



KAREN EDUARDA DO LAGO

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES EM FASE INICIAL DO
PROGRAMA DE MELHORAMENTO DE ARROZ DE
TERRAS ALTAS**

LAVRAS – MG

2023

KAREN EDUARDA DO LAGO

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES EM FASE INICIAL DO
PROGRAMA DE MELHORAMENTO DE ARROZ DE
TERRAS ALTAS**

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

Prof. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho

Orientador (a)

Dra. Yasmin Vasques Berchembrock

Coorientador (a)

LAVRAS -MG

2023

KAREN EDUARDA DO LAGO

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES EM FASE INICIAL DO PROGRAMA DE
MELHORAMENTO DE ARROZ DE TERRAS ALTAS**

**SELECTION OF PROGENIES IN THE INITIAL PHASE OF THE HIGHLAND RICE
IMPROVEMENT PROGRAM**

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

APROVADA em 24 de novembro de 2023.

Dra. Yasmin Vasques Berchembrock	UFLA
Me. Gerald Angelo M. Sormanti Valenzuela	UFLA

Prof. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho

Orientador (a)

Dra. Yasmin Vasques Berchembrock

Coorientador (a)

LAVRAS -MG

2023

Dedico este trabalho aos meus pais Carlos e Rosimar, meu irmão Crístian e meus avós Margarida e José (in memoriam), Francisco (in memoriam) e Carolina (in memoriam). São minha fonte de apoio e inspiração nesta jornada de aprendizado e descoberta apaixonante sobre a agricultura, que faz parte da nossa história.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e Virgem Maria por me sustentarem e guiarem mesmo quando a fé vacilou, por me chamarem de volta ao meu lugar. A Nossa Senhora do Carmo por me acolher debaixo do seu poderoso amparo como sua filha consagrada.

A minha família por investirem na minha educação como bem mais precioso que se possa ter, por me apoiarem emocionalmente e financeiramente ao longo desses anos de graduação. A minha avó, meus tios e primos por torcerem pelas minhas conquistas.

Ao meu pai, Carlos, por me ensinar tanto sobre trabalho, dedicação e esforço. Por acreditar em mim e me fazer perceber a imprescindibilidade do ofício do trabalhador do campo, a quem devemos dedicar nosso trabalho enquanto agrônomos.

A minha mãe, Rosimar, por me ensinar sobre resiliência, fortaleza e calma em todos os momentos da vida, sobretudo, nas dificuldades. Por me impulsionar a crer nos meus sonhos e batalhar pelos meus objetivos.

Ao meu irmão, Crístian, por me ensinar sobre humildade, mansidão e curiosidade. Por me mostrar que a ânsia pelo saber deve ser sempre instigada e não se acomodar somente na sua área de conhecimento.

A Sarah, por todo apoio, mesmo à distância, que há muitos anos me acalma e acolhe em todos os momentos.

A Larissa e Vitória, pela amizade que tornou esses anos de estudos mais leve.

Ao Luiz Felipe, pelo companheirismo e por me auxiliar nessa reta final.

Ao NECAF, primeiro núcleo de estudos do qual fiz parte, que me abriu os olhos e me fez permanecer no curso de Agronomia. A Terra Júnior Consultoria Agropecuária, onde encontrei grandes amigos e pude fazer apaixonar pelo curso que escolhi. Ao MelhorArroz, por possibilitar me encontrar e escolher a minha área de atuação.

A EMBRAPA Arroz e Feijão, em especial a toda equipe do Programa de Melhoramento Genético do Arroz de Terras Altas por me acolherem tão bem e me ensinarem com tanta paciência a arte e a ciência de fazer melhoramento.

A minha orientadora, Prof. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho, por estimular a minha paixão pela ciência, não medir esforços em abrir portas para que tenhamos grandes oportunidades de crescimento e desenvolvimento, e ser minha grande inspiração profissional.

A minha coorientadora, Dra. Yasmin Vasques Berchembrock, que mesmo a grande distância se esforçou para contribuir na construção desse trabalho, e me ensinar com tanto zelo e paciência.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Arroz e Feijão.

RESUMO

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos cereais mais consumidos no mundo e compõe a base da alimentação de cerca de 2,5 bilhões de pessoas. Existem dois sistemas de cultivo dessa cultura, terras baixas e terras altas, também definido como sistema de sequeiro. No país, expressiva porcentagem de produção de arroz se concentra no cultivo de terras baixas, sobretudo nos estados da região sul. Com intuito de aumentar e intensificar o cultivo através do sistema de terras altas em outras áreas do Brasil, os programas de melhoramento têm visado o lançamento de cultivares superiores para que sejam inseridas como uma opção dentro do sistema de produção. A Universidade Federal de Lavras conta com o Programa de Pesquisa e Melhoramento de Arroz de Terras Altas (MelhorArroz), que visa avaliar e selecionar linhagens com maior adaptabilidade e estabilidade para o estado de Minas Gerais, em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e a EPAMIG. Em autógamias, o método de hibridação se constitui uma importante estratégia para ampliação da variabilidade genética e seleção futura de linhagens promissoras. O Ensaio de Rendimento de Famílias (ERF), no programa desenvolvido pelo MelhorArroz UFLA, é a primeira etapa de seleção, na qual observa-se o desempenho de progênies em gerações iniciais de autofecundação ($F_{2:4}$), quando ainda se observa variabilidade genética entre e dentro dessas. Assim, o trabalho objetiva avaliar o desempenho das famílias constituintes do ERF da safra 2022/23 e selecionar as progênies promissoras. Com isso, foi implantada uma área experimental no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária (Fazenda Muquém) da Universidade Federal de Lavras, onde foram avaliadas 165 progênies e 4 testemunhas com duas repetições em delineamento de blocos casualizados (DBC). As parcelas foram compostas por duas linhas de 4 metros, com densidade de semeadura de 80 sementes por metro e espaçamento de 0,4m entre linhas. Os manejos realizados seguiram o recomendado para cultura, com exceção da aplicação de fungicidas. As características avaliadas foram dias para florescimento (NDFL), contados a partir da semeadura até a fase R3; altura (ALT) de plantas (m), mensurada da base da planta ao final da panícula mais alta; e nota de resistência a doenças (Mancha parda, Brusone e Escaldadura), verificada pela incidência e severidade nas plantas. Os dados foram submetidos a análise de modelos mistos no ambiente computacional R e aplicado teste de média para selecionar as progênies de melhor desempenho. Foi possível observar alta herdabilidade para todas as características avaliadas, o que sugere maior influência genética na variabilidade dos materiais. Houve média superior das progênies selecionadas em relação a população e as testemunhas para NDFL, sendo que 16 progênies se apresentaram mais precoces que a testemunha que exige menos dias para florescer. Para ALT, houve sucesso na seleção de plantas de menor porte. Quanto as resistências às doenças (ALT), houve resultado positivo na seleção de menores médias para escaldadura e mancha parda, no entanto, as médias da população selecionada para brusone foram superiores as demais. Foi realizada a seleção de 55 progênies para avanço no programa. Com base no diferencial de seleção, houve resultado satisfatório para precocidade, porte de planta e resistência a escaldadura e mancha parda na população melhorada.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, Melhoramento genético, Progênies, Ensaio de rendimento de famílias, Precocidade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1. Importância da cultura do arroz no Brasil e no mundo	10
2.2. Sistemas de cultivo de arroz.....	11
2.3. Cultura de arroz de terras altas e fisiologia da planta	12
2.4. Programas de melhoramento de arroz de terras altas no Brasil	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Local.....	19
3.2. Genótipos	19
3.3. Condução do experimento.....	21
3.4. Características avaliadas	21
3.4.1. Dias para florescimento	21
3.4.2. Altura de plantas	21
3.4.3. Resistência a doenças.....	21
3.4.4. Análises estatísticas	22
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	24
5. CONCLUSÃO	30
6. REFERÊNCIAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos cereais mais cultivados e consumidos no mundo. Ao se observar os dados da Food and Agriculture Organization - FAO (FAO, 2021), na safra de 2021 o arroz correspondeu a 28% da produção mundial de cereais e foi superado nesse sentido somente pelo milho, quando se compara com as demais culturas. O Brasil, juntamente com os Estados Unidos, se destaca na produção de arroz no continente americano representando 31%. No âmbito nacional, a produção do ano de 2022 foi de 10,7 milhões de toneladas, em que houve predomínio de 93,1% do sistema de cultivo de arroz irrigado no total produzido (SILVA e WANDER, 2023).

