

CARACTERIZAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ QUANTO AO TEOR DE CLOROFILA NO INÍCIO DO ESTÁDIO VEGETATIVO

Aguiar Afonso Mariano¹; Luana Vanessa Peretti Minello²; Raul Antonio Sperotto³, Luciano Carlos da Maia⁴ e Camila Pegoraro⁵

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., pigmentos, fotossíntese, metabolismo, estresse abiótico.

Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um cereal amplamente cultivado e consumido no mundo, sendo alimento básico para mais de 3,5 bilhões de pessoas e fonte de calorias para cerca de 21% da população mundial (TAGLIAPIETRA; SOARES; CLERICI, 2024). Por ser uma espécie com metabolismo fotossintético do tipo C3, o arroz apresenta elevada dependência da eficiência na captação de luz e conversão de energia desde os estádios iniciais de crescimento (SHEN *et al.*, 2022). O desempenho produtivo da cultura está fortemente ligado à formação adequada do aparelho vegetativo, especialmente folhas bem desenvolvidas e ricas em pigmentos ativos (RIAZ; ZAMAN, 2021). Neste contexto, a presença de clorofila nas folhas assume papel central na fisiologia da planta.

A clorofila é um pigmento verde natural, responsável pela absorção de luz durante a fotossíntese, atuando principalmente nas regiões azul e vermelha do espectro eletromagnético, uma característica fundamental para o crescimento das plantas e a produção de biomassa (GAO; GUO; SHEN, 2024; JIN *et al.*, 2011). Sua concentração influencia diretamente a taxa fotossintética e a produção de açúcares necessários para o metabolismo vegetal (KHAMPA *et al.*, 2024). Além disso, a clorofila contribui para o equilíbrio energético e para a manutenção da atividade metabólica das células foliares (XIONG *et al.*, 2023). Plantas com maior teor de clorofila geralmente apresentam maior vigor, melhor crescimento inicial e maior potencial produtivo (KHAMPA *et al.*, 2024; XIONG *et al.*, 2023).

A síntese e o acúmulo de clorofila no arroz dependem de fatores internos e externos, como nutrição mineral, temperatura, água disponível e o genótipo (KHAMRAEV *et al.*, 2025; JARIN *et al.*, 2024). A disponibilidade de nutrientes como nitrogênio, magnésio, ferro e enxofre influencia diretamente a formação da clorofila (BHAT *et al.*, 2024; KALAJI *et al.*, 2018). Por outro lado, fatores ambientais, como falta de água e variações de luz e temperatura, afetam a estabilidade dos pigmentos foliares (AHMED *et al.*, 2024; KALAJI *et al.*, 2018). Além disso, fatores genéticos influenciam a biossíntese e o teor de clorofila, razão pela qual diferentes genótipos variam na eficiência fotossintética, no metabolismo foliar e na adaptação a condições adversas (KHAN *et al.*, 2024; XU *et al.*, 2024).

No arroz, o teor de clorofila no estágio vegetativo inicial reflete a capacidade da planta de captar luz e utilizar os nutrientes disponíveis (QI *et al.*, 2025). Teores baixos dessa molécula podem indicar deficiência nutricional, baixo vigor ou suscetibilidade a estresses, enquanto teores elevados sugerem maior eficiência fisiológica e potencial produtivo (TALEBZADEH; VALEO, 2022). Por isso, conhecer o teor de clorofila em condições normais, sem estresses, é essencial para estabelecer uma referência confiável que possibilite comparações entre genótipos e previsões sobre o comportamento das plantas em diferentes ambientes (ZHANG *et al.*, 2025; GÁBORČI, 2003).

¹ Eng. Agrônomo, Mestre e Doutorando em Ciências, Universidade federal de Pelotas, Campus do Capão do Leão, RS S/NC-EP 96160-00, aguiarafonsomariano488@gmail.com

² Bióloga, Mestra em Biotecnologia e Doutoranda em Fisiologia Vegetal, Universidade federal de Pelotas, lvpminello@gmail.com

³ Doutor em Biologia Celular e Molecular, Universidade Federal de Pelotas, raulsperotto@gmail.com

⁴ Doutor em Ciências, Universidade Federal de Pelotas, lucianoc.maia@gmail.com

⁵ Doutora em Ciências, Universidade Federal de Pelotas, pegorarocamilanp@gmail.com

Nesse sentido, o presente estudo visou caracterizar genótipos de arroz utilizados no Brasil quanto ao teor de clorofila no início do estágio vegetativo, contribuindo para o entendimento das diferenças genéticas e auxiliando na seleção de genótipos mais adaptados e produtivos.

