



IVAN NATIVIDADE JÚLIO ZEVO

**FENOTIPAGEM DE LINHAGENS DE ARROZ DE TERRAS
ALTAS SUBMETIDAS À ADUBAÇÃO FOSFATADA
GRADUAL**

**LAVRAS - MG
2023**

IVAN NATIVIDADE JÚLIO ZEVO

**FENOTIPAGEM DE LINHAGENS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS SUBMETIDAS
À ADUBAÇÃO FOSFATADA GRADUAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Prof^ª. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho
Orientadora

**LAVRAS – MG
2023**

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

Zevo, Ivan Natividade Júlio.

Fenotipagem de linhagens de arroz de terras altas submetidas à
adubação fosfatada gradual / Ivan Natividade Júlio Zevo. - 2023.
43 p.

Orientador(a): Flávia Barbosa Silva Botelho.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. *Oryza sativa* L. 2. Termofosfato. 3. Produtividade de grãos.
I. Botelho, Flávia Barbosa Silva. II. Título.

IVAN NATIVIDADE JÚLIO ZEVO

**FENOTIPAGEM DE LINHAGENS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS SUBMETIDAS
À ADUBAÇÃO FOSFATADA GRADUAL**

**PHENOTYPING OF HIGHLAND RICE LINES SUBMITTED TO GRADUAL
PHOSPHATE FERTILIZATION**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 24 de março de 2023.

Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho
Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves
Dra. Janine Magalhães Guedes

UFLA
UFLA
EPAMIG

Prof^a. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho
Orientadora

**LAVRAS – MG
2023**

*À minha filha Taurielly Zevo
que tanto amo,
para que lhe sirva de fonte inesgotável de inspiração acadêmica.
Dedico*

AGRADECIMENTOS

Porque ninguém faz nada sozinho, em primeiro agradecer à Deus pelo dom da vida, pela saúde e benção para que tudo desse certo.

À Nasma pelo companheirismo e incentivo incondicional em todos os momentos.

Aos familiares e amigos pelo suporte direto e indireto em todas as etapas que me conduziram de Moçambique para o Brasil na busca de realizar um pequeno grande sonho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Biologia e os professores do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pelos ensinamentos.

À Prof^ª. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho pela orientação, paciência, amizade, dedicação, confiança e seus ensinamentos, que foram de grande relevância para realização deste trabalho e meu crescimento profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos profissionais e técnicos da EPAMIG e do setor de Grandes Culturas que ajudaram no estabelecimento dos experimentos, capinas e colheita, para além do ensinamento prático.

À todos amigos que participaram desta caminhada, contribuindo para meu crescimento pessoal, em especial as novas amigas (Júlio, Arsénio, Dionatas, Domingos) que fiz no programa de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, bem como do “Melhor Arroz”.

À todas as pessoas que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu profundo “*khanimambo*” de coração.

*“O talento vence jogos,
mas só o trabalho em equipe ganha campeonatos.”*

Michael Jordan

RESUMO

Para que se possa garantir altas produtividades agrícolas, são requeridos nutrientes em ótimas quantidades. Por um lado, a baixa eficiência dos fertilizantes fosfatados em solos com problemas de fertilidade, associada à responsividade que advém da variabilidade genética das plantas, constitui um problema amplamente discutido. As fontes de fósforo totalmente acidulados e de amônio, são dos fertilizantes fosfatados mais importados e utilizados na agricultura brasileira, por outro lado, fontes de liberação lenta como termofosfatos podem proporcionar menores perdas, maior disponibilidade do fósforo, melhor eficiência agrônômica e melhoria da acidez dos solos, garantindo assim melhorias na fertilidade e, por conseguinte, alta produtividade dos grãos. Dessa forma, objetivou-se com o estudo avaliar o comportamento fenotípico de linhagens de arroz de terras altas submetidas à adubação fosfatada de liberação lenta, visando alcançar novas tecnologias de manejo e responsividade em relação a adubação. O experimento foi conduzido na safra 2021/22, no município de Lavras, em delineamento de blocos casualizados, com três repetições, em esquema fatorial (10 x 4 x 3), compreendendo dez genótipos, quatro combinações de fertilizantes e três dosagens. Os genótipos eram provenientes dos ensaios de Valor de Cultivo e Uso do programa de melhoramento de arroz de terras altas da UFLA. Foram avaliadas as características: altura de plantas, número de dias para o florescimento, resistência às doenças e o peso de grãos. Observou-se variabilidade genética para altura de plantas, número de dias para o florescimento e peso de grãos, tendo sido obtido plantas com melhor porte quando adubadas com o termofosfato magnésiano, com destaque para linhagem CMG 2188. Em relação à precocidade de florescimento e peso de grãos, as linhagens foram também mais responsivas ao Termax P, bem como na combinação 30%MAP + 70%Termax e 50%MAP + 50%Termax, com destaque para CMG 2188, CMG 2185 e CMG 1977. Baseado nos resultados, o termofosfato magnésiano mostrou-se vantajoso em linhagens de arroz como fonte de P, sobre tudo para terras altas que são caracterizadas pela deficiência deste nutriente.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L. Termofosfato. Produtividade de grãos.

ABSTRACT

In order to guarantee high agricultural productivity, nutrients are required in optimal amounts. On the one hand, the low efficiency of phosphate fertilizers in soils with fertility problems, associated with the responsiveness that comes from the genetic variability of plants, is a widely discussed problem. Fully acidulated sources of phosphorus and ammonium are the most imported phosphate fertilizers used in Brazilian agriculture, on the other hand, slow release sources such as thermophosphates can provide lower losses, greater availability of phosphorus, better agronomic efficiency and improvement of the acidity of the soils, thus ensuring improvements in fertility and, therefore, high grain productivity. The purpose of this study was to evaluate the phenotypic behavior of upland rice lines submitted to slow-release phosphorus fertilization, aiming to achieve new management technologies and responsiveness in relation to fertilization. The experiment was carried out in the 2021/22 season, in the municipality of Lavras, in a randomized block design, with three replications, in a factorial scheme (10 x 4 x 3), comprising ten genotypes, four fertilizer combinations and three dosages. The genotypes came from the Cultivation Value and Use trials of the UFLA upland rice breeding program. The following characteristics were evaluated: plant height, number of days to flowering, disease resistance and grain weight. Genetic variability was observed for plant height, number of days for flowering and grain weight, with plants with better size being obtained when fertilized with magnesium thermophosphate, with emphasis on the CMG 2188 lineage. of grains, the lines were also more responsive to Termax P, as well as to the combination 30%MAP + 70%Termax and 50%MAP + 50%Termax, with emphasis on CMG 2188, CMG 2185 and CMG 1977. Magnesium thermophosphate proved to be advantageous in rice lines as a source of P, especially for highlands that are characterized by a deficiency of this nutrient.

Keywords: *Oryza sativa* L. Thermophosphate. Grain productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Dados referentes à precipitação e temperatura de Lavras na safra 2021/22.....	19
Figura 2 – Altura média dos genótipos.....	26
Figura 3 - Resumo do peso médio dos grãos dos genótipos.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição química do solo.	19
Tabela 2 - Composição química e granulométrica das fontes de fósforo.....	20
Tabela 3 - Resumo das doses empregadas em cada tratamento de adubação base.	20
Tabela 4 - Origem das linhagens/cultivares utilizadas no experimento.	21
Tabela 5 - Escala de notas para incidência de doenças.	22
Tabela 6 - Resumo da análise de variância da altura de plantas (ALT), número de dias para o florescimento (NDF), mancha de grãos (MG), mancha parda (MP) e da escaldadura da folha (ESC).	25
Tabela 7 - Valores médios da altura (ALT) dos genótipos para as diferentes combinações de fertilizantes e doses.....	26
Tabela 8 - Valores médios de número de dias para o florescimento (NDF) dos genótipos dentro da combinação de fertilizantes empregando 50% da dose.	28
Tabela 9 - Valores médios de número de dias para o florescimento (NDF) dos genótipos dentro da combinação de fertilizantes empregando 100% da dose.	30
Tabela 10 - Valores médios de número de dias para o florescimento (NDF) dos genótipos dentro da combinação de fertilizantes empregando 200% da dose.	31
Tabela 11 - Médias de incidência da escaldadura de folha (ESC), mancha de grãos (MG) e mancha parda (MP) nos genótipos.	32
Tabela 12 - Médias de incidência da escaldadura de folhas (ESC), mancha de grãos (MG) e mancha parda (MP) empregando diferentes combinações de fertilizantes e doses.....	33
Tabela 13 - Resumo da análise de variância do peso de grãos.....	34
Tabela 14 - Valores médios de peso de grãos dos genótipos dentro da combinação de fertilizantes empregando 100% da dose.	35
Tabela 15 - Interação das combinações de fertilizantes dentro do nível de cada genótipo empregando 100% da dose.	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
	2.1 Importância socioeconômica do arroz de terras altas	14
	2.2 Manejo de fertilizantes fosfatados	15
	2.3 Obtenção e eficiência agronômica do termofosfato	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
	3.1 Área de estudo	18
	3.2 Características do solo e clima	19
	3.3 Caracterização das fontes de fertilizantes	20
	3.4 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos	20
	3.5 Características avaliadas.....	21
	3.6 Análise estatística	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
	4.1 Altura de plantas.....	25
	4.2 Número de dias para o florescimento	27
	4.3 Resistência às doenças	32
	4.4 Peso de grãos	33
5	CONCLUSÕES	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Com o surgimento da agricultura há milhares de anos, o homem deixou de ser nômade, fixou-se e passou a ser dependente dos recursos naturais da terra em que vivia. Com o passar do tempo constatou-se que alguns solos não produziam de forma satisfatória quando cultivados continuamente. Com base nessas observações, teve início, mesmo que de forma empírica, à prática de adubação, que consistia na adição de dejetos de animais ou restos de vegetais ao solo, visando restaurar a produtividade (LOPES; GUILHERME, 2007). A partir de então, a agricultura tornou-se numa atividade fundamental para o abastecimento mundial de alimentos.

O uso de adubos tem sido bastante influenciado, principalmente, pelo aumento da população, que eleva a demanda por alimentos, bem como pela expansão das áreas de cultivo (ZHANG; ZHANG, 2007). Fato evidenciado pelo consumo mundial de macronutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P) e o potássio (K), que foi estimado em cerca de 208,3 milhões de toneladas no ano 2020/21, quase 12 milhões de toneladas (6,3%) acima em relação a 2019/20, sendo a maior expansão de utilização de fertilizantes minerais desde 2009/10, tendo a China, a Índia, os Estados Unidos e o Brasil como os maiores consumidores (OLIVEIRA; MALAGOLLI; CELLA, 2019; IFA, 2022). Portanto, o Brasil é o segundo maior consumidor mundial do K, terceiro do P e quarto do N. Apesar do alto consumo, houve redução da produção interna nos últimos dez anos e, por conseguinte, aumento das importações durante o mesmo intervalo de tempo (OLIVEIRA; MALAGOLLI; CELLA, 2019). Devido ao aumento da procura no mercado interno, o país importou na última década cerca de 70% do nitrogênio, 50% do fósforo e 90% do potássio, demonstrando-se a dependência da agricultura brasileira pela oferta externa (OGINO *et al.*, 2020).

