

## IMPACTO DA OCORRÊNCIA DE ALTAS TEMPERATURAS SOBRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E PRODUTIVOS DE PLANTAS DE ARROZ

LUANA BUENO LONGARAY<sup>1</sup>; NATAN DA SILVA FAGUNDES<sup>2</sup>; CARINE ROPKE BUNDE<sup>2</sup>; LIDIANE PERLEBERG KRUGER<sup>2</sup>; PEDRO NIZOLLI DA ROSA<sup>2</sup>; SIDNEI DEUNER<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas - UFPel – [buenolongaray@gmail.com](mailto:buenolongaray@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas – UFPel – [natanfagundes@gmail.com](mailto:natanfagundes@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – UFPel – [carineropkebunde@gmail.com](mailto:carineropkebunde@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – UFPel – [lidi.perleberg@gmail.com](mailto:lidi.perleberg@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – UFPel – [pedrorosa26@hotmail.com](mailto:pedrorosa26@hotmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas – UFPel – [sdeuner@yahoo.com.br](mailto:sdeuner@yahoo.com.br)

### 1. INTRODUÇÃO

O arroz é o segundo cereal mais cultivado do mundo, abrangendo uma área aproximada de 168 milhões de hectares e entregando uma produção de 515 milhões de toneladas de grãos anualmente (USDA, 2024). No ano de 2024, no território brasileiro foram produzidas 10,6 milhões toneladas do grão, sendo o Rio Grande do Sul responsável por 69,3% da produção nacional (IBGE, 2024).

Este cereal desempenha papel fundamental para a segurança alimentar no mundo, o consumo diário médio mundial é de 54 kg.pessoa.ano<sup>-1</sup>, o Brasil se destaca como o maior consumidor do grão na América do Sul, com consumo de 32 kg.pessoa.ano<sup>-1</sup>. Além disso, o arroz é fonte de renda para mais de 232 mil brasileiros através da exploração da cultura direta ou indiretamente (SOSBAI, 2022).

O cultivo de arroz é sensível a ocorrência de flutuações térmicas rigorosas, a fase reprodutiva (pré floração e floração) é o período mais suscetível a estas oscilações, devido aos efeitos provocados por temperaturas superiores a 35°C e inferiores a 17°C causarem anormalidades no processo de deiscência das anteras, impactando negativamente o processo de antese e reduzindo o número de pólenes germinados no estigma e, portanto, provocando queda na produtividade em cultivares não tolerantes ao estresse térmico (CHEN et al., 2017).

Estudos indicam acréscimo de até 4°C na temperatura global até o final do século XXI (SOARES et al., 2020), em que a elevação em 1°C na temperatura tem potencial para reduzir a produtividade mundial de arroz em 10% (BUU et al., 2021), tais mudanças nos padrões climáticos poderão causar decréscimo de 30% na produtividade de arroz irrigado até 2100 (SREENIVASULU et al., 2015).

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar efeitos fisiológicos causados às plantas de arroz irrigado quando submetidas a altas temperaturas e os efeitos na qualidade e composição dos grãos.

### 2. METODOLOGIA

No estudo foi utilizada a cultivar IRGA 424 RI, semeada em 17 de outubro de 2023, respeitando o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) definido para a cultivar, o local de semeadura foi a área experimental do Centro Agropecuário da Palma, pertencente à Universidade Federal de Pelotas (UFPel), que tem como coordenadas 31°48'29.60"S e 52°28'45.25"O. Foi utilizado o Delineamento de Blocos Casualizados (DBC) e 4 repetições.

Foram utilizadas estufas de PVC cobertas com plástico transparente com metragem de 1m x 2m, dispostas sobre as parcelas de maneira a provocar aumento da temperatura ambiente e estimular o estresse por altas temperaturas nos tratamentos. A temperatura no interior das estufas teve incremento médio de 5°C em comparação ao ambiente externo ao longo do dia e 3°C de incremento médio no período noturno.

