

INFLUÊNCIA DE FATORES CLIMÁTICOS E DE MANEJO NA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA

CAMPOS, A. E. F.¹, NOGUEIRA, F. I. S. A.², SILVEIRA, E. M.³, CAMARGO, S. S.⁴

¹ Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil – anaecdasilva@gmail.com

² Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil – fernandoinfantini2903@gmail.com

³ Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil – eduarda.dasilveira@hotmail.com

⁴ Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil – sandrocamargo@unipampa.edu.br

RESUMO

A produtividade agrícola resulta da interação entre fatores edáficos, climáticos e de manejo, sendo fundamental compreender a contribuição relativa de cada um para a tomada de decisões no agronegócio. Este trabalho tem como objetivo avaliar, por meio de técnicas estatísticas, a influência do tipo de solo, das condições climáticas e do manejo hídrico sobre o rendimento agrícola. Foi utilizada uma base de dados sintética pública com aproximadamente 1 milhão de registros, contendo variáveis como tipo de solo, cultura, precipitação, temperatura, irrigação e produtividade (ton/ha). A metodologia envolveu análise exploratória de dados, aplicação de ANOVA para comparação entre tipos de solo, teste t para avaliar o efeito da irrigação, análise de interação entre solo e irrigação, além de regressão linear múltipla e análise de correlação para variáveis climáticas. Os resultados indicaram ausência de diferença estatisticamente significativa entre tipos de solo ($p > 0,05$), enquanto a irrigação apresentou efeito positivo altamente significativo sobre a produtividade ($p < 0,001$). A análise de regressão revelou que fatores climáticos explicam aproximadamente 59% da variabilidade da produtividade ($R^2 = 0,592$), com destaque para a precipitação como principal variável explicativa. Conclui-se que a disponibilidade hídrica, seja por precipitação ou irrigação, é o fator mais determinante para a produtividade agrícola nas condições analisadas.

Palavras-chave: produtividade agrícola, manejo hídrico, regressão linear, análise de variância, variáveis climáticas.

1 INTRODUÇÃO

A produtividade agrícola depende da interação entre fatores ambientais e práticas de manejo, sendo influenciada por variáveis como solo, clima e disponibilidade hídrica. A análise desses fatores tem se tornado cada vez mais relevante com o avanço da agricultura de precisão e da análise de dados aplicada ao setor agrícola. Segundo

Sampaio e Magalhães (2018), técnicas estatísticas permitem identificar relações entre variáveis agrônômicas, contribuindo para a tomada de decisões mais eficientes.

Nesse contexto, compreender quais fatores exercem maior influência sobre a produtividade torna-se essencial para otimizar recursos e aumentar a eficiência produtiva. Dessa forma, este trabalho busca responder à seguinte questão: existe influência estatisticamente significativa do tipo de solo, das condições climáticas e da irrigação sobre a produtividade agrícola?

Além disso, estudos recentes apontam que fatores climáticos e técnicas associadas à agricultura de precisão possuem papel relevante na variabilidade da produtividade agrícola. Segundo Lemi (2019), alterações nas condições climáticas afetam diretamente o desempenho produtivo das culturas agrícolas. Da mesma forma, Zhang e Kovacs (2012) destacam que ferramentas tecnológicas e análise de dados vêm sendo amplamente utilizadas para otimizar o monitoramento agrícola e apoiar a tomada de decisão no campo.

2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODOS)

O estudo foi conduzido a partir de uma base de dados sintética pública (*Synthetic Agricultural Crop Yield Dataset*), contendo aproximadamente 1.000.000 de registros e 10 variáveis relacionadas à produção agrícola. Entre as variáveis analisadas, destacam-se tipo de solo, cultura, precipitação, temperatura, uso de irrigação, dias até a colheita e produtividade (toneladas por hectare). O processamento e a análise dos dados foram realizados em ambiente Google Colab, utilizando a linguagem Python e bibliotecas como Pandas para manipulação de dados, Seaborn e Matplotlib para visualização, Scipy para testes estatísticos e Statsmodels para modelagem.