Por um lado, geralmente, o fósforo é caracterizado por uma baixa disponibilidade nos sistemas de produção agrícola quando comparado aos demais nutrientes devido a sua natureza imóvel, capacidade de se ligar a outros elementos e formar complexos insolúveis no solo (OO *et al.*, 2020). Contudo, solos tropicais têm apresentado baixos teores do P, sendo necessário adubar com elevadas concentrações deste elemento, de forma a suprir as necessidades nutricionais para garantir altas produtividades (SANAGIOTTO *et al.*, 2022). Por outro lado, a ausência do P limita a produção, pois tem um papel crucial durante a fase inicial, uma vez que participa da divisão celular, atividades meristemáticas e no desenvolvimento do sistema radicular. Esse elemento é extremamente importante para a planta de arroz, pois participa do processo de perfilhamento, formação de panículas e qualidade dos grãos, embora que, em

deficiência reduz a altura e o número de perfilhos, ficando notório que o P é essencial para obtenção de altos rendimentos de grãos de arroz (FAGERIA; BARBOSA FILHO, 2006; DE BAUW *et al.*, 2019; DENG *et al.*, 2020).

Como consequência da procura e do aumento do preço dos fertilizantes no mercado internacional, em particular os de elevada solubilidade, tem se observado um incremento nos custos de produção das culturas alimentares no mercado brasileiro, todavia, este cenário é bastante oportuno para a realização de pesquisas com matéria-prima local, que podem ser fontes alternativas para obtenção de fertilizantes fosfatados e com eficiência agrônômica desejável para o incremento da produtividade, possibilitando assim a minimização dos custos de produção. Assim sendo, uma das alternativas econômicas para o fornecimento do P seria o uso dos termofosfatos que são produzidos no território nacional (SANAGIOTTO *et al.*, 2022).

Os termofosfatos são fontes de P caracterizados por solubilidade intermediária quando comparados aos fosfatos naturais e acidulados. São estratégicos para solos com baixo teor de fósforo, cálcio trocável e alta acidez, para além de fornecerem magnésio e silício, tem um processo de produção economicamente viável em relação aos acidulados (RODRIGUES, 2016). Baseado nisso, o uso de adubos é um fator importante para o aumento da produção, produtividade e, para melhor aproveitamento da cultura do arroz, os fertilizantes merecem atenção quanto ao uso. Assim sendo, os programas de melhoramento genético de arroz possuem dentre algumas prioridades o desenvolvimento de cultivares tolerantes à toxidez de ferro que caracterizam os solos tropicais (CORDEIRO, 2008; NASCENTE, 2021). Contudo, não existem ainda estudos sobre a responsividade e uso dos termofosfatos em arroz de terras altas, num contexto em que as reservas do P são provenientes de fontes esgotáveis e acarretam altos custos de produção e importação. Atualmente, o programa de melhoramento genético do arroz de terras altas da Universidade Federal de Lavras (UFLA) em cooperação com a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e a Embrapa Arroz e Feijão tem desenvolvido várias pesquisas com objetivo de lançar linhagens de arroz com alto potencial genético de produção, porte baixo, precoces, resistentes às doenças, tolerantes ao acamamento e estresse hídrico, entre outras características agrônômicas de interesse para os produtores e que respondam à demanda dos consumidores (ALVES, 2021). Assim sendo, pretendeu-se com o presente trabalho avaliar o comportamento de linhagens de arroz de terras altas submetidas à adubação fosfatada de liberação lenta, visando alcançar novas tecnologias de manejo e responsividade em relação a adubação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância socioeconômica do arroz de terras altas

O arroz é uma cultura essencialmente básica e importante para alimentação de cerca de metade da população mundial, sendo fonte integral de renda para maior parte das pessoas do continente asiático, africano e américa-latina. Estima-se que, atualmente, a produção mundial esteja em torno de 508,7 milhões de toneladas, com um consumo médio de 54 kg/pessoa/ano, destacando-se o Brasil com 32 kg/pessoa/ano (CARVALHO *et al.*, 2020; USADA, 2020). No entanto, os maiores produtores mundiais são: China, Índia, Bangladesh, Indonésia, Vietnam, Tailândia, Myanmar, Filipinas, Japão e o Brasil (SIMONE *et al.*, 2021). Esse cereal é também conhecido por ser bastante energético, proteico, além de conter concentrações consideráveis de vitaminas, gorduras e sais minerais (SAITO *et al.*, 2018).

Os principais ecossistemas orizícolas são classificados como de várzea ou irrigado e de sequeiro ou terras altas (RAO *et al.*, 2017). Contudo, maior parte da produção mundial é proveniente do sistema irrigado, entretanto, com o advento das mudanças climáticas, crescente crise hídrica, redução da disponibilidade de mão-de-obra, deterioração dos solos, aumento das emissões de metano, prevalência de infestantes, pragas e doenças, estagnação do rendimento e diminuição da produtividade, tem afetado a sustentabilidade deste ecossistema (NADEEM; FAROOQ, 2019). Embora nos últimos anos tenha-se registrado diminuição acentuada das áreas de cultivo do arroz de terras altas, o Brasil continua sendo o maior produtor fora do continente asiático nos dois ecossistemas, dispondo de tecnologias e inovação à disposição dos produtores (CARVALHO *et al.*, 2020).

A maior parte das lavouras brasileiras do arroz de terras altas estão localizadas no bioma do Cerrado, cujos solos possuem, de maneira geral, baixa capacidade de troca catiônica, elevada acidez, baixa capacidade de armazenamento de água e fertilidade, que se traduzem pela deficiência de nutrientes, particularmente do P, associada à elevados teores de alumínio. Todos estes fatores combinados limitam o crescimento das raízes nas primeiras camadas do solo e conseqüentemente tornam limitante a absorção de nutrientes (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2015; NASCENTE, 2021). Não obstante, o arroz de terras altas constitui uma alternativa ao abastecimento nacional e importante em termos de sustentabilidade para os produtores, visto que pode ser usado em rotação de culturas e integração de sistemas, num cenário em que ano após ano tem-se observado sucessão soja e milho (ARROZ, 2013; CARVALHO *et al.*, 2020).

Na safra 2021/22 o país produziu 10,8 milhões de toneladas, dos quais 9,99 milhões de toneladas provenientes do sistema irrigado e 787,6 mil toneladas de terras altas, tendo reduzido

8,4% em relação à safra 2020/21, cuja produtividade média foi de 7,675 kg/ha e 2,493 kg/ha para os sistemas irrigado e de terras altas, respectivamente. Enquanto que a safra 2022/23 foi estimada em cerca de 10,4 milhões de toneladas, sendo 3,8% inferior que a anterior, com rendimento médio esperado de 7,087 kg/ha para o irrigado e redução das áreas de sequeiro (CONAB, 2023). Portanto, expandir e cultivar arroz de terras altas continua sendo estratégico para o abastecimento interno, pois é uma garantia de acesso sobre tudo para a população com menor poder aquisitivo, gerando desta forma impactos positivos nos aspectos econômicos, sociais e ambientais, além de atender à demanda mundial por este cereal (CARVALHO *et al.*, 2020). Para tal, o melhoramento genético é desafiado a superar alguns desafios correspondentes ao desenvolvimento de linhagens resistentes e tolerantes aos estresses bióticos e abióticos (ALVES, 2021).

2.2 Manejo de fertilizantes fosfatados

As áreas de plantio do arroz de terras altas no Brasil são geralmente planas ou ligeiramente onduladas, embora que com excelentes propriedades físicas, apresentam limitações químicas (FERREIRA, 2021). Não sendo sempre possível encontrar disponíveis todos os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas (EMBRAPA, 2013). No entanto, a principal função dos fertilizantes quando adicionados ao solo é basicamente de promover melhorias das propriedades químicas, físicas e/ou biológicas, bem como aumentar a produtividade que se reflete na colheita (ZONTA *et al.*, 2021). Se considerado o uso de fertilizantes, o aumento das áreas e outros fatores de produção (variedades melhoradas, novas tecnologias de manejo, entre outros), nos últimos 20 anos somente a adubação foi responsável por 51% do aumento da produção e produtividade agrícola brasileira (ZONTA *et al.*, 2021).

Alguns estudos estimaram que 80% do P proveniente das reservas fosfatadas seja utilizado na produção de fertilizantes para agricultura (HORTA; CANATÁRIO DUARTE, 2021). Verificou-se, também, que o consumo do P no mundo teve um aumento de 47 milhões de toneladas em 2020, para 49 milhões de toneladas em 2022, sendo o Marrocos e o Saara Ocidental responsáveis por 70,4% das reservas mundiais, seguidos da China com 4,5%, Egito com 3,9%, Argélia com 3,1% e o Brasil com 2,3% (USGS, 2021).

Dentre as várias fontes de P disponíveis, as mais utilizadas são: os fosfatados totalmente acidulados (superfosfato simples e triplo); os fosfatos de amônio (fosfato monoamônico ou MAP e fosfato diamônico ou DAP); os termofosfatos (magnesiano e de alumínio), os fosfatos naturais importados (de Arad, Gafsa, Carolina do Norte, entre outros) e os fosfatos nacionais

(de Patos de Minas, de Araxá, etc.) (ZONTA *et al.*, 2021).

No que concerne à solubilidade, os fertilizantes fosfatados diferem entre si em função da composição química (OLIVEIRA; DE OLIVEIRA FILHO; POCOJESKI, 2017). De uma forma generalizada, os fosfatos de amônio, os simples e os triplos possuem mais de 90% do P solúvel em citrato neutro de amônio, fazendo com que tenham uma rápida dissolução no solo, sendo usados na forma granular para facilitar o manuseio e aplicação (SOUSA; LOBATO, 2003). Os fosfatos naturais são obtidos a partir de minérios fosfáticos que ocorrem em jazidas, passando por processos de lavagem e flotação para separação de minerais não desejáveis que fazem parte da composição das jazidas (HOROWITZ; MEURER, 2004). Os fosfatos brasileiros são de natureza pouco solúvel, baixa reatividade e são ocasionalmente usados como fontes alternativas de P (GONÇALVES *et al.*, 2008). São recomendados para solos do Cerrado devido a sua baixa solubilidade e efeito residual em relação aos fosfatos solúveis (LATOSSOLO; GUEDES, 2009).

Embora o P seja considerado um nutriente de baixa mobilidade no solo, na planta é móvel e em caso de deficiências têm os sintomas evidentes nas folhas mais velhas, que se caracterizam por uma coloração bronze na margem, podendo progredir até a base. Já nas folhas mais jovens manifesta-se por uma coloração verde-escura. Para além destas, uma outra característica da deficiência nutricional no arroz é a redução do número de perfilhos e o prolongamento do ciclo (FAGERIA; BARBOSA FILHO, 2006). Os mesmos autores defendem que quando se pretende realizar adubação fosfatada é importante observar dois critérios. O primeiro que consiste na adubação de manutenção, visando o fornecimento de P para planta e o segundo é a adubação de correção, cuja finalidade é a elevação dos níveis do P no solo. A adubação de correção recomenda-se com fontes de P solúveis e na forma granular, devendo ser aplicados nos sulcos. O arroz de terras altas não responde à aplicação de P cujo teor no solo seja superior a 10 mg/kg, enquanto que para o arroz irrigado o nível crítico é de 13 mg/kg. Portanto, é necessária uma quantidade mínima de P para estimular o desenvolvimento da planta quando existe o nível crítico, sendo de 40 a 60 kg/ha de P_2O_5 para o arroz de terras altas e 50 a 80 kg/ha de P_2O_5 para o arroz irrigado, dependendo dos resultados das análises do solo.

