



**JAMILE MARQUES MARINS**

**PROGRESSO GENÉTICO PARA A QUALIDADE FÍSICA E  
INDUSTRIAL DE GRÃOS DE ARROZ PRODUZIDOS NO  
SISTEMA DE TERRAS ALTAS**

**LAVRAS – MG**

**2021**

**JAMILE MARQUES MARINS**

**PROGRESSO GENÉTICO PARA A QUALIDADE FÍSICA E INDUSTRIAL DE  
GRÃOS DE ARROZ PRODUZIDOS NO SISTEMA DE TERRAS ALTAS**

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

Profa. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho  
Orientadora

Msc. Camila Soares Cardoso da Silva  
Coorientadora

**LAVRAS – MG**

**2021**

**JAMILE MARINS**

**PROGRESSO GENÉTICO PARA A QUALIDADE FÍSICA E INDUSTRIAL DE  
GRÃOS DE ARROZ PRODUZIDOS NO SISTEMA DE TERRAS ALTAS**

**GENETIC PROGRESS FOR PHYSICAL AND INDUSTRIAL QUALITY OF RICE  
GRAINS PRODUCED IN THE HIGH-LAND SYSTEM**

Monografia de conclusão de curso apresentada ao Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Aprovada em 07 de maio de 2021.

Dr. Flávia Barbosa Silva Botelho	UFLA
Msc. Camila Soares Cardoso da Silva	UFLA
Msc. Antônio Rosário Neto	UFLA

Profa. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho  
Orientadora  
Msc. Camila Soares Cardoso da Silva  
Coorientadora

**LAVRAS - MG**

**2021**

*Dedico este trabalho com imensa gratidão e reconhecimento ao meu amado pai, Pedro Luiz Marins e minha incrível avó, Paulina Saloti Marins, fontes de inspiração e apoio ao longo da graduação.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus onipotente e onipresente pela proteção e minha fé incondicional ao longo da graduação.

Ao meu pai, minha gratidão eterna, pelos esforços que sempre fez e faz, possibilitando a mim, condições para a realização da graduação e por todo incentivo e apoio.

A minha mãe Ercy Marques Marins, que mesmo não estando presente fisicamente sempre me guardou lá do céu.

A toda família, por proporcionarem todo o amor e sustento financeiro necessários para a conclusão do curso.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), por conceder a oportunidade de profissionalização cursando Agronomia.

A minha orientadora Prof. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho, um exemplo de profissional e pessoa, com uma humanidade ímpar, por todas orientações, ensinamentos e conversas que contribuíram para toda minha vida.

A minha orientadora Camila Silva Soares de Cardoso, que não mediu esforços para me auxiliar em toda jornada de trabalho, sendo minha maior segurança. Agradeço por todo cuidado e carinho e sobretudo pela amizade construída.

Ao Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas, o MelhorArroz, e todos os integrantes que são amigos queridos, pelos incríveis momentos de aprendizagem e companheirismo

A todos os professores e colegas que de alguma forma contribuíram para minha evolução ao longo da trajetória. Especialmente meus amigos Danilo Lima Goulart e Camila Xavier Damasceno pela amizade e momentos de felicidade nesses anos de muito estudo.

As minhas amigas das Vizinhas, por sempre estarem comigo em todos os momentos, conceder apoio e amizade verdadeira.

A todos os meus amigos de Três Corações, pela amizade, confiança e torcida.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma, para a minha formação e essa conquista.

## RESUMO

O arroz (*Oryza sativa L.*) está presente em todos continentes, fazendo-se alimento básico para mais de metade da população mundial. O padrão de qualidade de grãos é determinado em toda a cadeia produtiva da cultura, composta pelo produtor, indústria e o consumidor final, sendo de suma importância a obtenção, seleção e recomendação de genótipos que apresentem características favoráveis para qualidades físicas, químicas e industriais dos grãos almejadas no mercado nacional. Diante do exposto objetivou-se com a execução do projeto estimar o progresso genético do rendimento de grãos inteiros (RDT) e dimensão dos grãos (DG) alcançado pelo Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da UFLA - MelhorArroz. Os experimentos de Valor de Cultivo e Uso (VCU) foram conduzidos no município de Lavras – MG. Foram avaliadas 34 linhagens nas safras 2015/16, 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com três repetições. As parcelas foram constituídas por cinco linhas de quatro metros, com espaçamento de 0,35 cm. Em virtude do desbalanceamento dos dados, devido à inclusão e exclusão de genótipos entre uma safra e outra, optou-se pela abordagem de modelos mistos. Os componentes de variância foram estimados via REML e a predição das médias ajustadas BLUP. O progresso genético entre os anos foi estimado com base nas médias BLUP'S considerando a média das linhagens introduzidas no ensaio em relação às mantidas do ano anterior. Considerando o progresso genético do caráter DG ao longo das 4 safras foi considerado o valor de -0,62% anual, já para RDT, o ganho foi de 0,19% por ano. Assim, conclui-se que o programa de melhoramento da UFLA, nos períodos de 2015/2016 a 2018/2019, foi eficiente para aumentar o potencial de rendimento de grãos e diminuiu a razão média da dimensão de grãos.

Palavras-chave: *Oryza sativa L.*. Melhoramento genético. Rendimento. Dimensão de grãos.  
UFLA

## ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is present on all continents, being basic food for more than half of the world's population. The grain quality standards are determined by the production chain of the crop, composed by the producer, industry and the final consumer, being really important the obtaining, selection and recommendation of genotypes that present favorable characteristics for physical, chemical and industrial qualities of the desired grains in the national market. Given the above, the objective was to estimate the genetic progress of integer grain percentage and grain size achieved by the Highland Rice Breeding Program of UFLA - MelhorArroz. The experiments of Cultivation and Use Value (VCU) were conducted in the municipality of Lavras - MG. Thirty-four strains were evaluated in the 2015/16, 2016/2017, 2017/2018 and 2018/2019 harvests. The experimental design was randomized blocks, with three replications. The plots consisted of five lines of four meters, with spacing of 0.35 cm. Due to the unbalanced data, due to the inclusion and exclusion of genotypes between one year and another, was opted for the mixed models approach. The variance components were estimated via REML and the prediction of BLUP adjusted means. Genetic progress between years was estimated based on BLUP'S means considering the average of the strains introduced in the assay in relation to those maintained in the previous year. Considering the genetic progress of the GS character over the 4 harvests, the value of -0.62% annual was considered, while for RDT, the gain was 0.19% per year. Thus, it is concluded that the UFLA improvement program, in the periods from 2015/2016 to 2018/2019, was efficient to increase the grain yield potential and reduce the grain size, obtaining fine long grains, which is the preference of the Brazilian consumer.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	9
2.1 Cultura do arroz e sua importância no Brasil e no mundo.....	9
2.2 Qualidade física e industrial dos grãos de arroz .....	11
2.3 Melhoramento genético .....	15
2.4 Progresso genético .....	17
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	19
3.2 Locais.....	19
3.3 Genótipos .....	20
3.4 Condução dos experimentos .....	21
3.5 Características avaliadas .....	22
3.5.1 Renda (REN).....	22
3.5.2 Rendimento (RDT).....	23
3.5.3 Dimensão do grão (DG).....	23
3.6 Análise de dados .....	23
3.6.1 Estimativa dos parâmetros genéticos .....	24
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	25
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	30
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	31

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) está presente em todos continentes, fazendo-se alimento básico para mais de metade da população mundial. Caracterizado como um dos alimentos com melhor balanceamento nutricional, fornecendo energia, proteína e vários outros nutrientes necessários ao homem.

A estimativa da produção mundial do cereal beneficiado para safra de 2020/2021 é de 502,63 milhões de toneladas (USDA, 2020), trazendo China e Índia respectivamente como os maiores produtores, detendo mais de 50% da produção do mundo. O Brasil ocupa o décimo lugar no ranking mundial da produção de arroz, sendo o maior produtor fora do continente asiático, com 10,9 milhões de toneladas resultantes da estimativa da safra de 20/21 (USDA, 2020). O país executa importante papel, como produtor do grão e como relevante consumidor, consumindo de forma extensa no qual engloba todos os níveis sociais e faixas etárias da nação, indicando item pertencente da nossa cultura e tradição.

A qualidade dos grãos é determinada em toda a cadeia produtiva da cultura, composta pelo produtor, indústria e o consumidor final (BERGMAN, 2019). É intrínseca e está predisposta aos critérios estabelecidos nos diferentes países, ou seja, não há características determinadas para a produção do grão, afim de padronizar todo o produto mundialmente. Os diversos caracteres de qualidade dos grãos avaliados são conduzidos de acordo com o mercado consumidor do país, determinando o padrão de qualidade dos grãos que serão comercializados e bonificados em concordância à virtude.

No Brasil, o consumo do cereal possui um favoritismo por grãos inteiros, atribuindo à qualidade industrial a referência por arroz tipo 1 (admite apenas 8% de grãos quebrados). Conforme é ditada, os preços são influenciados e conseqüentemente, há a busca por novos produtos de maior desempenho e aceitação de mercados, induzindo a pesquisa por novas cultivares. Em relação a qualidade física, os brasileiros têm preferência por grãos de dimensões longo-fino, no qual o grão deve apresentar 6 mm ou mais de comprimento e 1,90 mm ou menos de espessura, ou a razão entre comprimento e largura maior ou igual a 2,75mm, além de que os grãos sejam translúcidos.

O desenvolvimento de cultivares melhoradas é a principal forma de aumentar o rendimento de grãos inteiros e obter dimensões dos grãos aceitos pelo mercado consumidor, pois as cultivares são pacotes tecnológicos que proporcionam ganhos expressivos para o produtor. Contudo, embora a adoção dessas cultivares seja uma das maneiras mais eficientes de avaliar

os programas de melhoramento, também é importante que se quantifique o progresso genético obtido por estes ao longo das safras agrícolas.