O cultivo de arroz no Brasil é realizado em dois sistemas, irrigado e terras altas. Segundo Santos (2021), o arroz se caracteriza pelo cultivo em condição aeróbica de desenvolvimento radicular e tem o suprimento de água através de irrigação por aspersão ou somente por precipitação pluvial. Como dito por Ferreira e Lacerda [s.d.], as principais conquistas para o cultivo em terras altas nos últimos anos foi a introdução do arroz em rotação com outras culturas, aumento de produtividade e de qualidade de grãos. O programa de melhoramento genético de arroz de terras altas tem contribuído na obtenção do êxito no lançamento de cultivares cada vez mais produtivas e estáveis (BRESEGHELLO et al., 2011; BOTELHO et. al., 2018). Com isso, há um grande impacto na viabilização do cultivo da cultura, sobretudo o resgate do plantio sob esse sistema, que é um dos papéis do Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras – MelhorArroz UFLA.

Um dos principais objetivos atualmente, nos programas de melhoramento de arroz de terras altas, é a precocidade, ou seja, o menor ciclo da planta. Sua importância se dá devido as maiores possibilidades de inserção do arroz dentro da janela de cultivo dos sistemas de produção agrícolas, uma vez que permite ao produtor um melhor aproveitamento da área encaixando a cultura como segunda, ou, até mesmo, terceira safra. Além disso, as doenças também são alvos de estudos nos programas de melhoramento, já que são fatores expressivos na limitação da produtividade da rizicultura. Ao haver a infecção da planta, há a redução da capacidade fotossintética, fisiológica e metabólica, portanto, impacta o potencial produtivo. Assim, é de extrema importância que haja seleção para indivíduos com capacidade de resistência a doenças dentro do programa de melhoramento (ALVES, 2018; PRABHU et al., 2012).

Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o desempenho de progênies $F_{2:4}$, referente a primeira população de seleção do Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas – MelhorArroz, na safra 2022/23 quanto as características de dias para florescimento, altura de plantas e resistência às principais doenças da cultura.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Importância da cultura do arroz no Brasil e no mundo

O arroz (*Oryza sativa*) é o cereal que compõe a base da alimentação de cerca de 2,5 bilhões de pessoas (Silva, Wander, Ferreira, 2021). Juntamente com milho e trigo, é responsável por suprir 40% do consumo calórico humano. Em uma dieta, o arroz é capaz de fornecer cerca de 20% de energia e 15% de proteína, de forma que se torna uma opção importante para o balanceamento nutricional (Walter, Marchezan, Avila, 2008).

É possível associar o acesso ao arroz como uma forma de contribuir para o combate à desnutrição e aumento da segurança alimentar. Mundialmente existem diversas pesquisas com o objetivo de selecionar cultivares de arroz com maiores teores nutricionais, desenvolvendo protocolos para a biofortificação na cultura ou, até mesmo, a utilização de engenharia genética, como a criação do Golden Rice com maiores teores de carotenoides. Assim, é possível observar que o arroz pode auxiliar no cumprimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) de número 2, Fome Zero e Agricultura Sustentável, da Organização das Nações Unidas (ONU).

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), há expectativa de expansão do consumo de arroz em 2022/2023 para 426,5 milhões de toneladas em concomitância ao aumento populacional (FAO, 2022). Mundialmente, os países do Sul e do Sudeste da Ásia são detentores dos maiores consumos per capita do cereal. Culturalmente, possuem um vínculo gastronômico com o arroz, que compõe várias refeições. A China destaca-se como o maior consumidor de arroz no mundo, com marca de 150,62 milhões de toneladas, de acordo com dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Países como Bangladesh, Laos e Camboja consomem em média 0,5kg por pessoa/dia (USDA, 2023).

No Brasil, se tem grande associação do arroz ao feijão, como prato tradicional na alimentação diária da população. Foram consumidos nos anos de 2018/2019 e 2019/2020 cerca de 10,6 milhões de toneladas. Segundo dados do Censo Agro 2021 do IBGE, o consumo diário per capita de arroz da população brasileira é de 131,4g/dia. Outro dado relevante é o fato do arroz estar presente em maior frequência na alimentação de brasileiros com renda mais baixa quando comparado aos de maior renda. Fato esse que reforça a importância do arroz na constituição da segurança alimentar e

como componente essencial e primordial da alimentação de pessoas com menos acesso a grande variedade de alimentos.

A preferência da população brasileira é por arroz branco do tipo longo-fino (arroz-agulhinha) (Vieira, 2004). E por grãos translúcidos, sem ocorrência de gessamento, apesar de essa imperfeição não ocasione prejuízos nutricionais e culinários ao arroz, embora esteja relacionado com a redução do rendimento de grãos inteiros na indústria (Jennings, Coffman, Kauffman, 1979; Ishimaru et al., 2009).

Além de maiores consumidores, os maiores produtores de arroz do planeta também se localizam na Ásia, sendo o Brasil o maior produtor fora desse continente. De acordo com dados da USDA, a produção média (base beneficiada) do primeiro colocado, a China, desde a safra 2017/18 até 2021/22 é de 140,28 milhões de toneladas. Na safra 2022/23, de acordo com dados da FAO, houve previsão de produção mundial de 512,6 milhões de toneladas, o que representa uma queda de 2,4% em comparação a temporada anterior. As estatísticas expostas despertam preocupação, uma vez que, como citado anteriormente, o consumo de arroz tende a expandir com o aumento populacional.

O Brasil, que ocupa a 9^o colocação do ranking global, tem produção de 7.6 milhões de toneladas. Segundo a CONAB, a estimativa de produção para a safra 2022/23 foi de 10,03 milhões de toneladas em uma área de 1.468,8 mil ha, o que corresponde a uma queda de 69% quando comparado a safra passada. Esse volume também representa uma baixa se comparado aos últimos anos, sobretudo pela redução da área plantada, que na safra atual é de 1,46 milhões de hectares. Dentre a produção prevista para essa temporada, apenas 742,5 mil toneladas advêm da produção de arroz de terras altas (arroz sequeiro), cultivado em uma área de 290,9 mil hectares.

2.2. Sistemas de cultivo de arroz

Segundo Wander (2015), no país o arroz é produzido em três sistemas diferentes de cultivo: sequeiro, no qual a água disponibilizada é proveniente da chuva; irrigado, onde a água é ofertada de forma controlada por inundação ou aspersão; e várzeas, onde não há controle da lâmina de água que é proveniente de rios pelas margens (vazantes).

Também existe a definição de sistemas de cultivo de terras baixas e de terras altas. No sistema de terras baixas o arroz é produzido de forma inundada com lâmina de água controlada ou não, embora esse ocorra geralmente em tabuleiros. Em um sistema de

terras altas a água suplementar é disponibilizada por aspersão ou não há irrigação. Ambos os sistemas possuem diferentes formatos de plantio e arranjos produtivos.

No cenário nacional, os estados da região sul, onde se concentra cerca de 80% da produção nacional, predominantemente há produção do arroz no sistema de terras baixas. Segundo Almeida (2017) a expressão “terras baixas” advém da topografia presente no estado do Rio Grande do Sul, que hoje figura como maior produtor de arroz do país. Na safra 2022/23, de acordo com projeções do Instituto Rio Grandense de Arroz (IRGA), a produção seria de 7,1 milhões colhidos em 839.972 hectares de arroz irrigado. De acordo com boletim da CONAB sobre o acompanhamento da safra, as áreas com maior produtividade no estado foram da Zona Sul com médias de 9 toneladas por hectare. Segundo estimativa emitida pela companhia em abril, na safra 2022/23 a produção prevista nesse sistema foi de aproximadamente 9, 2 milhões de toneladas colhidas em uma área de cerca de 1,2 milhões de hectares com uma produtividade de 7,8 ton/ha.