2.3 Obtenção e eficiência agronômica do termofosfato

Os termofosfatos são fertilizantes obtidos do tratamento térmico de rochas fosfatadas com ou sem a adição de outros materiais como o silicato de magnésio. Este tratamento tem como

finalidade converter e tornar o P disponível para as plantas (SOUZA; YASUDA, 2009). Para os termofosfatos magnesianos é imprescindível a adição de compostos magnesianos e silícicos, fato por vezes associado à sua boa eficiência agronômica (RESENDE; FURTINI NETO, 2007).

O processo de obtenção do termofosfato inicia-se com a preparação da rocha fosfatada (apatita), cuja granulometria varia de 6 a 50 mm, sendo introduzida em fornos com temperaturas em torno de 1400 a 1500°C. Ao sair do forno, o material passa por um processo de resfriamento com jatos de água, sendo formadas pequenas partículas com cerca de 2 mm de espessura e de coloração enegrecida, podendo ser adicionados ou não micronutrientes e o enxofre elementar. Em relação à granulometria, o pó passa 75% em peneira ABNT n° 100 (abertura de malha de 0,15 mm) e o granular passa 100% em peneira ABNT n° 20 (abertura de malha de 0,84 mm). O P_2O_5 é solúvel em ácido cítrico a 2% (1:100), porém insolúvel em água e apresenta característica alcalinas com pH ao redor de 8 (SOUZA; YASUDA, 2009). Por apresentarem uma reação alcalina, geralmente, os termofosfatos tem sido recomendados para solos ácidos como do Cerrado, tendo um efeito corretivo de acidez e de liberação lenta do P (HORTA; CANATÁRIO DUARTE, 2021). Outra vantagem é a presença do silício que propicia as plantas maior tolerância à salinidade e deficiência hídrica, além de reduzir a absorção de elementos tóxicos e a taxa de respiração foliar, contribui também para o aumento da disponibilidade de nutrientes essenciais e confere resistência mecânica contra agentes patogênicos (YAN *et al.*, 2018).

Existem vários métodos que objetivam avaliar a eficiência agronômica dos fertilizantes fosfatados. Um dos comumente empregue é por meio da comparação com uma fonte de P usada como referência, normalmente fosfatos de alta solubilidade, como o superfosfato triplo e/ou o monoamônico fosfato (RESENDE; FURTINI NETO, 2007). Contudo, a aplicação do termofosfato depende de fatores como a fonte do fósforo, do sistema de preparo do solo, do clima e do tipo de cultura. As formas mais utilizadas para adicionar o P no solo são a lanço, com ou sem incorporação no sulco, nas faixas e cova (SOUZA; LOBATO, 2003).

O uso dos termofosfatos é bastante conhecido pelos horticultores brasileiros desde a década de 60 em resposta aos bons resultados obtidos por outros produtores. Atualmente tem sido bastante aplicado em cereais, soja, cana-de-açúcar, café, citros e pastagens como resposta aos bons resultados agronômicos (SOUZA; YASUDA, 2009). Alguns pesquisadores como Sanagiotto *et al.* (2022), avaliando a resposta de duas cultivares de arroz (ANA 5015 e BRS A501 CL), sobre adubação em cobertura com termofosfato nutrisolo SP (composto por 14% de P; 1% de Mg; 3% de S e 14% de Ca), em sistema de plantio direto com 4 doses (0, 70, 140 e 210) kg/ha de P_2O_5 , concluíram que o P influenciou no número de panículas, número de

espiguetas por panícula, nota de acamamento, número de grãos cheios e na produtividade, tendo a cultivar ANA 5015 sido mais responsiva na dose 140 kg/ha de P_2O_5 , com cerca de 9,060 kg/ha de grãos.

Enquanto que Livi e Castamann (2016), avaliaram o uso de pó de rocha, termofosfatos e adubos orgânicos na produção de alface em latossolos vermelho alumino férrico, tendo concluído que o termofosfato + adubo orgânico influenciaram no número de folhas por planta e massa verde. Já Gonzaga *et al.* (2008), aferindo a resposta de mudas de porta-enxerto de nespereira, utilizando diferentes doses do termofosfato magnesiano, verificaram que para a formação de mudas é viável a utilização de até 5 kg/m³ do fertilizante no substrato, tanto que foram também obtidas mudas com maior massa seca e raízes.

Estudos feitos por Bertani *et al.* (1998), avaliando a eficiência agrônômica de diferentes fontes de fosfatos na batata, com 3 fontes de P_2O_5 (triplo, termofosfato e organomineral), sob 3 doses (100, 200 e 300) kg/ha de P_2O_5 , concluíram que o superfosfato triplo e o termofosfato na dosagem 300 kg/ha conferiram um aumento no crescimento, produtividade, elevação da taxa fotossintética e eficiência agrônômica. Já Delgado *et al.* (1998), estudando a adubação fosfatada na formação de pomares de pêra, testaram 3 fontes de adubos (termofosfato, superfosfato simples e triplo), concluíram que, embora que sem diferenças estatísticas, o termofosfato isoladamente permitiu um maior diâmetro do caule aos 6 meses e maior altura das plantas. Contudo, a aplicação do termofosfato na dose de 300 kg/ha permitiu um incremento de 15% dos pastos na Colômbia (YASUDA, 2013). Enquanto que no Brasil, a aplicação do mesmo fertilizante usando 800 kg/ha incrementou a produção da batata-doce em 20% (CAXAMBU, 2013). Todavia, Nasser *et al.* (2022), afirmam que o termofosfato favorece economicamente o produtor, pois reduz os custos com aplicação de calcário e adubos foliares, embora não altere de forma significativa a produtividade e qualidade de frutos como acerola, goiaba e lima.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O experimento foi estabelecido em Lavras, Minas Gerais, no Brasil, entre as latitudes 21°14'S, longitude 44°59'W, altitude 919 metros e clima Cwa de acordo com a classificação de Köppen (clima subtropical úmido influenciado pelas monções), no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da UFLA (CDCT).

3.2 Características do solo e clima

A Tabela 1 é referente a composição química dos nutrientes no solo, após análise realizada no local de estabelecimento do experimento.

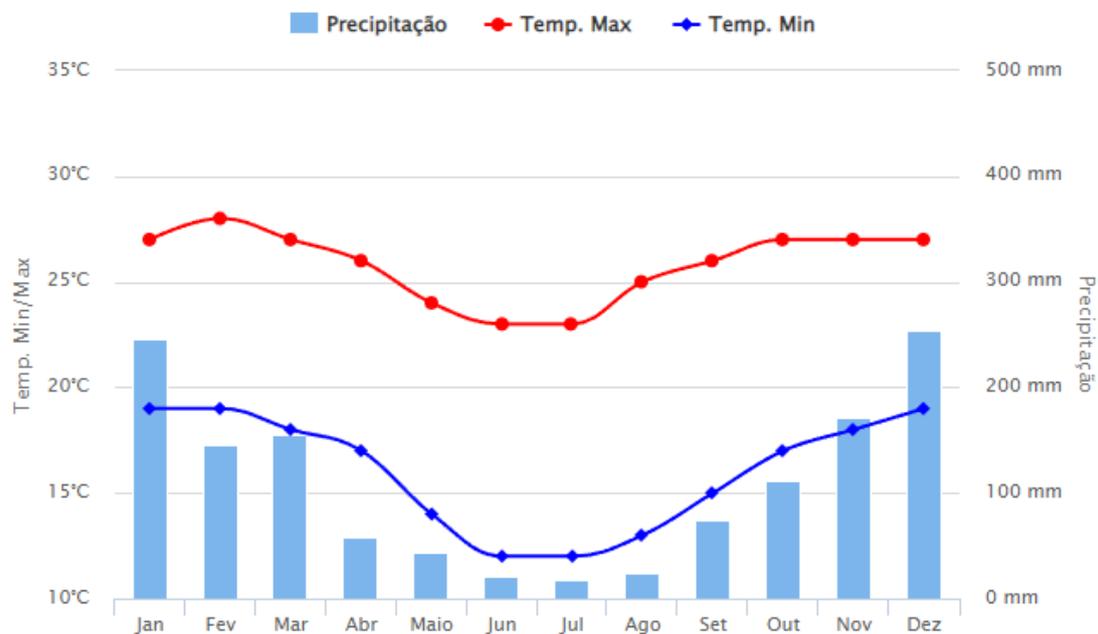
Tabela 1- Composição química do solo.

pH	K	P	Ca	Mg	Al	M.O
	mg/dm ³			cmol/dm ³		dag/kg
6,0	117,28	3,20%	5,67%	1,35	0,10	3,17

Fonte: Departamento de Ciências de Solo (2021).

A Figura 1 expressa o comportamento da precipitação e da temperatura durante o período de condução do experimento, evidenciando claramente que o maior pico de precipitação ocorreu antes do início da semeadura, isto é, no mês de janeiro (246 mm) e foi decrescendo até ao início da colheita em julho (18 mm). Portanto, as temperaturas mínimas e máximas também apresentaram um comportamento similar, tendo variado de 12 a 28°C, respectivamente, da semeadura à fase da colheita.

Figura 1- Dados referentes à precipitação e temperatura de Lavras na safra 2021/22.



Fonte: Climatempo (2023).

3.3 Caracterização das fontes de fertilizantes

As fontes de fósforo utilizadas no experimento foram: MAP, Termax P ou termofosfato magnésiano, N3P (30%MAP + 70%Termax) e N5P (50%MAP + 50%Termax), cujas características químicas encontram-se na tabela abaixo.

Tabela 2 - Composição química e granulométrica das fontes de fósforo.

Fonte de P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ (total)	P ₂ O ₅ (AC)	N (total)	Ca	Mg	Si	Granulometria Passante ABNT N° 20 (0,84 mm)
MAP	50%	-	10%	-	-	-	85%
Termax P	-	18%	-	16%	7%	8%	85%
N3P	-	28%	3%	-	-	-	85%
N5P	-	34%	5%	-	-	-	-

AC: solúvel em ácido cítrico 2% (1:100)

Fonte: Do autor (2023).

3.4 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O experimento foi estabelecido em delineamento de blocos casualizados, com três repetições, em esquema fatorial triplo de 10 (genótipos) x 4 (combinações de fertilizantes) x 3 (doses), totalizando 120 tratamentos, distribuídos em 360 parcelas. Foram empregadas como combinações de fertilizantes o MAP que, também, serviu como testemunha, pois é uma fonte de P₂O₅ comumente utilizada na produção de arroz, o Termax P e as misturas N3P e N5P. Estes fertilizantes tinham as seguintes concentrações de N-P₂O₅-K₂O: (10-50-00) para o MAP, (00-18-00) para o Termax P, (03-28-00) para N3P e (05-34-00) para o N5P. A tabela abaixo é referente as doses usadas em cada uma das combinações de fertilizante.

