

FATORES DE MANEJO RELACIONADOS AO PLATÔ DE PRODUTIVIDADE EM ARROZ IRRIGADO NA ARGENTINA

Lorenzo Dalcin Meus; Cesar Eugenio Quintero; María de Los Angeles Zarmero²; Nereu Augusto Streck¹, Alencar Junior Zanon¹;

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., potencial de produtividade, lacuna de produtividade, manejo de culturas, fatores de manejo.

INTRODUÇÃO

Platôs de produtividade foram relatados para diferentes culturas em todo o mundo (CASSMAN & GRASSINI, 2020). Essa tendência de platôs de produtividade é especialmente alarmante em regiões que têm potencial para se tornarem os futuros celeiros do mundo, como a Argentina, devido à grande quantidade de terra e água para expandir a área agrícola e à disponibilidade abundante de radiação solar (CASSMAN, 1999). A questão por trás desse platô de produtividade é se os agricultores atingiram de 75 a 85% do potencial de rendimento (XAVIER et al., 2021) ou se há falhas nas práticas de manejo das culturas que impedem o aumento da produtividade.

Enquanto a produtividade de arroz na Argentina está estagnada nos últimos 15 anos (Figura 1), neste mesmo período a produtividade de grãos de arroz na América do Sul aumentou 1,5 Mg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2021). A Argentina é o quinto maior produtor de arroz da América, produzindo 1,3 Mt de arroz em cerca de 200 mil hectares por ano (FAOSTAT, 2021). Apesar da área relativamente pequena de produção de arroz, a Argentina desempenha um papel importante no mercado de exportação de arroz, sendo o 13º no mundo e o sexto maior exportador fora da Ásia (FAOSTAT, 2021).

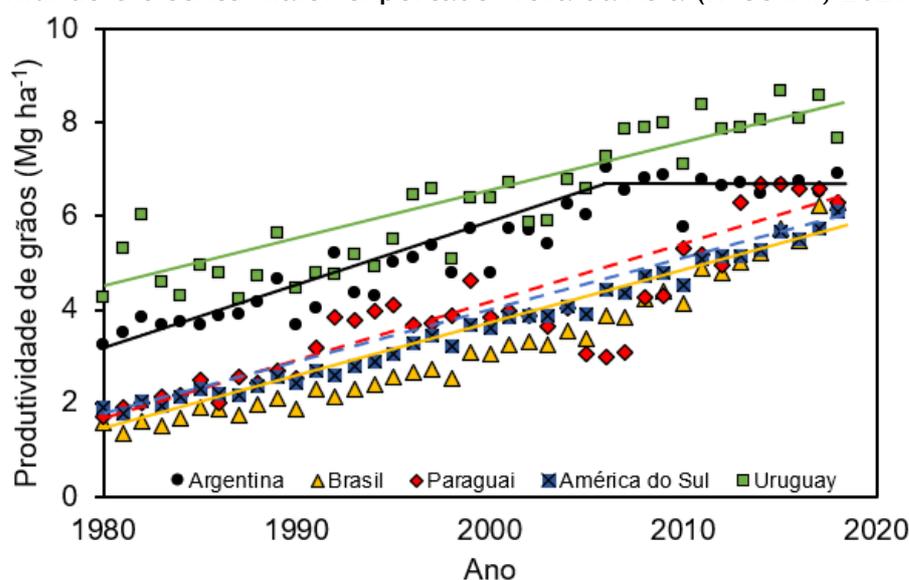


Figura 1 - Tendências da produtividade de grãos de arroz subtropical entre os países produtores da América do Sul. Fonte: Faostat, 2021.

A determinação da magnitude da Lacuna de produtividade (Lp) nos fornece uma

estimativa de quanto a produção pode aumentar na área de cultivo atual, melhorando as práticas de manejo que podem reduzir o impacto dos fatores limitantes da produtividade (Grassini et al., 2015). Esta é uma informação crucial para países como a Argentina, que estão enfrentando um patamar de produtividade de cerca de 6,5 Mg ha⁻¹ desde 2005, enquanto os países vizinhos aumentaram sua produtividade nos últimos anos (Figura 1). O potencial de produtividade e lacunas em arroz têm sido amplamente estudados recentemente (RIBAS et al., 2021). No entanto, abordagens de baixo para cima que integram Yp estimado por simulações de modelos de culturas com informações coletadas nos campos dos agricultores, em um grande número de fazendas e anos, integrando pesquisa pública e extensão e agricultores ainda são raras (YUAN et al., 2021).

