

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

LETÍCIA LIMA MACHADO

**AVALIAÇÃO DE COMPONENTES DE RENDIMENTO DE LINHAGENS
MUTANTES DE ARROZ IRRIGADO**

**Itaqui
2023**

LETÍCIA LIMA MACHADO

**AVALIAÇÃO DE COMPONENTES DE RENDIMENTO DE LINHAGENS
MUTANTES DE ARROZ IRRIGADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Adriana Pires Soares Bresolin

**Itaqui
2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

M149a Machado, Letícia Lima

Avaliação de componentes de rendimento de linhagens mutantes de arroz irrigado / Letícia Lima Machado – 2023.

31 p.

Orientador: Adriana Pires Soares Bresolin

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pampa, Curso de Agronomia, 2023.

1. *Oryza sativa* L. 2. Mutação induzida. 3. Produtividade. 4. Produtividade de grãos.

LETÍCIA LIMA MACHADO

**AVALIAÇÃO DE COMPONENTES DE RENDIMENTO DE LINHAGENS
MUTANTES DE ARROZ IRRIGADO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Agronomia da
Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Agronomia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 26 de janeiro de 2023.

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Adriana Pires Soares Bresolin
Orientadora
UNIPAMPA

Prof^a. Dr^a. Luciana Zago Ethur
UNIPAMPA

Prof. Dr. Leomar Hackbart da Silva
UNIPAMPA

Dedico este trabalho especialmente aos meus pais, Nilson Dornelles Machado e Maria Zeni Lima, que contribuíram imensamente para que o sonho de me tornar Engenheira Agrônoma fosse possível.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por ser minha base fortalecedora ao longo desta caminhada.

Aos meus pais, Nilson Dornelles Machado e Maria Zeni Lima, ao meu irmão, Daniel Roberto Lima, ao meu namorado, Bernardo Rosso Luiz, por todo apoio, incentivo e compreensão.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Adriana Pires Soares Bresolin, pela oportunidade, ensinamentos, ajuda, paciência, apoio, e por acreditar e me incentivar na execução deste trabalho.

À banca examinadora, composta por Prof^a. Dr^a. Luciana Zago Ethur e Prof. Dr. Leomar Hackbart da Silva, por se disporem a participar da banca e também pelas contribuições ao trabalho.

Aos demais professores da Universidade Federal do Pampa, pelo conhecimento transmitido e contribuição em minha formação acadêmica.

Ao meu colega, Paulo Rogério Franco dos Santos, que contribuiu para que fosse possível a condução do experimento e a elaboração deste trabalho.

Aos demais amigos e colegas, pela amizade, parceria e ensinamentos, minha gratidão.

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.”

Josué 1:9

RESUMO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma das culturas cerealíferas mais cultivadas no mundo, destacando-se principalmente em países do Continente Asiático e da América do Sul. Portanto, sabendo-se da importância da orizicultura no cenário mundial e do trabalho do melhoramento genético de plantas na busca pelo aumento de produtividade e qualidade na cultura do arroz, o presente trabalho objetivou avaliar os componentes de rendimento de linhagens mutantes de arroz irrigado, visando caracterizar e selecionar novas constituições genéticas promissoras. O experimento foi conduzido na safra de 2021/2022 em área experimental pertencente à Unipampa - Campus Itaqui. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições, com dimensões de 2 x 11 m. Cada linhagem mutante foi considerada uma unidade experimental, espaçadas entre si a 0,17 m. Foram testadas 19 linhagens mutantes de arroz obtidas por meio de seleções realizadas desde o ano de 2018 pelo Grupo de Pesquisa em Melhoramento Vegetal (GPMV) da Unipampa - Campus Itaqui. As populações mutantes foram obtidas por meio da indução de mutação de sementes da cultivar IRGA 409 ao mutagênico químico azida sódica. Foram avaliados o comprimento de panícula, número de grãos férteis, número de grãos estéreis, peso de mil grãos e rendimento de engenho. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do software SISVAR (Sistema de Análise de Variâncias), sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Com o presente estudo foi possível constatar que a mutação induzida gerou variabilidade genética. De acordo com as linhagens 3, 5, 6, 7 e 15, verifica-se que há um incremento em relação aos componentes de rendimento estudados em comparação à testemunha. Portanto, é possível concluir que os componentes de rendimento avaliados no estudo podem ser utilizados na caracterização da variabilidade genética destas linhagens em trabalhos posteriores em condições ambientais mais estáveis de temperatura e pluviosidade.

Palavras-Chave: *Oryza sativa* L.; mutação induzida; produtividade; produtividade de grãos.