Tabela 3 - Resumo das doses empregadas em cada tratamento de adubação base.

Fonte de P ₂ O ₅	DOSE		
	50%	100%	200%
	(kg/ha)		
MAP	100	200	400
Termax P	277,78	555,56	1111,11
N3P	178,57	377,14	714,29
N5P	147,06	294,12	588,24

Fonte: Do autor (2023).

Foram usadas 8 linhagens elites e duas cultivares (BRSMG CARAVERA e BRSMG RELÂMPAGO) que serviram de testemunhas, totalizando ao todo 10 genótipos, sendo todos, provenientes do ensaio de Valor de Cultivo e Uso do programa de melhoramento genético de

arroz de terras altas da UFLA em parceria com a EPAMIG e Embrapa Arroz e Feijão (TABELA 4).

Tabela 4 - Origem das linhagens/cultivares utilizadas no experimento.

Nome da cultivar/linhagem	Origem
CMG 2162	UFLA/EPAMIG
CMG 2172	UFLA/EPAMIG
CMG 2185	UFLA/EPAMIG
CMG 2188	UFLA/EPAMIG
CMG 2085	UFLA/EPAMIG
BRSMG CARAVERA	EMBRAPA/UFLA/EPAMIG
BRSMG RELÂMPAGO	EMBRAPA/UFLA/EPAMIG
CMG 1511	UFLA/EPAMIG
CMG 1977	UFLA/EPAMIG
CMG 1987	UFLA/EPAMIG

Fonte: Melhor Arroz (2021).

O experimento foi conduzido no período compreendido entre fevereiro e julho de 2022, tendo sido realizada adubação e semeadura em sulcos. Cada unidade experimental foi composta por três linhas de 3 metros de comprimento, espaçadas por 0,17 metros, com densidade de semeadura de 270 sementes por metro linear, isto é, foram usadas ao todo 810 sementes em cada parcela. As linhas laterais de cada parcela serviram de bordadura e a central para observação e coleta das variáveis.

Em todas as parcelas foram realizadas duas adubações de cobertura, tendo-se aplicado 10 gramas de ureia por linha nos estágios fenológicos V3 e/ou V4, e antes do início do perfilhamento, de forma a estimular o desenvolvimento vegetativo, visto que as combinações N3P e N5P tinham baixas concentrações de nitrogênio em comparação ao MAP e o termofosfato magnésiano não tinha este nutriente na sua composição.

O manejo das plantas daninhas foi iniciado logo após a emergência e conduzido de acordo com o recomendado para a cultura de arroz de terras altas na região.

3.5 Características avaliadas

As características avaliadas durante a condução do experimento foram:

a) Altura de plantas ou ALT

Mediu-se aleatoriamente o comprimento de cinco plantas na área útil de cada parcela, partindo do solo à extremidade da panícula mais alta e determinou-se a média da parcela.

b) Número de dias para o florescimento ou NDF

Consistiu na determinação do número de dias da sementeira ao florescimento médio, isto é, quando as parcelas apresentavam pelo menos 50% de plantas com panículas emitidas.

c) Resistência às doenças

Consistiu no diagnóstico visual das folhas e panículas de cinco plantas durante a fase de maturação, tendo sido observadas características de incidência da mancha parda (MP) (*Bipolaris oryzae*); mancha de grãos (MG) (*Phoma sorghina*) e da escaldadura da folha (ESC) (*Gerlachia oryzae*), obedecendo a escala de notas proposta pelo IRRI (1996) (TABELA 5). Não foi aplicado nenhum tipo de fungicida, de forma a permitir uma melhor observação do efeito das doenças sobre as linhagens.

Tabela 5 - Escala de notas para incidência de doenças.

Nota	Descrição	Classificação
0	Sem lesão	Resistente
1	de 1 a 10%	Moderadamente Resistente
3	de 11 a 25%	
5	de 26 a 50%	Moderadamente Suscetível
7	de 51 a 75%	
9	>75%	Suscetível

Fonte: IRRI (1996).

d) Peso de grãos

Consistiu em pesar todos grãos obtidos em cada parcela após a colheita e secagem para 13% de umidade.

3.6 Análise estatística

As análises de variância foram realizadas no ambiente computacional R (R Core Team 2021), considerando o delineamento em blocos casualizados, com três fatores (genótipos, combinação de fertilizantes e doses) e foi usado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + g_i + b_j + t_k + d_l + (gt)_{ik} + (gd)_{il} + (td)_{kl} + (gtd)_{ikl} + e_{ijkl}$$

Em que:

Y_{ijkl} : observação referente ao genótipo i , na repetição j , dentro do fator combinação de fertilizantes k e dentro da dose l ;

μ : constante associada às observações (média geral);

g_i : efeito fixo do genótipo i ($i = 1, 2, \dots, 10$);

bj : efeito fixo da repetição j ($j = 1, 2$ e 3);

t_k : efeito fixo do fator combinação de fertilizantes k ($k = 1, 2, 3$ e 4);

d_l : efeito fixo do fator dosagem l ($l = 1, 2$ e 3);

$(gt)_{ik}$: efeito fixo da interação do i -ésimo genótipo com o fator combinação de fertilizantes k ;

$(gd)_{il}$: efeito fixo da interação do i -ésimo genótipo com o fator dosagem l ;

$(td)_{kl}$: efeito fixo da interação do k -ésima combinação de fertilizantes com o fator dosagem l ;

$(gtd)_{ikl}$: efeito da interação entre os genótipos i , combinação de fertilizantes k e o fator dosagem l ;

e_{ijkl} : é o efeito do erro experimental associado à observação, sendo $e_{ijkl} \sim N(0, \sigma_e^2)$.

De acordo com Ferreira (2018), quando há diferenças estatísticas significativas entre os efeitos das interações dos fatores, recomenda-se à realização dos desdobramentos dos graus de liberdade das interações. Neste caso, foi realizado o desdobramento da interação para todas que foram significativas à 5% de probabilidade para o teste F e posteriormente realizado o agrupamento e comparação de médias pelo teste de Scott-Knott (1974) também a 5% de probabilidade.

Para cada característica avaliada observou-se a precisão experimental, tendo-se determinado o coeficiente de variação experimental (CV) e a acurácia seletiva (r_{gg}), usando-se as seguintes fórmulas:

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

$$r_{gg} = \sqrt{1 - \left(\frac{1}{Fc}\right)} \times 100$$

Em que:

QME: Quadrado Médio do Erro;

\bar{x} : Média dos tratamentos avaliados;

Fc: Valor do teste F para genótipo à 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precisão experimental para a altura de plantas cujo coeficiente de variação (CV) foi 13,62%, foi considerada boa, posto que para o número de dias para o florescimento em que o CV foi 8,14%, foi ótima, demonstrando-se precisão e qualidade experimental para essas características (TABELA 6). Estes resultados estão dentro das normas de Pimentel-Gomes (2009), que afirma que quando o coeficiente de variação é menor ou igual a 10% indica uma ótima precisão, enquanto que, entre 10 e 20% é considerado médio e de boa qualidade. Contudo, para a característica resistência às doenças o CV teve como amplitude 26,27% e 31,49%, indicando, a princípio, razoável precisão experimental. Contudo, Costa *et al.* (2002); Sari *et al.* (2016) e Nascimento *et al.* (2018), consideram que quando se trata de avaliação de doenças, sejam aceitáveis coeficientes de variação altos, uma vez que a avaliação visual nem sempre é realizada pelo mesmo avaliador, fato que foi observado durante a coleta desta variável em campo, pois foi realizada por múltiplos avaliadores, favorecendo desta forma para uma maior dispersão dos dados em torno da média.

Em relação a precisão experimental baseada nas estimativas de acurácia para a altura de plantas, número de dias para o florescimento, mancha de grãos, mancha parda e da escaldadura da folha, incluindo o peso de grãos foram altas, tendo apresentando acurácia seletiva acima de 0,90, com destaque para o número de dias para o florescimento que foi de 0,98. E de acordo com Resende e Duarte (2007), os ensaios de avaliação de linhagens, também, são abordados do ponto de vista genético, sendo usado como parâmetro de avaliação da qualidade experimental a acurácia seletiva, pois informa sobre o correto ordenamento dos genótipos para fins de seleção e é eficiente acerca do valor genotípico da linhagem, em que quanto mais alto ou próxima de 1 melhor é a precisão experimental.

Contudo, para a fonte de variação genótipos houve diferenças significativas pelo teste F, evidenciando-se variabilidade genética entre os mesmos para a altura de plantas, número de dias para o florescimento e incidência de doenças. Enquanto que para a interação genótipos x combinação de fertilizantes x doses foi também significativa pelo mesmo teste, mas somente para o número de dias para o florescimento, tendo resultado no desdobramento dos fatores e por conseguinte comparação das médias pelo teste de Scott-Knott (1974) à 5% de probabilidade.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância da altura de plantas (ALT), número de dias para o florescimento (NDF), mancha de grãos (MG), mancha parda (MP) e da escaldadura da folha (ESC).

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		ALT	NDF	MG	MP	ESC
Gen	9	777,88*	2003,98*	15,59*	8,16*	14,44*
Comb. Fert.	3	228,77ns	252,34*	1,12ns	3,21ns	1,33ns
Dose	2	289,94ns	196,56ns	4,36ns	0,18ns	0,28ns
Gen x Comb. Fert.	27	93,69ns	121,19*	1,85ns	1,60ns	1,99ns
Gen x Dose	18	111,65ns	394,98*	2,48ns	0,81ns	3,34ns
Comb. Fert. x dose	6	14,58ns	107,28ns	1,21ns	0,91ns	0,86ns
Gen x Comb. Fert. x dose	54	84,85ns	170,12*	1,58ns	0,98ns	2,40ns
Resíduo	238	-	-	-	-	-
CV (%)	-	13,62	8,14	26,27	29,05	31,49
rgg	-	0,93	0,98	0,94	0,91	0,92

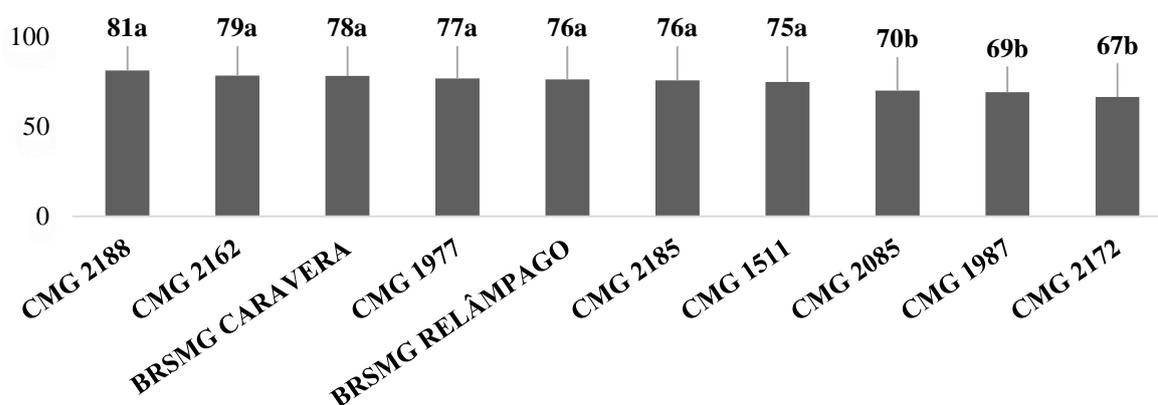
GL: grau de liberdade; Gen: genótipos; Comb. Fert.: combinação de fertilizantes; *significativo pelo teste F à 5% de probabilidade; ns: não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