O arroz de terras altas, ou como é chamado também, arroz de sequeiro, era utilizado como abertura de área por tolerar a acidez do solo. Como apresentado por Ferreira e Wander (2005) o sistema já exibiu grande expressividade, mas apresentou oscilações decrescentes, sendo que nas últimas safras tem apresentado redução de área e produção (Wander; Silva, 2013). No entanto, nas últimas décadas muitas pesquisas foram realizadas possibilitando inserir o arroz dentro do sistema de produção em rotação com outras culturas, aumentando a competitividade e a produtividade. Segundo a previsão da CONAB, na safra 2022/23 o maior estado produtor nesse sistema foi Mato Grosso, com produção de 268,8 mil toneladas em uma área de 74,5 mil hectares e produtividade de 3 ton/ha. A área nacional plantada foi 290 mil hectares, com produção de 742,5 mil toneladas e produtividade de 2,5 ton/ha.

2.3. Cultura de arroz de terras altas e fisiologia da planta

Segundo Junior (2020), atualmente a soja tem sido o principal grão utilizado na rotação com arroz irrigado, trazendo como benefício para a orizicultura do estado a possibilidade de realizar rotação de diferentes mecanismos de ação que contribuam para o controle de daninhas, em especial do gênero *Oryza* e do complexo *Echinochloa*. A tecnologia Clearfield® (CL), a qual atribui resistência às plantas de arroz a herbicidas

do grupo químico das imidazolinonas, surgiu como uma ferramenta para lidar com as dificuldades de cultivo de arroz em áreas com alta infestação dessas plantas daninhas. No entanto, devido ao uso indiscriminado e inadequado, houve a seleção de plantas de arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.) e do capim arroz (*Echinochloa crus-galli*) com resistência ao herbicida. Essa ocorrência acarretou na redução da produção de arroz em áreas de cultivo de terras baixas e desestímulo a orizicultura (Kaufmann et al., 2021).

Outro fator complicador do cultivo em terras baixas é seu impacto ambiental. De acordo com estudo publicado em boletim da Embrapa (2021) foi constatado que nesse sistema em cultivo pré-germinado, no qual há maior tempo de inundação do solo, há alta emissão de gás metano ($6,2 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), um dos gases poluentes de efeito estufa. Em contrapartida, segundo matéria da Embrapa por Peixoto (2022) o cultivo em sistema de terras altas abrange 6 dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, sendo uma delas a ODS 13 - Ação Contra A Mudança Global do Clima.

O cultivo em terras altas ainda não consegue expressar a máxima produtividade, por não propiciar condições semelhantes ao habitat natural do arroz, que é uma planta aquática. Um fator correlacionado a dificuldade de adaptação a esse sistema de cultivo é a baixa atividade da enzima nitrato redutase (NR), o que dificulta a absorção de nitrogênio pela planta (Moro et al., 2013). O arroz em ambiente aquático absorve N a partir de NH_4^+ , que é a forma dominante. No entanto, em solos aerados, ou seja, em terras altas, a forma mais presente é NO_3^- . Portanto, é necessário que haja a redução de NO_3^- a NO_2^- , que é catalisada pela NR no citosol. Posteriormente, no plastídio da célula radicular, há a redução do NO_2^- a NH_4^+ pela enzima Nitrito Redutase (NiR). Dessa forma, ocorre a absorção do N pelas plantas de arroz de terras altas. O fator limitante da velocidade de assimilação nessas condições é a primeira reação de redução, NO_3^- a NO_2^- catalisada pela NR, portanto, considerada a enzima chave. Ambas as enzimas envolvidas no processo têm sua produção induzida pela presença de NO_3^- (Lanna; Carvalho, 2013).

De acordo com Abreu e Oliveira (2015), as raízes adventícias do arroz são divididas em três regiões: meristemática, alongamento e pelos absorventes. Neles ocorre a absorção de água e nutrientes para a planta. Em ambiente anaeróbico, a absorção de oxigênio ocorre através do aerênquima, que é um parênquima com lacunas grandes, que se conecta com o colmo da planta. O sistema radicular nessa condição se concentra em profundidade de 40cm, pela pouca dispersão de oxigênio até as pontas. Já em condição

aeróbica, em sistema de terras altas, as raízes podem atingir um metro ou mais de profundidade. No entanto, houve aprimoramento das cultivares lançadas para essa forma de cultivo, que propiciaram a inserção da cultura como uma opção para diversificação da produção de grãos. Segundo Mábio Lacerda, pesquisador da Embrapa, houve duas frentes de avanço no cultivo de arroz de terras altas: a de ganhos genéticos, que permitiram aumento do rendimento das lavouras, e a de aumento de produtividade, graças a melhoria em manejo (Peixoto, 2022).

De acordo com Peixoto (2022), pesquisadores da Embrapa apontam que atualmente o cultivo em terras altas é utilizado para a recuperação de fertilidade do solo de pastagens degradadas ou como nova opção dentro do sistema de produção. As melhorias em técnicas de manejo da lavoura agregaram, entre 1984 e 2009, ganho em produtividade de 0,67% por ano, o que representa 19 quilos por hectare anualmente. Apontam também uma modificação no perfil do produtor, agricultores com maior nível de tecnificação que optam pelo plantio de arroz como parte do sistema.

2.4. Programas de melhoramento de arroz de terras altas no Brasil

De acordo com projeções das Nações Unidas, em 2050 a população mundial será de 9,7 bilhões, o que representa 1,7 bilhões de pessoas a mais do número atingido no ano de 2022. Neste sentido, a demanda para alimentação humana, de acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), até 2050, será o dobro da atual. O arroz, por ser um alimento básico, inclusive culturalmente, para a dieta de vários países, expressa a relevância da busca por formas de intensificar a produção para suprir a crescente demanda. Uma das formas de se aumentar produtividade é através da melhoria genética de caracteres das plantas.

Colombari Filho e Rangel (2015) apontam que o melhoramento genético da cultura no Brasil, visando o desenvolvimento de cultivares para terras altas iniciou-se pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) em 1937. Segundo Borém, Miranda e Fritsche-Neto (2021), o melhoramento genético de arroz para o estado de Minas Gerais entre as safras 1974/75 a 1994/95 apresentou um progresso médio anual de 1,26% para cultivares de ciclo precoce e 3,37% de ciclo médio.

Atualmente, a Embrapa Arroz e Feijão possui o principal programa de melhoramento de arroz, que atua no desenvolvimento de cultivares para ambos os sistemas de cultivo, terras altas e terras baixas. Em um trabalho que analisou os ganhos

em dez anos da população-elite de arroz de terras altas da Embrapa, Morais et al. (2013) averiguou incremento de 2,66% anualmente em produção de grãos. A Embrapa e seus parceiros adotam a seguinte estratégia no melhoramento genético do arroz: (1) ampliação frequente da variabilidade genética de suas populações de base (PB); (2) melhoramento das PBs, por seleção recorrente, preservando tamanhos efetivos elevados, visando contínua oferta de genitores novos para cruzamentos-elite; (3) melhoramento da população-elite (PE), adotando-se a estratégia de avaliação para produção de grãos de famílias $F_{2:4}$ (progênies de plantas selecionadas em F_2), visando identificar precocemente aquelas de alto valor para uso como genitores em nova série de cruzamentos; e (4) exploração de famílias recombinantes da PE de alto desempenho quanto à produção de grãos como material básico para o desenvolvimento de cultivares superiores (Morais et al., 2013).

