

## **POTENCIAL DE TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO EM LINHAGENS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS**

Jocilene dos Santos Pereira<sup>1</sup>; Yasmin Vasques Berchembrock<sup>2</sup>; Heloisa Oliveira dos Santos<sup>2</sup>; Janine Magalhães Guedes Simão<sup>3</sup>; Flávia Barbosa Silva Botelho<sup>2</sup>

Palavras-chave: Melhoramento genético, *Oryza sativa* L, seca.

### **Introdução**

O arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado no sistema de terras altas desempenha um importante papel na cadeia produtiva no Brasil. A demanda hídrica é suprida pela água da chuva e/ou irrigação suplementar, por meio do emprego de pivôs (Gairola et al., 2024; Babu et al., 2021). No entanto, considerando a natureza da espécie, semiaquática, a seca pode afetar severamente a produtividade de grãos, principalmente, quando ocorre na fase reprodutiva, ocasionando a esterilidade das espiguetas (Salleh et al., 2022). Além disso, a restrição de água neste momento afeta a deposição das moléculas de amido gerando o gessamento dos grãos (Yang et al., 2019). Assim, considerando as consequências negativas da seca no desenvolvimento da planta de arroz, o melhoramento genético é uma ferramenta importante para o desenvolvimento de genótipos tolerantes (Cabuslay et al., 2002; Xia et al., 2012).

A fenotipagem de plantas submetidas ao déficit hídrico é uma das principais ferramentas de seleção dos genótipos com perfil de tolerância à seca. A implementação de experimentos em campo é desafiadora devido aos diversos fatores ambientais dificilmente controláveis, tornando o processo oneroso (Negin & Moshelion, 2016). Assim, o emprego de ferramentas auxiliares que permitem simulações do déficit hídrico em casa de vegetação pode otimizar a seleção destes genótipos, permitindo avaliar as plantas em diferentes condições de seca e proceder a fenotipagem para entender a resposta de diferentes genótipos a estas condições (Karanjit et al., 2024; Silveira et al., 2024). Assim, objetivou-se avaliar o comportamento de linhagens de arroz de terras altas submetidas ao déficit hídrico em casa de vegetação, quanto ao potencial de tolerância.

### **Material e Métodos**

O experimento foi implantado em casa de vegetação localizada no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, utilizando quatro linhagens, L2 e L8 L1 e L6 e duas cultivares testemunhas (Douradão e BRS Soberana). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, em fatorial do tipo 6x3, constituído de seis linhagens avaliadas em três condições, estabelecidas conforme a capacidade de campo (CA): Controle (C1) e déficits hídrico a 60% da CA (C2) 45% da CA (C3). O estresse foi induzido aos 80 dias após a semeadura e mantido durante 15 dias. Após este período de estresse, as plantas foram reidratadas recebendo água para 100% da CA. As plantas em condição controle, foram mantidas com recipiente de água na base dos vasos constantemente. Durante o experimento foram avaliados o número de dias para o florescimento (NDFL), altura (ALT), número de perfilhos (NP) e número de panículas (NPA). Após a colheita foram realizadas avaliações de porcentagem de

---

<sup>1</sup> Bolsista BDCTI II-FAPEMIG, EPAMIG, Campus UFLA, jocilenebiologia2014@gmail.com

