar for intensive sustainable cropping systems in the Brazilian Cerrado. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 22, 2022.

GONÇALVES, M. C.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Tópicos especiais de biometria no melhoramento de plantas: com exemplos numéricos e de programação no SAS®**. Suprema, Visconde do Rio Branco, Brasil. 282 p., 2012

HONGYU, K. Adaptability, stability and genotype by environment interaction using the ammi model for multienvironment trials. **Biodiversity**, v.17, n. **Special**, p. 10 - 21. 2018.

MACIEL, Douglas de Oliveira et al. **Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de terras altas por meio da lógica fuzzy**. 2022.

MAGALHÃES JÚNIOR, AM de et al. BRS Pampa: cultivar de arroz irrigado de alta produtividade e excelência na qualidade de grãos. **Comunicado técnico**, n. 202, 2012.

MALOSETTI, M.; RIBAUT, J. M.; VAN EEUWIJK, F. A. The statistical analysis of multienvironment data: **Modeling genotype-by-environment interaction and its genetic basis**. **Frontiers in Physiology**, v. 4, n. 44, Mar. 2013.

MARIOTTI JA, Oarzabal ES, Osa JM, Bulacio ANR, Almada GH (1976) Análise de estabilidade e adaptabilidade de genótipos de cana de açúcar. I. Interações dentro de uma localidade experimental. **Revista Agronómica Norte Argentina** 13:405–412

MARTINS, Espedito Cezário et al. Aumento da produtividade e melhoria das condições do trabalhador rural. **Trabalho descente e crescimento econômico**, p. 25, 2018.

- MORAIS JÚNIOR, O. P. et al. Assessing prediction models for different traits in a rice population derived from a recurrent selection program. **Crop Science**, v. 58, n. 6, p. 2347–2359, 2018.
- NUNES, G. H. DE S. et al. Influência de variáveis ambientais sobre a interação genótipos x ambientes em meloeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1194–1199, 2011.
- PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 15. Ed. Piracicaba: **Ed. ESALQ**, 2009. 451 p.
- PINHEIRO, B. S. et al. Características morfofisiológicas da planta relacionadas à produtividade. 2a. ed. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, Santo Antônio de GoiásGO, p. 209–256, 13 Ago., 2006.
- 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, 2012. 522 p.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A.; DOS SANTOS, P. S. J. **Interações genótipos x épocas de semeadura, anos e locais na avaliação de cultivares de feijão nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais**. 1998.
- RAMALHO, Magno Antonio Patto; ABREU, Ângela de Fátima Barbosa; RIGHETTO, Geraldo Umberto. Interação de cultivares de feijão por épocas de semeadura em diferentes localidades do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 10, p. 1183-1189, 1993.
- RAMALHO, MAGNO ANTÔNIO PATTO; LAMBERT, EDUARDO DE SOUZA. Biometria e o melhoramento de plantas na era da genômica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 02, 2004.
- RAPOSO, Francislei Vitti; RAMALHO, Magno Antônio Patto; ABREU, Angela de Fátima Barbosa. Comparação de métodos de condução de populações segregantes do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1991-1997, 2000.
- ROBERTSON, A. Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations. In: KEMPTHORNE, O. **Biometrical genetics**. London: Pergamon, 1960. p. 101-106.
- SOARES, A. A. et al. **Melhoramento genético de arroz em Minas Gerais**. 2004.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. USDA, 2023. Disponível em: <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usdaesmis/files/3t945q76s/0v839b45x/x346ff79g/wasde0123.pdf> Acesso em: 25 de maio de 2023.
- WALTER, Melissa; MARCHEZAN, Enio; AVILA, Luis Antonio de. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v. 38, p. 1184-1192, 2008.
- WANDER, Alcido Elenor; DA SILVA, Osmira Fátima. **Rentabilidade da produção de arroz no Brasil**. 2014.
- ZANELLA, Rodrigo et al. Desempenho de genótipos de feijão comum em função de estações de cultivo e níveis tecnológicos de insumos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, 2019.