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the most cultivated cereal crops in the world, standing out mainly in countries in Asia and South America. Therefore, knowing the importance of rice growing on the world stage and the work of plant genetic improvement in the search for increased productivity and quality in the rice crop, the present work aimed to evaluate the yield components of mutant irrigated rice lines, aiming to characterize and select new promising genetic constitutions. The experiment was carried out in the 2021/2022 harvest in an experimental area belonging to Unipampa - Campus Itaqui. The experimental design used was randomized blocks with four replications, with dimensions of 2 x 11 m. Each mutant strain was considered an experimental unit, spaced 0.17 m apart. Nineteen mutant rice lines obtained through selections carried out since 2018 by the Research Group on Plant Improvement (GPMV) at Unipampa - Campus Itaqui were tested. Mutant populations were obtained by inducing a mutation in seeds of the cultivar IRGA 409 to the chemical mutagen sodium azide. Panicle length, number of fertile grains, number of sterile grains, thousand-grain weight and milling yield were evaluated. The data obtained were submitted to analysis of variance using the SISVAR software (System of Analysis of Variance), and the averages were compared using the Scott-Knott test at 5% probability. With the present study, it was possible to verify that the induced mutation generated genetic variability. According to strains 3, 5, 6, 7 and 15, it appears that there is an increase in relation to the yield components studied compared to the control. Therefore, it is possible to conclude that the yield components evaluated in the study can be used in the characterization of the genetic variability of these strains in later works in more stable environmental conditions of temperature and rainfall.

Keywords: *Oryza sativa* L.; induced mutation; productivity; grain productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área experimental através de imagem de satélite	29
Figura 2 – Croqui da área do experimento	29
Figura 3 – Semeadura manual do experimento no dia 29 de outubro de 2021	30
Figura 4 – Estabelecimento das linhagens mutantes de arroz irrigado	30
Figura 5 – Área do experimento com as linhagens mutantes de arroz irrigado estabelecidas	31
Figura 6 – Colheita do experimento no dia 04 de março de 2022	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Agrupamento de 19 linhagens mutantes em relação à testemunha IRGA 409 para comprimento de panícula	19
Tabela 2 – Agrupamento de 19 linhagens mutantes em relação à testemunha IRGA 409 para número de grãos férteis.....	20
Tabela 3 – Agrupamento de 19 linhagens mutantes em relação à testemunha IRGA 409 para número de grãos estéreis.....	21
Tabela 4 – Agrupamento de 19 linhagens mutantes em relação à testemunha IRGA 409 para peso de mil grãos	21
Tabela 5 – Agrupamento de 19 linhagens mutantes em relação à testemunha IRGA 409 para rendimento de engenho.....	22
Tabela 6 – CP = comprimento de panícula (cm), NGF = número de grãos férteis (grãos), NGE = número de grãos estéreis (grãos), PMG = peso de mil grãos (g) e RE = rendimento de engenho (%) para 19 linhagens mutantes de arroz irrigado	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Cultivo do arroz irrigado	14
2.2 Mutação induzida	14
2.3 Componentes de rendimento	15
2.3.1 Comprimento de panícula	15
2.3.2 Número de grãos férteis	16
2.3.3 Número de grãos estéreis	16
2.3.4 Peso de mil grãos.....	16
2.3.5 Rendimento de engenho.....	17
3 METODOLOGIA	17
4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	18
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
6 REFERÊNCIAS.....	24
7 ANEXOS	28

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma das culturas cerealíferas mais cultivadas no mundo, destacando-se principalmente em países do Continente Asiático e da América do Sul. O Brasil caracteriza-se como um dos maiores produtores deste cereal, com uma produção anual média de aproximadamente 12 milhões de toneladas de arroz, sendo o Estado do Rio Grande do Sul o maior produtor do país, respondendo por 70% da produção nacional (IBGE, 2021).

Devido a importância econômica e social do arroz, programas de melhoramento buscam novas tecnologias e estratégias com o objetivo de atender às crescentes demandas trazidas pelo aumento populacional (SILVA, 2020). Em vista disso, a indução de mutação auxilia estes programas no incremento de variabilidade e, conseqüentemente, na obtenção de genótipos com caracteres de interesse agrônômico e mais adaptados a diferentes condições ambientais (SERRAT et al., 2014).

Considerando que a taxa de mutação espontânea em plantas é muito baixa, a mutação induzida tem sido utilizada como um meio para elevar as frequências de mutações (PREDIERI, 2001). Deste modo, pode ser considerada como uma ferramenta para aumentar as chances de encontrar genótipos com mutações de interesse, promovendo alterações em sequências de DNA, levando a um aumento de variabilidade dentro de uma população (FOLLMANN, 2014; TAIZ & ZEIGER, 2013).

Segundo VIEIRA et al. (2009), com base na variabilidade gerada por mutação induzida foi possível melhorar a produtividade, a estatura de planta, o ciclo e o rendimento de grãos inteiros de linhagens e cultivares de arroz irrigado. Onde, estes caracteres apresentaram significativos aumentos na produtividade da cultura nas safras das últimas décadas.

Desse modo, os genótipos são selecionados a partir de seus componentes de rendimento e outros caracteres adaptativos (GOMES & JUNIOR, 2004). Assim, o conhecimento destes com o meio pode ajudar os melhoristas na seleção de novas cultivares, as quais podem aumentar a produtividade, diminuir o custo de produção e o impacto ambiental (FREITAS et al., 2007).