4.1 Altura de plantas

Essa variável teve como amplitude 67 e 81 cm, demonstrando-se variabilidade entre as linhagens em resposta às condições ambientais e nutricionais. Assim sendo, as linhagens CMG 2188 e CMG 2162 foram as que apresentaram as melhores médias, com 81 e 79 cm, respectivamente, tendo observado maior altura em relação as testemunhas, seguida pela BRSMG CARAVERA, CMG 1977, BRSMG RELÂMPAGO, CMG 2185 e CMG 1511 mesmo que sem diferenças estatísticas entre si, obtiveram médias contrastantes com o recomendado, enquanto que os genótipos CMG 2085, CMG 1987 e CMG 2172 apresentaram as médias mais baixas em resposta aos estresses abióticos, com destaque para o enrolamento das folhas e fraco desenvolvimento vegetativo (FIGURA 2). Ainda assim, Castro *et al.* (2019), consideram que a altura ideal para o arroz de terras altas seja em torno de 100 cm, pois melhora a resistência ao acamamento. Contudo, não houve registro de acamamento e todos genótipos apresentaram porte baixo. Fato justificado por serem linhagens elites do programa de melhoramento genético de arroz de terras altas da UFLA, o qual durante o processo de seleção visa, sempre, a adequação da altura para a não ocorrência de acamamento, que vem associado à redução da qualidade de grãos. Sendo o porte baixo (<110 cm) desejável para que haja tolerância ao acamamento, pois quanto maior a altura da planta, maior será a suscetibilidade ao acamamento (FARINELLI *et al.*, 2004; IRRI, 2006; BORÉM; RANGEL, 2015; LANGE, 2016).

Figura 2 – Altura média dos genótipos.



Médias seguidas pela mesma letra não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) à 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Na avaliação da influência da combinação de fertilizantes para a altura de plantas empregando diferentes doses, não houve diferenças estatísticas entre os fatores combinação de fertilizantes e doses, isto é, independentemente do tipo de fertilizante e/ou da dose aplicada os genótipos não apresentaram variabilidade em relação ao crescimento, inferindo-se assim que houve influência ambiental (TABELA 7). Indo de acordo com Fenner (2014) e Oliveira Neto *et al.* (2015), que afirmam que a temperatura e a precipitação são dos principais fatores climáticos que contribuem para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Tabela 7 - Valores médios da altura (ALT) dos genótipos para as diferentes combinações de fertilizantes e doses.

COMBINAÇÃO DE FERTILIZANTES	ALT (cm)	DOSE (%)	ALT (cm)
MAP	75a	50	74b
Termax P	77a	100	74b
N3P	75a	200	77b
N5P	73a	-	-

Médias seguidas pela mesma letra não se diferem entre si pelo teste F à 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Não obstante, a amplitude de altura para as combinações foi de 73 e 77 cm, com a máxima observada para o termofosfato magnésiano e sem diferenças estatísticas com as outras combinações de fertilizantes. Ainda assim, importa referir que além do P de liberação lenta, o termofosfato magnésiano tem na sua formulação o Ca, o Mg e o Si. Sendo este último bastante importante para o arroz, pois contribui para o perfilhamento, aumenta o número de panículas e tem influência no crescimento, além de evitar o acamamento quando aplicadas altas doses de nitrogênio (FERREIRA, 2021).

Em relação à influência da dose para a altura de plantas, mesmo que sem diferenças estatísticas entre as mesmas, ficou perceptível que elevadas concentrações de P_2O_5 contribuíram para o crescimento e desenvolvimento dos genótipos. E estudos realizados por Lange (2016), avaliando fontes de P em adubação corretiva de arroz de terras altas, obtiveram usando farinha de ossos, superfosfato simples e triplo, plantas com altura não superior a 90 cm. Enquanto que Junior *et al.* (2022), avaliando a máxima eficiência estimada para a mesma variável usando 295,62 kg/ha de P_2O_5 obtiveram plantas com média de 63,84 cm. Estes resultados, embora que pouco contrastante ao obtido nas diferentes combinações de fertilizantes e doses, encontram-se dentro do recomendado para o arroz de sequeiro na região. Evidenciando-se que os genótipos foram mais responsivos ao termofosfato magnésiano em relação ao MAP, apesar deste ter menor concentração de P_2O_5 , possibilitando-se a sua recomendação como fonte de fósforo, visto que houve incremento no crescimento, mesmo que em condições de estresse hídrico e de baixas temperaturas.

4.2 Número de dias para o florescimento

Os meses de abril e maio coincidiram com o início do emborrachamento e floração, tendo-se caracterizado por precipitação em torno de 59 e 44 mm e, temperaturas em média de 14 e 26°C, respectivamente. Embora sejam fases críticas de exigências hídricas e temperaturas para completar o ciclo de florescimento, estas foram abaixo do ótimo, isto é, as plantas estiveram sob estresse abiótico durante as fases de maior necessidade. Sendo concordantes com May *et al.* (2013); Daba *et al.* (2016); Takeno (2016); Kazan e Lyons (2016); Bheemanahalli *et al.*, (2017) e Aiqing *et al.* (2018), sobre como a concentração do dióxido de carbono, temperatura e o estresse nutricional afetam a floração, ou seja, quando o ambiente externo a planta se altera, esta emite sinais bioquímicos no sentido de maximizar as chances de reprodução, avançando ou retardando o ciclo de floração, fato que foi observado em campo, pois os genótipos fisiologicamente precoces apresentaram boas médias quando submetidas a doses ótimas de P.

Considerando o desdobramento da interação genótipos x combinação de fertilizantes na dose de 50%, as linhagens apresentaram variabilidade em relação aos dias para o início de florescimento, tendo resultado em linhagens tardias, intermédias e precoces, ou seja, houve uma variação de 86 a 134 dias. Em geral, as linhagens apresentaram a melhor média (103) quando submetidas ao Termax P em relação as combinações N3P, N5P e o MAP (TABELA 8). Em resposta a interação genótipos dentro da combinação MAP, o início de florescimento variou de

90 a 122 dias, com destaque para a cultivar BRSMG RELÂMPAGO que foi mais precoce, ficando evidente que as linhagens não foram bem responsivas a este fertilizante. Sendo bastante interessante e notório perceber que para a dose em alusão o adubo de liberação lenta não influenciou para o atraso do florescimento.

Tabela 8 - Valores médios de número de dias para o florescimento (NDF) dos genótipos dentro da combinação de fertilizantes empregando 50% da dose.

Genótipo	NDF (dias)			
	MAP	Termax P	N3P	N5P
CMG 2085	122aA	128aA	103bB	126Aa
CMG 2172	118aB	105bB	134aA	128Aa
CMG 1511	117aA	100bA	110bA	105bA
CMG 2188	104bA	91bA	86cA	90cA
CMG 2185	101bA	105bA	95cA	100bA
CMG 2162	100bA	99bA	110bA	110bA
BRSMG CARAVERA	100bA	103bA	94cA	100bA
CMG 1977	98bA	101bA	100bA	96cA
CMG 1987	96bA	102bA	105bA	95cA
BRSMG RELÂMPAGO	90cB	96bB	106bA	88cB
Média	104,6	103	104,3	103,8

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) à 5% de probabilidade. Enquanto que as médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha são estatisticamente iguais pelo teste F à 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Quando aplicado o Termax P, algumas linhagens reduziram o tempo de florescimento em relação ao MAP, com destaque para a CMG 2188 que não apresentou diferenças nas combinações N3P e N5P, contudo, foi a que teve a melhor média de floração. Da combinação N5P, a BRSMG RELÂMPAGO foi a que levou menos tempo para florescer e sem diferença significativa com a CMG 2188. Segundo Marschner (1995), a limitação do P pode interferir na formação dos órgãos reprodutivos, resultando em atrasos para o início da floração, redução do número de flores e no pior dos cenários restrição na formação de sementes. Outros estudos, sugerem que plantas cultivadas em condições de baixas concentrações de nitrogênio favoreceram atraso no florescimento em relação as cultivadas em condições adequadas (MARÍN *et al.*, 2011; LIN; TSAY, 2017). Em quase todas as combinações, a maior parte dos genótipos tenderam a levar mais tempo para iniciar com o ciclo de floração, indo de acordo com as pesquisas sobre a influência da limitação do fósforo na floração, sendo também consistentes com o Kant *et al.* (2011), que observaram atraso na floração em resposta à deficiência de P em *Arabidopsis*. Para além de Daba *et al.* (2016), que concluíram em seus estudos que a temperatura e o fotoperíodo afetam a floração e o desenvolvimento das plantas.

Castro *et al.* (2019), na seleção dos mesmos genótipos em Lavras e Lambari, obtiveram amplitude de 85 e 94 dias para o florescimento, enquanto que Fidelis *et al.* (2016) encontraram para a mesma variável uma variação de 73 e 98 dias. Inobstante, Castro *et al.* (2019), consideram para a seleção em programa de melhoramento genético genótipos precoces, pois são os melhores, sobre tudo aqueles que florescem até aos 90 dias por conta dos veranicos que ocorrem no Estado de Minas Gerais. Estes resultados foram similares aos observados com a CMG 2188 em todas combinações, com exceção do MAP. Neste cenário, apesar da baixa precipitação registrada e dos veranicos que se fizeram sentir, pode-se inferir que o termofosfato magnésiano isolado ou combinado teve algum contributo para a redução do número de dias para o florescimento quando comparado ao MAP, mesmo que abaixo da dose recomendada.

Do desdobramento de genótipos x combinação de fertilizantes empregando 100% da dose, houve diferentes respostas dos genótipos para o número de dias de florescimento, isto é, o período de floração variou de 81 a 122 dias, não havendo diferenças estatísticas entre a média geral (101,1) da Termax P e (100,9) do MAP (TABELA 9).

Na interação dos genótipos com o MAP, a CMG 2188 com 89 dias e a CMG 2185 com 87 dias foram mais precoces que as testemunhas. Em relação ao termofosfato magnésiano, a CMG 2188 não demonstrou diferença estatística com a BRSMG RELÂMPAGO, mas foi superior que a BRSMG CARAVERA, sendo as mais precoces. Ainda para as mesmas combinações, a CMG 2172 e CMG 2185 obtiveram melhores médias que a BRSMG CARAVERA. Este resultados estão de acordo com o obtido por Castro *et al.* (2019) e observado por Fidelis *et al.* (2016), ficando evidente o contributo do termofosfato magnésiano na redução do número de dias para o florescimento em variedades fisiologicamente precoces.