Os principais atributos visados atualmente nos programas de melhoramento da cultura de terras altas são precocidade, produtividade, tolerância ao déficit hídrico e acamamento, além de resistência a doenças. Atualmente, as doenças mais expressivas na cultura são brusone (*Pyricularia oryzae*), que pode ocorrer na folha, na panícula, no nó basal da panícula (chamada de “brusone do pescoço”) e no colmo (BORÉM, NAKANO, 2015); mancha parda (*Bipolaris oryzae*) e escaldadura (*Microdochium oryzae*).

A brusone (*Pyricularia oryzae*), que ocorre em toda parte área da planta, é considerada a principal doença da cultura. A variar da época de plantio, cultivar e condições climáticas, pode chegar a 100% de perda (BORÉM, NAKANO, 2015). É imprescindível que haja continuamente a seleção de materiais com resistência a doença, visto que pela pressão de seleção, há constantemente a descoberta de raças que coevoluem com as cultivares. Dada a relevância da brusone para a rizicultura, anualmente o ensaio denominado Viveiro Nacional de Brusone (VNB), coordenado pela Embrapa Arroz e Feijão, é instalado em diversos locais do país com intuito de acompanhar a performance dos materiais utilizados pelos produtores quanto a doença. Dessa forma é possível obter resultados do desempenho das cultivares e linhagens em fase final do programa de melhoramento, bem com acompanhar o desenvolvimento e a seleção de novas raças. O MelhorArroz UFLA é responsável por receber e o conduzir o VNB em Lavras – MG.

A mancha parda (*Bipolaris orizae*) é amplamente distribuída nas áreas orizícolas em ambos os sistemas de cultivos. Pode acarretar gessamento do grão, o que compromete a qualidade de engenho e, portanto, a rentabilidade da produção. Além de comprometer o poder germinativo em sementes (BORÉM, NAKANO, 2015). Escaldadura (*Microdochium orizae*) também é comum em áreas produtoras de arroz de terras altas e irrigado. O dano provocado é a perda de área foliar, esterilidade e manchas de grão. Há ocorrência com maior intensidade no Norte e Centro-Oeste do país (BORÉM, NAKANO, 2015).

Precocidade, produtividade, tolerância ao déficit hídrico e ao acamamento, e resistência às principais doenças proporcionam a cultura maior competitividade para sua inserção dentro de opções para o sistema produtivo. Em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e a EPAMIG, a Universidade Federal de Lavras conta com o Programa de Pesquisa e Melhoramento de Arroz de Terras Altas (MelhorArroz), que desde 2013 busca selecionar linhagens que tem alta capacidade de se tornarem cultivares com recomendação específica para o estado de Minas Gerais, com o intuito de promover o resgate da cultura no estado.

O programa de Melhoramento Arroz de Terras Altas da Embrapa Arroz e Feijão, possui uma rede de colaboração e desenvolvimento para geração de novas cultivares. Além da parceria com universidades, como a UFLA, outro exemplo é a contribuição da unidade Embrapa Agrossilvipastoril, situada em Sinop – MT, que atua ao lotar parte dele e distribuí-lo em 6 municípios: Tangará da Serra, Cáceres, Sinop, União do Sul, Campo Verde e Sorriso. Para a condução desse braço do programa há parceria com a Empresa Mato Grossense de Pesquisa Assistência e Extensão Rural (Empaer). Há grande importância na condução em Mato Grosso (MT) tendo em vista a representatividade do estado dentro do contexto do agronegócio brasileiro. De acordo com Furtini, Breseghello e Castro (2019), o ganho genético do programa entre 2011 e 2017 no estado de MT foi o incremento médio anual de 1,44% para produtividade, manutenção de altura média de plantas em 106 cm, e número de dias até o florescimento entre 76 e 81 dias. (NETO et al, 2019).

A unidade de Arroz e Feijão da Embrapa, que se localiza em Santo Antônio de Goiás – GO, também se dedica desde 1975 a curadoria e manutenção do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de Arroz e Feijão. O acervo conta atualmente com cerca de 21 mil acessos de arroz. Entre eles há amostras silvestres, variedades tradicionais e

cultivares melhoradas, que advém tanto de expedições de coletas quanto de intercâmbio com outros bancos e cultivares nacionais.

Outras instituições também se empenham no desenvolvimento de melhoramento genético da cultura. Há uma parceria entre Embrapa e a Basf para o lançamento de cultivares de arroz, de terras altas e irrigado, com a tecnologia o Clearfield®. Essa molécula está presente por exemplo no herbicida Kifix®, que é amplamente utilizado em lavouras de arroz e contribui para o controle de plantas daninhas de grande expressão na rizicultura. A empresa é detentora da tecnologia e a Embrapa Arroz e Feijão, dentro do programa de melhoramento genético, realiza mutações e retrocruzamentos para possibilitar a inserção do gene que atribui a resistência às cultivares desenvolvidas. Dessa forma, não se trata de um arroz transgênico, mas sim de um mutante.

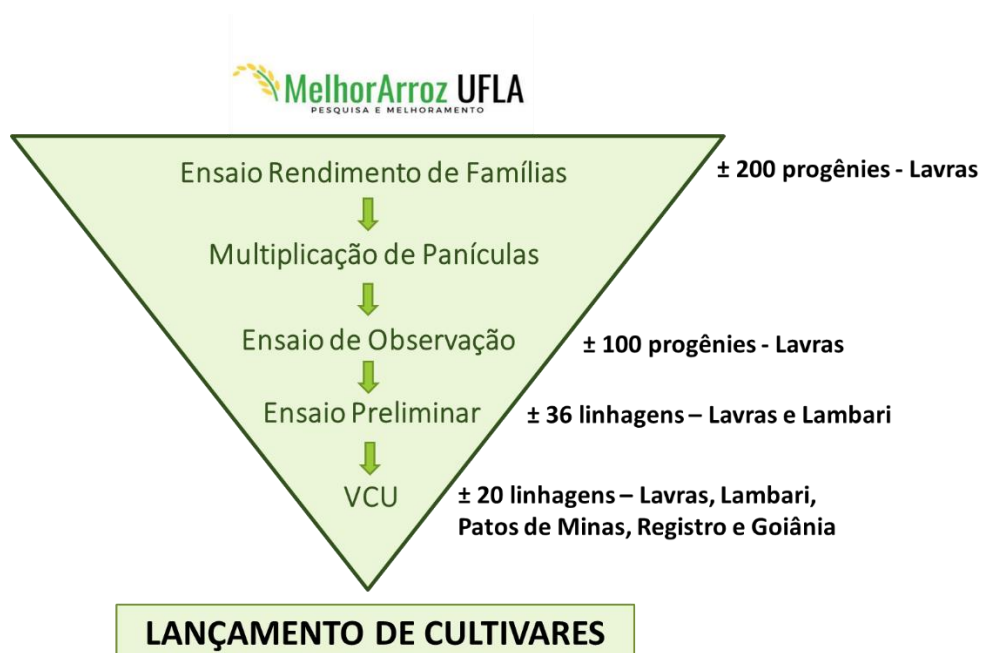
A estrutura do programa MelhorArroz UFLA está demonstrado na Figura 1. A fase inicial é o Ensaio de Rendimento de Progênes (ERP), que advém do Ensaio de Rendimento de Famílias (ERF) do programa da Embrapa, no qual são avaliadas progênes F_{2:4}. Ao serem selecionadas e avançadas, as melhores progênes irão compor a Multiplicação de Panículas (MP), em que será aumentada a quantidade de sementes das progênes F_{2:5} promissoras. Em seguida, no ensaio de Observação (OBS), há avaliação do desempenho dos materiais, que são fixados como linhagens F_{5:6}; e as que obtiverem melhor performance para as características visadas avançam para a fase Preliminar. Nesse momento, há implantação de campos em outras localidades com intuito de expor os materiais F_{5:7} avaliados a atuação do fator ambiente em diversos locais e assim observar a performance deles, bem como a interação G x A. As linhagens com melhores resultados irão integrar a elite do programa ao avançarem para a última etapa, o ensaio Valor de Cultivo e Uso (VCU). Nessa fase, as melhores linhagens F_{5:8} do programa MelhorArroz e as F_{5:10} do VCU do programa da Embrapa Arroz e Feijão são instaladas e avaliadas em vários ambientes.

