

ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICO-HÍDRICOS EM ÁREA DE ARROZ IRRIGADO VIA PIVÔ CENTRAL¹

Ana Júlia Gomides Couto de Deus²; Felipe Corrêa Veloso dos Santos³

RESUMO: A cultura do arroz é uma opção de rotação de culturas em área de pivô central, considerando os benefícios diretos sob o solo e indiretos no manejo de pragas e doenças às culturas sucessoras. Por este motivo, o objetivo desse trabalho foi avaliar a composição química e física do solo, e o manejo hídrico em área de pivô central no município de Itaberaí (GO). Foram analisados atributos químicos do solo antes e após o cultivo, a uniformidade da lâmina aplicada e a taxa de infiltração de água em duas áreas do pivô e variáveis produtivas, como massa de mil grãos (MMG) e produtividade (kg ha⁻¹). O experimento foi conduzido em uma área total de 52 hectares irrigada por pivô central. Para a execução das avaliações, o pivô foi dividido em duas áreas, correspondentes à parte superior e à parte inferior da área irrigada. Os resultados da análise química quando comparados antes e depois da instalação do experimento, foram matematicamente maiores para alguns elementos químicos, tais como: cálcio (Ca); magnésio (Mg) e potássio (K), além do teor de matéria orgânica (MO). A infiltração apresentou maior variabilidade na Área 01 e comportamento mais uniforme na Área 02, refletindo diferenças estruturais do solo. A uniformidade global foi classificada como excelente pelo CUC (91,37%), embora o CUD/CUE (62,51%) tenha revelado setores deficitários. A MMG apresentou média de 25,67 g, dentro da faixa esperada para o arroz irrigado, porém a produtividade (3.000 kg ha⁻¹) ficou abaixo das médias nacionais para sistemas irrigados, demonstrando influência de limitações estruturais e operacionais do manejo hídrico. Conclui-se que ajustes no pivô e intervenções pontuais no solo podem elevar a eficiência da irrigação e o desempenho produtivo.

Palavras-chave: *Oryza sativa*; manejo da irrigação; orizicultura.

ABSTRACT: Rice cultivation is an option for crop rotation in central pivot areas, considering its direct benefits to the soil and indirect benefits for pest and disease management in subsequent crops. For this reason, the objective of this study was to evaluate the chemical and physical composition of the soil and water management in a central pivot area in the municipality of Itaberaí (GO). Chemical soil attributes were analyzed before and after cultivation, along with the uniformity of the applied water depth, the water infiltration rate in two pivot areas, and productive variables such as thousand-grain weight (TGW) and yield (kg ha⁻¹). The experiment was conducted in a total area of 52 hectares irrigated by a central pivot. For the evaluations, the pivot was divided into two areas corresponding to the upper and lower parts of the irrigated field. The results of the chemical analysis, when compared before and after the experiment, were mathematically higher for some chemical elements, such as calcium (Ca), magnesium (Mg), and potassium (K), in addition to organic matter (OM) content. Infiltration showed greater variability in Area 01 and a more uniform pattern in Area 02, reflecting structural differences in the soil. Overall uniformity was classified as excellent by the CUC (91.37%), although the CUD/CUE (62.51%) revealed deficient sectors. The TGW averaged 25.67 g,

¹ Trabalho de Conclusão de Curso como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Agronomia apresentado à Escola Politécnica e de Artes. Pontifícia Universidade Católica de Goiás

² Graduanda em Agronomia, Escola Politécnica e de Artes. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. E-mail: anajuliagcd@gmail.com

³ Professor Orientador. Escola Politécnica e de Artes. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Email: felipesantos@pugoiias.edu.br

within the expected range for irrigated rice; however, yield ($3,000 \text{ kg ha}^{-1}$) was below national averages for irrigated systems, demonstrating the influence of structural and operational limitations in water management. It is concluded that adjustments to the pivot and targeted soil interventions can improve irrigation efficiency and productive performance.

Keywords: *Oryza sativa*; irrigation management; rice cultivation.

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) é um alimento essencial para mais da metade da população mundial, sendo cultivado há cerca de 7.000 anos na China (Fageria, 2001). Ele se espalhou da Ásia para o Oriente Médio, África e Europa — especialmente durante a presença árabe na Península Ibérica — chegando às Américas no século XVI com os colonizadores europeus (Embrapa, 2022). No Brasil, inicialmente cultivado de forma rudimentar, o arroz foi associado a plantações de subsistência nos engenhos de açúcar e pequenas propriedades (CONAB, 2015).