Quando submetidas as combinações N3P e N5P, apenas a CMG 2188 se destacou pela precocidade de florescimento em relação às testemunhas. Enquanto que a CMG 2172 e CMG 1977 obtiveram nas mesmas combinações médias superiores apenas a BRSMG CARAVELA. Inferindo-se assim que para além das características genéticas e influência ambiental, o termofosfato magnésiano quando combinado com o MAP contribuiu para precocidade de florescimento, tendo em conta que a concentração do P disponível para a planta foi na dose ótima.

Tabela 9 - Valores médios de número de dias para o florescimento (NDF) dos genótipos dentro da combinação de fertilizantes empregando 100% da dose.

Genótipo	NDF (dias)			
	MAP	Termax P	N3P	N5P
CMG 2085	113aA	107aA	122aA	120Aa
CMG 2172	109aA	96bB	92cB	118Aa
CMG 1511	111aA	113aA	115aA	112Aa
CMG 2188	89bA	89bA	81cA	91Ba
CMG 2185	87bB	94bB	105aA	110Aa
CMG 2162	99bA	106aA	109aA	108Aa
BRSMG CARAVERA	118aA	110aA	107aA	109Aa
CMG 1977	97bA	106aA	100bA	98Ba
CMG 1987	96bA	104aA	101bA	110Aa
BRSMG RELÂMPAGO	90bA	86bA	90cA	98Ba
Média	100,9	101,1	102,2	107,4

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) à 5% de probabilidade. Enquanto que as médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha são estatisticamente iguais pelo teste F à 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Embora se tenha aplicado a dose ótima do P, também houve florescimento tardio de alguns genótipos, podendo ser resposta da ausência de K, pois nenhuma das combinações de fertilizantes continha este elemento na sua composição, ainda assim, as linhagens apresentaram melhor amplitude de florescimento com o termofosfato magnésiano. Embora se saiba que a planta de arroz desenvolve lentamente e floresce tardiamente quando há deficiência do potássio, pois este permite o transporte de carboidratos solúveis ao meristema apical, sendo que em baixo acúmulo inibe a floração (ROMHELD; KIRKBY, 2010).

As linhagens CMG 2172 e CMG 2185, também, foram precoces e com melhores médias em relação a BRSMG CARAVERA nas combinações Termax P e N3P, concordando com Marín *et al.* (2011) e Lin e Tsay (2017), que observaram precocidade para o florescimento de arroz quando submetido à doses recomendadas de adubação fosfatada.

Do desdobramento genótipos x combinação de fertilizantes empregando 200% da dose, o número de dias para o florescimento variou de 83 a 123 dias. Isto é, duplicando a dose do MAP também houve incremento no número de dias para o florescimento, com destaque para a CMG 2188 com 83 dias, seguido pelo CMG 2085 com 86 dias, tendo apresentado melhores médias em relação as testemunhas, ficando evidente que doses elevadas do P contribuíram para a redução do tempo de florescimento (TABELA 10).

Tabela 10 - Valores médios de número de dias para o florescimento (NDF) dos genótipos dentro da combinação de fertilizantes empregando 200% da dose.

Genótipo	NDF (dias)			
	MAP	Termax P	N3P	N5P
CMG 2085	86cB	94bB	108aA	115Aa
CMG 2172	119aA	123aA	118aA	113Aa
CMG 1511	96bA	93bA	97bA	107Aa
CMG 2188	83cB	104bA	86bB	104Aa
CMG 2185	94bA	95bA	110aA	102Aa
CMG 2162	109aA	110aA	112aA	103Aa
BRSMG CARAVERA	98bA	99bA	107aA	97Ba
CMG 1977	99bA	92bA	107aA	104Aa
CMG 1987	100bA	103bA	106aA	100Aa
BRSMG RELÂMPAGO	98bA	90bA	86bA	87Ba
Média	98,2	100,3	103,7	103,2

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) à 5% de probabilidade. Enquanto que as médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha são estatisticamente iguais pelo teste F à 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Quando adubadas com o Termax P, a BRSMG RELÂMPAGO foi mais precoce, seguido por CMG 1977, CMG 1511, CMG 2085 e CMG 2185, que floriram em menor tempo que a BRSMG CARAVERA. Enquanto que o CMG 2188 foi responsivo apenas quando submetido à combinação N3P, tendo sido superior a BRSMG CARAVERA e sem diferença da BRSMG RELÂMPAGO. Mesmo que duplicada a dose, estes genótipos responderam bem para o termofosfato magnésiano, isto é, foram os mais precoces e contrastante com as médias observadas por Castro *et al.* (2019) com os mesmos genótipos em Lavras e por Fidelis *et al.* (2016).

Na combinação N3P somente a BRSMG RELÂMPAGO e a CMG 2188 obtiveram as melhores médias de florescimento, enquanto que para N5P nenhuma linhagem foi melhor que as testemunhas, que levaram menos de 100 dias para florir. Estes resultados foram observados por Ye *et al.* (2019), sobre a adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na floração do arroz, em que foi notório que quanto maior a quantidade no nitrogênio, mais precoce foi a floração do arroz. A baixa concentração do nitrogênio, associado aos estresses abióticos e fatores genéticos de cada genótipo em resposta aos estresses podem ter contribuído para o prolongamento do ciclo de floração quando submetidos as misturas N3P e N5P.

4.3 Resistência às doenças

Na avaliação de doenças, houve diferenças significativa no comportamento dos genótipos em resposta a incidência, isto é, alguns foram moderadamente suscetíveis e outros moderadamente resistentes (TABELA 11). A variedade BRSMG RELÂMPAGO foi a única que apresentou maior severidade de incidência de macha parda, ou seja, foi moderadamente suscetível, enquanto que os demais foram moderadamente resistentes. Em relação a mancha de grãos, as linhagens CMG 2085 e CMG 2172 foram moderadamente resistentes e os restantes moderadamente suscetíveis.

Para a escaldadura, somente os genótipos CMG 1511, CMG 2185 e BRSMG CARAVERA foram moderadamente resistentes, enquanto que as outras foram moderadamente suscetíveis. Estes resultados foram bem superiores aos encontrados por Castro et al., (2019) e Alves et al. (2021), trabalhando com os mesmos genótipos em Lavras.

Segundo Borém e Rangel (2015), algumas doenças são favorecidas por períodos prolongados de orvalho ou queda contínua de chuvas entre as fases de perfilhamento e o emborrachamento, com temperaturas entre 24 a 28°C. Este cenário foi observado, podendo-se inferir que as condições ambientais favoreceram para proliferação de fungos que provocaram as doenças.

Tabela 11 - Médias de incidência da escaldadura de folha (ESC), mancha de grãos (MG) e mancha parda (MP) nos genótipos.

Genótipo	Incidência (notas)		
	ESC	MG	MP
CMG 2085	5a	3b	3b
CMG 2172	5a	3b	3b
CMG 1511	3b	5a	3b
CMG 2188	5a	5a	3b
CMG 2185	3b	5a	3b
CMG 2162	5a	5a	3b
BRSMG CARAVERA	3b	5a	3b
CMG 1977	5a	5a	3b
CMG 1987	5a	5a	3b
BRSMG RELÂMPAGO	5a	5a	5a
Média	4,4	4,6	3,2

Médias seguidas pela mesma letra não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) à 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Segundo Funk e Kempf (2008), a época de semeadura é um dos fatores decisivos para o controle de doenças, sendo muito importante que a semeadura seja realizada na época adequada para cada região, pois semeaduras tardias aumentam significativamente a incidência

de doenças, tornando a planta suscetível. O período no qual o experimento foi estabelecido, associado aos fatores ambientais já mencionados, favoreceram de certa forma para a elevada incidência de doenças, com destaque para a escaldadura e mancha de grãos.

Da incidência de doenças resultante da interação combinação de fertilizantes para as três doses não houve diferenças estatísticas pelo teste F, isto é, estes fatores não influenciaram na proliferação das doenças, sobre tudo o adubo de liberação lenta (TABELA 12). Estes resultados levam-nos a inferir que os fatores ambientais foram determinantes para a incidência e severidade das doenças. Indo de acordo com Alves *et al.* (2021), que observaram maior incidência de fungos na semeadura tardia de arroz, estando essa incidência relacionada aos fatores temperatura, precipitação e o grau de suscetibilidade do cultivar. Estes resultados foram observados em campo, pois durante o início da floração as temperaturas médias e a humidade relativa foram propicias para a proliferação de fungos que originaram doenças foliares e de grãos.

Tabela 12 - Médias de incidência da escaldadura de folhas (ESC), mancha de grãos (MG) e mancha parda (MP) empregando diferentes combinações de fertilizantes e doses.

COMBINAÇÃO DE FERTILIZANTES	ESC	MG	MP	DOSE (%)	ESC	MG	MP
MAP	4,8a	4,9b	3,8c	50	4,8a	4,8b	4,1c
Termax P	4,9a	4,9b	4,1c	100	4,8a	4,8b	4,2c
N3P	4,8a	4,8b	4,2c	200	5,1a	5,1b	4,1c
N5P	5,1a	5,1b	4,3c	-	-	-	-

Médias seguidas pela mesma letra não se diferem entre si pelo teste F à 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

4.4 Peso de grãos

A Tabela 13 resume a análise de variância do peso de grãos, tendo sido realizada apenas para dose de 100%, pois houve perda de parcelas durante a condução do experimento, para além da ocorrência de baixas temperaturas e veranicos que afetaram o ciclo de floração e/ou formação e o enchimento de panículas, resultando em baixo peso de grãos e consequentemente desbalanceamento de dados. Contudo, a fonte de variação genótipos e combinação de fertilizantes foram significativos, idem para interação genótipos x combinação de fertilizantes, indicando que os genótipos apresentaram performances não coincidentes para as diferentes combinações de fertilizantes.