Segundo normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para que uma cultivar seja inscrita no Registro Nacional de Cultivares (RNC), em VCU, uma linhagem promissora deve permanecer em avaliação por pelo menos 2 anos agrícolas consecutivos e ser implantada em no mínimo três locais distintos com importância para a cultura. O delineamento experimental deve ser DBC (ou outro de precisão experimental similar) com mínimo de 3 repetições, parcelas de 4 m² e 2 cultivares testemunhas com ciclo compatível as testadas. Ademais, deve haver avaliação

e preenchimento de um formulário descritor, que demonstra características que identificam e diferenciam a pretensa cultivar, características agronômicas, reação a doenças, avaliação da produtividade e da qualidade industrial.

Além do trabalho anteriormente citado, o grupo MelhorArroz também realiza pesquisas visando linhagens com maior tolerância a estresses bióticos e abióticos, aplicação da biofortificação nas plantas e grãos e estudos na área da biotecnologia.

Figura 1- Pirâmide ilustrativa sobre a estrutura do Programa MelhorArroz.



Fonte: Arquivo do grupo MelhorArroz UFLA (2023).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

O campo experimental foi conduzido na safra 2022/23 no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária (Fazenda Muquém) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), que conta com um Centro de Melhoramento Genético de Plantas (CMGP), localizado no município de Lavras – MG. A cidade se localiza em latitude 21° 14' 43" S, longitude 44° 59' 59" W, altitude de 919m e clima subtropical (verão quente e inverno seco), Cwa de acordo com classificação de classificação Köppen-Geiger.

3.2. Genótipos

O Ensaio de Rendimento de Famílias (ERF) é a primeira população avaliada no programa de melhoramento MelhoArroz, em que se observa o desempenho de progênies em gerações iniciais de autofecundação ($F_{2:4}$), quando ainda está presente a variabilidade genética entre e dentro de progênies. Essas, advém do convênio com o programa de melhoramento do arroz da Embrapa Arroz e Feijão, onde são realizadas as hibridações.

Assim, na safra 2022/23 foram avaliadas 165 progênies do ERF juntamente com quatro testemunhas comerciais, a BRS Esmeralda, BRS A504 RH, BRS A502 e AN Cambará. As identificações das progênies e tratamentos estão contidas na Tabela 1.

Tabela 1 - Progênies $F_{2:4}$ pertencentes ao ERF do Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da UFLA em convênio com a Embrapa Arroz e Feijão e EPAMIG.

Prog.	Progênies	Prog.	Progênies	Prog.	Progênies
1	BRS A502	58	CNAx21461-B-4-B	115	CNAx21489-B-4-B
2	BRS Esmeralda	59	CNAx21461-B-5-B	116	CNAx21489-B-6-B
3	BRS A504 RH	60	CNAx21461-B-6-B	117	CNAx21490-B-3-B
4	AN Cambará	61	CNAx21461-B-11-B	118	CNAx21492-B-1-B
5	CNAx21447-B-1-B	62	CNAx21461-B-14-B	119	CNAx21492-B-8-B
6	CNAx21447-B-4-B	63	CNAx21461-B-16-B	120	CNAx21494-B-1-B
7	CNAx21447-B-10-B	64	CNAx21461-B-17-B	121	CNAx21494-B-3-B
8	CNAx21447-B-11-B	65	CNAx21461-B-18-B	122	CNAx21494-B-5-B
9	CNAx21447-B-15-B	66	CNAx21461-B-19-B	123	CNAx21495-B-1-B
10	CNAx21447-B-16-B	67	CNAx21461-B-20-B	124	CNAx21495-B-2-B
11	CNAx21447-B-18-B	68	CNAx21461-B-21-B	125	CNAx21495-B-5-B
12	CNAx21447-B-19-B	69	CNAx21461-B-28-B	126	CNAx21495-B-9-B
13	CNAx21447-B-20-B	70	CNAx21461-B-29-B	127	CNAx21495-B-11-B

14	CNAx21449-B-9-B	71	CNAx21461-B-31-B	128	CNAx21495-B-12-B
15	CNAx21449-B-12-B	72	CNAx21461-B-34-B	129	CNAx21501-B-7-B
16	CNAx21449-B-13-B	73	CNAx21461-B-35-B	130	CNAx21501-B-9-B
17	CNAx21450-B-2-B	74	CNAx21463-B-1-B	131	CNAx21502-B-5-B
18	CNAx21450-B-3-B	75	CNAx21464-B-2-B	132	CNAx21504-B-6-B
19	CNAx21450-B-4-B	76	CNAx21464-B-3-B	133	CNAx21505-B-7-B
20	CNAx21450-B-5-B	77	CNAx21465-B-1-B	134	CNAx21505-B-8-B
21	CNAx21450-B-6-B	78	CNAx21465-B-2-B	135	CNAx21505-B-9-B
22	CNAx21450-B-7-B	79	CNAx21466-B-1-B	136	CNAx21505-B-10-B
23	CNAx21450-B-8-B	80	CNAx21466-B-3-B	137	CNAx21505-B-16-B
24	CNAx21450-B-9-B	81	CNAx21466-B-7-B	138	CNAx21509-B-3-B
25	CNAx21450-B-10-B	82	CNAx21467-B-2-B	139	CNAx21509-B-4-B
26	CNAx21450-B-11-B	83	CNAx21467-B-3-B	140	CNAx21509-B-14-B
27	CNAx21451-B-2-B	84	CNAx21467-B-4-B	141	CNAx21509-B-18-B
28	CNAx21452-B-1-B	85	CNAx21467-B-5-B	142	CNAx21515-B-3-B
29	CNAx21454-B-4-B	86	CNAx21467-B-6-B	143	CNAx21515-B-4-B
30	CNAx21454-B-6-B	87	CNAx21467-B-7-B	144	CNAx21518-B-3-B
31	CNAx21454-B-10-B	88	CNAx21467-B-8-B	145	CNAx21519-B-3-B
32	CNAx21454-B-12-B	89	CNAx21467-B-9-B	146	CNAx21520-B-2-B
33	CNAx21454-B-13-B	90	CNAx21467-B-16-B	147	CNAx21520-B-12-B
34	CNAx21455-B-1-B	91	CNAx21468-B-3-B	148	CNAx21523-B-3-B
35	CNAx21456-B-1-B	92	CNAx21468-B-6-B	149	CNAx21523-B-4-B
36	CNAx21457-B-4-B	93	CNAx21468-B-7-B	150	CNAx21523-B-5-B
37	CNAx21457-B-8-B	94	CNAx21468-B-8-B	151	CNAx21523-B-6-B
38	CNAx21457-B-9-B	95	CNAx21468-B-10-B	152	CNAx21525-B-3-B
39	CNAx21457-B-13-B	96	CNAx21470-B-8-B	153	CNAx21525-B-4-B
40	CNAx21457-B-14-B	97	CNAx21470-B-9-B	154	CNAx21526-B-1-B
41	CNAx21457-B-16-B	98	CNAx21470-B-15-B	155	CNAx21526-B-3-B
42	CNAx21457-B-18-B	99	CNAx21470-B-22-B	156	CNAx21526-B-5-B
43	CNAx21457-B-19-B	100	CNAx21470-B-23-B	157	CNAx21527-B-2-B
44	CNAx21457-B-20-B	101	CNAx21479-B-5-B	158	CNAx21527-B-5-B
45	CNAx21458-B-1-B	102	CNAx21480-B-10-B	159	CNAx21527-B-6-B
46	CNAx21458-B-2-B	103	CNAx21480-B-11-B	160	CNAx21527-B-9-B
47	CNAx21458-B-3-B	104	CNAx21482-B-12-B	161	CNAx21527-B-15-B
48	CNAx21458-B-4-B	105	CNAx21482-B-19-B	162	CNAx21527-B-17-B
49	CNAx21459-B-5-B	106	CNAx21485-B-2-B	163	CNAx21527-B-20-B
50	CNAx21459-B-6-B	107	CNAx21486-B-4-B	164	CNAx21528-B-4-B
51	CNAx21459-B-9-B	108	CNAx21487-B-19-B	165	CNAx21528-B-10-B
52	CNAx21460-B-1-B	109	CNAx21488-B-3-B	166	CNAx21082-B-7-B
53	CNAx21460-B-3-B	110	CNAx21488-B-8-B	167	CNAx21132-B-7-B
54	CNAx21460-B-5-B	111	CNAx21488-B-9-B	168	CNAx21141-B-1-B
55	CNAx21460-B-8-B	112	CNAx21488-B-10-B	169	CNAx21141-B-8-B
56	CNAx21460-B-9-B	113	CNAx21488-B-11-B		
57	CNAx21461-B-1-B	114	CNAx21488-B-18-B		