Portanto, sabendo-se da importância da orizicultura no cenário mundial e do trabalho do melhoramento genético de plantas na busca pelo aumento de produtividade e qualidade na cultura do arroz, o presente trabalho objetivou avaliar os

componentes de rendimento de linhagens mutantes de arroz irrigado, visando caracterizar e selecionar novas constituições genéticas promissoras.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultivo do arroz irrigado

O arroz é uma espécie anual da família Poaceae, com centro de origem no Continente Asiático. É classificada no grupo de plantas com sistema fotossintético C3, adaptada em ambiente aquático. Essa adaptação é devido à presença de aerênquima no colmo e nas raízes da planta, que possibilita a passagem do oxigênio do ar para a rizosfera (IRGA, 2018).

É o terceiro cereal mais cultivado do mundo, ficando somente atrás do milho e trigo. Mundialmente são cultivados aproximadamente 161 milhões de hectares, com produção de cerca de 756,5 milhões de toneladas de grãos em casca, que corresponde a 29% do total de grãos usados na alimentação da população mundial (SOSBAI, 2018). O Continente Asiático é responsável por 90,6% dessa produção, seguido pelo Continente Americano (5,2%) e Continente Africano (3,5%) (FAOSTAT, 2021).

O Brasil destaca-se como o maior País produtor do Continente Americano, ocupando o nono lugar no ranking de produção mundial. Na safra de 2020/2021 foi registrada uma produção de 11,6 milhões de toneladas, caracterizando um aumento de 4% em relação à safra anterior, deste total 10,7 milhões de toneladas provém de cultivos irrigados (92,2%) e apenas 0,9 milhões de toneladas a partir de cultivos em sequeiro (7,8%) (CONAB, 2021). Nesta mesma safra, o Estado do Rio Grande do Sul colaborou com 7,7 milhões de toneladas (IBGE, 2021).

2.2 Mutação induzida

O uso da mutação induzida é caracterizado como uma ferramenta utilizada para aumentar a variabilidade genética e proporcionar incremento nos caracteres de interesse agrônômico, uma vez que as mutações espontâneas são raras e com baixa frequência (GAUL, 1964). Dessa forma, o uso de agentes mutagênicos para a obtenção de variabilidade tem sido amplamente empregado no melhoramento vegetal,

em função da sua capacidade de alterar uma ou poucas características de cultivares bem estabelecidas, mas sem alterar suas características desejáveis (BROERTJES & HARTEN, 1988).

A utilização de mutações como fonte de variabilidade constitui, desde a metade do século XX, ferramenta adicional na busca de novas variedades (GAUL, 1970). Para os melhoristas, interessa a obtenção de grande variabilidade genética nas plantas para a imposição de processos seletivos que efetivamente resulte em ganhos genéticos significativos, permitindo a obtenção de variedades mais produtivas, resistentes a pragas e a doenças e adaptadas aos mais diferentes ambientes (BERNARDO, 2002; AMABILE; VILELA; PEIXOTO, 2018).

2.3 Componentes de rendimento

A avaliação do rendimento do arroz irrigado é um caráter resultante da associação de diferentes componentes, sendo estes parâmetros de grande importância para os programas de melhoramento genético de plantas, possibilitando realizar a seleção de caracteres de interesse agrônomo (CARGNIN, 2010; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

O conhecimento da magnitude da variação dos componentes de rendimento é importante para efetuar o melhoramento genético, servindo como parâmetros de direcionamento de programas de melhoramento, principalmente no que se refere ao processo seletivo de linhagens mais promissoras (FERNANDES, 2015).

Contudo, os componentes de rendimento podem sofrer influência da temperatura do ar, disponibilidade hídrica, disponibilidade de radiação, fertilidade do solo, época de semeadura, pragas e doenças.

2.3.1 Comprimento de panícula

O comprimento da panícula do arroz determina o número de grãos que podem ser formados e mantidas na panícula durante o período reprodutivo, estando diretamente relacionado com o rendimento de grãos (DUAN et al., 2015), podendo ser utilizado como estratégia para a seleção de genótipos superiores (ABREU et al., 2016).

2.3.2 Número de grãos férteis

O número de grãos férteis em arroz é um caráter de natureza rigidamente controlado por fatores genéticos, possui herança quantitativa e baixa herdabilidade (QIAN, 2018). Sendo dependente do comprimento e do número de ramificações da ráquis e dos pontos de diferenciação de grãos nas ramificações (GOES et al., 2016). Este apresenta correlação positiva com a produtividade, revelando-se como um dos componentes da produtividade que mais contribui para o incremento da produção de grãos (DALCHIAVON et al., 2012). Em razão disso, esforços para o incremento deste caráter são necessários nos programas de melhoramento (GUIMARÃES et al., 2006).

2.3.3 Número de grãos estéreis

Segundo estudos de BAHUGUNA et al. (2015), o estágio de floração é altamente sensível à temperatura no arroz, podendo induzir a esterilidade dos grãos e reduções de rendimento. Temperaturas elevadas induzem à deiscência anormal das anteras, levando à redução no número de pólenes germinados no estigma (POLI et al., 2013). Em contrapartida, temperaturas baixas comprometem a formação e viabilidade dos grãos de pólen (CRUZ & MILACH, 2000). Ademais, o estresse por deficiência hídrica provoca diversas alterações bioquímicas, fisiológicas e morfológicas nas plantas, ocasionando a diminuição da fertilidade do grão de pólen e redução na produtividade (BOTA et al. 2004). Visto isso, de acordo com MARCHESAN et al. (2005), a esterilidade de grãos é a variável que mais reduz o rendimento de grãos de arroz.