Tabela 13 - Resumo da análise de variância do peso de grãos.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Rep	2	89,20ns
Gen	9	1026,14*
Comb. Fert.	3	61,64*
Gen x Comb. Fert.	27	106,99*
Resíduo	78	34,49
CV (%)	32,67	-
rgg	0,98	-

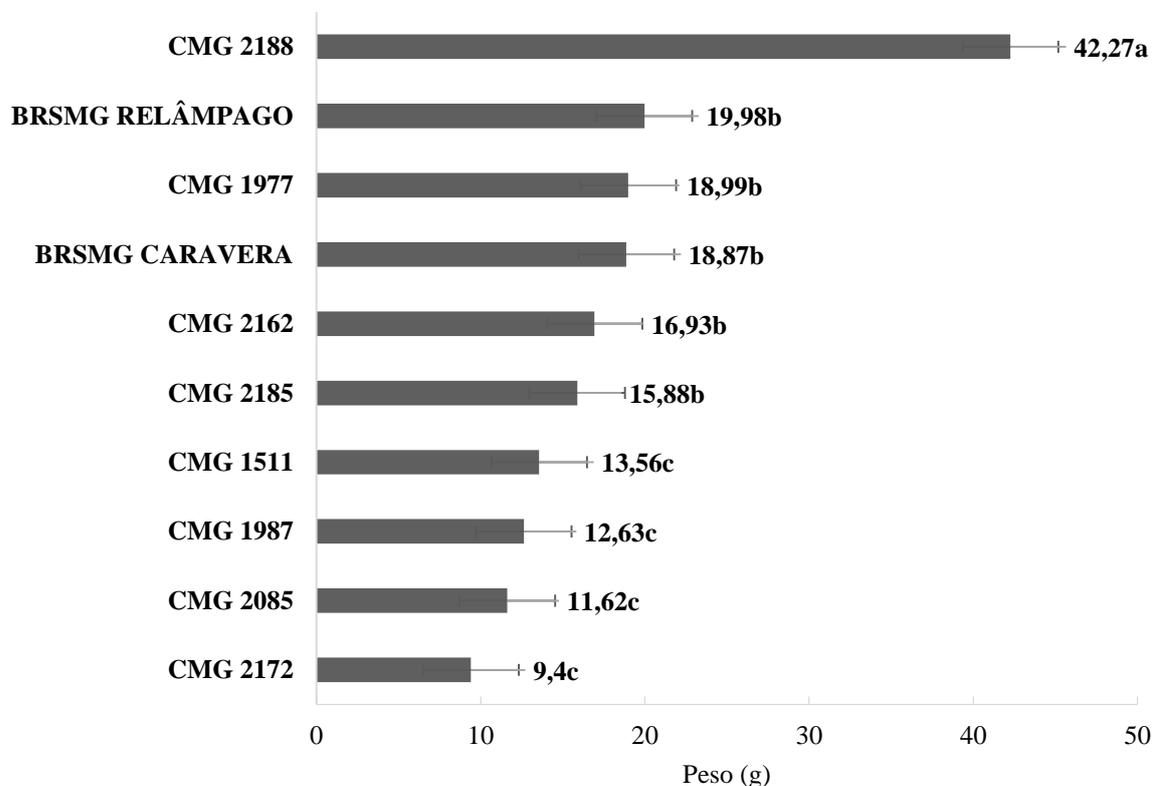
Rep: repetição; *significativo pelo teste F à 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Costa *et al.* (2002) propuseram um modelo de classificação para os valores de CV obtidos em pesquisas com arroz de terras altas, classificando o coeficiente de variação para produtividade de grãos (32,67%) como médio, justificando-se pois houve bastante influência de fatores não controláveis que de certa forma contribuíram para este fosse alto.

Em relação ao peso médio de grãos, o genótipo CMG 2188 destacou-se com 42,24 g. Enquanto que o CMG 1977, CMG 2162 e CMG 2185 não diferiram estatisticamente das testemunhas e as demais linhagens obtiveram médias baixas (FIGURA 3).

Figura 3 - Resumo do peso médio dos grãos dos genótipos.



Médias seguidas pela mesma letra não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) à 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Em geral, houve variabilidade em relação ao peso de grãos, justificando-se como resposta dos genótipos aos estresses abióticos. E segundo Fornasieri Filho e Fornasieri (2006), e Fidelis *et al.* (2016), o peso de grãos é uma característica expressa e que varia de genótipo para genótipo, dependendo basicamente do tamanho da casca e está diretamente relacionada com a produtividade. Fato que foi bastante notório, pois alguns genótipos produziram grãos chochos, panículas malformadas e/ou com baixo peso ou estéreis em resposta ao estresse hídrico, baixas temperaturas, bem como a incidência de fungos, que afetaram a produtividade dos grãos.

No desdobramento genótipos dentro do nível combinação de fertilizantes usando 100% da dose, o Termax P com 19,10 gramas apresentou a maior média para o peso de grão quando comparado ao MAP e outras combinações (TABELA 14). Considerando a combinação MAP, o CMG 2188 apresentou melhor peso de grãos em relação as testemunhas, enquanto que o CMG 2162 e o CMG 1977 foram apenas superiores a BRSMG CARAVERA.

Tabela 14 - Valores médios de peso de grãos dos genótipos dentro da combinação de fertilizantes empregando 100% da dose.

Genótipo	COMBINAÇÃO DE FERTILIZANTES			
	MAP	Termax P	N3P	N5P
	Peso de grãos (g)			
CMG 2185	5,62cB	25,60aA	16,38bA	15,91bB
CMG 2172	7,45cA	15,84bA	4,67bA	8,20cA
CMG 2085	11,07cA	16,55bA	14,38bA	4,47cA
CMG 1511	11,60cA	13,76bA	15,20bA	13,68bA
CMG 1987	12,19cA	5,66cA	13,94bA	17,76bA
BRSMG CARAVERA	12,93cB	31,93aA	15,72bB	14,90bB
CMG 1977	17,68cA	9,15cB	23,30bA	25,81bA
CMG 2162	21,31bA	18,07bA	13,86bA	14,46bA
BRSMG RELÂMPAGO	22,40bA	18,22bA	18,77bA	20,52bA
CMG 2188	36,84aB	36,54aB	45,44aA	50,25aA
Média	15,91	19,10	18,17	18,60

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) à 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

O genótipo CMG 2188 na combinação Termax P foi o único com peso de grãos maior que as testemunhas, com 36,54 g, seguido pelo CMG 2185 que foi apenas superior a BRSMG RELÂMPAGO com 25,60 g. Os demais genótipos obtiveram médias inferiores as testemunhas. Enquanto que das combinações N3P e N5P, apenas a CMG 2188 e a CMG 1977 destacaram-se com médias mais altas que as cultivares BRSMG RELÂMPAGO e BRSMG CARAVERA, posto que a CMG 2185 foi apenas superior a BRSMG CARAVERA.

Amanullah *et al.* (2020), avaliando resposta de três genótipos de arroz sob adubação de fósforo e zinco, observaram que doses crescente de P aumentaram o rendimento de grãos, no entanto essa resposta dependeu de cada genótipo.

Os genótipos CMG 2162, CMG 2172, CMG 2085, CMG 1511, CMG 1987 se comportaram de igual forma que a cultivar BRSMG RELÂMPAGO no desdobramento da combinação de fertilizantes dentro de cada genótipo, isto é, independentemente do fertilizante empregado, estes foram pouco responsivos, apresentando os pesos médios de grãos mais baixos (TABELA 15). Estes resultados contrastam com Gutz *et al.* (2019) que não observaram influência do P na produtividade de grãos quando avaliaram doses de P e densidade de semeadura em arroz irrigado.

Tabela 15 - Interação das combinações de fertilizantes dentro do nível de cada genótipo empregando 100% da dose.

Genótipo	COMB. FERT	Peso de grãos (g)	Genótipo	COMB. FERT	Peso de grãos (g)
CMG 2162	MAP	21,31a	BRSMG CARAVERA	MAP	12,93b
	Termax P	18,07a		Termax P	31,93a
	N3P	13,86a		N3P	15,72b
	N5P	14,46a		N5P	14,90b
CMG 2172	MAP	7,45a	BRSMG RELÂMPAGO	MAP	22,40a
	Termax P	15,84a		Termax P	18,22a
	N3P	4,67a		N3P	18,77a
	N5P	8,20a		N5P	20,52a
CMG 2185	MAP	5,62b	CMG 1511	MAP	11,60a
	Termax P	25,60a		Termax P	13,76a
	N3P	16,38a		N3P	15,20a
	N5P	15,91a		N5P	13,68a
CMG 2188	MAP	36,84b	CMG 1977	MAP	17,68a
	Termax P	36,54b		Termax P	9,15b
	N3P	45,44a		N3P	23,30a
	N5P	50,25a		N5P	25,81a
CMG 2085	MAP	11,07a	CMG 1987	MAP	12,19a
	Termax P	16,55a		Termax P	5,66a
	N3P	14,38a		N3P	13,94a
	N5P	4,47a		N5P	18,76a

Médias seguidas pela mesma letra não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) à 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2023).

Enquanto que Borém e Rangel (2015), afirmam que a infecção de panículas por fungos logo no início do florescimento pode resultar na esterilidade de espiguetas. Durante a condução do experimento observou-se esse tipo de condição, podendo ter sido um dos fatores que contribuiu para a baixa produtividade e consequentemente baixo peso de grãos.

Os genótipos CMG 2185, CMG 2188 e CMG 1977 apresentaram diferenças entre si e da BRSMG CARAVERA, isto é, foram responsivas às diferentes combinações de fertilizantes, com destaque para CMG 2185 que obteve o maior peso de grãos quando submetida a combinação Termax P em comparação ao MAP, enquanto que a CMG 2188 e a CMG 1977 expressaram médias altas nas combinações N3P e N5P em relação ao MAP, respectivamente. A resposta às diferentes combinações de fertilizantes apresentada por estes genótipos, vão de acordo com Deng *et al.* (2020) sobre o papel do P na produtividade do arroz, pois em baixas concentrações no solo influenciam na produção, tendo em conta que foram nutridas com a dose ótima. Sendo também concordantes com Fornasieri Filho e Fornasieri (2006) e Fidelis *et al.* (2016), uma vez que foi observada variabilidade entre as linhagens para os pesos de grãos nas diferentes combinações de fertilizantes.

5 CONCLUSÕES

Houve resposta dos genótipos em relação às diferentes combinações e doses de fertilizantes, tendo o termofosfato magnésiano contribuído para o crescimento de plantas e influenciado na precocidade de florescimento, bem como para o ganho do peso de grãos, com destaque para a linhagem CMG 2188 que foi mais responsiva em relação as testemunhas, seguida da CMG 1977 que também obteve maior peso de grãos que a BRSMG CARAVERA, isso para dose de 100%.

Quando comparado ao MAP, o termofosfato magnésiano proporcionou precocidade de florescimento e boa média para o peso de grãos para as linhagens CMG 2188 e CMG 2185.

REFERÊNCIAS

- AIQING, S. et al. Heat stress during flowering affects time of day of flowering, seed set, and grain quality in spring wheat. **Crop Science**, v. 58, n. 1, p. 380–392, 2018.
- ALVES, N. B., Desenvolvimento de cultivares de arroz de terras altas para o estado de minas gerais. Tese (doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.
- ALVES, N. B. et al. Performance of upland rice strains in reaction to fungal diseases. **Scientia Agraria Paranaensis**, p. 24–31, 2021.
- AMANULLAH et al. Phosphorus and zinc fertilization improve productivity and profitability of rice cultivars under rice-wheat system. **Agronomy**, v. 10, n. 8, 2020.
- ARROZ: o produtor pergunta, a Embrapa responde / editores técnicos, Carlos Martins Santiago, Heloisa Célis de Paiva Breseghello, Carlos Magri Ferreira. – 2. ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa. 245 p. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas). 2013.
- BERTANI, R.M.A. et al. Eficiência agronômica de fosfatos na cultura da batata (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*). In: REUNIÃO BRAS. DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, 1998, Caxambu. Resumos. p.135.1998.
- BHEEMANAHALLI, R. et al. Is early morning flowering an effective trait to minimize heat stress damage during flowering in rice? **Field Crops Research**, v. 203, p. 238–242, 2017.
- BORÉM, A.; RANGEL, P. H. N. Arroz: do Plantio à Colheita, 1ª Edição, Viçosa: UFV, 2015. 242 p.
- CARVALHO, M. T. M. et al. O Arroz de terras altas como estratégia para segurança alimentar, intensificação ecológica e adaptação à mudança do clima: rumo aos objetivos. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 1, n. 252, p. 14, 2020.
- CASTRO, D. G. et al. Estimativas de associação entre caracteres agronômicos na seleção de genótipos de arroz de terras altas. **Magistra**, v. 30, p. 359–367, 2019.
- CAXAMBU, E. Manual técnico de Yoorin. 2013.
- CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos, safra 2022/2023, 6º levantamento. Companhia Nacional de Abastecimento, 2023. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2023.
- CORDEIRO, A. C. C. Métodos de melhoramento genético de arroz irrigado. **Embrapa Roraima**, p. 65, 2008.
- COSTA, N.H.A.D.; SERAPHIN, J.C.; ZIMMERMANN, F.J.P. Nova proposta de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.3, p.243-249, 2002.
- DABA, K. et al. Effect of temperature and photoperiod on time to flowering in chickpea. **Crop Science**, v. 56, n. 1, p. 200–208, 2016.