Fonte: Do autor (2023).

3.3. Condução do experimento

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC) com duas repetições. As parcelas foram compostas por 2 linhas de 4 metros, com densidade de semeadura de 80 sementes por metro e espaçamento de 0,4m entre linhas. Os manejos realizados seguiram o recomendado para cultura, com exceção da aplicação de fungicidas, uma vez que a seleção de progênies resistentes as principais doenças que acometem a cultura é um dos objetivos do programa de melhoramento

3.4. Características avaliadas

3.4.1. Dias para florescimento

Contados pelo número de dias corridos a partir da data de semeadura, quando 50% das plantas atingiram o estágio reprodutivo R3, definido como o início do florescimento e emissão da panícula na bainha da folha bandeira.

3.4.2. Altura de plantas

A altura de plantas, que é avaliada na fase final de desenvolvimento, foi mensurada correspondendo ao comprimento da base da planta a ponta da panícula mais alta, em centímetros, com auxílio de uma régua de campo. Para isso, foram escolhidas ao acaso 5 plantas em cada parcela, realizada a medição e calculada a média de cada parcela, e em seguida, de cada progênie.

3.4.3. Resistência a doenças

A avaliação de resistência as doenças mancha parda (*Bipolaris orizae*), escaaldadura (*Microdochium orizae*) e brusone (*Pyricularia orizae*) foi realizada na fase de maturação das panículas, próximo ao período de colheita, através de observação visual e atribuição de notas com base na incidência utilizando a seguinte escala: 1- menos de 5% de folhas e/ou panículas infectadas; 3 - de 5 a 10% de folhas e/ou panículas infectadas; 5 - de 11 a 25% de folhas e/ou panículas infetadas; 7 - de 26 a 50% de folhas e/ou panículas infetadas e 9 - para mais que 50% de folhas e/ou panículas infectadas (BIOVERSITY INTERNATIONAL, IRRI E AFRICARICE, 2011).

3.4.4. Análises estatísticas

Devido ao desbalanceamento dos dados, a abordagem utilizada para a análise dos dados foi modelos mistos. As análises foram realizadas por meio do ambiente computacional R (R CORE TEAM, 2020) através do algoritmo REML/BLUP, no qual as estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos foram via REML (máxima verossimilhança restrita) e predição das médias ajustadas por meio do BLUP (predição linear não viesada). O modelo é representado pela equação a seguir

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Zu} + \mathbf{e}$$

em que:

y: vetor de observações de parcelas;

b e **u**: vetores de efeitos fixos de blocos e aleatórios de progênies, respectivamente;

e: vetor aleatório de erros;

X e **Z**: matrizes de incidência para efeitos fixos e aleatórios, respectivamente.

A significância dos componentes de variância foi verificada pelo teste de razão de verossimilhança (LRT) a 5% de probabilidade associado à análise de deviance. A seleção de progênies foi realizada com base na média BLUP (best linear unbiased prediction).

A acurácia (A_c) associada aos valores genéticos previstos foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$A_c = \sqrt{h^2}$$

Em que:

A_c: acurácia de seleção;

h²: herdabilidade.

A herdabilidade (h^2) foi calculada com auxílio da seguinte equação:

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2}$$

Em que:

h²: herdabilidade;

σ_g^2 : variância genética;

σ_f^2 : variância fenotípica.

O ganho de seleção (GS) foi estimado com base na equação a seguir:

$$GS = ds \times h^2$$

Em que:

ds: diferencial de seleção;

h²: herdabilidade.

O diferencial de seleção (ds) foi calculado pela equação:

$$ds = \bar{X}_s - \bar{X}_o$$

Em que:

\bar{X}_s : média das progênies da população selecionada;

\bar{X}_o : média das progênies da população original.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Com intuito de realizar a precisão e acurácia das análises estatísticas foram obtidos os dados dos parâmetros acurácia, herdabilidade e coeficiente de variação (CV) para cada característica avaliada (Tabela 2). A acurácia apresentou estimativas classificadas como altas para os caracteres, com exceção de MP, cujo valor foi 0,63, classificado como moderado, de acordo com classificação apresentada por Resende e Duarte (2007). Portanto, é possível inferir que há grande confiabilidade nos resultados apresentados e qualidade do experimento, pois os valores da acurácia são maiores quanto menores forem os valores de desvio (RESENDE e DUARTE, 2007). A herdabilidade, que é a porção da variabilidade que advém de natureza genética e é transmitida para a descendência, apresentou valores que variaram de 52%, para MP, a 66%, para ESC e BRU. Todos os valores são classificados como altos, portanto, há maior influência genética do que ambiental na expressão do fenótipo.

Quanto ao CV, percebe-se que a variável ALT e NDFL apresentou valor de 9% e 2,63%, respectivamente, que é considerado baixo. Enquanto BRU, MP e ESC obtiveram 64%, 68% e 58%, respectivamente, classificados como altos. Para esse parâmetro, interpreta-se que quanto menor o valor, menor é a variabilidade dos avaliados em relação à média, portanto, mais homogênea é a população para a característica em questão. Dessa forma, infere-se que há mais heterogeneidade entre as progênies para as doenças e menor para porte de planta e precocidade quando comparado a média.

Tabela 2 - Estimativas dos parâmetros referentes as progênies avaliadas pertencentes ao Ensaio do ERF da Safra 2022/23 para as características de número de dias até o florescimento (NDFL), altura de plantas (ALT), e de resistência a brusone (BRU), mancha parda (MP) e escaldadura (ESC).

Parâmetros	NDFL	ALT	BRU	MP	ESC
σ_p^2	22,34*	23,03*	24,06*	10,93*	26,48*
σ_e^2	2,44	7,2	1,55	1,62	0,62
Média	86,20	93,12	3,07	2,78	1,37
Acurácia	0,72	0,72	0,73	0,63	0,74
Herdabilidade	0,62	0,64	0,66	0,52	0,66
CV (%)	2,83	9	64	68	58

σ_p^2 : variância de progênies; σ_e^2 : variância do erro. *: valor significativo ($p < 0,05$) pelo teste da razão de verossimilhanças (LRT).

Fonte: Do autor (2023).

É possível observar que todos os caracteres foram significativos ($p < 0,05$) pelo LRT, indicando que há variação genética entre os genótipos avaliados, sendo possível realizar a seleção de progênies para avanço das etapas do programa de melhoramento. Com base na disponibilidade de área e recursos, o programa MelhorArroz optou por selecionar 33% das progênies avaliadas, resultando em 53 progênies selecionadas (Tabela 3).