Material e Métodos

Nesse estudo foram avaliados 177 genótipos de arroz utilizados no Brasil. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, localizada no município de Capão do Leão, RS. Foi usado delineamento inteiramente ao acaso, com duas repetições, sendo cada repetição composta por um balde com quatro plantas. A semeadura foi realizada manualmente em baldes de 12 L, com a deposição de quatro sementes por recipiente. O manejo da cultura seguiu as recomendações técnicas do cultivo de arroz estabelecidas pela Sociedade Sul-Brasileira do Arroz Irrigado (SOSBAI, 2022). A análise de clorofila foi realizada em quatro plantas de cada genótipo, 45 dias pós a emergência, com clorofilômetro Falker (ClorofiLOG 2060). Para tanto, as folhas foram clipadas e os índices de clorofila *a*, *b* e total foram obtidos automaticamente e expressos em índice SPAD, uma medida do teor de clorofila (VISHWAKARMA; KULHARE; TAGORE, 2023). O ClorofiLOG 2060 mede o teor de clorofila por absorção de luz em certos comprimentos de onda, sem danificar a planta (FALKER, 2024).

Os dados foram submetidos à ANOVA, seguido de agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott usando o programa Genes (CRUZ, 2013). Posteriormente foram criados gráficos Boxplot usando o programa R (R CORE TEAM, 2020), com recurso do pacote *ggplo2*.

Resultados e Discussão

A avaliação dos índices de clorofila revelou diferenças marcantes entre os 177 genótipos de arroz. Para a clorofila *a* (Figura 1A), o maior índice SPAD foi registrado em SCS123 Perola e SC460 (38,1), enquanto o menor valor foi observado em Artiglio (18,6). Os genótipos foram distribuídos em quatro grupos: 44 no grupo A (valores mais elevados), 81 no grupo B, 29 no grupo C e 23 no grupo D (valores mais reduzidos). Em relação à clorofila *b* (Figura 1B), o maior índice foi encontrado na BRS Ouro Minas (15,1), enquanto o menor valor ocorreu na BRS Monarca (3,2). Os genótipos foram categorizados em três grupo: 105 no grupo A, 55 no grupo B e 17 no grupo C. Para clorofila total (Figura 1C), os valores variaram de 50,3 na BRS Pampa a 23,4 na Austral, sendo distribuídos em três grupos: 120 no grupo A, 32 no grupo B e 25 no grupo C.

A diferença na distribuição dos genótipos em diferentes grupos em relação aos índices de clorofila *a*, *b* e total parece estar associada à influência de fatores genéticos na síntese desses pigmentos (KUME; AKITSU; NASAHARA, 2018), uma vez que os genótipos se encontravam no mesmo ambiente. De acordo com Croce et al. (2024), esses pigmentos têm papéis complementares na fotossíntese, com a clorofila *a* sendo predominante na conversão de energia luminosa, e a clorofila *b* auxiliando na absorção de comprimentos de onda específicos. Assim, um genótipo pode apresentar alta concentração de clorofila *a*, mas valores relativamente menores de clorofila *b*, dependendo da expressão diferencial dos genes envolvidos na sua produção (DEVY *et al.*, 2025), o que poderia explicar os resultados encontrados no presente estudo. Além da diferença entre genótipos, no arroz em início do estágio vegetativo, o estudo realizado por Tsai et al. (2019) indica que fatores ambientais como luz, nutrientes e estresse por déficit hídrico ou salino também modulam a síntese e o acúmulo de clorofila *a*, *b* e total, resultando em padrões de distribuição não uniformes desses pigmentos. Dessa forma, a distribuição dos índices SPAD reflete a interação entre genótipo e ambiente, influenciando a capacidade fotossintética e a adaptação dos genótipos a diferentes condições de cultivo.