2.3.4 Peso de mil grãos

O peso de mil grãos é utilizado para calcular a densidade de semeadura, o número de sementes por embalagem e o peso da amostra de trabalho para análise de pureza (RAS, 2009). Sendo também utilizada para avaliar o tamanho das sementes e sua qualidade. Conforme citado por MARCHESAN et al. (2005), o peso de mil grãos é o componente de rendimento que mais influencia positivamente o rendimento de grãos.

2.3.5 Rendimento de engenho

O rendimento de engenho é descrito como o percentual em peso, de grãos inteiros e de grãos quebrados, resultantes do beneficiamento do arroz (TIMM et al., 2016), sendo um parâmetro importante durante a fase de comercialização. O rendimento no beneficiamento, entre outros parâmetros referentes à qualidade industrial de arroz, é influenciado por fatores como a genética da cultivar, as condições ambientais em que a planta é cultivada, momento de colheita e processos mecânicos de beneficiamento (JONGKAEWWATTANA & GENG, 2001).

3 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na safra de 2021/2022 em área experimental pertencente à Unipampa - Campus Itaqui, com latitude 29°09'22.0" S, longitude 56°33'19.9" W e altitude de 57 metros. De acordo com SANTOS et al. (2018), o solo local é classificado como Plintossolo Argilúvico distrófico e clima do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida, segundo a classificação climática de Köppen.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições, com dimensões de 2 x 11 m. Cada linhagem mutante foi considerada uma unidade experimental, espaçadas entre si a 0,17 m. A adubação de base utilizada foi de 350 kg/ha⁻¹ de NPK formulado 5-20-20. Posteriormente em cobertura, foram aplicados 390 kg/ha⁻¹ de ureia parcelados em três repetições de 150 kg/ha⁻¹, 173 kg/ha⁻¹ e 67 kg/ha⁻¹ e também 100 kg/ha⁻¹ de cloreto de potássio. Para dessecação pré semeadura foram utilizados 2,5 L/ha⁻¹ de Glifosato (Rondap), posteriormente em pós emergência foram utilizados 1,25 L/ha⁻¹ de Cialofope Butílico (Clincher), 250 mL/ha⁻¹ de Penoxsulam (Ricer) e 2 L/ha⁻¹ de Óleo Vegetal (Veget'Oil). Como fungicida, foram utilizados 40 mL/ha⁻¹ de Zeta-Cipermetrina (Mustang 350 EC) em R2 e inseticida 1 L/ha⁻¹ Trifloxistrobina + Tebuconazol (Nativo) em R6, segundo a escala fenológica de COUNCE et al. (2000).

Foram testadas 19 linhagens mutantes de arroz irrigado obtidas por meio de seleções realizadas desde o ano de 2018 pelo Grupo de Pesquisa em Melhoramento Vegetal (GPMV) da Unipampa, Campus Itaqui. As populações mutantes foram obtidas por meio da indução de mutação de sementes da cultivar IRGA 409 ao mutagênico

químico azida sódica. A semeadura foi realizada no dia 29/10/2021, com densidade empregada de 100 kg/ha⁻¹.

Para avaliação foram coletadas no dia 04/03/2022 ao centro da área útil de cada unidade experimental oito panículas ao acaso para determinação do comprimento de panícula, número de grãos férteis e número de grãos inférteis. O peso de mil grãos foi determinado pela contagem de 100 grãos de arroz, sendo estes extrapolados para o peso de mil grãos. Para avaliação do rendimento de engenho foram utilizadas três amostras de 50 g de arroz em casca para determinação da porcentagem de grãos inteiros.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do software SISVAR (Sistema de Análise de Variâncias), sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para o caráter comprimento de panícula (Tabela 1), observa-se que nenhuma linhagem apresentou média superior à testemunha, e onze (4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18 e 19) das dezenove linhagens não diferiram estatisticamente da testemunha (23 cm), sendo que as demais (1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 e 15) apresentaram médias inferiores. É possível que a mutação induzida tenha gerado redução no comprimento de panícula de oito linhagens avaliadas no estudo. Segundo FONSECA et al. (2002), características quantitativas como comprimento de panícula podem sofrer influência da fertilidade do solo e da densidade de plantio.

Tabela 1: Agrupamento de 19 linhagens mutantes em relação à testemunha IRGA 409 para comprimento de panícula. Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui, 2023.

Comprimento de panícula	
Linhagens com médias superiores à da testemunha IRGA 409	
Nenhuma linhagem apresentou média superior à da testemunha	
Linhagens com médias iguais à da testemunha IRGA 409	
4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18 e 19	
Linhagens com médias inferiores à da testemunha IRGA 409	
1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 e 15	

Linhagens pertencentes ao mesmo grupo não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para a variável número de grãos férteis (Tabela 2), a testemunha evidenciou o maior número de grãos férteis (127,5 grãos), onde todas as demais dezenove linhagens mutantes apresentaram médias significativamente iguais à da testemunha, não diferindo-se estatisticamente. Em relação a esse caráter, a maior quantidade de grãos produzidos na panícula contribui para incrementar o desempenho produtivo (GUIMARÃES et al., 2008).