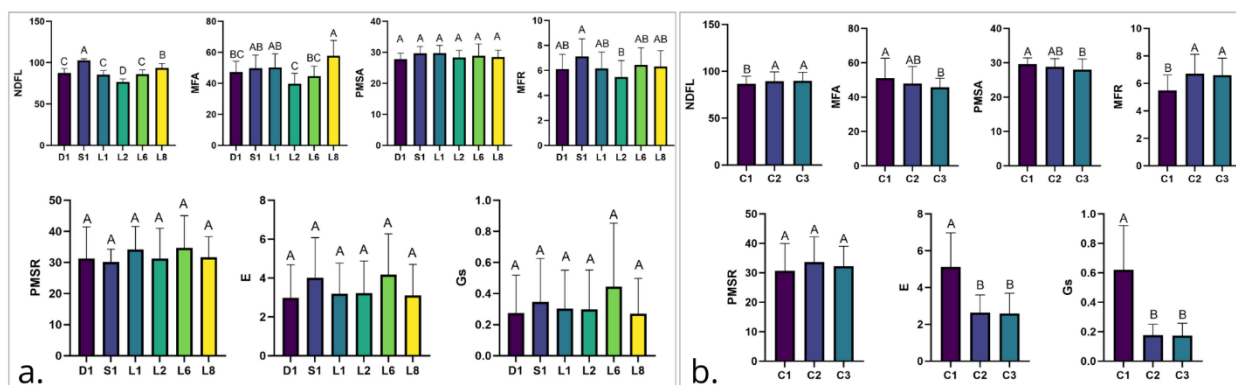
<sup>2</sup> Professora, Universidade Federal de Lavras e-mail, yasmin.vasques@ufla.br, flaviabotelho@ufla.br, heloisa.osantos@ufla.br

<sup>3</sup> Pesquisadora, Epamig, janine.guedes@epamig.br

esterilidade (EST), massa fresca aérea (MFA), massa fresca da raiz (MFR), porcentagem de massa seca aérea (PMSA) e porcentagem de massa seca da raiz (PMSR). Além disso, foram avaliados os caracteres fisiológicos no 15º dia de estresse utilizando o equipamento Analisador de Gás por Infravermelho (IRGA) para mensurar a taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A), concentração de CO<sub>2</sub> subestomático (Ci), condutância estomática (Gs), transpiração (E) e eficiência do uso da água (A/E). Todos os dados foram tabulados e submetidos às análises de variâncias e teste de médias Tukey utilizando o pacote *ExpDes.pt* no software R (versão 4.1.1).

### Resultados e Discussão

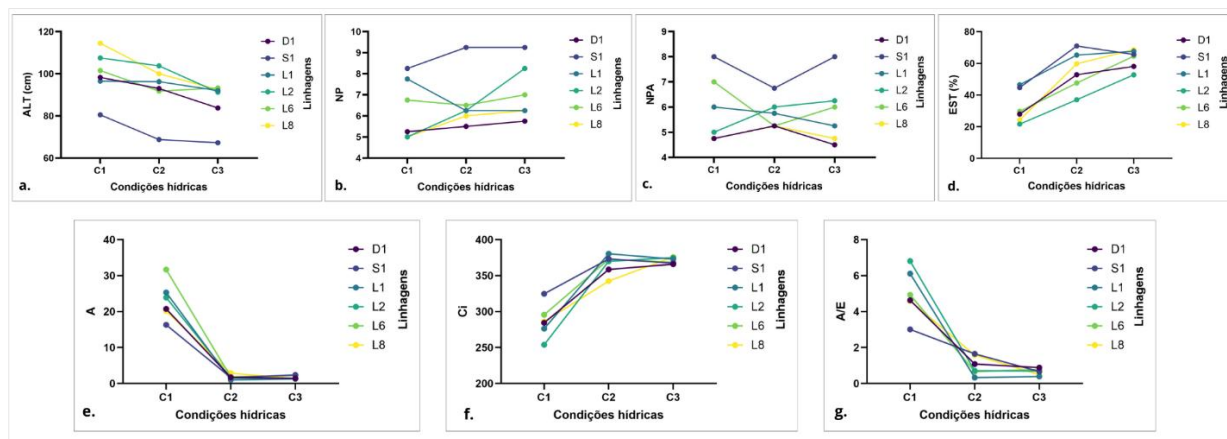
Foram identificadas diferenças significativas a 10% de probabilidade para ambos os fatores e interações para as variáveis ALT, NP, NPA, EST A, Ci e A/E. Os efeitos principais do fator linhagens e condições hídricas nas variáveis que não apresentaram interações significativas mostram diferenças pelo teste de Tukey. No caso das variáveis fisiológicas, foram semelhantes para linhagens e distintas considerando o fator condições hídricas (Figura 1).