Com o tempo, a rizicultura brasileira se adaptou bem às condições climáticas, principalmente no Sul e Sudeste, tornando-se uma atividade agrícola de grande relevância econômica (IBGE, 2023). O arroz irrigado predomina no Sul, enquanto o arroz de sequeiro é mais comum no Centro-Oeste e Nordeste, com cultivares específicas como a BRS A502 (Embrapa, 2023). O país se destaca globalmente como um dos principais produtores de arroz, graças ao investimento em tecnologias agrícolas e variedades de sementes melhoradas (SISTEMA FAEG, 2023).

No estado de Goiás, a rizicultura passou por uma significativa redução na área cultivada entre 2005/2006 e 2014/2015, caindo de 111,2 mil hectares para 31,7 mil hectares, acompanhada de uma queda de 45,56% na produção (CONAB, 2015). Essa retração foi causada principalmente por riscos econômicos e menor competitividade. Entretanto, há sinais de recuperação: para a safra 2023/2024, projeta-se um crescimento de 55% na produção, alcançando 126,5 mil toneladas (SISTEMA FAEG SENAR, 2023).

O ciclo do arroz em Goiás varia de acordo com a cultivar e as condições de cultivo. Cultivares irrigadas têm ciclo de 100 a 140 dias, enquanto as de sequeiro variam entre 110 e 155 dias (Embrapa, 2022). O arroz é frequentemente cultivado em rotação de culturas, aproveitando pivôs centrais e baixa exigência de insumos (SISTEMA FAEG SENAR, 2023). Entre as principais variedades cultivadas em Goiás estão: BRS A502 (arroz de sequeiro, ciclo médio e alta produtividade); BRS A704 (arroz irrigado, alta produtividade e boa qualidade de

grãos); BRS A705 (arroz irrigado, ciclo precoce); Araguaia (arroz de sequeiro, ciclo médio de 102 dias e resistência à brusone) (Embrapa, 2006; Embrapa, 2022; Embrapa, 2023).

Assim, a cultura do arroz permanece relevante em Goiás, sendo impulsionada por novas tecnologias, manejo adequado e variedades adaptadas, reforçando a importância do cereal na economia agrícola e na segurança alimentar do estado.

A escolha deste tema se justifica pela relevância do arroz de terras altas como uma das culturas mais importantes para a segurança alimentar e para a economia agrícola no Cerrado goiano. O manejo adequado da irrigação desempenha um papel estratégico, pois influencia diretamente a produtividade, a qualidade dos grãos e a sustentabilidade da produção. Além disso, considerando os desafios climáticos da região e a necessidade de otimizar o uso dos recursos hídricos, é fundamental buscar soluções que melhorem a eficiência da irrigação, evitando desperdícios e reduzindo custos para os produtores. Este trabalho pretende preencher lacunas de conhecimento sobre o tema, oferecendo orientações práticas e técnicas que possam ser aplicadas por agricultores, técnicos e órgãos públicos no planejamento e na condução das lavouras. Ao promover práticas agrícolas mais responsáveis e sustentáveis, espera-se contribuir para o fortalecimento da agricultura regional, assegurando o uso racional da água e a preservação ambiental, sem comprometer a rentabilidade e a competitividade do setor.

Sendo assim, neste trabalho procurou-se avaliar a composição química e física do solo e o manejo hídrico em área de pivô central de cultivo com a cultura do arroz. Analisar o manejo de irrigação, avaliando a quantidade e a frequência da lâmina aplicada e sua adequação às necessidades da cultura. Verificar a uniformidade da distribuição de água pelo sistema de irrigação, identificando possíveis falhas ou irregularidades para propor melhorias, e avaliar a massa de 1000 grãos e a produtividade, relacionando-as com a lâmina de irrigação aplicada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local do estudo e coleta de dados

A fazenda utilizada para a realização do estudo se localiza no município de Itaberaí, localizado na região Centro Goiana e apresenta características climáticas típicas do Cerrado brasileiro (CLIMATEMPO, 2025). As temperaturas médias mensais variam entre 16 °C e 21 °C nas mínimas, e entre 27 °C e 32 °C nas máximas. A média anual de precipitação em Itaberaí é de aproximadamente 1.500 mm, sendo que cerca de 90% desse volume ocorre durante o período chuvoso. Durante a estação seca (maio a setembro), os volumes de chuva representam menos de 2% do total anual, o que caracteriza um regime climático bem definido (Cunha *et al.*, 2015).