Este componente da produção é dependente da polinização, fertilização e da fase de maturação, ou seja, quando se inicia a translocação de carboidratos, e é influenciado por condições adversas que possam ocorrer no desenvolvimento da planta (SANTOS et al., 2006; ÁVILA et al., 2010).

Tabela 2: Agrupamento de 19 linhagens mutantes em relação à testemunha IRGA 409 para número de grãos férteis. Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui, 2023.

Número de grãos férteis
Linhagens com médias superiores à da testemunha IRGA 409
Nenhuma linhagem apresentou média superior à da testemunha
Linhagens com médias iguais à da testemunha IRGA 409
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19
Linhagens com médias inferiores à da testemunha IRGA 409
Nenhuma linhagem apresentou média inferior à da testemunha

Linhagens pertencentes ao mesmo grupo não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para o número de grãos estéreis (Tabela 3), constatou-se que as médias foram estatisticamente altas, sendo que as linhagens 1, 2, 3, 9, 10, 13, 14, 16, 17, 18 e 19 apresentaram média (23,30 grãos) superior à da testemunha (14,25 grãos), e as demais (4, 5, 6, 7, 8, 11, 12 e 15) não diferiram estatisticamente da testemunha. Este fato pode-se explicar em razão de que a safra de 2021/2022 apresentou temperaturas acima dos 40°C e baixo índice pluviométrico durante o período reprodutivo, segundo dados da estação meteorológica da área experimental da Unipampa - Campus Itaqui, resultando em altos índices de esterilidade dos grãos.

De acordo com YOSHIDA (1981), alta esterilidade de grãos pode ocorrer com temperaturas acima de 35°C na floração, a fase mais sensível da planta. Temperaturas altas reduzem a atividade fotossintética da planta, além de aumentarem as perdas por respiração e fotorrespiração (BRITO et al., 2017). Outro fator a ser analisado é que a planta de arroz normalmente produz mais espiguetas do que é possível transformar em grãos (FRANCO et al., 2011).

Tabela 3: Agrupamento de 19 linhagens mutantes em relação à testemunha IRGA 409 para número de grãos estéreis. Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui, 2023.

Número de grãos estéreis
Linhagens com médias superiores à da testemunha IRGA 409
1, 2, 3, 9, 10, 13, 14, 16, 17, 18 e 19
Linhagens com médias iguais à da testemunha IRGA 409
4, 5, 6, 7, 8, 11, 12 e 15
Linhagens com médias inferiores à da testemunha IRGA 409
Nenhuma linhagem apresentou média inferior à da testemunha

Linhagens pertencentes ao mesmo grupo não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Um aumento significativo no peso de mil grãos (Tabela 4) pode ser evidenciado na média das linhagens 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 14, 15, 16, 17 e 18 (24,40 g) em comparação à testemunha (22,75 g), sugerindo que a mutação induzida interferiu no acúmulo de fotoassimilados. A superioridade observada nesses mutantes pode estar correlacionada com uma maior produtividade, visto que o peso de mil grãos é um dos principais componentes do rendimento (JENG et al. 2006; SONG et al. 2007; HASAN et al. 2013; KARIM et al. 2014). No entanto, as linhagens 1, 10, 13 e 19 apresentaram médias significativamente iguais à da testemunha, e as demais (9, 11 e 12) demonstraram-se inferiores em relação a este caráter.

Tabela 4: Agrupamento de 19 linhagens mutantes em relação à testemunha IRGA 409 para peso de mil grãos. Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui, 2023.

Peso de mil grãos
Linhagens com médias superiores à da testemunha IRGA 409
2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 14, 15, 16, 17 e 18
Linhagens com médias iguais à da testemunha IRGA 409
1, 10, 13 e 19
Linhagens com médias inferiores à da testemunha IRGA 409
9, 11 e 12

Linhagens pertencentes ao mesmo grupo não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para o rendimento de engenho (Tabela 5), pode-se observar que nove linhagens (1, 3, 5, 6, 7, 9, 11, 15 e 16) demonstraram um incremento em relação a esse caráter apresentando média 65,33% de grãos inteiros, provando desempenho superior ao da testemunha (58,66%). Segundo PRESTES et al. (2017), o aumento de 1 ou 2% no rendimento de engenho, é um valor significativo, sendo que quando se avalia processos de beneficiamento estamos tratando de grandes quantidades de grãos envolvidos. Em vista disso, nota-se um acréscimo de 11,37% na porcentagem do rendimento destas nove linhagens. As demais dez (2, 4, 8, 10, 12, 13, 14, 17, 18 e 19) não apresentaram diferenças estatísticas em relação à testemunha, e nenhuma linhagem apresentou média inferior, podendo ser constatado o aumento da qualidade dos grãos.

As linhagens 3, 5, 6, 7 e 15 apresentaram médias superiores à da testemunha aos componentes de peso de mil grãos e rendimento de engenho, no entanto, apresentaram média inferior à testemunha para o comprimento de panícula. Este fato pode ser explicado em razão do melhor aproveitamento dos fotoassimilados, resultando em grãos mais pesados.