Segundo Vencovsky et al. (1988) o progresso genético é avaliado por meio da superioridade genética dos materiais que estão participando dos ensaios em determinado ano em detrimento aos demais anos anteriores. Sua estimativa é importante pois, permite quantificar a eficiência dos trabalhos executados e os dados obtidos fornecem subsídios para a avaliação e o planejamento das atividades de melhoramento e a reavaliação das estratégias empregadas (BARBOSA NETO et al., 2000).

Diante do exposto, o objetivo com este trabalho foi estimar o progresso genético para a qualidade física (grãos que sejam da classe longo-fino) e industrial (arroz tipo 1), dos grãos de linhagens de arroz, alcançado pelo Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da UFLA - MelhorArroz em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e EPAMIG desenvolvido em Lavras – MG no período de 2015/16 a 2018/2019.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Cultura do arroz e sua importância no Brasil e no mundo**

O arroz (*Oryza sativa* L.) pertence à classe Liliopsida, de ordem Poales, família Poaceae e gênero *Oryza*, está presente em todos continentes, sendo, segundo a Embrapa Arroz e Feijão (EMBRAPA, 2013) a terceira cultura cerealífera do mundo ficando atrás apenas dos cereais: milho e trigo (USDA, 2020), fazendo-se alimento básico para mais de metade da população mundial. Caracterizado como um dos alimentos com melhor balanceamento nutricional, o arroz fornece energia, proteína e vários nutrientes necessários ao homem, além de ser uma cultura excepcionalmente flexível, que se adapta a diferentes condições de cultivo (PERES et al., 2015).

A Ásia denota dos maiores produtores de arroz do mundo. Em primeiro lugar, tem -se a China com 148,5 milhões de toneladas, seguido da Índia com 117,94 milhões de toneladas presumidas para safra 20/21, os dois países representam cerca de 50% da produção mundial do grão. (IGC, 2020).

O Brasil ocupa a décima posição no ranking mundial, com produção de 11,18 milhões de toneladas na safra de 2019/20 correspondendo a 1,5% da produção mundial (CONAB, 2021).

O país executa importante papel, como produtor do grão e como relevante consumidor, consumindo de forma extensa no qual engloba todos os níveis sociais e faixas etárias da nação, indicando item atinente da nossa cultura e tradição (ZANIN, 2019).

No Brasil o arroz é cultivado por meio de dois sistemas de produção sendo, um de inundação e o outro de terras altas. O arroz inundado está concentrado na região Sul, já o arroz de terras altas ocupa maior número dos estados restantes, porém, quanto ao volume produzido, o arroz inundado é o principal produtor (SOUSA, 2019). O lavradio total é composto pelos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Tocantins, Mato Grosso e Maranhão, que juntos correspondem 85% da produção anual nacional (SATO & REIS, 2020). Números registrados, de acordo com a CONAB 2020, destacaram como maiores produtores na safra 2019/20 com produção total de 11.183,4 mil toneladas, o estado do Rio Grande do Sul com 71,5% da produção, seguido de Santa Catarina com 10,8%, Tocantins 5,9%, Mato Grosso 3,7% e Maranhão com 1,4% da produção nacional (CONAB, 2020).

A imensa popularidade do arroz no Brasil, fez com que o país articulasse longas pernas para o benefício do cultivo eficiente, transformando-o em o único país do mundo em que a lavoura do arroz de sequeiro se encontra em pé de igualdade com a de arroz irrigado (NUNES; MARTINS, 2017).

O arroz no Brasil e no mundo é consumido preferencialmente no aspecto de grãos inteiros, sendo conhecidos, em função do método de processamento pós colheita, como arroz branco, arroz integral e arroz parboilizado (BRASIL, 2018). Com uma versatilidade em apresto gastronômico, o cereal pode ser associado com outros alimentos potencializando a qualidade nutricional dependendo do seu processamento pós colheita e preparação, além da qualidade do grão (DUARTE, 2019). Em 2020 no país, o consumo foi de 34kg/habitante (USDA, 2020), com um balanço final do consumo dos brasileiros mantendo a preferência ao arroz branco polido (74%), seguido do arroz parboilizado (22%) e por último de 3% a 4% de arroz integral. (LOPES; LOPES, 2008).

O consumidor brasileiro possui preferência por grãos longos e finos (agulhinha), com aspectos translúcidos, polidos e livres de matérias estranhas (FERREIRA; MÉNDEZ DEL VILLAR; ALMEIDA, 2005).

O favoritismo pelos grãos inteiros e longo-fino fez com que o Brasil formasse um diferencial no comércio mundial quanto a qualidade, com presença consolidada em mais de 70 países da África, América do Sul, Caribe, Oriente Médio, e Europa (ABIARROZ, 2020).

A escolha pelo arroz longo fino foi obtida com habilidade e perspicácia dos orizicultores das regiões produtoras desse tipo de grão, com o incremento de novas tecnologias, prioridade

para novas cultivares e melhoramento genético, ocorrendo a mudança da legislação da qualidade de grãos, além do incentivo governamental para financiamento e aquisição da produção, resultando no engajamento sincronizado dos elos da cadeia produtiva (FERREIRA, 2018).

Nos últimos anos, pesquisas vêm sendo desenvolvidas visando alcançar as características mais interessantes para os consumidores e produtores, utilizando as técnicas da biotecnologia atual, permitindo que cada vez mais o destaque do arroz não seja somente como um dos principais alimentos para a população, mas também como um alimento de qualidade, que pode auxiliar na manutenção da saúde e ser formador de renda (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

## 2.2 Qualidade física e industrial dos grãos de arroz

A qualidade dos grãos de arroz depende da relação integrada da cadeia produtiva da cultura, sendo composta pelo melhorista, orizicultor, indústria e o consumidor final (BERGMAN, 2019). Também pode ser considerada como intrínseca e está predisposta aos critérios estabelecidos nos diferentes países, que apresentam padrões culturais que indicam sua forma de aplicação na alimentação construída sobre os pilares da tradição e estirpe da nação. (FERREIRA et al., 2005). No Brasil, o consumidor procura em relação a qualidade industrial e física, um produto que possua alta porcentagem de grãos inteiros no beneficiamento e grãos do tipo longo-fino (MENDES, 2020). A qualidade industrial é um conjunto de ações que envolvem desde a colheita e secagem dos grãos até o seu armazenamento, que sendo realizado de forma correta colaboram para a alta porcentagem de grãos inteiros (BERTINETTI, 2017). Além disso, segundo Peres et al. (2015), existem algumas particularidades que podem influenciar no rendimento, sendo estas: características genéticas da cultivar, déficit hídrico na fase de enchimento de grãos, condições climáticas após a adubação e teor de umidade na colheita.

O preço recebido pelos produtores na comercialização do arroz depende de fatores ditados diretamente pela cadeia produtiva do produto, que visa atingir e satisfazer na sua totalidade o mercado consumidor. No processo de comercialização dos grãos que advêm após o beneficiamento (CAPITANI; DE MIRANDA, 2017).

As melhores cotações dependem, dentre muitos parâmetros, da qualidade do grão após o beneficiamento industrial, no qual há a remoção da casca e outros processos industriais que integram a conclusão do produto encaminhado ao comércio para venda ao consumidor final (CAVALLERI; MENDONÇA JR; RODRIGUES, 2010).

A secagem do arroz antecede o beneficiamento industrial sendo de extrema importância, pois mantém a qualidade do produto oriundo de todas ações durante a condução da safra. Atentando para o teor de umidade inicial e à temperatura da massa de grãos, o processo de secagem evita prejuízos irreversíveis, como a ocorrência de danos mecânicos que, além de interferirem na qualidade fisiológica, afetam o percentual de grãos inteiros obtidos no beneficiamento (BRAGANTINI; EIFERT, 2013).

O beneficiamento industrial do grão de arroz apresenta processos industriais que compõem o cronograma padrão de fases, contendo métodos específicos que finalizam a mercadoria e fornece a renda e rendimento. As fases do beneficiamento:

- a) limpeza: A operação de limpeza do grão de arroz é realizada por máquina de ar e peneiras com perfurações redondas e oblongas, aspirando ou assoprando e retendo as impurezas;
- b) descascamento: O arroz é descascado de forma mecânica, em máquinas contendo dois roletes coberto com borracha que giram em sentidos contrários e com velocidades diferentes, promovendo a fricção e compressão que resultam no descasque, ou seja, separação da casca das demais partes. Nessa etapa é importante o conhecimento da umidade do grão a fim de evitar danos mecânicos, pois o rendimento é medido pela quantidade de grãos inteiros;
- c) soprador de palha: O soprador de palha separa a casca através de sistema pneumático, usando apenas o ar em razão da casca ser mais leve que o produto, encaminhando e depositando em local específico para depósito do “resíduo”;
- d) mesa separadora de marinheiros: Os grãos não descascados oriundos do descascamento são chamados de marinheiros. Nesta etapa é utilizada a mesa separadora de forma inclinada que trabalha com movimento alternado para retirar o arroz não descascado do arroz sem casca com base na diferença de peso específico entre os dois;
- e) brunição: O arroz descascado (integral) é polido por máquinas que apresentam brunidores, que são pedras de esmeril cônicas que giram dentro de caixas revestidas por metal perfurado onde sai o farelo (pericarpo, gérmen, aleurona e finaparte de endosperma amiláceo);
- f) homogeneização: Processo que finaliza a brunição utilizando jatos de ar que desprende o farelo acumulado no grão do arroz branco;
- g) classificação: Nesta etapa os grãos de arroz são separados em grãos inteiros,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{4}$ , em equipamentos chamados “trieurs”. As diferentes frações apresentam cotações variadas quando comercializadas. A classificação comercial do arroz se baseia, em

geral, nas 4 categorias: longo-fino, longo, médio e curto (são baseadas por meio das dimensões dos grãos após o beneficiamento) e nos tipos, que variam de 1 a 5 de acordo com a quantidade de defeitos, quireras, impurezas, grãos mofados e etc (MAPA, 2012). Segundo Eifert, Vieira e Vieira (2013), também na classificação, os grãos podem passar por equipamentos de leitura ótica, onde são removidos os grãos rajados, vermelhos, picados, manchados ou aqueles com alteração de coloração agregado valor ao lote final;

h) embalagem e expedição: Após todas as etapas o arroz é embalado e rotulado de acordo com as suas características que expressam o Tipo e Classe do produto regidos pela Portaria do Mapa nº 269/88, de 17.de novembro de 1988.O beneficiamento gera e registra dados de renda e rendimento que reflete diretamente o valor do produto no mercado brasileiro. O rendimento de engenho ou renda do benefício é definido pelo percentual de arroz descascado e polido, considerando-se grãos inteiros e quebrados juntos. Já o rendimento de grãos inteiros, usado como referência para valorização comercial do arroz, é definido como a quantidade de grãos inteiros e de grãos quebrados, separadamente, obtidos após beneficiamento, sendo apresentado em porcentagem em relação ao arroz com casca. O grão inteiro é considerado aquele que foi descascado e polido que, mesmo quebrado, apresenta comprimento igual ou superior a três quartos do comprimento mínimo da classe a que pertence. (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2020), os dois parâmetros são definidos pela norma de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz do MAPA PORTARIA Nº6 DE 6 DE FEVEREIRO DE 2012 onde tem por objetivo definir as características de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz em casca (natural e parboilizado), do arroz beneficiado (integral, parboilizado, parboilizado integral e polido), e dos fragmentos de arroz que se destinam à comercialização (MAPA, 2020).