A hipótese é que ainda há espaço para aumentar a produtividade de grãos de arroz na Argentina, e a estagnação na produtividade real alcançada pelos agricultores é causada por práticas de manejo que estão limitando a produtividade. Para testá-lo, usamos dados de campo de agricultores, cobrindo mais de 200.000 hectares durante 10 safras (2009 a 2018). O objetivo foi identificar as principais práticas de manejo que explicam as lacunas de produtividade na Argentina.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de manejo dos agricultores foram coletados durante 10 safras (2009-2018) totalizando cerca de 2.700 campos avaliados. A pesquisa incluiu as principais práticas de manejo, como data de semeadura, densidade de plantas, adubação, irrigação, aplicação de defensivos etc.

Para identificar os fatores que explicam a Lp, classes de lavouras de alto rendimento (HY) e baixo rendimento (LY) foram identificadas nos dados pesquisados, dividindo os dados em tercís (GRASSINI et al., 2015). As variáveis de manejo identificadas como estatisticamente significativas em sua influência na produtividade de grãos foram investigadas. A matriz de dados foi submetida a suposições, onde a multicolinearidade (Inflação das variâncias, número de condições da matriz e determinante da matriz) foi testada entre as variáveis independentes vinculadas ao modelo estatístico (pacote “metan”). Posteriormente, o *machine learning* supervisionado pelo algoritmo *Random Forest* foi utilizado para definir quais variáveis independentes eram informativas (pacote “random Forest”). Com a reconstrução da matriz informacional dos dados, foi aplicado um modelo de árvore de regressão, utilizando a produtividade de grãos como variável dependente e as demais variáveis como informacional, a significância e as probabilidades foram baseadas no teste não paramétrico χ^2 concomitantemente, foram realizadas validações cruzadas para definir o grau de informação da árvore de regressão (pacotes “rpart”, “party”, “rpart.plot”).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade média de grãos nas lavouras avaliadas foi de 7,89 Mg ha⁻¹ e apresentou o mesmo platô de produtividade durante o período avaliado. As diferenças na data de semeadura, sistema de preparo do solo e duração do ciclo de desenvolvimento da cultura entre os campos HY e LY foram estatisticamente significativas ($p < 0,001$) e parecem ser os principais fatores para diferenciar os campos HY e LY. Essa diferença pode ser causada por fatores como o uso de cultivares de ciclo mais longo, que têm mais tempo para acumular fotoassimilados, ou devido à semeadura

precoce, onde a maior parte do ciclo de desenvolvimento ocorre em temperaturas amenas, em comparação com campos semeados no final do janela de semeadura, aumentando o quociente fototérmico (JING et al., 2010).