Portanto, realizar a colheita na época certa é de fundamental importância para se obter um produto de melhor qualidade e com maior rendimento (SMIDERLE & PEREIRA, 2008). Outros fatores também de grande influência na qualidade do rendimento dos grãos são a fertilidade do solo, as condições de colheita, os diferentes manejos, a irrigação e a cultivar (GHOSH et al., 2004).

Tabela 5: Agrupamento de 19 linhagens mutantes em relação à testemunha IRGA 409 para rendimento de engenho. Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui, 2023.

Rendimento de engenho	
Linhagens com médias superiores à da testemunha IRGA 409	
1, 3, 5, 6, 7, 9, 11, 15 e 16	
Linhagens com médias iguais à da testemunha IRGA 409	
2, 4, 8, 10, 12, 13, 14, 17, 18 e 19	
Linhagens com médias inferiores à da testemunha IRGA 409	
Nenhuma linhagem apresentou média inferior à da testemunha	

Linhagens pertencentes ao mesmo grupo não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo foi possível constatar que a mutação induzida gerou variabilidade genética, evidenciada por meio dos caracteres comprimento de panícula, número de grãos estéreis, peso de mil grãos e rendimento de engenho. No entanto, não houve diferenças significativas para o caráter número de grãos férteis.

De acordo com as linhagens 3, 5, 6, 7 e 15, verifica-se que há um incremento em relação aos componentes de rendimento estudados em comparação à testemunha, como peso de mil grãos e rendimento de engenho, sugerindo que estas linhagens apresentam potencial para seguir no programa de melhoramento.

Portanto, é possível concluir que os componentes de rendimento avaliados no estudo podem ser utilizados na caracterização da variabilidade genética destas linhagens em trabalhos posteriores em condições ambientais mais estáveis de temperatura e pluviosidade.

6 REFERÊNCIAS

- ABREU, H.K.A. *et al.* Genetic parameters, correlations and path analysis in upland rice genotypes. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 2, p. 354-360, 2016.
- AMABILE, R.F.; VILELA, M.S.; PEIXOTO, J.R. **Melhoramento de plantas: variabilidade genética, ferramentas e mercado**. Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas. Brasília, Embrapa Cerrados, 2018. 108p.
- ASHFAQ, M. *et al.* Association of various morphological traits with yield and genetic divergence in rice (*Oryza sativa*). **International Journal of Agriculture & Biology**, n. 14, p. 55-62, 2012.
- ÁVILA, F. W. *et al.* Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado sob solução nutritiva. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 184-190, 2010.
- BAHUGUNA, R.N *et al.* Physiological and biochemical characterization of NERICA-L-44: a novel source of heat tolerance at the vegetative and reproductive stages in rice. **Physiologia plantarum**, v. 154, n. 4, p. 543-559, 2015.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury: Stemma Press, 2002, 360p.
- BOTA, J.; MEDRANO, H.; FLEXAS, J. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? **New Physiologist**, Cambridge, v. 162, p. 671-681, 2004.
- BRITO, G.G. *et al.* **Temperaturas supraótimas sobre o arroz irrigado: efeitos sobre a fotossíntese e esterilidade de grãos**. Pelotas: Embrapa, 2017. 7p.
- BROERTJES, C. & HARTEN, A.M. **Applied mutation breeding for vegetatively propagated crops**. Amsterdam: Elsevier, 1988.
- CARGNIN, A. *et al.* Interação genótipos e ambientes e implicações na adaptabilidade e estabilidade de arroz sequeiro. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 14, n. 3-4, p. 49-57, 2008.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2020/2021 – Nono levantamento**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, v. 8, 2021. 121p. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2022.
- COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v.40, n.2, p. 436-443, 2000.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, Viçosa, UFV: Editora UFV. v. 1, cap. 9, p. 392- 451, 2012.

CRUZ, R.P. & MILACH, S.C.K. Melhoramento genético para tolerância ao frio em arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.30, n. 5, p. 909-917, 2000.

DALCHIAVON, F.C. *et al.* Linear correlation between components production and yield of rice upland in no-tillage. **Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1629-1642, 2012.

DUAN, L. *et al.* Determination of rice panicle numbers during heading by multi-angle imaging. **The Crop Journal**, v. 3, p. 211-219, 2015.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. **Agricultural production**. FAO, Rome, Italy. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/home/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2022.

FERNANDES, R.H. **Estimativa de parâmetros genéticos para caracteres de qualidade de grão e características agrônômicas de linhagens endogâmicas recombinantes de arroz (*Oryza sativa* L.)**. 75f. Dissertação (Mestrado) em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil., 2015.

FOLLMANN, D.N. **Indução de variabilidade genética aplicada ao melhoramento de braquiária**. 68f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2014.

FONSECA, J. R. *et al.* **Descrição morfológica, agrônômica, fenológica e culinária de alguns tipos especiais de arroz (*Oryza sativa* L.)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2007.

FREITAS *et al.* Produtividade de cultivares de arroz irrigado resultante da aplicação de doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 317-325, 2007.

GAUL, H. Mutagenic effects observable in the first generation plant injury and lethality. **Manual Most Breed.**, IAEA, Vienna. p. 85-89, 1970.