Todo o arroz destinado ao consumo e comercialização como grão para consumo é encaixado após beneficiamento em tipos, expressos numericamente de 1 a 5, sendo o primeiro de maior qualidade e o último de menor qualidade, definidos de acordo com o percentual de ocorrência de defeitos e com o percentual de grãos quebrados e quirera (CASTRO et al., 1999; MAPA, 2012; MAGHELLY, 2020):

- a) tipo 1: Admite 8% de grãos quebrados e quirera;
- b) tipo 2: Admite 20% de grãos quebrados e quirera;
- c) tipo 3: Admite 30% de grãos quebrados e quirera;
- d) tipo 4: Admite 40% de grãos quebrados e quirera;

- e) tipo 5: Admite 50% de grãos quebrados e quirera.

Depois de ser beneficiado e classificado o arroz é avaliado para comercialização, sendo pertencente da Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM) no Brasil, lançada oficialmente em 1966 (COLIMBINI, 2008), que busca reduzir a instabilidade dos preços agrícolas, assegurando uma renda mínima aos produtores e, principalmente, garantir o abastecimento interno de alimentos, com o governo exercendo controle sobre os preços dos produtos agropecuários (VERDE, 2001).

Sendo assim, o arroz em casca é outorgado a uma renda base, fixada a nível nacional de 68%, no qual é constituída de um rendimento do grão de 40% de inteiros mais 28% de quebrados e quirera, apurados depois do produto descascado e polido totalizando o preço determinado da saca de 45kg. Para a valoração do produto com maiores porcentagens que as fixadas, há a renda do benefício mediante a aplicação dos coeficientes de valorização: Grão inteiro- 79,412%; Grão Quebrado e Quirera - 20,588%, acrescido ao preço da saca de arroz (MAPA, 2020).

A qualidade física dos grãos de arroz está relacionada com o aspecto do grão, como a razão entre comprimento e largura do grão (C/L), volume, cor, formato, densidade e a incidência de gessamento nos grãos (BHATTACHARYA, 2011). Esses atributos direcionam a escolha sobre as cultivares que denotam tais características de valia. (CASTRO et al., 1999; AGRIANUAL, 2011).

A qualidade física do arroz pós beneficiamento pende às variáveis genéticas, efeitos ambientais e boas práticas agrícolas, posto isso, o programa de melhoramento genético de arroz da UFLA, o Melhor Arroz em parceria com a Embrapa e Epamig executam trabalhos focados nas características da dimensão do grão e do gessamento, aspectos que compõem a formação monetária (SILVA, 2019).

Sendo assim, desfrutando de alta relevância na composição do valor do arroz a qualidade física deve atender a instrução normativa, Portaria nº 6 de 6 de fevereiro de 2012 que classifica o cereal em cinco classes (longo fino, longo, médio e curto) e em cinco tipos (Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3, Tipo 4 e Tipo 5) (FERREIRA et al., 2005):

- a) longo fino: medindo 6,00 mm ou mais no comprimento, a espessura menor ou igual a 1,90 mm e a relação comprimento/ largura maior ou igual a 2,75mm) após o polimento dos grãos;
- b) longo: medindo 6,00 mm ou mais no comprimento, após o polimento dos grãos;
- c) médio: medindo de 5,00 mm a menos de 6,00 mm no comprimento, após o polimento dos grãos;

d) curto: medindo menos de 5,00 mm de comprimento, após o polimento dos grãos.

O Brasil tem preferencialmente a exigência por grãos da classe longo fino, (ABIARROZ, 2020). Portanto, o valor desejável dessa dimensão C/L é que seja maior que 2,75 mm e para que isto aconteça, é necessário no mínimo que o comprimento seja maior que 6 mm e a espessura seja menor que 1,85mm, característica dos grãos longos finos, também conhecidos comercialmente como grão tipo agulhinha (ELIAS; OLIVEIRA; VANIER, 2012).

A aparência dos grãos quanto à qualidade física vai além das dimensões, incluindo também a ausência de defeitos visuais, no qual são bem mais aceitos pela indústria e pelo mercado consumidor os grãos translúcidos. O consumidor brasileiro tem preferência por arroz com aspecto translúcido, com grãos íntegros e uniformes (CASTRO et al., 1999). Portanto, para garantir o retorno econômico através da atividade, é necessário evitar fatores que afetam negativamente a aparência e percentual de grãos inteiros, pois o interesse do mercado interno não consente à presença de grãos gessados, o impacta no preço final. (ZIMMERMANN et al. 1993).

Conforme a Instrução Normativa Nº 6, de 16 de fevereiro de 2009, o grão gessado pode ser definido como grão descascado e polido, inteiro ou quebrado, que apresentar coloração totalmente opaca e semelhante ao gesso. Isto pode ocorrer devido a presença de opacidade nos grãos causada pelo arranjo de forma não compacta entre os grânulos de amido e proteína nas células (ISHIMARU et al., 2009). As manchas opacas provêm de origem genética, condições ambientais adversas, má formação dos grãos pela incidência de doenças e grande quantidade de grãos imaturos, ou alto grau de umidade e ataque de insetos sugadores antes da colheita (VIEIRA; RABELO, 2006). Estes tipos de grãos podem ser categorizados em centro branco, branco leitoso e barriga branca, dependendo da presença do gesso no grão (ISHIMARU et al., 2009).

Conforme Santos (2012), os grãos gessados expõem diferenças nas características físicas e químicas, porém não diferem nas características sensoriais do arroz, por outro lado, Xi e colaboradores (2014) comprovam a diferença nos valores percentuais de proteínas comprovando que há diferença na qualidade culinária e nutricional de um grão gessado em relação a um grão translúcido.

### 2.3 Melhoramento genético

O melhoramento genético de plantas é definido como a ciência que consiste em selecionar ou alterar o material genético, visando a frequência de bons alelos em busca das

características desejáveis que desempenham a qualidade na produção agrícola (IFOPE, 2020). É fundado juntamente com registros da formação da humanidade, quando ocorreu a domesticação de animais e plantas pelos humanos, no qual praticavam de forma consciente a seleção dos melhores genes para gerações futuras (MATIELLO, 2018).

Com o desenvolvimento mundial houve o aumento populacional e igualmente a demanda por alimentos, originando grande operação do manuseio de características genéticas de diferentes espécies vegetais (VARGAS et al., 2017), almejando expressar maior desempenho na produção e qualidade. O avanço do melhoramento genético na formação de novas cultivares, tem sido o pilar de sustentação da agricultura atual (BUENO et al., 2001), no qual a variabilidade genética permite uma gama de atributos de interesse manipuláveis pelos melhoristas na seleção de genótipos superiores. De maneira geral, as contribuições do melhoramento de plantas, fundamentadas em conhecimentos científicos, têm permitido produções que atendam a demanda mundial de alimentos (WOLF, 1986).

Os diversos programas de melhoramento realizam trabalho árduo no desenvolvimento de um cultivar, já que é necessário neste processo, ter material genético de ampla variabilidade, área experimental que represente as condições de adaptação da cultura, recursos financeiros e humanos, dentre outros quesitos (SILVA JÚNIOR, 2017). Além disso, os melhoristas devem ter conhecimento a respeito da cultura e base científica de informações nas áreas de estatística experimental, melhoramento vegetal, biotecnologia e biometria, além da capacidade de gerenciamento de pessoas (BORÉM; MIRANDA, 2013). Assim, fica evidente que em um novo cultivar está embutido muito conhecimento e trabalho.

O melhoramento genético tem um papel essencial na viabilização da cultura do arroz, através do desenvolvimento de novas cultivares adaptadas para cada fim específico de cultivo, elevando a produção e qualidade exigida pela cadeia produtiva dos grãos. (BARBOSA FILHO; FONSECA, 1994).

Eventualmente, a contribuição objetiva do melhoramento genético na elevação das médias das cultivares de arroz disponibilizadas ao produtor no decorrer dos anos nos programas de melhoramento, deve ser verificada (BORGES et al. 2009). Além do mais, conhecer o ganho genético é de fundamental importância em programas de melhoramento, pois permite averiguar seu sucesso, buscar novos métodos que venham a ampliar sua eficácia, orientar futuras ações de pesquisa e reavaliar as estratégias empregadas (SOARES et al., 2005; MENEZES JÚNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008).