As estruturas foram alocadas entre os períodos de R0 (estádio de iniciação da panícula) e mantidas até atingirem o período de R4 (antese), correspondendo ao tratamento 1 (T1), e a partir de R5 até R9 (maturidade completa dos grãos), correspondendo ao tratamento 2 (T2), de acordo com a escala fenológica proposta por COUNCE et al. (2000).

Foram realizadas análises fisiológicas através de fluorômetro foliar portátil (modelo Li-600 da LI-COR Biosciences Lincoln, NE, EUA) nas folhas destinadas a trocas gasosas (Baker, 2008), mensurando a condutância estomática ( $g_s$ ), a transpiração ( $E$ ), o déficit de pressão de vapor foliar (VDPL), a eficiência quântica efetiva do fotossistema II (FSII) e a taxa de transferência de elétrons (ETR) nos estádios R2 e R6.

Após a colheita, foi realizado beneficiamento dos grãos e obtida a porcentagem de grãos inteiros através do equipamento Zaccaria (Modelo PAZ-1-DTA, Zaccaria, Brasil), percentual de grãos gessados e grãos acometidos por centro branco (Barriga Branca), através do analisador estatístico de grãos Modelo S21 (S21 Solutions), baseado na análise de imagens digitais das amostras analisadas individualmente.

Os grãos de arroz inteiros foram analisados diretamente por reflectância difusa, utilizando-se um acessório de reflectância infravermelha NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) DS2500, FOSS, Brasil. A região medida foi entre 400 e 2.500 nm e a análise foi realizada em duplicata.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk, e atendendo aos pressupostos, procedeu-se a análise da variância (ANOVA) utilizando o software Rbio (Bhering, 2017). Após, utilizou-se um teste de Tukey (5%) para comparação de médias.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve acréscimo significativo para os fatores déficit de pressão de vapor foliar (VPDL) e taxa de transferência de elétrons (ETR) nas plantas submetidas ao estresse em comparação às testemunhas no primeiro período analisado (R2) (Tabela 1). Este acréscimo deve-se ao aumento da temperatura ambiente e consequentemente de CO<sub>2</sub> no interior das estufas, podendo promover maior taxa fotossintética das plantas. Segundo Taiz e Zaiger (2008) em plantas com metabolismo C<sub>3</sub>, a taxa fotossintética pode aumentar cerca de 66% quando a concentração de CO<sub>2</sub> é duplicada.

Quanto a transpiração ( $E$ ), observou-se acréscimo significativo para as plantas submetidas ao estresse térmico no segundo período analisado (R6) (Tabela 1), devido ao aumento na taxa transpiratória resultante do aumento de temperatura nas estufas.

Para a variável condutância estomática ( $g_s$ ) não houve diferença significativa entre as testemunhas e plantas submetidas ao estresse térmico para os dois períodos analisados, assim como para o fator de eficiência do fotossistema II (FSII) (Tabela 1), Havaux et al. (1991) citam que o transporte de

elétrons cíclico do fotossistema I (FSI) possui resistência a altas temperaturas e controla a atividade do fotossistema II (FS2) nestes eventos.

**Tabela 1.** Condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), déficit de pressão de vapor na foliar (VPDL), a eficiência quântica efetiva do fotossistema II (FS2) e a taxa de transferência de elétrons (ETR) de plantas de arroz da cv. IRGA 424 RI em resposta ao estresse térmico.