Em relação à altitude, Itaberaí situa-se a cerca de 650 metros acima do nível do mar (MDBF, 2025). O relevo é formado por planaltos e serras, como a Serra das Lages e a Serra da Fazendinha, que contribuem para variações microclimáticas locais, influenciando a temperatura e a umidade do ar. A área rural da fazenda que foi utilizada no plantio da cultura do arroz possui 52 hectares, totalmente irrigada por pivô central.

O experimento foi conduzido em uma área total de 52 hectares irrigada por pivô central. Para a execução das avaliações, o pivô foi dividido em duas áreas, correspondentes à parte superior e à parte inferior da área irrigada. A divisão foi adotada com o objetivo de comparar possíveis variações na infiltração e na distribuição da lâmina de irrigação ao longo do equipamento, considerando o tempo disponível para a coleta de dados.

A análise de solo foi realizada em dois momentos: antes do plantio e após a colheita, nas duas áreas avaliadas (Área 01 e Área 02). As amostras foram coletadas na camada de 0-20 cm, utilizando trado holandês, seguindo a metodologia recomendada pela Embrapa (2011). A coleta de solos consistiu em uma amostragem composta a partir de 20 amostras simples (Embrapa, 2011; Teixeira *et al.*, 2017). A partir destas amostras, foram determinados os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), potássio trocável (K, cmol/dm³), potássio disponível (K, mg/dm³), fósforo (P, método Melich), zinco (Zn), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), relação Ca/Mg, além de matéria orgânica (MO), carbono e pH em CaCl₂ (Teixeira *et al.*, 2017).

A infiltração foi determinada com o uso do infiltrômetro de anéis concêntricos conforme descrito em (Mantovani; Bernardo; Palaretti, 2012). Em cada área foi realizado um ensaio em ponto que fosse representativo. Assumiu como representante local a declividade média da área, a coloração do solo, o teor de palhada.

Em cada ponto, o procedimento seguiu as recomendações descritas em (Mantovani; Bernardo; Palaretti, 2012), considerando como critério para finalização do ensaio a obtenção de pelo menos três leituras iguais consecutivas para a estimativa da taxa estável de infiltração. A variação máxima da carga hidráulica foi de 10% da lâmina de água. As leituras foram realizadas com a precisão de 0,1 cm e 0,5 s.

A uniformidade da lâmina de irrigação foi avaliada por meio do teste padrão de uniformidade. Adotaram-se os procedimentos descritos em (Keller & Bliesner, 1990; Mantovani; Bernardo; Palaretti, 2012), com uso do kit de coletores da Fabrimar® com o espaçamento regular de 3 m entre os coletores. A leitura da lâmina foi realizada com a precisão de 0,1 mm.

2.2 Análise de dados

Os dados foram organizados, tratados e analisados inicialmente para análise descritiva. No ensaio de infiltração de água no solo, os modelos de regressão foram submetidos ao teste de hipótese para cada coeficiente conforme descrito por Montgomery & Runger (2021). A análise da uniformidade da lâmina de irrigação foi estimada a partir dos testes do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e do Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) conforme descrito por Mantovani, Bernardo e Palaretti (2012).

3. RESULTADOS

A comparação entre os valores obtidos antes do plantio e após a colheita indica uma elevação nos teores de alguns elementos químicos do solo nas duas áreas avaliadas, conforme tabela 1. Observou-se aumento nos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), redução da acidez potencial (H^+Al) e um leve aumento do pH em $CaCl_2$, indicando diminuição da acidez e aprimoramento na disponibilidade de nutrientes. A matéria orgânica também apresentou incremento em ambas as áreas, sugerindo maior aporte de resíduos vegetais e possível aprimoramento na estrutura do solo ao longo do ciclo (Quadro 01).