## 2.4 Progresso genético

O desenvolvimento de cultivares melhoradas é a principal forma de se aumentar a produtividade de grãos da maioria das espécies agrônomicas, no qual a procura por caracteres agrônomicos de maior importância, que despertem em maior produtividade e melhor qualidade e menor custo de produção é o principal objetivo dos programas brasileiros de melhoramento genético (SILVA JÚNIOR, 2017). Sendo assim, o progresso genético é avaliado mediante a superioridade genética dos materiais que estão participando dos ensaios em determinado ano em oposição aos anos anteriores (VENCOVSKY et al., 1988).

A avaliação da estimativa do progresso genético é de fundamental importância em programas de melhoramento, pois permite averiguar seu sucesso, buscar novos métodos para ampliar sua eficácia, quantificar o impacto dos alelos favoráveis durante as fases de melhoramento, orientar futuras ações de pesquisa e reavaliar as estratégias empregadas (SOARES et al., 2005; MENEZES JÚNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008). Da mesma forma, esses estudos podem auxiliar na identificação de caracteres com maior contribuição para o aumento do rendimento e da qualidade de grãos (COX et al., 1988).

Posto isso, foram desenvolvidas metodologias que se destinam a obtenção de estimativa do progresso genético e quantificação das melhores tecnologias obtidas em programas de melhoramento conduzidos durante determinado período objetivando a estimação dos ganhos anuais em arroz (RANGEL et al., 2000; SOUZA et al., 2007).

Existem diversos trabalhos e metodologias relacionadas com progresso genético disponíveis na literatura, mas o ideal é que o método utilize as informações já disponíveis no decorrer dos ensaios. (SILVA JÚNIOR, 2017)

Um dos métodos utilizados é o de Breseghello, Morais e Rangel (1998), onde a estimativa de progresso genético consiste na análise conjunta da série de dados dos experimentos regionais através de um modelo linear generalizado, a fim de obter médias ajustadas dos genótipos e a matriz de covariância destas médias em cada ano. Por fim é calculada a média aritmética das médias ajustadas obtidas na análise conjunta e na comparação direta dos anos, aplicando-se o método de quadrados mínimos generalizados que resulta na estimativa ponderada do ganho genético médio no período. Ainda segundo Breseghello, Morais e Rangel (1998), este método permite anular as interações genótipos x anos e genótipos x experimentos/ano, resultando assim em estimativas mais precisas. Este método pode ser aplicado a dados desbalanceados, o que possibilita a estimativa dos ganhos genéticos em séries de experimentos multilocais de qualquer amplitude e duração.

Outra metodologia é a tradicional, desenvolvida por Vencovsky et al. (1988), que propõe utilizar a diferença entre a dimensão média dos tratamentos comuns, a cada par de anos, para estimar o efeito do ano. O avanço genético anual é obtido pela diferença entre os valores médios dos genótipos não comuns de um ano e a do ano imediatamente anterior, excluindo-se o efeito do ano. Já Fernandes (1998), propõe modificação no método de Vencovsky et al. (1988) para estimativa do progresso genético e ambiental, utilizando o método dos quadrados mínimos ponderados (QMP). As diferenças entre as estimativas obtidas pelos métodos de Vencovsky et al. (1988) e Fernandes (1998) ocorrem porque a primeira metodologia considera os genótipos que são comuns de um ano para outro, enquanto a segunda considera os genótipos não comuns. No entanto, trabalhos com essas metodologias constatam que as estimativas de ganhos genéticos anuais são muito semelhantes (ARIAS, 1996; ATROCH; NUNES, 2000).

Ainda em relação as metodologias disponíveis, o Método da testemunha como fator de correção proposto por Fonseca Júnior (1997), utiliza a referência de testemunha comum a todos os experimentos considerando os resultados como covariável dos resultados dos demais genótipos, obtendo-se médias ajustadas, livres do efeito ambiental, à semelhança da correção dos valores em função do número de plantas na parcela. Com as médias anuais ajustadas, efetua-se o estudo de regressão em função dos anos e pelo coeficiente angular (b), estimando o ganho genético médio anual.

Muitos são os trabalhos que utilizam mais de uma metodologia para a estimativa do progresso genético (SOARES, 1992; ARIAS, 1996; ATROCH; NUNES, 2000; MORESCO, 2003). A utilização de uma ou de outra metodologia vai depender da disponibilidade de testemunhas durante todo o período de avaliação, é importante escolher uma metodologia mais flexível diante da sua proposta, pois permite que o programa de avaliação de cultivares seja mais dinâmico (SOARES; RAMALHO; SOUZA, 1994).

No Brasil, existem vários trabalhos com o objetivo de adquirir o progresso genético conquistado pelos programas de melhoramento. O melhoramento de soja na região Sul do país entre 1965 e 2011 que resultou em um ganho anual de produção de 2,4% (TODESCHINI, 2018). Nas regiões mineiras do Alto Paranaíba e Sul de Minas, Abreu et al. (1994) encontrou o resultado de ganho de 1,9% do feijoeiro no período de 1972 a 1990. Também em Minas Gerais, obtido o progresso genético médio da produção anual de 1,26% para ciclos precoces e de 3,37% para ciclos médios respectivamente em arroz de sequeiro no período entre 1974/75 a 1994/95 (SOARES et al., 1999). Nesse mesmo estado, dando seguimento aos trabalhos sobre a cultura do arroz, Silva Júnior (2017) realizou o ganho genético de arroz irrigado entre 1993/94 e

2015/2016, obtendo 1,46% para Lambari, 0,14% para Janaúba e 0,11% para Leopoldina. Outro modelo, na região centro-oeste, Moresco (2003) estimou o progresso genético do algodão em caroço em 3,8% ao ano.

Por fim, é de referir que os valores encontrados nas estimativas de progresso genético, quantificam os parâmetros genéticos e fenotípicos, tais como herdabilidades, correlações genéticas e fenotípicas e ganhos esperados com seleção e tem grande importância, pois ajudam a medir a eficiência do método que está sendo utilizado, definindo se os principais objetivos do programa estão sendo alcançados e, caso necessário, possibilita ajustes na estratégia no método de melhoramento (ROSSMANN, 2001).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

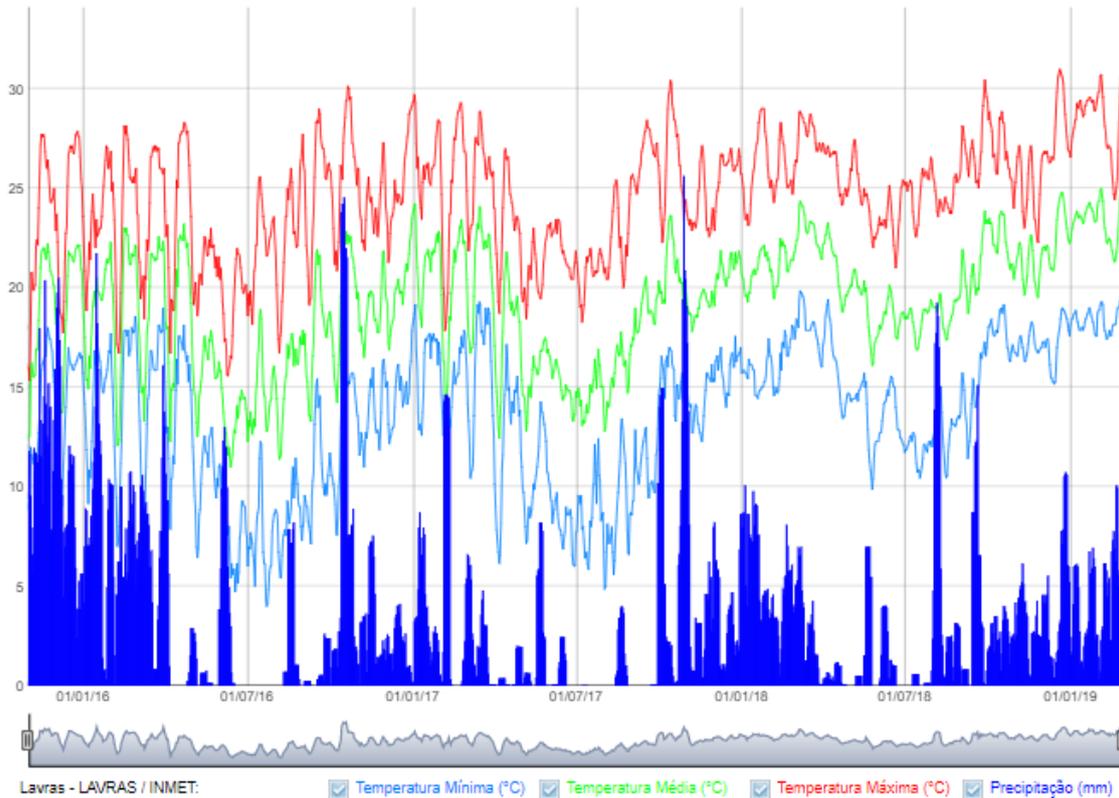
#### 3.2 Locais

Os experimentos de Valor de Cultivo e Uso (VCU) foram conduzidos no município de Lavras – MG, na unidade experimental situada no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras (UFLA), durante as safras 2015/16, 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019. As coordenadas geográficas, altitudes e tipo de clima, pela classificação Köppen-Geiger, estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Coordenadas geográficas e altitudes no município de Lavras-MG onde os experimentos de VCU foram avaliados.

Local	Região	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Clima
Lavras	Sul	21° 14'45' S	44° 59'59' W	920	Cwa

Figura 1 – Precipitações e temperaturas médias durante a realização dos experimentos. Lavras, MG, 2015/16, 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019.



Fonte: INMET (2021)

### 3.3 Genótipos

Foram avaliadas 34 linhagens nas safras 2015/16, 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019, sendo todas estas linhagens pertencentes ao experimento de Valor de Cultivo e Uso (VCU) do programa de melhoramento genético de arroz de terras altas do convênio entre a Universidade Federal de Lavras (UFLA), Embrapa Arroz e Feijão e a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG); e também, uma multilinha e quatro testemunhas (BRS Esmeralda, BRS Caçula, BRSMG Caravera e BRSMG Relâmpago) (TABELA 2). Vale ressaltar, que alguns genótipos foram avaliados em mais de uma safra. A escolha das testemunhas foi devido a estas cultivares já serem estabelecidas no mercado e possuírem boa aceitação em relação à qualidade de grãos pelos consumidores e indústria (CASTRO et al., 2014; SOARES et al., 2013).