**Figura 1:** Médias dos efeitos principais para o fator linhagens (a.) e condições hídricas (b.) para as variáveis Números de dias para o fornecimento (NDFL), Massa fresca aérea (MFA), Porcentagem de massa seca aérea (PMSA), Massa fresca da raiz (MFR), Porcentagem de massa seca da raiz (PMSR), Transpiração (E) e Condutância estomática (Gs). As médias seguidas pela mesma letra na barra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

O desdobramento da interação para as variáveis agrônômicas ALT, NP, NPA e EST e as fisiológicas A, Ci, e A/E permitiu verificar diferentes respostas das linhagens nas condições hídricas estudadas (Figura 2).

A altura das linhagens apresentou maior variação na condição controle e C2, na qual a linhagem L02 difere apenas de L06 e S01. Na condição C3 todas as linhagens, exceto Soberana (menor média) foram estatisticamente iguais. Alterações na massa aérea e altura das plantas em condição de seca ocorre devido o potencial hídrico que compromete o fluxo entre as células do xilema e afeta o desenvolvimento celular, gerando reduções da parte aérea a área foliar. Além disso, o aumento do ácido abscísico reduz a divisão e expansão celular nos tecidos da parte aérea e direciona os assimilados a raiz. Dessa forma, normalmente quando ocorre a falta de água no solo o arroz pausa ou desacelera o crescimento (Zhu et al., 2020; Upadhyaya & Panda, 2019).



**Figura 2:** Desdobramento da interação linhagens x condições hídricas para as características agrônômicas e fisiológicas. Altura (ALT), número de perfilhos (NP), número de panículas (NPA), esterilidade (EST), assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A), concentração de CO<sub>2</sub> subestomático (Ci) e eficiência do uso da água (A/E), em condições de regularidade hídrica (C1), déficit hídrico a 60% da CA (C2) e déficit hídrico a 45% da CA (C3).

O número de perfilhos (NP) na condição controle apresentou semelhança entre S01, L01 e L06, que tiveram as maiores médias. No caso da C2 apenas S01 diferiu, com a maior média, já na condição C3 houve uma maior variação. Assim, a S01 assemelha-se apenas com L02. O número de panículas (NPA) não apresentou variações significativas em C2. Por outro lado, em C3 o maior número foi observado em S01 e L02.

No estresse a 60% da CA a menor esterilidade foi observada em L02, que apresenta semelhança estatística com Douradão e L06. Por outro lado, com estresse a 45% da CA todas as linhagens avaliadas apresentaram medias semelhantes, conforme o teste de Tukey. A esterilidade é a consequência mais grave da seca e a linhagem L02 apresenta altura reduzida, e mantém os baixos níveis de esterilidade no estresse a 60% da CA. Entretanto, verifica-se que a 45% da CA a esterilidade de L02 aumenta, assemelhando-se as demais linhagens avaliadas. Assim, podemos afirmar que esta linhagem é responsiva ao nível do estresse, se destacando em condições de seca a 60% da CA. Além da baixa esterilidade a linhagem L02 também apresenta um ciclo mais precoce, o que é importante para a fuga dos períodos de veranico (Zampieri, et al., 2023).

Os caracteres fisiológicos também são determinantes na avaliação dos efeitos do déficit hídrico em plantas e as trocas gasosas permitem inferir sobre estes impactos no mecanismo fotossintético (Silva et al., 2013). O fechamento estomático é uma das primeiras respostas das plantas ao déficit hídrico e as alterações na taxa de assimilação líquida do CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO<sub>2</sub> subestomático (Ci), transpiração (E) e eficiência do uso da água (A/E) são influenciadas pelo genótipo e severidade do estresse (Lavergne et al., 2020). Em relação as avaliações no presente trabalhos em C2, a maior taxa de assimilação do CO<sub>2</sub> é observada em L8, já no estresse a 45% da CA (C3) a S01 apresentou a maior média de assimilação. A Ci não difere nas duas condições com estresse (C2 e C3). A A/E foi variável entre as linhagens em C1 e C2, apresentando médias estatisticamente iguais em C3. Assim, em C2 a maior A/E foi observada na linhagem L8. Dessa forma, podemos afirmar que no arroz, o estresse a 60 e 45% da CA são capazes de gerar danos ao aparato fotossintético, porque observa-se redução expressiva de A, Gs e E e aumento Ci.