Outro ponto relevante é o comportamento do potássio (K), avaliado em duas formas: K trocável ($cmol/dm^3$) e K extraído (mg/dm^3). O K trocável representa o potássio absorvido pelos coloides do solo e disponível para troca iônica com as raízes, enquanto o K em mg/dm^3 corresponde ao teor extraído quimicamente, utilizado como referência nas tabelas de recomendação de adubação. Em ambas as áreas, foi verificado aumento nos dois parâmetros, indicando uma reposição parcial do nutriente no solo ao longo do cultivo irrigado. Na Área 01, o K trocável passou de 0,09 para 0,10 $cmol/dm^3$, enquanto o K extraído aumentou de 27,0 para 31,6 mg/dm^3 . Na Área 02, o K trocável passou de 0,10 para 0,12 $cmol/dm^3$, e o K extraído elevou-se de 52,0 para 58,1 mg/dm^3 (Quadro 01).

Quadro 01 – Caracterização química do solo antes e depois do cultivo de arroz irrigado via pivô central em Itaberaí-GO.

Caracterização química do solo com cultivo de arroz irrigado via pivô					
		Área 01		Área 02	
Atributos	Unidade	Antes	Depois	Antes	Depois
Ca	cmol/dm ³	2,4	2,8	2,5	2,7
Mg	cmol/dm ³	1,1	1,3	1	1,1
Al	cmol/dm ³	0	0	0	0
H+Al	cmol/dm ³	3,4	3,2	3,5	3,2
K	cmol/dm ³	0,9	0,1	0,1	0,12
K	mg/dm ³	36,1	39,6	39,6	46,6
P (Melich)	mg/dm ³	27,0*	31,6*	52,0*	58,1*
Zn	mg/dm ³	2,8	3,1	6,5	7,1
CTC	cmol/dm ³	7,1	7,4	6,09	7,12
Sat. Bases	%	53%	56,76%	51%	55,06%
Ca/Mg	cmol/dm ³	2	2,15	2,2	2,45
Ca/CTC	%	35,50%	37,84%	35,80%	37,92%
Mg/CTC	%	16,80%	17,57%	15%	15,45%
K/CTC	%	1,20%	1,35%	1,50%	1,69%
H+Al/CTC	%	46%	43,24%	48%	44,94%
Mat. Org.	g/dm ³	24	26	23	25
Carbono	g/dm ³	14	15,08	13,7	14,5
Ph CaCl ₂		4,9	5,1	4,8	5,1

De maneira geral, os resultados mostram que o cultivo do arroz irrigado contribuiu para melhorar a fertilidade do solo, especialmente em relação ao aumento dos cátions básicos (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺), à redução relativa da acidez e ao acréscimo nos valores de matéria orgânica. Essas alterações são importantes para a manutenção da capacidade produtiva da área e reforçam o impacto positivo do manejo adotado durante o ciclo da cultura.

Os resultados dos ensaios de infiltração de água no solo realizados nas Áreas 01 e 02 do pivô central são apresentados a seguir, juntamente com os gráficos, o tratamento dos dados e os ajustes dos modelos estatísticos. Para cada área, foram construídos dois gráficos: um contendo todos os dados brutos coletados durante o ensaio e outro contendo apenas os dados tratados, após a remoção de valores discrepantes. A apresentação desses dois gráficos é importante, pois os ensaios com infiltrômetro de duplo anel costumam apresentar elevada sensibilidade nas leituras iniciais, o que gera oscilações e pontos atípicos (outliers) que não representam adequadamente o comportamento físico real da infiltração. Assim, para garantir a

qualidade das análises e permitir o ajuste correto dos modelos matemáticos, foi realizada uma limpeza dos dados, mantendo-se apenas os valores consistentes com a dinâmica natural da infiltração.

A seguir, são apresentados os gráficos referentes à Área 01. O primeiro gráfico corresponde aos dados brutos, onde é possível observar grande variação inicial e forte dispersão dos pontos. Esse comportamento é característico de solos com maior heterogeneidade estrutural e da instabilidade comum nas primeiras leituras do ensaio. O segundo gráfico apresenta os dados tratados, já sem os outliers, evidenciando de forma clara a redução progressiva da taxa infiltrativa ao longo do tempo.