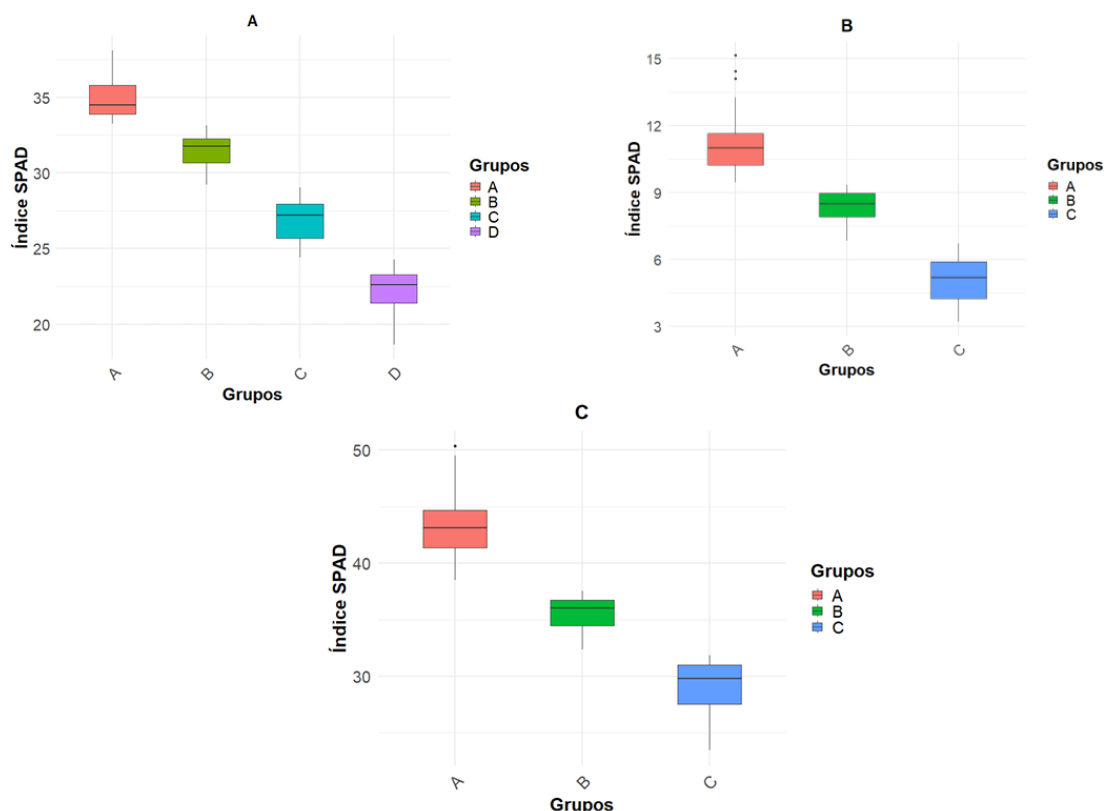


Figura 1 - Teores de clorofila a (A), b (B) e total (C) de genótipos de arroz utilizados no Brasil, cultivados em casa de vegetação. FAEM/UFPel 2024/2025

Conclusões

Com base nos resultados deste estudo, os genótipos de arroz avaliados apresentam variabilidade genética para os teores de clorofila *a*, *b* e total, indicando possíveis diferenças na capacidade fotossintética entre eles. Os genótipos com maiores teores de clorofila demonstram potencial para maior eficiência fisiológica, o que pode favorecer sua adaptação a condições adversas. Dada a correlação entre a quantidade desses pigmentos e a produtividade, sugere-se que esses genótipos apresentem maior potencial produtivo, hipótese que será avaliada com base nos dados de produtividade em andamento. No entanto, estudos adicionais sob diferentes condições de estresses abióticos são necessários para confirmar essa hipótese.