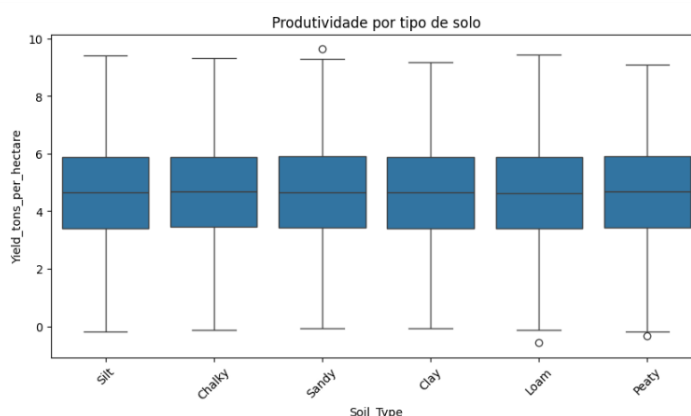
A metodologia adotada compreendeu as seguintes etapas: análise exploratória dos dados por meio de estatística descritiva; construção de gráficos para visualização da distribuição da produtividade; aplicação de ANOVA para avaliação de diferenças entre tipos de solo; realização de teste t para comparação entre áreas irrigadas e não irrigadas; análise de interação entre tipo de solo e irrigação; modelagem por regressão linear múltipla para avaliar o efeito das variáveis climáticas; análise de correlação para identificação de associações entre variáveis. Foi adotado nível de significância de 5% ($\alpha =$

0,05) para todos os testes estatísticos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a distribuição da produtividade em função dos diferentes tipos de solo. Observa-se que as medianas e a dispersão dos dados são bastante semelhantes entre os grupos, indicando ausência de diferenças relevantes na produtividade entre os solos analisados. Esse comportamento visual é confirmado pelo teste ANOVA, que não identificou diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$). Esses resultados sugerem que, na base analisada, o tipo de solo não é um fator determinante isolado para o rendimento agrícola.

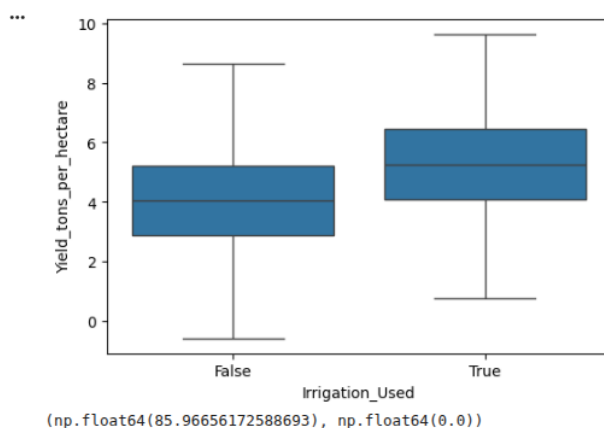
Figura 1. Produtividade por tipo de solo



Fonte: Google Colab com código do próprio autor.

A Figura 2 evidencia o efeito do manejo hídrico sobre a produtividade. Observa-se que as áreas irrigadas apresentam valores consistentemente superiores em relação às áreas não irrigadas, com aumento visível na mediana da distribuição. Esse padrão é estatisticamente confirmado pelo teste t, que indicou diferença altamente significativa ($p < 0,001$). Esse resultado demonstra que a irrigação exerce forte influência positiva sobre o rendimento agrícola.

Figura 2. Efeito da irrigação



Fonte: Google Colab com código do próprio autor.