DE BAUW, P. et al. Combining phosphorus placement and water saving technologies enhances rice production in phosphorus-deficient lowlands. **Field Crops Research**, v. 236, n. March, p. 177–189, 2019.

DELGADO, M.D.P. et al. Adubação fosfatada na formação de pomar de citrus (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) var. Pêra. In: REUNIÃO BRAS. DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, 1998, Caxambu. Resumos. p. 505.1998.

DENG, Y. et al. Tolerance to low phosphorus in rice varieties is conferred by regulation of root growth. **Crop Journal**, v. 8, n. 4, p. 534–547, 2020.

EMBRAPA. Autores Técnicos: Carlos Martins Santiago, Heloísa Célis de Paiva Breseghello e Carlos Magri Ferreira Editores, O produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília - DF, 2013.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. Brasília: EMBRAPA – CNPS, 2018.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. Identificação e correção de deficiências nutricionais na cultura do arroz. p. 8, 2006.

FARINELLI, R. et al. Effects of nitrogen and potassium fertilization on agronomic characteristics of upland rice cultivated under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 447–454, 2004.

FENNER, W.; DALLACORT, R.; MODOLO, A. J.; SANTINO, S. S.; DIAS, V. R. de M. Comportamento agroclimático e efeitos da época de aplicação de adubação nitrogenada na cultura de arroz de terras altas no estado de mato grosso. **Engenharia na Agricultura**, v.22 n.3, maio / junho 2014.

FERREIRA, C. M. Importância do silício para a sustentabilidade da produção de arroz de terras altas no Cerrado brasileiro. August, 2021.

FIDELIS, R. R. et al. Comportamento de cultivares de arroz em condições de baixo nível tecnológico Rice cultivars development in low input agriculture conditions. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v. 9, n. 2, p. 7–17, 2016.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. Manual da cultura do arroz. Jaboticabal: Funep, p. 589, 2006.

FUNCK, G.R.D.; KEMPF, D. Doenças do Arroz Irrigado no Rio Grande do Sul. Boletim Técnico, n° 5. Cachoeirinha/RS: IRGA. 2008. pág. 7-33.

GONÇALVES, G. K. et al. Solubilização dos fosfatos naturais Patos de Minas e Arad em dois solos alagados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 2157–2164, 2008.

GONZAGA, R. L. Utilização de termofosfato magnesiano na produção de mudas porta-enxerto de nespereira 1. v. 2008, p. 195–200, 2008.

GUTZ, T. et al. Paddy rice response to phosphorus supply and sowing density in pre-germinated system. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 3, p. 3–9, 2019.

HORTA, C.; CANATÁRIO DUARTE, A. Sustentabilidade Da Fertilização Fosfatada: Fontes Alternativas De Fósforo Como Fertilizantes Agrícolas. Agrárias: **Pesquisa e Inovação nas Ciências que Alimentam o Mundo VII**, 2021.

IRRI (Instituto Internacional de Pesquisa do Arroz). Arroz Fatos; IRRI: Los Banos, Filipinas, 1995.

IRRI (Instituto Internacional de Pesquisa do Arroz). Standard Evaluation System for Rice (52p). Manila: IRRI. 1996.

JUNIOR, O. J. F.; FILHO, G. C. M.; MORAIS BRITO, L. E.; AGUIAR, G. R.; NETO, J. F. DE M.; SANTOS, M. M. DOS. Resposta agrônômica do arroz sob efeito de doses de fosfato de rocha. **Agri-environmental Sciences**, v. 8, n. 2, p. 11, 20 dez. 2022.

KAZAN, K.; LYONS, R. The link between flowering time and stress tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 1, p. 47–60, 2016.

LANGE, A. ELAINE, ISERNHAGEN, E. C.C., FIGUEIREDO, A. H., ROGERIO, A. F., R., ZANUZO, M. R., CAVALLI, C., CAVALLI, E. Doses de fosfatagem corretiva em arroz de terras altas em cultivo de primeiro ano. **Revista de Ciências Agroambientais**. v.14, n.1, p.60-66. 2016.

LATOSSOLO, E. M.; GUEDES, S. Fosfato natural de Arad e calagem e o crescimento de *Brachiaria brizanta* em Latossolo amarelo sob pastagem degradada na Amazônia. p. 117–129, 2009.

LIN, Y. L.; TSAY, Y. F. Influence of differing nitrate and nitrogen availability on flowering control in Arabidopsis. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 10, p. 2603–2609, 2017.

LIVI, A.; CASTAMANN, A. Uso de pó de rocha, termofosfato e adubo orgânico na produção de hortaliças. **Revista Verde de Agroecologia**, v. xx, n. xx, p. xx–xx, 2016.

LOPES, A. ; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. **Fertilidade do solo**, p. 2–61, 2007.

MARÍN, I. C. et al. Nitrate regulates floral induction in Arabidopsis, acting independently of light, gibberellin and autonomous pathways. **Planta**, v. 233, n. 3, p. 539–552, 2011.

MARSCHNER, M. Mineral nutrition of higher plants, 2nd edn. **Academic Press**, London, UK. 1995.

MAY, P. et al. The effects of carbon dioxide and temperature on microRNA expression in Arabidopsis development. **Nature Communications**, v. 4, 2013.

NADEEM, F.; FAROOQ, M. Application of Micronutrients in Rice-Wheat Cropping System of South Asia. **Rice Science**, v. 26, n. 6, p. 356–371, 2019.

NASCENTE, A. S. Tecnologias para o cultivo do arroz de terras altas em sistema plantio direto na região do Cerrado Santo Antônio de Goiás, GO. Junho, 2021. CIRCULAR TÉCNICA 94. 2021.

- NASSER, M. D. et al. Termofosfato e cobertura morta na produtividade e qualidade de frutíferas cultivadas na alta Paulista. **Revista Internacional de Ciências**, v. 11, n. 3, p. 334–345, 2022.
- OGINO, C. M. et al. Purchase power, price and mineral fertilizers consumption: An analysis for central Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 1, p. 1–19, 2020.
- OLIVEIRA, J. P. M. DE; DE OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; POCOJESKI, E. A aplicação localizada de monoamônio fosfato favorece a disponibilidade de p no solo e sua absorção. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 1, p. 12, 2017.
- OLIVEIRA, M.; MALAGOLLI, G.; CELLA, D. Mercado de Fertilizantes: dependência de importações do Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 489–498, 2019.
- OLIVEIRA NETO et al. **A cultura do arroz**. [s.l: s.n.]. 2015.
- OO, A. Z. et al. P-dipping of rice seedlings increases applied P use efficiency in high P-fixing soils. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1–10, 2020.
- PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 15. Ed. Piracicaba: Ed. ESALQ, 2009. 451 p.
- RAO, A.N., WANI, S.P., RAMESHA, M.S., LADHA, J.K. Rice Production Systems. In: Chauhan, B., Jabran, K., Mahajan, G. (eds) **Rice Production Worldwide**. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47516-5_8. 2017.
- RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A. E. Aspectos relacionados ao manejo da adubação fosfatada em solos do Cerrado. **Drug metabolism and disposition**, v. 6, n. 4, p. 379–88, 2007.
- RESENDE, M. D. V. DE; DUARTE, J. B. Precisão E Controle De Qualidade Em Experimentos De Avaliação De Cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 37, n. 3, p. 182–194, 2007.
- RODRIGUES, J. Relatório de avaliação dos impactos das tecnologias geradas pela Embrapa. p. 1–68, 2016.
- RÖMHELD, V. KIRKBY, E. A. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. **Plant and soil**, v. 335, p. 155-180, 2010.
- SAITO, K. et al. Progress in varietal improvement for increasing upland rice productivity in the tropics. **Plant Production Science**, v. 21, n. 3, p. 145–158, 2018.
- SANAGIOTTO, R. et al. Effect of thermophosphate in coverage on production and productivity components of rice cultivars. **Nativa**, v. 10, n. 2, p. 163–169, 2022.
- SARI, B. G. Tamanho de amostra para avaliar a severidade de brusone da folha em experimentos com arroz irrigado. *Revista Caatinga*, 29 (4), 822-831. 2016.
- SIMONE, M. et al. ARROZ: Produção e Mercado. p. 1–7, 2021.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. Encarte

técnico, **Informações Agronômicas** nº 102. POTAFOS, junho/2003.

SOUZA, E. C. A.; YASUDA, M. Uso agronômico do termofosfato no Brasil. **Fertilizantes: Agroindústria e Sustentabilidade**, p. 547–571, 2009.

SOUSA, D.M.G. REIN, T.A. Disponibilidade de fósforo em Latossolo de cerrado sob plantio direto adubado com duas fontes de fósforo avaliada por diferentes extratores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., Fortaleza, 2009. Anais. Fortaleza, 2009.

SOUZA, C. H. E. et al. Extratores para fósforo disponível em Latossolos e eficiência de fontes fosfatadas para milho cultivado em vaso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.1, p.38-46, 2011.

TAKENO, K. Stress-induced flowering: The third category of flowering response. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 17, p. 4925–4934, 2016.

USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). Production, Supply and Distribution (PSD). Disponível em (PSD) online. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>. Acesso em: 19 nov. 2022.

YAN, G. C. et al. Silicon acquisition and accumulation in plant and its significance for agriculture. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, n. 10, p. 2138–2150, 2018.

YE, T. et al. Ecologia Global e Conservação A adubação nitrogenada, fosfatada e potássica afeta a época de floração do arroz (*Oryza sativa* L.). v. 20, 2019.

YASUDA, M. Manual técnico de Yoorin, Ecuador. 2013.

YE, T. et al. Ecologia Global e Conservação A adubação nitrogenada, fosfatada e potássica afeta a época de floração do arroz (*Oryza sativa* L.). v. 20, 2019.

ZHANG, W. J.; ZHANG, X. Y. A forecast analysis on fertilizers consumption worldwide. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 133, n. 1–3, p. 427–434, 2007.

ZONTA, E.; STAFANATO, J. B.; PEREIRA, M. G. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E), 2021.