GAUL, H. Mutations in plant breeding. **Radiation Botany**, v. 4, n. 3, p. 155-158, 1964.

GHOSH, M. *et al.* The effect of planting date and nitrogen management on yield and quality of aromatic rice (*Oryza sativa* L.). **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 142, n. 2, p. 183-191, 2004.

GOES, R.J. *et al.* Qualidade industrial do arroz sob efeito do manejo da fertilização nitrogenada de cobertura em plantio direto. **Revista Agrarian**, v. 9, n. 33, p. 219-227, 2016.

GOMES, A.S. & JUNIOR, A.M.M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: DF: Informação Tecnológica, 2004. 899 p.

GUIMARÃES, C.M. *et al.* **Sistemas de cultivo**. In: SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R.A. (Eds.). A cultura de arroz no Brasil. 2ª ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 53-96, 2006.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; NEVES, P.C.F. Eficiência produtiva de cultivares de arroz com divergência fenotípica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n. 5, p. 465-470, 2008.

HASAN, M.J. *et al.* Genetic variability and character association for agronomic traits in hybrid rice (*Oryza sativa* L.). **Bangladesh Journal of Plant Breeding and Genetics**, v. 24, p. 45-51, 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola 2021**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2022.

IRGA – INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. **Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Farroupinha: Neiva Knaak e Fernando Fumagalli Miranda, 2018.

JENG, T.L. *et al.* Yield and grain uniformity in contrasting rice genotypes suitable for different growth environments. **Field Crops Research**, v, 99, p. 59-66, 2006.

JONGKAEWWATTANA, S. & GENG, S. Inter-relationships amongst grain characteristics, grain-filling parameters and rice (*Oryza sativa* L.) milling quality. **Journal of Agronomy & Crop Science**, v. 187, n. 4, p. 223-229, 2001.

KARIM, D. *et al.* Phenotypic and genotypic correlation co-efficient of quantitative characters and character association of aromatic rice. **Journal of Bioscience and Agriculture Research**, v. 1, p. 34-46, 2014.

MARCHESAN, E. *et al.* Análise de coeficiente de trilha para os componentes de produção em arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1027-1033, 2005.

POLI, Y. *et al.* Characterization of a Nagina22 rice mutant for heat tolerance and mapping for yield traits. **Rice**, v. 6, n. 36, p. 1-9, 2013.

PREDIERI, S. Mutation induction and tissue culture in improving fruits. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v. 64, p. 185-210, 2001.

PRESTES, D.N. *et al.* **Avaliação do brunimento em relação à dimensão de grãos de arroz**. Universidade Federa de Pelotas, Capão do Leão, 2017.

QIAN, Q. Genomics-assisted germplasm improvement. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 60, n. 2, p. 82-84, 2018.

RANAWAKE, A.L., AMARASINGHA, U.G.S.; DAHANAYAKE, N. Agronomic characters of some traditional rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in Sri Lanka. **Journal of the University of Ruhuna**, v. 1, p. 3-9, 2013.

RAS - Regras Para Análise De Sementes. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Brasília, Mapa/ACS, 2009. 399p.

SANTOS, A.B. *et al.* **A cultura do arroz no Brasil**. 2ª ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006.

SANTOS, H.G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. 356p.

SERRAT, X. *et al.* EMS mutagenesis in mature seed-derived rice calli as a new method for rapidly obtaining TILLING mutant populations. **Plant Methods**, v. 10, p. 1-14, 2014.

SILVA, R.M. **Avaliações quantitativas em linhagens endogâmicas recombinantes de arroz (RILs) com ênfase em caracteres de qualidade de grãos**. 119f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

SMIDERLE, O.J. & PEREIRA, P.R.V.S. Épocas de colheita e qualidade fisiológica das sementes de arroz irrigado cultivar BRS 7 Taim, em Roraima. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 74-80, 2008.

SONG, X.J. *et al.* A QTL for rice grain width and weight encodes a previously unknown RING-type E3 ubiquitin ligase. **Nature Genetics**, v. 39, p. 623-630, 2007.

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Farroupilha-RS, 2018, 205p.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

TIMM, P.A. *et al.* **Rendimento de grãos inteiros de arroz decorrente da deficiência hídrica em diferentes fases**. In: XXV Congresso de Iniciação Científica, Universidade Federal de Pelotas, 2016. Disponível em: <https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2016/CA_01032.pdf>. Acesso em: 12 de dezembro de 2022.

VIEIRA, J. *et al.* Melhoramento genético de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) através de mutação induzida. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 6., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Palotti, 2009. p. 30-33.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269p.

7 ANEXOS

Tabela 6: CP = comprimento de panícula (cm), NGF = número de grãos férteis (grãos), NGE = número de grãos estéreis (grãos), PMG = peso de mil grãos (g) e RE = rendimento de engenho (%) para 19 linhagens mutantes de arroz irrigado.