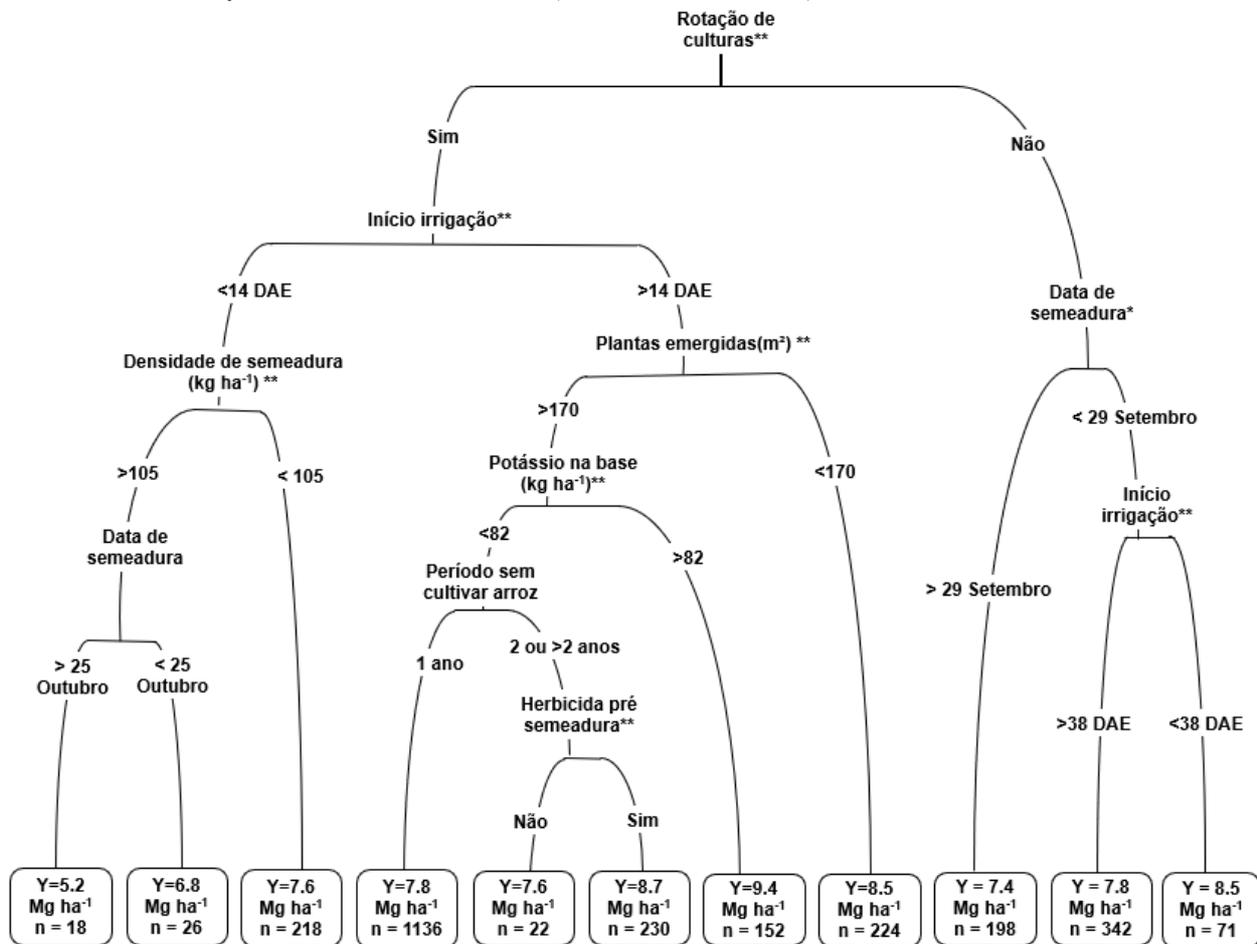


Figura 1. Modelo de árvore de regressão mostrando as fontes de variação na produtividade de grãos devido às práticas de manejo. As caixas são nós de divisão, com as caixas inferiores representando os nós terminais. Os valores dentro de cada nó terminal indicam a média do rendimento de grãos (em Mg ha⁻¹) com base no teor de umidade de 13% e a porcentagem de observações em cada nó terminal. **p<0,001, *p<0,01.

Uma relação consistente entre época de semeadura e densidade também foi encontrada, onde densidades de semeadura mais baixas são mais produtivas em semeaduras tardias e campos sem aplicação de fungicida. Esses resultados de duração do ciclo de desenvolvimento da cultura indicam fortes interações entre genótipo, ambiente e manejo entre fazendas de arroz argentinas. Além de ciclos de desenvolvimento mais longos apresentarem maior potencial teórico de rendimento (SHEEHY & MITCHELL, 2015), quanto mais tempo a planta fica no campo mais ela estará exposta a pragas, doenças e condições adversas, então o manejo se torna fundamental.

Embora não avaliada neste estudo, a brusone do arroz (*Magnaporthe oryzae*) é a principal doença que afeta o arroz na Argentina (Bastida et al., 2019) e no mundo, afetando a produtividade e a economia (NALLEY et al., 2016), e seu desenvolvimento é intimamente relacionado ao espaçamento de plantas e densidade do dossel (KATSANTONIS et al., 2017), reduzindo o rendimento de grãos. Considerando que a menor densidade de sementes apresenta maior produtividade nos campos HY, acreditamos que essa prática de manejo tem um ajuste fino, devendo ser realizada com

cuidado pelos agricultores, pois a redução da densidade de semeadura, principalmente nos extremos da janela de semeadura, pode causar redução no principal componente da produtividade, que é o número de plantas por área, o que pode comprometer a produtividade.