Tabela 2 – Linhagens pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras - MelhorArroz, em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e Epamig, avaliadas nas diferentes safras agrícolas.

Safrá 2015/16		Safrá 2016/2017		Safrá 2017/2018		Safrá 2018/2019	
1	CMG 2162	1	CMG 2162	27	CMG F6 LAM 20-2	27	CMG F6 LAM 20-2
2	CMG 2168	2	CMG 2168	28	CMG ERF 85-14	28	CMG ERF 85-14
3	BRS Esmeralda	3	BRS Esmeralda	3	BRS Esmeralda	3	BRS Esmeralda
4	CMG 2170	4	CMG 2170	29	CMG ERF 221-16	29	CMG ERF 221-16
5	CMG 2119	5	CMG 2119	5	CMG 2119	5	CMG 2119
6	BRSMG Caçula	6	BRSMG Caçula	6	BRSMG Caçula	6	BRSMG Caçula
7	CMG 2185	7	CMG 2185	30	CMG ERF 85-6	30	CMG ERF 85-6
8	CMG 2187	8	CMG 2187	8	CMG 2187	33	CMG ERF 81-2
9	CMG 2188	9	CMG 2188	9	CMG 2188	34	CMG ERF 81-6
10	CMG 2085	10	CMG 2085	10	CMG 2085	10	CMG 2085
11	BRSMG Caravera	11	BRSMG Caravera	31	CMG ERF 85-15	31	CMG ERF 85-15
12	BRSMG Relâmpago	21	CMG ERF 221-4	21	CMG ERF 221-4	35	CMG ERF 85-3
13	CMG 1511	13	CMG 1511	32	CMG F6 LAV 1-7	32	CMG F6 LAV 1-7
14	CMG 2089	22	CMG ERF 221-9	22	CMG ERF 221-9	36	CMG ERF 85-4
15	CMG 1896	15	CMG 1896	15	CMG 1896	37	CMF ERF 222-1
16	CMG 2097	23	CMG ERF 221-9	23	CMG ERF 221-9	38	CMG ERF 46-1
17	CMG 2093	24	CMG ERF 221-19	24	CMG ERF 221-19	24	CMG ERF 221-19
18	CMG 1977	25	CMG ERF 221-29	25	CMG ERF 221-29	25	CMG ERF 221-29
19	CMG 1509	19	CMG 1509	19	CMG 1509	39	CMG ERF 85-13
20	CMG 1987	26	Multilinha	26	Multilinha	26	Multilinha

### 3.4 Condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados, com três repetições. As parcelas foram constituídas por cinco linhas de quatro metros, com espaçamento de 0,35 cm. As duas linhas externas de cada parcela foram desprezadas na colheita para evitar mistura varietal, sendo área útil 4,2 m<sup>2</sup>.

A aplicação de fertilizantes em todas as safras foi realizada de acordo com a análise de solo feita nos locais de plantio. Foram aplicados 400 kg de 8-28-16, obtendo as doses de 32 kg de

N, 112 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 64 kg de K<sub>2</sub>O nos sulcos, e também foi realizada uma adubação de cobertura, 25 dias após a semeadura onde foi aplicado 40 kg de nitrogênio. As técnicas de manejo foram uniformes para todos os ambientes, segundo Utumi (2008). Para o controle de doenças fúngicas, não foram utilizados fungicidas, pois o programa de melhoramento também realiza a seleção de genótipos quanto à resistência a doenças.

O início da colheita das plantas foi realizado conforme a maturação do ciclo de forma manual. A trilha das plantas foi feita manualmente para evitar danos mecânicos aos grãos e a secagem dos grãos foi feita ao sol no Setor de Grandes Culturas do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras segundo normativa apresentada por Utumi (2008). Os grãos recém-colhidos foram espalhados sobre lonas e constantemente revolvidos para facilitar a troca de umidade com o ambiente. A umidade foi monitorada pelo medidor de umidade Gac 2100 até atingirem 13% de umidade. A operação de limpeza dos grãos foi feita por meio de peneiras. Após esses processos as amostras de ambas as safras foram armazenadas em câmara fria a temperatura de 10 °C por 90 dias, antes de iniciar os processos de beneficiamento e as avaliações de laboratório.

### 3.5 Características avaliadas

Foram coletadas amostras de 1 kg de arroz com casca de todas as parcelas e realizadas as avaliações dos seguintes caracteres: renda e rendimento dos grãos, dimensões dos grãos.

#### 3.5.1 Renda (REN)

Foram obtidas amostras de 100 g de arroz em casca de cada parcela e levado à máquina de classificação e beneficiamento (moinho de provas do modelo Sukuki MT 10, situado na subestação da EPAMIG, Lavras-MG) as amostras foram beneficiadas (descascadas e polidas) e por meio do *trieur*01 houve a separação dos grãos inteiros e quebrados para a determinação da renda e rendimento dos grãos. A renda foi determinada por meio do cálculo do percentual de massa de grãos inteiros e quebrados após o beneficiamento em relação à massa inicial dos grãos com casca (BRASIL, 2009).

$$Renda (\%) = \frac{\text{Rendimento de grãos beneficiados e brunidos (inteiros+quebrados)}}{\text{Massa de grãos em casca}} \times 100 \quad (1)$$

### 3.5.2 Rendimento (RDT)

Foi contabilizada a massa de grãos inteiros e quebrados de cada parcela, resultante do processo de beneficiamento dos grãos de arroz. O rendimento de grãos inteiros foi determinado por meio do cálculo de percentual de grãos inteiros, conforme a Equação 2 (Instrução Normativa n. 6, de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA).

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Massa de grãos beneficiados e polidos}}{\text{Massa de grãos em casca}} \times 100$$

### 3.5.3 Dimensão do grão (DG)

A dimensão do grão foi obtida a partir de análise de imagens. Foi feita uma subamostra de 100 grãos brunidos de cada parcela, e procedidas às análises. A captura das imagens dos grãos de arroz foi efetuada no equipamento *Groundeye*, desenvolvido pela Tbit Tecnologia e Sistemas, na qual os grãos foram dispostos em a bandeja de vidro do equipamento sem nenhuma posição definida e posteriormente as imagens foram capturadas por câmeras de alta resolução situadas no interior do equipamento. As configurações do *Groundeye* foram processadas para calibração da cor do fundo, luminosidade, e dimensões do grão.

Após este processo, foram realizadas as análises biométricas dos grãos, nas quais foram obtidos os valores de comprimento e espessura dos grãos. Os grãos foram classificados de acordo com os padrões definidos por Brasil (2012): longo-fino ( $C \geq 6$  mm;  $L \leq 2,17$  mm;  $C/L > 2,75$ ), longo ( $C \geq 6$  mm), médio ( $C < 6$  e  $\geq 5$  mm) e curto ( $C < 5$  mm).

## 3.6 Análise de dados

A análise conjunta, em virtude do desbalanceamento dos dados, devido ao dinamismo do programa de melhoramento de uma safra para outra, optou-se por utilizar uma abordagem via modelos mistos. O modelo estatístico proposto foi:

$$y = X\mathbf{b} + Z\mathbf{g} + W\mathbf{c} + V\mathbf{d} + \mathbf{e}$$

em que **b**, **g**, **c**, **d** e **e** correspondem aos vetores, respectivamente, de ambientes (efeito fixo), efeito dos genótipos (aleatório), efeitos da interação genótipos x ambientes (aleatório), efeito de repetição dentro de ambientes (aleatório) e de erros (aleatórios).

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2019) pelo procedimento REML/BLUP, em que os componentes de variância e parâmetros genéticos foram estimados via REML (máxima verossimilhança restrita) e predição das médias ajustadas por meio do BLUP (melhor predição linear não viciada).

A significância das variâncias associadas aos efeitos aleatórios foi verificada pelo teste da razão de verossimilhança “LikelihoodRatio Test” (BERNARDO, 2010). A eficiência dos procedimentos de análise via modelos mistos foi avaliada pelo ganho genético com a seleção, calculada a partir da média dos BLUP’s das progênies (GS) (RAMALHO et al., 2012):

### 3.6.1 Estimativa dos parâmetros genéticos

Considerando a análise conjunta, a partir dos valores estimados dos componentes de variância, foram calculadas as seguintes estimativas:

- a) coeficiente de variação experimental (CV):

$$CV = \frac{\sqrt{\sigma_e^2}}{\bar{x}}$$

em que:  $\sigma_e^2$ : variância residual;  $\bar{x}$ : média geral;

- b) acurácia ( $r_{gg}$ ): a acurácia foi estimada utilizando o seguinte modelo:

$$r_{gg} = \sqrt{1 - \frac{PEV}{\sigma_g^2}} \times 100$$

em que:  $r_{gg}$  é a acurácia seletiva expressa em percentagem;  $PEV$  é a variância do erro de predição;  $\sigma_g^2$  é a variância genética;

- c) correlações genotípicas: A partir das estimativas dos componentes de variância e predições dos valores genéticos, foram obtidas as estimativas das correlações genéticas entre os caracteres estudados. As estimativas das correlações genotípicas entre os caracteres dois a dois foram obtidas pela expressão:

$$r_{XY} = \frac{COV_{XY}}{\sqrt{V_X \cdot V_Y}}$$

Em que:

$r_{XY}$  : correlação genotípica entre os caracteres X e Y;

$COV_{XY}$ : covariância genotípica entre os caracteres X e Y;

$V_X$  : variância genotípica do caráter X;

$V_Y$  : variância genotípica do caráter Y.

- d) progresso Genético (PG): O progresso genético entre os anos foi estimado com base nas médias BLUP'S considerando a média das linhagens introduzidas no ensaio em relação às mantidas do ano anterior.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi empregado duas estimativas para aferir a precisão experimental dos dados coletados, o coeficiente de variação (CV) e acurácia seletiva, que estão apresentadas na Tabela 3.