Referências

- AHMED, N. et al. Micronutrients and their effects on horticultural crop quality, productivity and sustainability. *Scientia Horticulturae*, v. 323, p. 112512, 2024
- BHAT, M. A.; AHMAD, P. Soil and mineral nutrients in plant health: a prospective study of iron and phosphorus in the growth and development of plants. *Current Issues in Molecular Biology*, v. 46, n. 6, p. 5194–5222, 2024.
- CROCE, R. et al. Perspectives on improving photosynthesis to increase crop yield. *The Plant Cell*, v. 36, n. 10, p. 3944–3973, 2024
- CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 35, n. 3, 2013.
- DEVY, N. F. et al. Unraveling gene expression and physio-biochemical responses in citrus species under water stress and water recovery conditions. *Journal of Agriculture and Food Research*, [s. l.], v. 21, p. 101898, 2025.

- FALKER. ClorofiLOG. 2024. Disponível em: <https://www.falker.com.br/en/clorofilog>. Acesso em: 14 jun. 2025.
- GAO, F.; GUO, J.; SHEN, Y. Advances from chlorophyll biosynthesis to photosynthetic adaptation, evolution and signaling. *Plant Stress*, v. 12, p. 100470, 2024.
- JARIN, A. S. et al. Drought stress tolerance in rice: physiological and biochemical insights. *International Journal of Plant Biology*, v. 15, n. 3, p. 692–718, 2024.
- JIN, G. et al. Photosensitive materials and potential of photocurrent mediated tissue regeneration. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, [s. l.], v. 102, n. 2, p. 93–101, 2011.
- KALAJI, H. M. et al. Chlorophyll fluorescence as a tool for nutrient status identification in rapeseed plants. *Photosynthesis Research*, v. 136, n. 3, p. 329–343, 2018.
- KHAMPA, N. et al. Combo chloro-photosynthetic device and applications for greenhouse gas reduction campaign and smart agriculture. *Heliyon*, v. 10, n. 10, p. e31552, 2024.
- KHAMRAEV, N. et al. Plant leaf chlorophyll relationship with yield attributes in rice. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*, v. 57, n. 1, p. 105–114, 2025.
- KHAN, N. et al. Photosynthesis: genetic strategies adopted to gain higher efficiency. *International Journal of Molecular Sciences*, [s. l.], v. 25, n. 16, 2024.
- KUME, A.; AKITSU, T.; NASAHARA, K. N. Why is chlorophyll b only used in light-harvesting systems?. *Journal of Plant Research*, v. 131, n. 6, p. 961–972, 2018.
- QI, Z. et al. Response of photosynthesis and chlorophyll fluorescence to nitrogen changes in rice with different nitrogen use efficiencies. *Plants*, [s. l.], v. 14, n. 10, p. 1–18, 2025.
- R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2020. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 12 jun. 2025.
- RIAZ, U.; ZAMAN, Q. Rice production knowledge and practices for ensuring food. [S. l.: s. n.], 2021.
- SHEN, Q. et al. The era of cultivating smart rice with high light efficiency and heat tolerance has come of age. *Frontiers in Plant Science*, [s. l.], v. 13, 2022.
- SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Restinga Seca, RS, 2022.
- TAGLIAPIETRA, B. L.; SOARES, C. F.; CLERICI, M. T. P. S. Rice (*Oryza sativa* L.) and its products for human consumption: general characteristics, nutritional properties, and types of processing. *Food Science and Technology*, v. 44, p. 1–10, 2024.
- TALEBZADEH, F.; VALEO, C. Evaluating the effects of environmental stress on leaf chlorophyll content as an index for tree health. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 1006, n. 1, 2022.
- TSAI, Y. C. et al. Chlorophyll fluorescence analysis in diverse rice varieties reveals the positive correlation between the seedlings salt tolerance and photosynthetic efficiency. *BMC Plant Biology*, v. 19, n. 1, p. 403, 2019.
- VISHWAKARMA, M.; KULHARE, P. S.; TAGORE, G. S. Estimation of chlorophyll using SPAD meter. *International Journal of Environment and Climate Change*, v. 13, n. 11, p. 1901–1912, 2023.
- XIONG, B. et al. Identification of photosynthesis characteristics and chlorophyll metabolism in leaves of citrus cultivar (Harumi) with varying degrees of chlorosis. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 24, n. 9, 2023.
- XU, P. et al. Chlorophyll and carotenoid metabolism varies with growth temperatures among tea genotypes with different leaf colors in *Camellia sinensis*. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 25, n. 19, 2024.