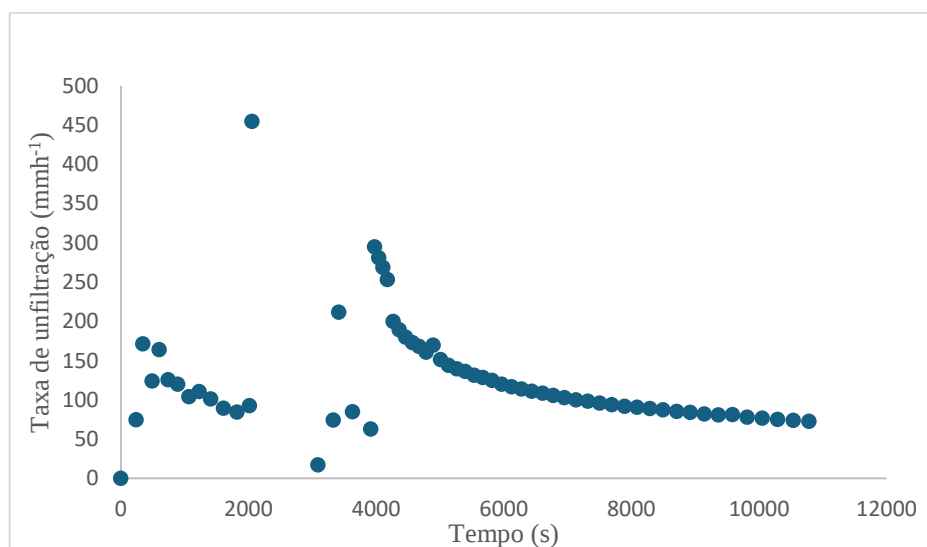


Figura 01. Taxa de infiltração com dados brutos (Área 01). Fonte: do autor

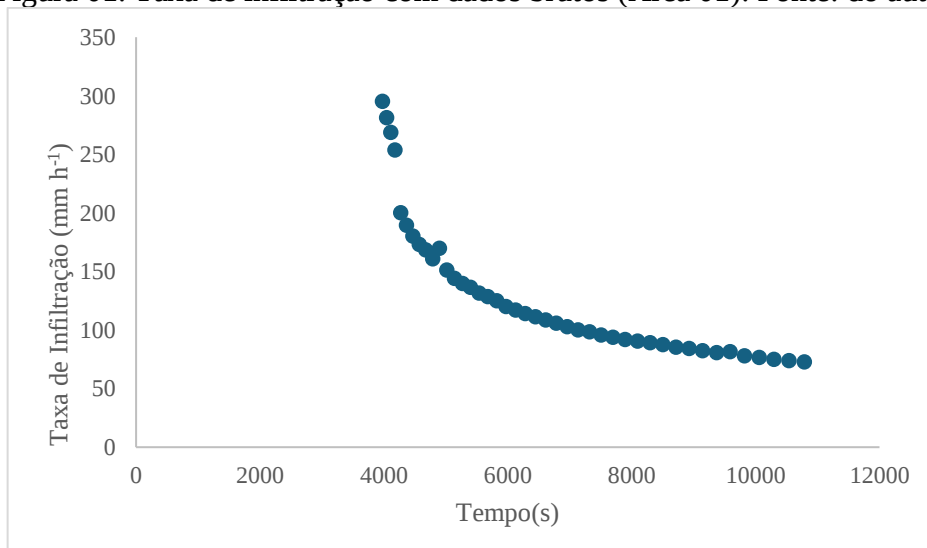


Figura 02. Taxa de infiltração com dados tratados (Área 01). Fonte: do autor

Na Área 02, observa-se comportamento distinto. O gráfico com os dados brutos revela menor dispersão e maior uniformidade das leituras, indicando que esta área possui condições físicas mais homogêneas. Após a limpeza dos dados, o gráfico com os valores tratados apresenta uma curva suavizada e bem definida, com redução inicial acentuada seguida de estabilização da infiltração, comportamento clássico descrito em literatura para solos com melhor estrutura e continuidade de macroporos.