Para apuração de resultados exatos de ganho genético e conseqüentemente uma seleção eficiente, é importante que os experimentos tenham alta precisão experimental (CARGNELUTTI FILHO et al., 2012). De acordo com Pimentel-Gomes (2009) o CV, quando apresentar resultados inferiores a 10% significa que o experimento possui alta precisão, entre 10% e 20% a precisão é classificada como boa, entre 20% e 30% a precisão é média e acima de 30% é considerada baixa precisão. No caso da acurácia varia de 0 a 1, sendo considerada como muito alta (>0,90), alta (entre 0,70 e 0,90), moderada (entre 0,50 e 0,70) e baixa (<0,50) (RESENDE; DUARTE, 2007). No presente trabalho, para todos os caracteres o CV exibiu resultados abaixo de 20% para todos os caracteres analisados, indicando boa precisão experimental. Já a acurácia os valores foram entre 0,50 e 0,80. (TABELA 3).

Tabela 3 – Estimativas das variâncias (REML/BLUP), herdabilidade em sentido amplo ( $h_a^2$ ) acurácia seletiva ( $rgg'$ ) e coeficiente de variação experimental (CV) para renda (REN), rendimento de grãos inteiros (RDT) e dimensão do grão (DG), para o conjunto de ambientes.

	Variâncias		
	REN	RDT	DG
$\sigma_g^2$	0.73178	19.352**	0.019670**

$\sigma_{ga}^2$	0.60536**	23.726**	0.018289**
$\sigma_e^2$	6.28574	80.492	0.005150
$rgg'$	58,22	63.324	78,34
CV (%)	3.519	17.829	2,537

$\sigma_g^2$ : variância genética;  $\sigma_{ga}^2$ : variância da interação genótipos x ambientes;  $\sigma_e^2$ : variância do erro;  $h_a^2$ : herdabilidade no sentido amplo; \*\*Significativo a 99% de confiabilidade pelo teste de máxima verossimilhança (likelihood).

Observou-se que a precisão experimental variou de acordo com os caracteres. Em relação às características de REN e DG, o CV apresentou valores considerados como alta precisão e para RDT (17,82%) boa precisão, fato esperado em virtude dos caracteres serem controlados por um menor número de genes, sendo classificados como qualitativos. (MINGOTTE; HANASHIRO; FORNASIERI FILHO, 2012). Baixas estimativas de CV determinam boa precisão experimental (SCHMILDT et al., 2017), gerando dados seguros para a seleção de genótipos pelos melhoristas (RESENDE; DUARTE, 2007).

Já para acurácia, REN e RDT expressaram valores com acurácia considerada moderada e DG acurácia alta. Isso pode ser verificado, pois ao longo das safras analisadas ocorreu o incremento e extração de genótipos, fazendo com que mudassem alguns valores tomados como referência (SANTIAGO; CINTRA, 2019) indicando a presença de variabilidade entre as linhagens. A avaliação precisa da acurácia evidencia alta precisão nas inferências das médias genotípicas (BORGES et al., 2009), segundo Resende (2002) e Resende e Duarte (2007), a acurácia tem a propriedade de informar a correta condução das linhagens para fins de seleção e a dedução do valor genotípico da cultivar, sendo uma correlação entre o valor genotípico verdadeiro do tratamento genético e aquele estimado ou predito a partir das informações dos experimentos (medidas fenotípicas), representada pelo coeficiente de correlação (r), no qual, quanto mais próximo de 1 mais uma variável é predita pela outra, logo, podendo ser uma ferramenta segura na seleção de genótipos (BORGES et al., 2009)

Na Tabela 3 estão expostos valores significativos para  $\sigma_{ga}^2$  confirmando diferença nas circunstâncias ambientais durante as 4 safras estudadas, o que propiciou o comportamento dos genótipos não coincidentes nos diferentes ambientes. Fato esperado, pois, de acordo com a Figura 1, para a safra 2016/2017 houve registro de temperaturas mínimas abaixo de 17°C causando prejuízo do desempenho fenotípico dos genótipos mais sensíveis (TERRES; GALLI,

1985). Já na safra 2017/2018, observou-se precipitação baixa nos meses de janeiro e fevereiro, meses que o arroz de terras altas requer pelo menos um total de 180 mm de chuva para garantir a fecundação e o sucesso na produção da cultura (CIIAGRO, 2021).

As estimativas do ganho com a seleção são indispensáveis dentro de um programa de melhoramento genético, pois as tais inferências possibilitam ao melhorista visualizar as respostas à seleção, verificar a eficiência e propor o direcionamento do programa (SILVA, 2019). Na Tabela 4, estão apresentadas as estimativas dos ganhos esperados com a seleção para os caracteres renda (REN), rendimento de grãos inteiros (RDT) e dimensão do grão (DG).

Tabela 4 – Estimativas dos ganhos esperados com a seleção para os caracteres renda (REN), rendimento de grãos inteiros (RDT) e dimensão do grão (DG).

	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019
DG	-0,00966	0,11345	-0,03718	-0,07948
REN	-0,10595	-0,59039	-0,29595	-0,02864
RDT	0,12058	-3,81370	-1,9991	0,97695

A safra 2016/2017 expressou valores de ganho esperado para DG, pois a seleção nesse ano agrícola, foi direcionado para grãos com maior relação C/L, ou seja, dimensão de grãos. Dessa forma, houve um ganho de 0,11% em relação à média geral (Tabela 4). Nas demais safras, o ganho para esse caráter não foi significativo, devido a correlação existente entre esse caráter e o rendimento de grãos inteiros. As estimativas de progresso genético para REN e RDT, no ano 2016/2017, foram negativos, com ressalva para RDT com o valor de -3,81% expressando significativamente a correlação negativa com DG.

Vale elucidar que, a DG é considerada uma característica de qualidade podendo ser foco nos programas de melhoramento genético da cultura do arroz. No Brasil são preferidos os grãos do tipo longo fino que correspondem ao comprimento maior ou igual a 6mm e espessura menor ou igual a 1,9mm, e ainda uma razão comprimento/largura maior que 2,75mm (ELIAS; OLIVEIRA; VANIER, 2012). Nesta ocasião, o programa de melhoramento genético de arroz de terras altas da UFLA optou por selecionar genótipos que apresentam valor maior de comprimento (C) e menor de largura (L), obtendo uma estimativa de razão C/L superior a 2,75. Contudo, devido a correlações entre as características DG - REN e DG - RDT, os

programas de melhoramento genético da cultura do arroz precisam ter cautela com a intensidade de seleção visando o alongamento dos grãos.

Verifica-se que na safra 2018-2019, após reduzir a intensidade de seleção no caráter DG, houve um incremento, ou seja, ganho genético, positivo no rendimento de grãos inteiros. Assim, o Programa de Melhoramento Genético de Arroz – MelhorArroz, com o emprego do método de seleção em tandem, conseguiu obter, ao longo das safras, linhagens que associem boas estimativas de DG e renda e rendimento de grãos inteiros.

A correlação permite prever as alterações em um determinado caráter provocadas pela pressão de seleção exercida sobre outro caráter (COIMBRA et al., 1999). Observa-se que há correlação negativa entre DG e RDT e isto é confirmada pela correlação fenotípica na Tabela 5, expondo que ao selecionar DG indiretamente há o efeito significativo em sentido desfavorável para RDT. Já REN correlaciona-se de maneira significativa e positiva com RDT, isto significa que, a princípio, se selecionar para REN é possível obter ganhos para RDT por meio da seleção indireta.

Tabela 5 – Correlações genotípicas entre os caracteres: dimensão do grão (DS), renda (REN) e rendimento (RDT) obtidas por meio das médias BLUP.

	DG	REN	RDT
DG	1	-0,1957	- 0,3621*
REN		1	0,3201*
RDT			1

Significativo a 5% de probabilidade pelo teste T.

A correlação negativa entre DG e RDT acontece por causa das operações de beneficiamento do arroz, que são responsáveis por cerca da metade do total de grãos quebrados (REIS, 2018), grãos muito longos e finos possuem maiores chances de sofrerem abrasão e quebra ao serem beneficiados, interferindo diretamente no rendimento (PRESTES et al., 2014). A porcentagem de grãos inteiros é de extrema importância no retorno econômico da cultura (ROSÁRIO NETO, 2018), sendo assim o programa optou por fazer a seleção dos genótipos visando REN e RDT, já que DG alcançou classificação satisfatória.

O estudo da natureza das relações existentes entre caracteres é indispensável, já que o melhoramento genético requer de maneira geral, aprimorar o genótipo para caracteres de interesse em conjunto (VENKOVSKY; BARRIGA, 1992), com as várias avaliações valores negativos de associações são presentes, pois ao selecionar uma característica o melhorista pode estar influenciando outra, portando saber sobre valores correlacionados (TABELA 5) e seu emprego constituem uma das formas de economia de tempo e esforço nos programas de melhoramento (CASTRO, 2020).

Na Tabela 6, observa-se os resultados obtidos com o progresso genético ao longo das quatro safras agrícolas, analisadas com o intuito de estimar o progresso genético dos caracteres DG, REN e RDT.

Tabela 6 – Médias BLUP’S para os caracteres renda (REN), rendimento de grãos inteiros (RDT) e dimensão do grão (DG).

	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019
DG	2,82	2,94	2,79	2,75
REN	71,13	70,65	70,95	71,21
RDT	50,44	46,51	48,32	51,30

A DG para safra de 2015/2016 segundo as médias BLUP’S estava dentro da classe longo fino (2,819mm) (TABELA 6). Com a condução da seleção dos genótipos voltada para o ganho de dimensão dos grãos, a safra de 2016/21017 sofreu seleção e obteve grande avanço genético para o caráter em questão expressando o resultado de 2,942mm. O aumento de 4,18% da razão largura/comprimento representa um ótimo resultado, pois é uma preocupação na cultura do arroz, uma vez que é fundamental fator para determinar a qualidade e o preço (YOSHIOKA et al., 2007).