Mutante	CP (cm)	NGF (grãos)	NGE (grãos)	PMG (g)	RE (%)
1	19 c	94,25 a	21 b	23 d	66 a
2	18,75 c	87,50 a	21,50 b	23,75 c	60,66 b
3	18 c	65,50 a	21,75 b	32,50 a	64 a
4	21,25 a	99,50 a	17,25 a	23,50 c	61,33 b
5	21 b	102,25 a	16,25 a	23,50 c	63,66 a
6	20,25 b	98,75 a	8 a	23,25 c	67,66 a
7	20,25 a	90,25 a	9 a	23,50 c	65,33 a
8	20,75 b	86,50 a	12,50 a	23,75 c	62,33 b
9	22,50 a	62 a	25,25 b	21,75 f	66,33 a
10	21,75 a	93,75 a	23,25 b	22,75 d	57,33 b
11	23,25 a	95,75 a	18,25 a	22 f	65,66 a
12	22 a	85,25 a	13,50 a	21,75 f	59,66 b
13	21,75 a	80,50 a	22 b	23 d	62,33 b
14	23 a	99,75 a	22 b	23,75 c	60,66 b
15	20,25 b	90,75 a	17,75 a	24,75 b	64,33 a
16	23 a	91,75 a	23,75 b	24,75 b	65,66 a
17	23,50 a	83,75 a	24,25 b	24,75 b	55,33 b
18	23,25 a	78,75 a	22 b	23,75 c	61,33 b
19	22,25 a	73 a	29,50 b	23 d	59 b
IRGA 409	23 a	127,50 a	14,25 a	22,75 d	58,66 b
CV (%)	7,26	21,69	41,68	3,59	5,04

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.



Figura 1 – Localização da área experimental através de imagem de satélite. Itaqui, RS. (Fonte: Google Earth, 2022)

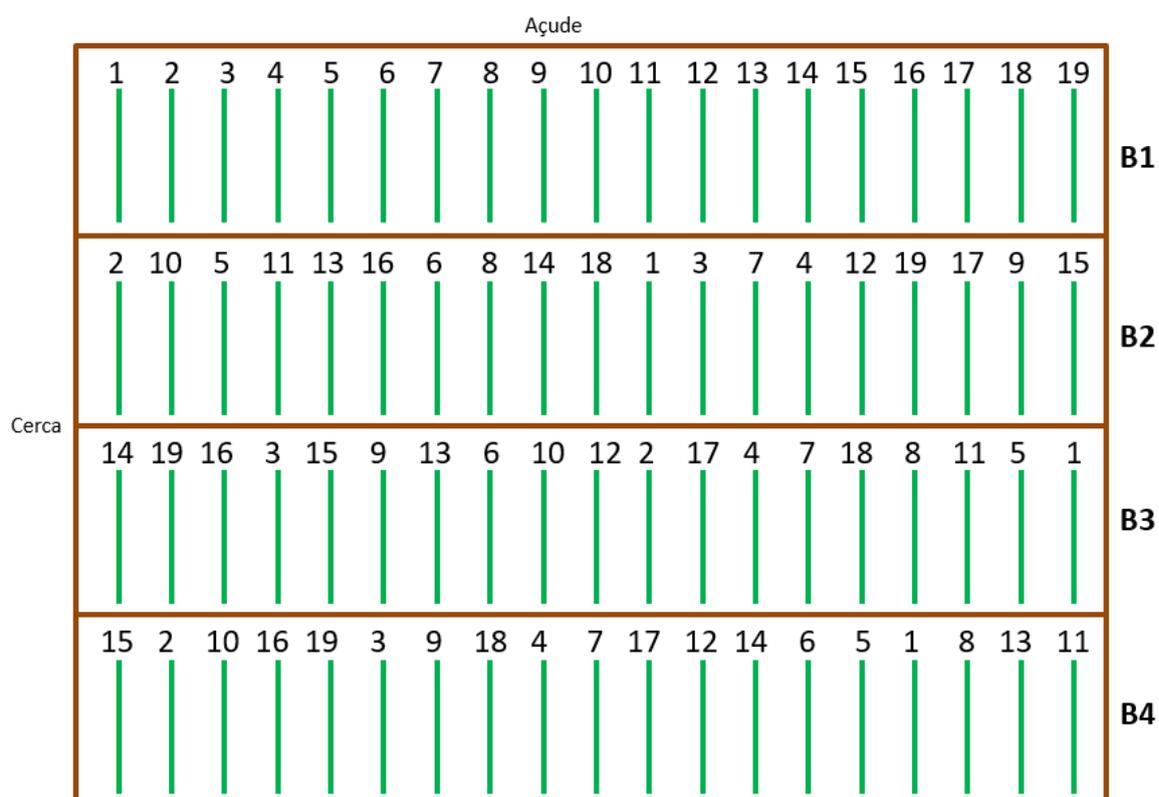


Figura 2 – Croqui da área do experimento. Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui. (Fonte: O autor, 2021)



Figura 3 – Semeadura manual do experimento no dia 29 de outubro de 2021. Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui. (Fonte: O autor, 2021)



Figura 4 – Estabelecimento das linhagens mutantes de arroz irrigado. Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui. (Fonte: O autor, 2021)



Figura 5 – Área do experimento com as linhagens mutantes de arroz irrigado estabelecidas. Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui. (Fonte: O autor, 2022)



Figura 6 – Colheita do experimento no dia 04 de março de 2022. Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui. (Fonte: O autor, 2022)