Período	Tratamento	$g_s$ ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	$E$ ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	VPDL (kPa)	FSII ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	ETR ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
R2	Testemunha	0,53 a	3,76 a	0,83 b	0,66 a	191 b
	Est. Térmico	0,51 a	4,62 a	1,08 a	0,45 a	258 a
R6	Testemunha	0,22 b	2,51 b	1,15 a	0,58 a	276 a
	Est. Térmico	1,01 a	7,63 a	1,19 a	0,63 a	244 a

Para as variáveis de rendimento e qualidade de grãos, não foi observada diferença significativa (Tabela 2), porém estudos mostram que a maturação dos grãos de arroz também é afetada pelas altas temperaturas. A ocorrência de temperaturas elevadas durante a fase de maturação dos grãos provoca o acúmulo irregular de amido no endosperma, ocasionando em maiores taxas de grãos quebrados no momento do polimento (LONDERO et al., 2015).

**Tabela 2.** Rendimento e qualidade de grãos da cultivar de arroz IRGA 424 RI em resposta ao estresse térmico.

Período	Tratamento	Inteiros (%)	Quebrados (%)	Barriga Branca (%)	Gessados (%)
R0-R4	Testemunha	69 a	1,72 a	1,82 a	0,26 a
	Est. Térmico	62 a	3,37 a	3,13 a	0,63 a
R5-R9	Est. Térmico	64 a	3,75 a	7,18 a	1,19 a

Não houve diferença significativa para a composição dos grãos e teor de amilose nos dados obtidos através do experimento (Tabela 3). Estudos realizados anteriormente por Cheng et al. (2000) e Jiang et al. (2003), demonstraram que o enchimento de grãos é favorecido por temperaturas entre 20 e 23 °C e prejudicado quando as temperaturas encontram-se acima de 30°. Estudos conduzidos por IGKV & Raipur (2011), demonstraram que os fatores de composição dos grãos são dependentes da cultivar devido a fatores de herdabilidade e da época de semeadura utilizada.

**Tabela 3.** Teores de proteínas, fibra bruta, cinzas e amido em grãos de arroz da cultivar IRGA 424 RI em resposta ao estresse térmico.

Período	Tratamento	Proteínas (%)	Fibra Bruta (%)	Cinza (%)	Amido (%)
R0-R4	Testemunha	6,67 a	6,02 a	3,39 a	60,02 a
	Est. Térmico	6,67 a	6,10 a	3,37 a	60,65 a
R5-R8	Est. Térmico	6,01 a	6,24 a	3,43 a	59,77 a

#### 4. CONCLUSÕES

Quando as plantas de arroz irrigado foram submetidas a altas temperaturas, houve acréscimo da transpiração, bem como na condutância estomática devido ao aumento de temperatura. Para os fatores de qualidade e composição de grãos não houve diferença significativa quanto ao aumento de temperaturas para a cultivar IRGA 424 RI.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Porto Alegre/RS: **SOSBAI**, 2023.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Boletim de acompanhamento agrícola: Cultivos de verão e inverno safra 2023/24. Brasília: **CONAB**, 2024.
- Walter, C.W. et al. Mudanças climáticas e seus efeitos no rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Scielo Brasil**. Brasília, v.49, n.12, p. 915 - 924, Dez, 2014.
- CARMONA, L. de C. et al. Relação entre elementos meteorológicos e rendimento do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, p.289-294, 2002.
- DE SOUZA, N. et al. Tolerância de genótipos de arroz irrigado (*Oryza sativa*) ao estresse por calor na antese. **Agropecuária Catarinense**, [S. l.], v. 35, n. 2, p. 50–54, 2022.
- DE SOUZA, N. et al. Produtividade e qualidade de grãos de arroz irrigado em safras com regimes térmicos distintos na floração. **Agropecuária Catarinense**, [S. l.], v. 33, n. 2, p. 54–58, 2020.
- IBGE. Safra de 2024 deve ficar em 299,6 milhões de toneladas, 5,0% menor do que a de 2023. **Agência IBGE Notícias**, Brasília, 15 maio 2024. Especiais. Acessado em 09 set. 2024. Online. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/40080-noticia-lspa-abril>.
- SHEN, Y. et al. Effects of warming on rice production and metabolism process associated with greenhouse gas emissions. *The Science of the total environment*, v. 926, p. 172133, 2024.