Nas safras seguintes, em que o foco não era a seleção para o caráter DG, o valor correspondeu a 2,791mm em 2017/2018 com -5,13% de um ano para o outro, visto que aumentar o valor de DG interfere de modo negativo em RDT. (TABELA 5). A safra 2018/2019 ordenou o valor para DG de 2,75mm, valor 1,5% menor que a anterior, sendo importante ressaltar que nas safras 2017/2018 e 2018/2019 mesmo o foco não sendo a seleção para a DG, os valores em todos os genótipos ainda estão dentro dos padrões estabelecidos pela Instrução

Normativa nº6/2009 (BRASIL, 2009) que manifesta características ideais para grãos considerados longo-fino, por esse motivo também não houve prioridade para fazer seleção desse caráter. Contudo, considerando o progresso genético do caráter DG ao longo das 4 safras foi considerado o valor de -0,62% anuais.

Para REN, a safra inicial do estudo do progresso genético no período de 2015 a 2019 apresentava o valor de 71,13%. Na safra 2016/2017 foi de 70,64%, perda de -0,49% de REN final ocasionado pela seleção com foco em DG. Para 2017/2018 e 2018/2019 quando a seleção optou por REN e RDT, os resultados foram de 70,94% e 71,21% respectivamente, considerando um avanço de ganho de 0,08% anualmente. O ganho de 0,08% anual é considerado baixo para cultura, podendo ser explicado pela interação dos genótipos com os ambientes (SILVA JÚNIOR, 2017) (FIGURA 1), da qual cada resposta é diferente às alterações ambientais como, flutuações climáticas, quantidade de chuvas, variações na temperatura, dentre outros (ALLARD; BRADSHAW 1964), além do período ser julgado como curto para programas avaliativos de progresso genético (FEHR, 1987).

Por fim, RDT apresentava o valor de 50,44% em 2015/2016, na safra subsequente com a decisão de selecionar genótipos mais longo e finos o RDT foi para 46,50%, -3,94% pois, obter ganhos para o caráter DG têm como consequência a diminuição de RDT; Segundo Luz (2005), grãos muito longos e finos dão menos suporte físico, por não preencherem os espaços intergranulares da massa, sendo assim quando são submetidos ao beneficiamento resultam em menor número de inteiros, consequentemente diminuindo RDT. Já 2017/2018 apresentou 48,32%, resultado da seleção visando REN e RDT desta safra, incrementando 1,82% ao RDT. Finalizando com a safra de 2018/2019 com RDT de 51,29%, 2,97% a mais que a safra anterior, determinando que a espessura dos grãos de arroz e as atividades pós colheita estão relacionadas e que a retirada de arroz com espessura inferior a 1,6 mm melhora a qualidade do produto final, ou seja, arroz com valores altos para a relação largura/comprimento apresentam menor RDT (WADSWORTH; MATTEUS; SPADARO, 1982). Apontando ganho genético de 0,19% anuais.

## 5 CONCLUSÃO

O programa de melhoramento da UFLA em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e EPAMIG desenvolvido nos períodos de 2015/2016 a 2018/2019 foi eficiente para aumentar o potencial de rendimento de grãos e diminuir a dimensão de grãos, obtendo grãos longos finos, o qual é a

preferência do consumidor brasileiro, contudo o foco no momento de direcionamento da seleção é crucial para a obtenção de ganhos circunstanciais nas características de interesse.

## REFERÊNCIAS

- ABIARROZ. Exportação por destino – Dezembro de 2020 e 2019, **Associação Brasileira da Indústria do Arroz**, v1, n1. dez. 2020.
- ABREU, A. de F. B. et al. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba, em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 105-112, jan. 1994. ISSN 1678-3921.
- AGRIANUAL, **Anuário da Agricultura Brasileira**. Arroz. São Paulo: FNP, p. 161-167, 2011.
- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding 1. **Crop science**, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.
- ARIAS, E.R.A. **Adaptabilidade e estabilidade das cultivares de milho avaliadas no Estado de Mato Grosso Sul e avanço genético obtido no período de 1986/87 e 1993/94**. 1996. 118p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 1996.
- ATROCH, A.L.; NUNES, G.H. de S. Progresso genético em arroz de várzea úmida no Estado do Amapá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.767-771, 2000.
- BARBOSA FILHO, M. P.; FONSECA, J. R. Importância da adubação na qualidade do arroz. In: SÁ, M. E.; BUZETTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 217- 231.
- BARBOSA NETO, J.F. et al. Progresso genético no melhoramento da aveia-branca no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1605-1612, 2000.
- BERGMAN, C. J. Rice end-use quality analysis. In: **Rice**. AACC International Press, p. 273-337. 2019. DOI 10.1016/B978-0-12-811508-4.00009-5.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in Plants**. Woodbury: Stemma Press, 2. ed., 400p, 2010.
- BERTINETTI, I. A. **Efeitos da secagem e do beneficiamento industrial sobre parâmetros tecnológicos de avaliação de qualidade e teores de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em grãos de arroz**. 2017. 70f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2017.
- BHATTACHARYA, K.R. **Rice quality: a guide to rice properties and analysis**. 1.ed. Woodhead Publishing Ltd., Sawston: Cambridge, UK, 2011.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.; **Melhoramento de Plantas**. Viçosa: UFV, 523p, 2013.

- BORGES, V. et al. Progresso genético do programa de melhoramento de arroz de terras altas de minas gerais utilizando modelos mistos. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 478-490, ago. 2009.
- BRAGANTINI, C.; EIFERT, E. da C. Secagem e beneficiamento. In: SANTIAGO, C. M.; BRESEGHELLO, H. C. de P.; FERREIRA, C. M. (Ed.). **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013.
- BRASIL. Instrução normativa nº6, de 16 de fevereiro de 2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 de fevereiro de 2009, seção 1, p. 3.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. **Plano Agrícola e Pecuário 2018/2019**. Brasília: MAPA/SPA, 2018, 226p.
- BRESEGHELLO, F.; MORAIS, O.P.; RANGEL, P.H.N. A new method to estimate genetic gain in annual crops. **Genetics and Molecular Biology**. São Paulo v.21, n.4, p.551- 555, dez. 1998. DOI 10.1590/S1415-47571998000400024.
- BUENO L.C.S.; MENDES A.N.G.; CARVALHO S.P. **Melhoramento Genético de Plantas: princípios e procedimentos**. Lavras: UFLA. 2001.
- CAPITANI, D. H. D.; DE MIRANDA, S. H. G. Dinâmica no mercado de arroz do mercosul: análise da causalidade de preços e integração com o mercado internacional. **Agroalimentaria**, v. 23, n. 45, p. 89-106, 2017. ISSN: 1316-0354.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipos de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 3, 336-343. 2012
- CASTRO, A.P. et al. **BRS Esmeralda: cultivar de arroz de terras altas com elevada produtividade e maior tolerância à seca**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 215. 4p. 2014. ISSN 1678-961X.
- CASTRO, D. G. et al. Estimates of phenotypic correlations between the productivity components of upland rice. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 7140-7153, fev. 2020.
- CASTRO, E. da M.; et al. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34. 30p. 1999.
- CAVALLERI, A.; MENDONÇA JR, M. de S.; RODRIGUES, E. N. L. Espécies de tripes (*Thysanoptera, terebrantia*) habitantes do arroz irrigado e habitats adjacentes em Cachoeirinha, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 54, n. 3, p. 501-504, 2010.
- CIIAGRO. **Zoneamento macro - Aptidão ecológica da cultura do arroz**. Disponível em: [http://www.ciiagro.sp.gov.br/znmt\\_macro\\_5.html#:~:text=Ao%20todo](http://www.ciiagro.sp.gov.br/znmt_macro_5.html#:~:text=Ao%20todo)

%2C%20%20%20%20um%20per%20%20%20%20o%20sucesso%20da%20cultur.  
Acesso em: 19 abr. 2021.

COIMBRA, J. L. M. et al. Análise de Trilha I: Análise do Rendimento de Grãos e seus Componentes. **Ciência Rural**, v. 29, n. 02, p. 213-218, 1999.

COLIMBINI, R. Principais instrumentos operacionais da ação da Conab na gestão de estoques. In: Companhia Nacional de Abastecimento (Org.) **Abastecimento e Segurança Alimentar: o crescimento da agricultura e a produção de alimentos no Brasil**. Brasília: Conab, p.75-83. 2008.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2019/20**, v.7, n.12, 2021.

COX, T.S.; SHROYER, J.P.; BEM-HUI, L.; SEARS, R.G.; MARTIN, T.J. Genetic improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987. **Crop Science**, Madison, v.28, p.756-760, 1988. DOI: 10.2135/cropsci1988.0011183X002800050006x

DUARTE, A. F.; CARELLI, M. N.; MEIRA, R. B. Paisagens de arrozais: discursos de (i)migrantes sobre o cultivo do arroz em Joinville (SC). **Diálogos**, v. 23, n. 3, p. 259-282, 15 out. 2019. DOI: 10.4025/dialogos.v23i3.45066.

EIFERT, E. da C.; VIEIRA, E. H. N.; VIEIRA, N. R. de A. Armazenagem. In: SANTIAGO, C. M.; BRESEGHELLO, H. C. de P.; FERREIRA, C. M. (Ed.). **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

ELIAS, M.; OLIVEIRA, M. D.; VANIER, N. **Qualidade do arroz da pós-colheita ao consumo**. Pelotas: Editora Universitária da UFPel. 626p.2012.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Arroz: avanços tecnológicos**. Empresa de Pesquisa Agropecuária De Minas Gerais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 1-108, 2020.

EMBRAPA, **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuária.2. ed. ver. ampl. Brasília, 2013.

FEHR, W.R. **Principles of cultivars development**. New York: Macmillan, 536 p, 1987.