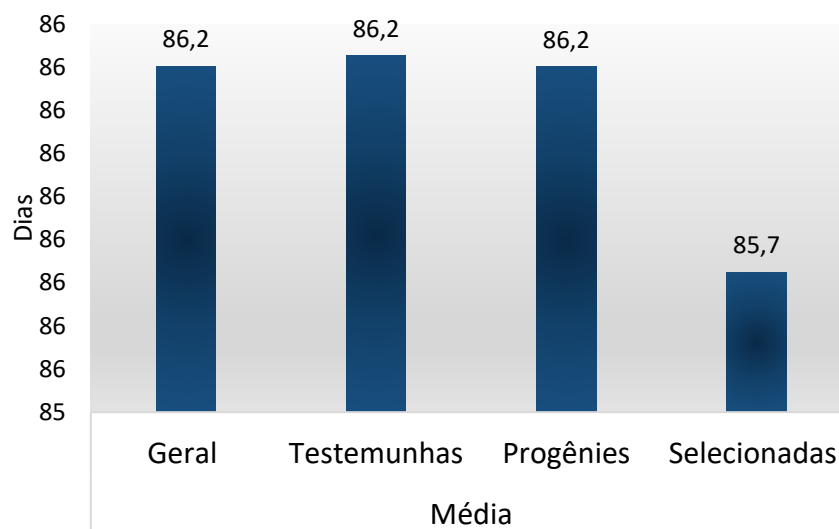
Tabela 3 - Progênies $F_{2:4}$ que avançaram da etapa de ERF para Multiplicação de Panículas do Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas – MelhorArroz na safra 2022/2023.

3	16	48	62	92	107	151
4	17	49	68	94	111	154
6	18	50	74	95	120	155
7	21	51	82	96	123	158
8	26	54	83	99	129	
9	28	56	87	100	145	
11	36	59	90	103	146	
14	37	61	91	104	147	

Fonte: Do autor (2023).

Quanto ao caráter NDFL para todas as progênies (Figura 2), observa-se que o valor da média de progênies, assim como das testemunhas, foi de 86,2 dias. Já a média de dias para o florescimento da população selecionada apresentou valor inferior as demais médias, 85,7 dias. Indicando uma redução da média das progênies selecionadas, o que é favorável aos objetivos do programa. Além do mais, em um ranking dos resultados para a característica, constatou-se 16 progênies com menores valores de NDFL que a testemunha mais precoce, a AN Cambará (84,8 dias). O tratamento 114 foi a progênie com menor valor de NDFL com florescimento aos 75,65 dias. Pode-se, portanto, observar que há potenciais progênies com ciclo mais precoce, o que é altamente desejável no programa.

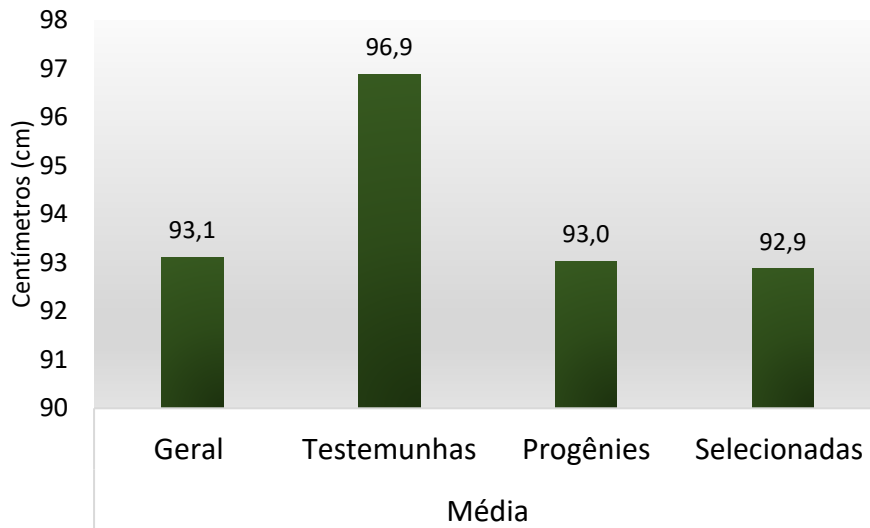
Figura 2 - Médias referentes aos genótipos avaliadas no Ensaio do ERF na safra 2022/23 para a característica de número de dias até o florescimento (NDFL).



Fonte: Do autor (2023).

Quanto ao caráter ALT, obteve-se média das testemunhas de 96,9 cm e das progênies de 93 cm. A população selecionada apresentou média inferior, 92,9 cm. O menor porte de planta é uma característica desejável no programa de melhoramento, pois reduz o risco de acamamento, que se trata do tombamento da planta, o que reduz a produtividade da lavoura devido à perda de grãos. Portanto, é possível observar que houve resultado positivo para seleção de plantas com essa característica.

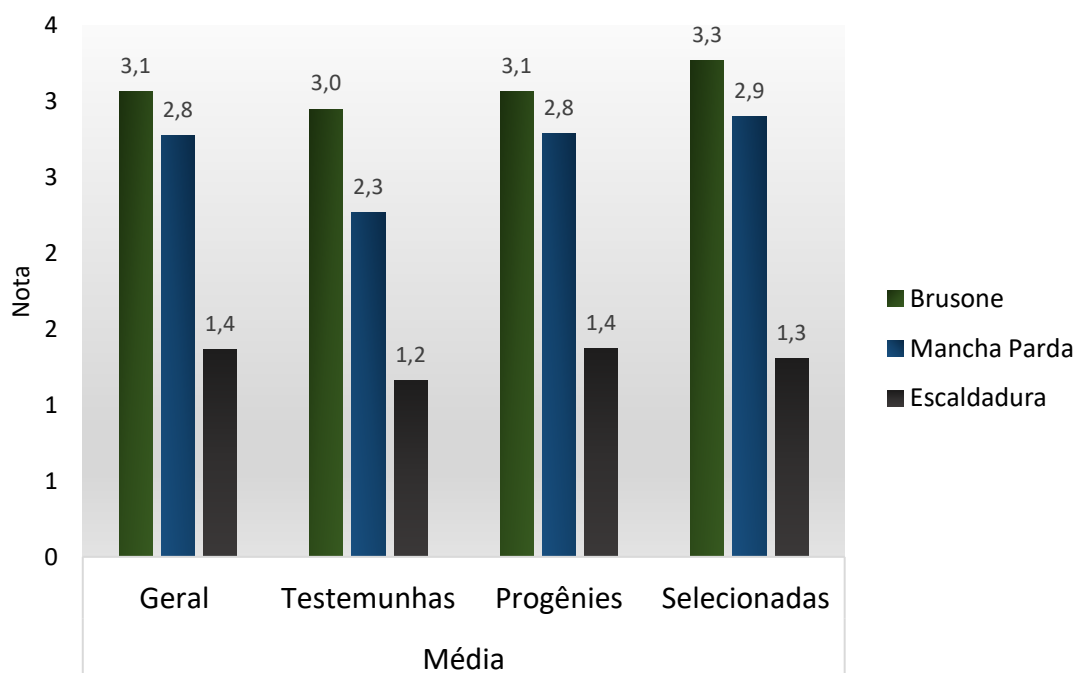
Figura 3 - Médias referentes aos genótipos avaliadas no Ensaio do ERF na safra 2022/23 para a característica altura de plantas (ALT).



Fonte: Do autor (2023).

Com relação a resistência às principais doenças que acometem a cultura, devido a escala de notas utilizada na avaliação, que atribui maiores notas quanto maiores forem os danos causados pela infecção e desenvolvimento da doença, tem-se que os melhores resultados são aqueles que apresentam menores médias. Portanto, pode-se averiguar na Figura 4, que os melhores desempenhos das progênie avaliadas foram em resposta ao patógeno causador da Escaldadura (*Microdochium orizae*), seguida de Mancha Parda (*Bipolaris orizae*) e Brusone (*Pyricularia orizae*). Embora para todas as doenças avaliadas o desempenho das progênie avançadas foi inferior à média das testemunhas, as notas de 1 a 3 ainda classificam o material como resistente a doença. Esse fato ocorreu, pois, na seleção das progênie a se avançar no programa, foi priorizado a característica de NDFL, sendo considerada, juntamente com a produtividade, o *trait* de maior importância.