A Tabela 1 apresenta os resultados da ANOVA fatorial, considerando a interação entre tipo de solo e irrigação. Observa-se que apenas o fator irrigação apresentou significância estatística ($p < 0,001$), enquanto o tipo de solo e a interação entre os fatores não foram significativos ($p > 0,05$). Isso indica que o efeito positivo da irrigação ocorre de forma independente do tipo de solo, sendo um fator universal de aumento da produtividade.

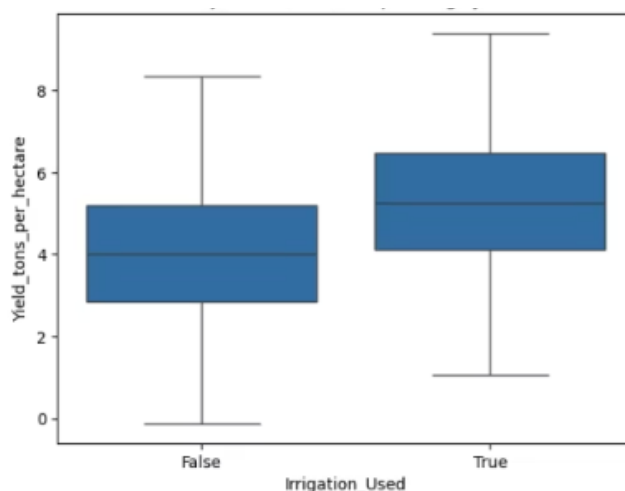
Tabela 1. Interação solo x irrigação

Fator	F	p-valor
Tipo de solo	0,606	0,695
Irrigação	7388	<0,001
Interação solo × irrigação	0,436	0,823

Fonte: Próprio autor.

Na análise específica da cultura da soja, os resultados mantiveram o mesmo padrão observado na análise geral, reforçando a robustez dos achados. A Figura 3 ilustra que, mesmo para uma cultura específica, a irrigação continua sendo um fator determinante para o aumento da produtividade.

Figura 3. Soja: Produtividade por irrigação



Fonte: Google Colab com código do próprio autor.

A regressão linear múltipla apresentou coeficiente de determinação $R^2 = 0,592$, indicando que aproximadamente 59% da variabilidade da produtividade pode ser explicada pelas variáveis climáticas. Os coeficientes estimados do modelo estão apresentados na Tabela 2, evidenciando que a precipitação e a temperatura possuem efeito positivo significativo sobre a produtividade.

Tabela 2. Regressão Climática

Variável	Coeficiente	p-valor
Precipitação	0,0050	<0,001
Temperatura	0,0193	<0,001
Dias até colheita	~0	0,958

Fonte: Próprio autor.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam que o tipo de solo, isoladamente, não apresenta influência significativa sobre a produtividade agrícola na base analisada. Por outro lado, a irrigação demonstrou impacto positivo significativo, evidenciando a importância do manejo hídrico. Além disso, as variáveis climáticas, especialmente a precipitação, mostraram-se determinantes para explicar a variabilidade da produtividade. Dessa forma, conclui-se

que a gestão da disponibilidade hídrica é um fator estratégico para a maximização do rendimento agrícola, sendo recomendada a priorização de práticas relacionadas ao uso eficiente da água.

REFERÊNCIAS

ZHANG, C.; KOVACS, J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, v. 13, n. 6, p. 693–712, 2012.

SAMPAIO, I.; MAGALHÃES, M. N. *Noções de Estatística Aplicadas à Agricultura*. São Paulo: Editora Agronômica, 2018.

Lemi, Tamiru. (2019). Effects of Climate Change Variability on Agricultural Productivity. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*. 17. 10.19080/IJESNR.2019.17.555953.

EMBRAPA. *Agricultura de precisão: adoção, desafios e perspectivas no Brasil*. Brasília: Embrapa, 2022.

Synthetic Agricultural Crop Yield Dataset. Kaggle, 2023. Disponível em: <https://www.kaggle.com/datasets/iottech/agricultural-crop-yield-synthetic>. Acesso em: 06 dez. 2025.