FERNANDES, J. S. C. **Estabilidade ambiental e de cultivares de milho (Zea mays l.) na região centro sul do Brasil**. 1988. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988. DOI 10.11606/D.11.2018.tde-20181127-155749. Acesso em: 2021-04-30.

FERREIRA, C. M.; et al. **Qualidade do arroz no Brasil e Padronização**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 61p. 2005.

FERREIRA, C. M.; MÉNDEZ DEL VILLAR, P.; ALMEIDA, P. N. A. Qualidade e utilização das principais cultivares de arroz de terras altas. In: FERREIRA, C. M.; SOUZA, I. S. F. DE; MÉNDEZ DEL VILLAR, P. (Ed.). **Desenvolvimento tecnológico e dinâmico da**

**produção de arroz de terras altas no Brasil.** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, cap. 3, p. 37-50. 2005.

FERREIRA, C.M.; FIGUEIREDO, R.S.; LUZ, T.C.L.A. Arroz e feijão: intervenção multiinstitucional em prol do Brasil. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 96, 2018.

FONSECA JÚNIOR, N. S. **Progresso genético na cultura do feijão no Estado do Paraná para o período de 1977 a 1995.** 1997. 160p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 1997. DOI: 10.11606/T.11.2020.tde-20200111-140638.

IFOPE – Educacional. **Melhoramento genético: o que é e como ele é usado na agricultura e pecuária, 2020.** Disponível em: <https://blog.ifope.com.br/melhoramento-genetico/>. Acesso: fev. 2021.

IGC. **Discuss current and prospective grain market developments.** Internacional Grains Council. London: Council sessions. Disponível em: <<http://www.igc.int/en/markets/marketinfo-forecasts.aspx>> Acesso em: Dezembro. 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>> Acesso em abril de 2021.

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.

LOPES, M. F. L.; LOPES, A. de M. Aspectos qualitativos e nutricionais do arroz. *In*: ENCONTRO TÉCNICO: "TECNOLOGIAS PARA A PRODUÇÃO DE ARROZ NO SUDESTE PARAENSE", 1., 2008, São Geraldo do Araguaia. **Anais[...]**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. p. 105-110.

LUZ, C. A. S. et al. Relações granulométricas no processo de brunimento de arroz. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 214-221, abr. 2005. DOI: 10.1590/S0100-69162005000100024.

MAGHELLY, O. R. et al. Componentes de rendimento industrial de variedades locais de arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 50, e65085, 2020. DOI: 10.1590/1983-40632020v5065085.

MAPA- **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Publicado no Diário Oficial da União de 07/02/2012, Seção 1.

MATIELLO, J. B. et al. Comportamento de novas progênies de cafeeiros com resistência a ferrugem e nematoides na região do Alto Paranaíba-MG. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 44., 2018, Franca, SP. Nosso café, melhorado desde o pé. **Anais [...]** Brasília, DF: Embrapa Café, 2018. p. 366.

MENDES, A. A. M. **Avaliação das unidades armazenadoras de arroz no município de Alegrete – RS**. 2020. 48p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia agrícola) - Universidade Federal do Pampa, Curso de Engenharia Agrícola, Alegrete, 2020.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 833-838, dez. 2008. DOI: 10.1590/S0006-87052008000400004.

MINGOTTE, F. L. C.; HANASHIRO, R. K.; FORNASIERI FILHO, D. Características físico-químicas do grão de cultivares de arroz em função da adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2605-2618, 2012. DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33Supl1p2605.

MORESCO, E. R. **Progresso genético no melhoramento de algodoeiro no Estado de Mato Grosso**. 2003. 79p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. DOI: 10.11606/T.11.2003.tde-15072003-152149.

NUNES, C. D. M.; MARTINS, J. F. da S. Eficiência de fungicidas no controle da brusone do arroz irrigado na safra 2015/2016. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 10., 2017, Gramado. Intensificação sustentável: **Anais [...]** Gramado: Sosbai, 2017., 2017.

PERES, A. R. et al Adubação de cobertura com ureia e ureia revestida em função de doses de nitrogênio em arroz de terras altas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 9., 2015, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa- SOSBAI, 2015. p. 1-4.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: ESALQ, 451 p. 2009.

PRESTES et al. Avaliação do Brunimento em Relação à Dimensão de Grãos de Arroz. *In*: VI Conferência Brasileira de pós-colheita. 2014. Maringá. **Anais [...]**. 2014. p.323-328

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019.

RANGEL, P.H.N. et al. Ganhos na produtividade de grãos pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Meio-Norte do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.8, p.1595-1604, 2000.

REIS, I. P. **Obtenção e caracterização da farinha mista pré-cozida de arroz e casca de uva**. 2018. 120p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 975 p. 2002.

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

ROSÁRIO NETO, A. et al. Selection strategies for grain quality in upland rice lines. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v. 11, n. 3, p. 443-452, 2019.

ROSSMANN, H. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de uma população de soja avaliada em quatro anos**. 2001. 80p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001. DOI: 10.11606/D.11.2002.tde-29072002-153415.

SANTIAGO; CINTRA. **Qual a diferença entre precisão e acurácia?** Santiago & Cinta Geo-Tecnologias. 2018. Disponível em: <https://santiagoocintra.com.br/blog/geo-tecnologias/qual-a-diferenca-entre-precisao-e-acuraciay>. Acesso em: 19 abr. 2021.

SANTOS, T. P. B. **Características físicas e químicas dos grãos gessados e seus efeitos na qualidade do arroz**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

SATO, L.; DOS REIS, J. G. M. Estudo da produção de arroz brasileira e o papel do estado Mato Grosso do Sul. **Agrarian**. Dourados v. 13, n. 50, p. 548-555, 2020.

SCHMILDT, R. E. et al. Coeficiente de variação como medida da precisão em experimentos de alface. **Agro@mbiente On-line**, Boa Vista. v. 11, n. 4, p. 290-295, 2017. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v11i4.4412

SILVA JÚNIOR, A C. da. **Progresso genético do programa de melhoramento de arroz irrigado em Minas Gerais no período de 1993/1994 a 2015/2016**. 2017. 69f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2017.

SILVA, C. S. C. da. **Estratégia de seleção de linhagens de arroz de terras altas para qualidade dos grãos**. 2019. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

SOARES, A. A. **Desempenho do melhoramento genético do arroz de sequeiro e irrigado na década de oitenta em Minas Gerais**. 1992. 188 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.

SOARES, A. A. et al. BRSMG Caçula: very early upland rice cultivar for Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [s.l.], v. 13, n. 3, p. 208-211, 2013.

SOARES, A.A. et al. Progresso genético obtido pelo melhoramento de arroz de sequeiro em 21 anos de pesquisa em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.415-424, 1999.

SOARES, A.A.; RAMALHO, M.A.P.; SOUZA, A.F. de; Estimativa do progresso genético em vinte anos de melhoramento de milho no Brasil. *In*: 79 CONGRESSO genético obtido pelo programa de melhoramento de arroz irrigado da EPAMIG, na época de oitenta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.1, p.97 104, 1994.

SOARES, P. C. et al. Genetic gain in an improvement program of irrigated rice in Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa-MG v.5, p.142-148. 2005.

SOUSA, J. V. **Industrialização e gestão de resíduos de arroz no Brasil**. 2019. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2019.

SOUZA, M. A. et al. Progresso genético do melhoramento de arroz de terras altas no período de 1950 a 2001. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, 2007.

TERRES, A.L., GALLI, J. Efeitos do frio em cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul - 1984. *In: Fundamentos para a cultura do arroz irrigado*. Campinas, SP: Fundação Cargill, Cap. 6, p. 83-94. 1985.

TODESCHINI, M. H. **Progresso genético da soja no Brasil quanto à caracteres fisiológicos e agronômicos**. 2018. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

USDA. **Grain and feed annual**: Report number: BR2020-0005. United States Departmente of Agriculture: Foreign Agricultural Service. 2020. Acesso em dezembro, 2020.

UTUMI, M. M. Sistema de produção de arroz de terras altas. **EMBRAPA Rondônia-Sistema de Produção**. Porto Velho:Editora Técnica, 2008. ISSN 0103-1668.

VARGAS, P. F. et al. Performance of mini-tomato hybrids in different training systems with different number of stems. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 428-433, 2017. DOI 10.1590/s0102-053620170319.

VENCOVSKY, R. et al. Progresso genético em vinte anos de melhoramento de milho no Brasil. *In: Congresso nacional de milho e sorgo*, 1988. Belo Horizonte. **Anais[...]**, Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 1988. p.300- 307.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: SBG, 496p. 1992.

VERDE, C, M, V, Modificadores recentes na política de garantia de preços mínimos. *In: GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. da (Org). Transformações da Agricultura e Políticas Públicas*. Brasília: IPEA, 2001. p.315-336

VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R. Qualidade tecnológica. *In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A.; (Ed.). A cultura do arroz no Brasil*. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2ed. 2006.

WADSWORTH, J.I.; MATTHEUS, J.; SPADARO, J.J. Milling performance and quality characteristics of Starbonnet variety rice fractionated by rough rice kernel thickness. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.59, n.1, p.50-4, 1982.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.

WOLF, F. M. **Meta-analysis: Quantitative methods for research synthesis**. Thousand Oaks, CA: Sage. 1986.

XI, M. et al. Endosperm structure of white-belly and white-core rice grains shown by scanning electron microscopy. **Plant Production Science**. v. 17, n. 4, p. 285-290, 2014.

YOSHIOKA, Y. et al. Chalkiness in rice: potential for evaluation with image analysis. **Crop Science**, Madison, v. 47, n. 5, p. 2113-2120, 2007.

ZANIN, V.; BACCHI, M. R. P.; ALMEIDA, A. T. C. de. A demanda domiciliar por arroz no Brasil: abordagem por meio do sistema Quads em 2008/2009. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 2, p. 234-252, 2019.

ZIMMERMANN, F.J. P. et al. Defeitos do grão do arroz e a preferência do consumidor. **Lav. Arrozeira**. Porto Alegre. v. 46, n. 407, p. 3-6, 1993