## Conclusões

A linhagem L2 (CNAx15127-38) mostrou-se promissora para exploração em programas de melhoramento visando tolerância à seca, podendo contribuir para assegurar a produtividade do arroz de terras altas em cenários de irregularidades hídrica.

## Agradecimentos

Ao CNPq e Capes pela concessão da bolsa de estudos, a FAPEMIG pelo financiamento do projeto. A Embrapa Arroz e feijão pela disponibilização de materiais.

## Referências

- BABU, S. et al. Integrated Farming Systems: Climate-Resilient Sustainable Food Production System in the Indian Himalayan Region. In: Venkatramanan, V.; Shah, S.; Prasad, R. (eds). Exploring Synergies and Trade-offs between Climate Change and the Sustainable Development Goals. Singapore: Springer, 2021.
- CABUSLAY, G. S.; ITO, O.; ALEJAR, A. A. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. **Plant Science**, v. 163, p. 815-827, 2002.
- GAIROLA, A. et al. Upland Rice: A Water-Efficient Rice Production System in India. **Biotica Research Today**, v. 6, n. 1, p. 46-50, 2024.
- SALLEH, M. S. et al. Drought-induced changes in the flowering capacity, anthesis quality and seed set in rice (*Oryza sativa* L.). **Tropical Life Sciences Research**, v.33, n.2, p.239, 2022.
- YANG, X. et al. The different influences of drought stress at the flowering stage on rice physiological traits, grain yield, and quality. **Scientific reports**, v.9, n.1, p.3742, 2019.
- XIA, K. et al. OsTIR1 and OsAFB2 downregulation via OsmiR393 overexpression leads to more tillers, early flowering and less tolerance to salt and drought in rice. **PLoS ONE**, v. 7, p. 1-10, 2012.
- NEGIN, B.; MOSHELION, M. The advantages of functional phenotyping in pre-field screening for drought-tolerant crops. **Functional Plant Biology**, v. 44, n. 1, p. 107-118, 2016.
- KARANJIT, R.; KHAKURAL, A.; KANDEL, B. P. In vitro screening of rice landraces for increased drought tolerance at early growth stages using Polyethylene glycol (PEG 6000). **Journal of Agriculture and Natural Resources**, v. 7, n. 1, p. 92-105, 2024.
- SILVEIRA, I. C. et al. Genetic diversity and responses of soybean genotypes to water deficit induced by PEG 60001. **Revista Ceres**, v. 71, p. e71038, 2024.
- Zhu, R., Wu, F. Y., Zhou, S., Hu, T., Huang, J., Gao, Y. Cumulative effects of drought-flood abrupt alternation on the photosynthetic characteristics of rice. **Environmental and Experimental Botany**, v. 169, 103901, 2020.
- UPADHYAYA, H., PANDA, S. K. Drought stress responses and its management in rice. In: Hasanuzzaman, M.; Fujita, M.; Nahar, K.; Biswas, J. K. Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance. UK: Elsevier, p. 177-200, 2019.
- SILVA, A. R. A. et al. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, p. 86-93, 2013.
- LAVERGNE, A. et al. Impacts of soil water stress on the acclimated stomatal limitation of photosynthesis: Insights from stable carbon isotope data. **Global Change Biology**, v. 26, n. 12, p. 7158-7172, 2020.
- ZAMPIERI, E. et al. Rice Responses to Water Limiting Conditions: Improving Stress Management by Exploiting Genetics and Physiological Processes. **Agriculture**, v.13, n.2, p.464, 2023.