Nos campos onde há rotação de culturas a produtividade de grãos foi aumentada em 18%, a mesma tendência foi observada no Brasil por Ribas et al. (2021), foram rotação de culturas com soja. O período de pousio do solo durante o verão também foi significativo, aumentando a produtividade à medida que os anos de pousio aumentam.

As lavouras com baixas produtividades (LY) podem aumentar o rendimento adotando práticas de manejo que já estão sendo usadas nos campos HY. Além disso, estudos quantificando potenciais ganhos em sistemas de alto rendimento versus baixo rendimento podem indicar investimentos, ajudando a apontar manejos mais econômicos e ambientalmente mais seguros visando sistemas de alto rendimento (TSENG et al., 2020). Nossos resultados também podem ser usados em estudos futuros sobre economia e lacunas na produção de arroz na América do Sul. Com Yp mais alto que ambientes tropicais e grande espaço para aumentar a área irrigada, a Argentina pode contribuir para a demanda futura de arroz e contribuir para a segurança alimentar mundial.

Este estudo também forneceu informações que podem ser usadas por agricultores e consultores locais no planejamento de decisões de manejo com base no Yp. Em escala nacional e global, este estudo forneceu informações para futuros estudos de segurança alimentar, pois sugere que ainda há espaço para aumentar a produção de arroz eliminando a lacuna de rendimento. No entanto, mais estudos devem ser realizados para quantificar o quanto a diferença de produtividade é causada por problemas fitossanitários e refinar as informações sobre como a data de semeadura afeta a diferença de produtividade na Argentina.

CONCLUSÃO

As práticas de manejo que mais afetam a produtividade do arroz na Argentina são rotação de culturas, controle de plantas daninhas, época de semeadura e densidade de plantas. O patamar de produtividade na produção de arroz na Argentina pode ser alterado com a adoção de práticas de manejo que aumentem a produtividade média de grãos. Há espaço para aumentar o rendimento médio do arroz na Argentina, fechando a lacuna de rendimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bastida L D, Gutierrez SA, Carmona M A. 2019. Aislamiento y caracterización sintomática de *Pyricularia* spp. en arroz y otros hospedantes en la provincia de Corrientes (Argentina). *Summa Phytopathol.* 45(2).
- Cassman K G. 1999. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings of the National Academy of Science*, 96(11): 5952-5959.
- Cassman, K.G.; Grassini, P., 2020. A global perspective on sustainable intensification research. *Nature Sustainability*, 3, n. 4, p. 262-268.
- FAOSTAT., 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Agricultural production [Database]. FAO,. Available in: < <http://faostat.fao.org/home/>>. (accessed on Jul. 2021).
- Katsantonis D, Kadoglidou K, Dramalis C, Puigdollers P. 2017. Rice blast forecasting models and their practical value: A review. *Phytopathol Mediterr*, 56(2):187-216.
- Ribas, G.G., Zanon, A.J., Streck, N. A., Pilecco, I.B., Souza, P.M De., Heinemann, A.B. &

Grassini, P., 2021. Assessing yield and economic impact of introducing soybean to the lowland rice system in southern Brazil, *Agricultural Systems*, 188, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103036>.

Sheehy J E, Mitchell P I. 2015. Calculating maximum theoretical yield in rice. *Field Crops Res.* 182:68-75.

Tseng M C, Roel A, Deambrosi E, Terra J A, Zorrilla G, Ricetto S, Pittelkow C M. 2020. Towards actionable research frameworks for sustainable intensification in high-yielding rice systems. *Sci Rep.* 10:1-13

Xavier, A.I.S.; Arbage, A.P.; Silva, M.R. Da; Ribas, G.G.; Meus, L.D.; Santos, G.A. De A. Dos; Streck, N.A.; Zanon, A.J., 2021. Economic and productive analysis of irrigated rice crops using a multicase study. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 56. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.02037>

Yuan, S., Linquist, B., Wilson, L., Cassman, K., Stuart, A., Pede, V., Miro, B., Saito, K., Agustiani, N., Aristya, V., Krisnadi, L., Zanon, A., Heinemann, A., Carracelas, G., Subash, N., Pothula, S., Li, T., Peng, S., Grassini, P., 2021. A roadmap towards sustainable intensification for a larger global rice bowl. 10.21203/rs.3.rs-401904/v1.