Figura 4 - Médias referentes aos genótipos avaliadas no Ensaio do ERF na safra 2022/23 para as características de resistência as doenças Brusone (*Pyricularia oryzae*), Mancha Parda (*Bipolaris oryzae*) e Escaldadura (*Microdochium oryzae*).



Fonte: Do autor (2023).

Ao se calcular o diferencial de seleção e ganho de seleção (Tabela 4) com base nas progênieis avaliadas e selecionadas, observa-se que foram obtidos valores negativos para NDFL, ALT e ESC. Portanto, para essas características, houve êxito na seleção, de forma que o desejável era redução da média das progênieis selecionadas em relação as avaliadas. Nota-se, no entanto, que não houve redução na média da população para resistência a BRU e MP, como foi averiguado anteriormente, na análise das médias da população selecionada ao constatar notas superiores de infecção pela doença.

Tabela 4 - Diferencial de seleção com base nas progênies F_{2:4} selecionadas no ensaio de rendimento de famílias (ERF) na safra 2022/23.

Característica avaliada	<i>ds</i>	GS (%)
NDFL	-0.48	-0.34
ALT	-0.15	-0.11
BRU	0.20	4.30
MP	0.11	2.07
ESC	-0.07	-3.16

Fonte: Do autor (2023).

5 CONCLUSÃO

As progênies pertencentes ao Ensaio de Rendimento de Famílias da safra 2022/23 mostraram resultados satisfatórios quanto a herdabilidade, comprovando grande influência genética na variabilidade dos indivíduos para as características avaliadas.

Ao realizar a seleção, foram escolhidas 53 das progênies no dito ensaio de rendimento para avanço no programa, com as quais foi possível adquirir incremento da população melhorada quanto precocidade, redução do porte da planta e resistência a Escaldadura (*Microdochium orizae*).

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I.R.; STEINMETZ, S.; REISSER, J.C.; CUADRA, S.V. Descrição climática da região. IN: Emygdio BM, Roa APSA, Oliveira ACB (editoras técnicas). **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul**. Embrapa, Brasília, 2017.

ALVES, N. B. **Avanço do programa de melhoramento genético de arroz de terras altas e ganhos para resistência a doenças fúngicas**. 2018.

BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE ARROZ E FEIJÃO. Embrapa Rice and Beans. Web Content Display. *Online*. Disponível: [https://www.embrapa.br/en/arroz-e-feijao/infraestrutura/banco-ativo-de-germoplasma#:~:text=Criado%20em%201975%2C%20o%20Banco,de%20arroz%20\(Oryza%20spp.\)](https://www.embrapa.br/en/arroz-e-feijao/infraestrutura/banco-ativo-de-germoplasma#:~:text=Criado%20em%201975%2C%20o%20Banco,de%20arroz%20(Oryza%20spp.)) . Acesso: 07, out e 2023.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 8. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

BORÉM, A.; NAKANO, P. H. (ed.). **Arroz: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed, UFV, 2015.

BOTELHO, F. B. S. *et al.* **Melhoramento genético do arroz em Minas Gerais: avanços e perspectivas**. In: **Arroz: do campo à mesa**. Informe Agropecuário, EPAMIG. v. 39, n. 301, 2018.

BRESEGHELLO, F. *et al.* **Results of 25 Years of Upland Rice Breeding in Brazil**. *Crop Science* 51: 914-923. 2011.

BIOVERSITY INTERNATIONAL, IRRI E AFRICARICE. Descritores para arroz silvestre e cultivado (*Oryza spp.*). Bioversity International, Roma, Itália; International Rice Research Institute, Los Baños, Filipinas; AfricaRice, Centro de Arroz da Africa, Cotonou, Benin, 2011.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, v. 10, safra 2022/23, n. 8. Oitavo levantamento, maio 2023.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, v. 10, safra 2022/23, n. 12. Décimo segundo levantamento, setembro 2023.

ECONOMIC RESEARCH SERVICE U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Rice Sector at a Glance, 2023. Tópico. *Online*. Disponível: <https://www.ers.usda.gov/topics/crops/rice/rice-sector-at-a-glance/>. Acesso: 07 de out. de 2023.

FARIA, G. **Lançada a primeira cultivar de arroz de terras altas resistente a herbicida**. Embrapa, 2018. *Online* .Disponível: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/32748053/lancada-a-primeira-cultivar-de-arroz-de-terras-altas-resistente-a-herbicida>. Acesso: 07, out e 2023.

FERREIRA, C. M.; BARRIGOSI, J. A. F. (ed.). **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**. Embrapa, Brasília, 2021.

FERREIRA, C. M.; LACERDA, M. C. **Arroz de Terras Altas: Viabilizar a inserção do arroz de terras altas em sistemas agrícolas sustentáveis**. Embrapa. *Online*. Disponível: <https://www.embrapa.br/en/arroz-e-feijao/inovacao-tecnologica/arroz-de-terras-altas>. Acesso: 15 de nov. de 2023.

FERREIRA, C. M.; WANDER, A. E. **Mudanças na distribuição geográfica da produção e consumo do arroz no Brasil**. Informações Econômicas, SP, v.35, n.11, nov. 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Food Outlook. Biannual Report on Global Food Markets, Roma, nov. de 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Rice Market Monitor. v. XXI issue n°1, abr. de 2018.

IBGE. Censo Agro, 2017. Home. *Online*. Disponível: https://censoagro2017.ibge.gov.br/2013-agencia-de-noticias/releases/28646-pof-2017-2018-brasileiro-ainda-mantem-dieta-a-base-de-arroz-e-feijao-mas-consumo-de-frutas-e-legumes-e-abaixo-do-esperado.html#:~:text=Os%20alimentos%20com%20maiores%20m%C3%A9dias,%2C1%20g%2Fdia.)). Acesso: 10, maio de 2023.

IRGA. Estimativas Safra 2022/2023. 2023. *Online*. Disponível: <https://irga.rs.gov.br/estimativas-safra-2022-2023>. Acesso: 07, out. de 2023

IRRI. International Rice Research Institute. ISBN-13: 978-92-9043-866-3. 2011.

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

ISHYMARU, T. *et al.* **Formation do grain chalkiness and changes in water distribution in developing rice caryopses grown under hightemperature stress**. Journal of Cereal Science, London, v. 50, n. 2, p. 166-174, 2009

JENNINGS, P. R.; COFFMAN, W. R.; KAUFFMAN, H. E. **Rice improvement**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1979. 186 p.

KAUFMANN, D. H.; CARLOS, F. S.; NUNES, M. C. **Cultivo de arroz e soja em terras baixas no sul do Rio Grande do Sul**. In: 30° CIC – Congresso de Iniciação Científica, 2021. Anais eletrônicos [...] Pelotas. *Online*. Disponível: <https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2021/CA_02714.pdf. Acesso: 07, outubro de 2023.

LANNA, A. C.; CARVALHO, M. A. de F. **Nitrato redutase e sua importância no estabelecimento de plantas de arroz de terras altas**. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, 2013.

LIMA, M. A. de; VIEIRA, R. F.; LUIZ, A. J. B.; GALVÃO, J. A. H. **Emissão de metano em cultivo de arroz irrigado sob sistema pré-germinado**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2021.

LOBO, V. L. da S.; FILIPPI, M.C. C. de; PRABHU, A. S. **Manejo de doenças**. Embrapa, 2021. *Online*. Disponível: <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo/arroz-de-terras-altas/manejo-de-pragas/manejo-de>

WENDER, A. E.; OSMIRA, F. da S. **Sustentabilidade econômica da cultura do arroz no Brasil**. In: 51º Congresso da SOBER, 2013. Anais eletrônicos [...] Belém - PA. *Online*. Disponível: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/87239/1/sober-Alcido3.pdf>. Acesso: 07, outubro de 2023.