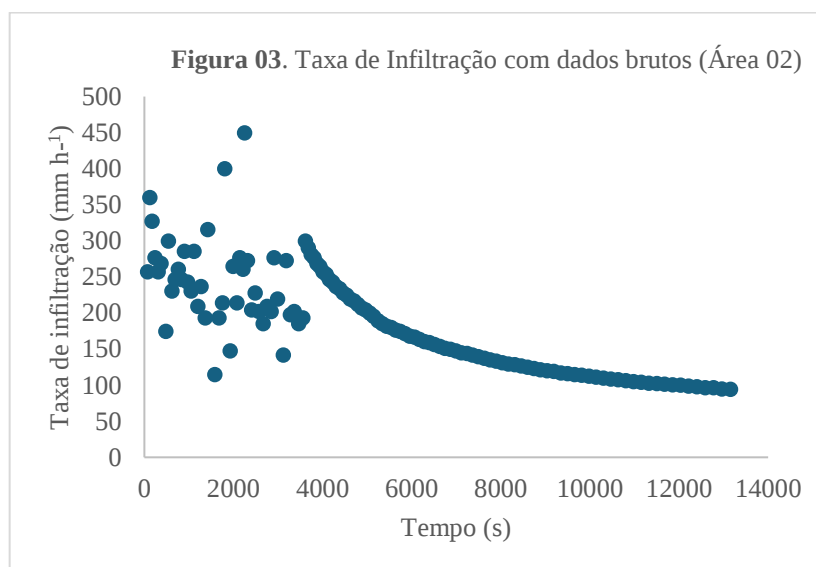


Figura 03. Taxa de infiltração com dados brutos (Área 02). Fonte: do autor

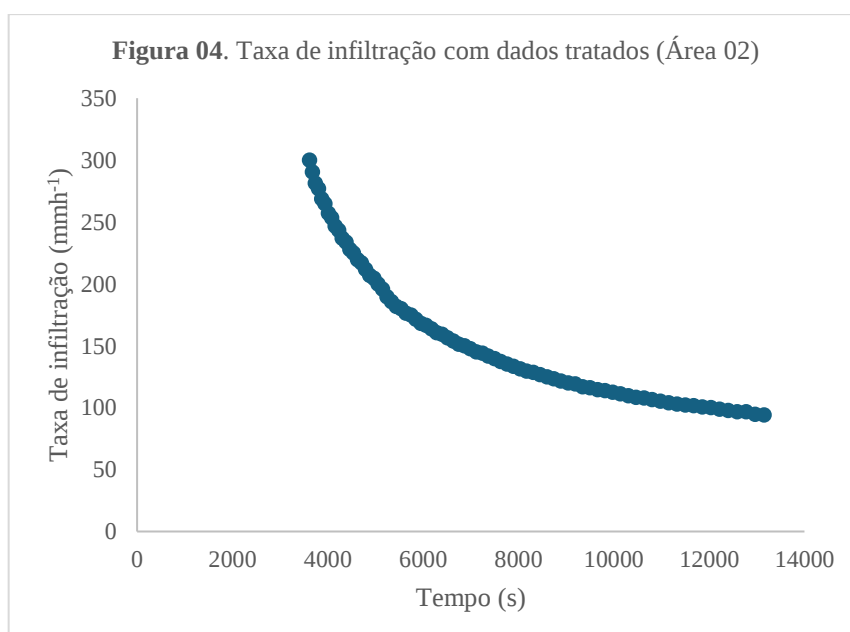


Figura 04. Taxa de infiltração com dados brutos (Área 02). Fonte: do autor

Todos os ajustes foram realizados exclusivamente com os dados limpos dos gráficos tratados de cada área, pois esses valores representam com maior precisão o processo de infiltração. A Tabela 01 apresenta os modelos de regressão testados, incluindo os modelos lineares, polinomiais de 2º grau, logarítmicos e potenciais, bem como suas respectivas funções, coeficientes de determinação (R^2) e p-valores dos parâmetros. Os resultados demonstram que o modelo linear não representa adequadamente o comportamento infiltrativo, especialmente na Área 01, onde o R^2 foi inferior a 0,70. Por outro lado, os modelos polinomiais de 2º grau e, principalmente, o modelo potencial apresentaram os melhores desempenhos, com coeficientes de determinação superiores a 0,92 na Área 01 e ultrapassando 0,97 na Área 02.

Tabela 01 – Modelos de regressão ajustados aos dados tratados de infiltração nas Áreas 01 e 02, com respectivas funções, coeficientes de determinação (R^2) e p-valores dos parâmetros

Área	Função	R^2	P-valor			
			Intercepto	X	X^2	$\ln(X)$
1	$\hat{Y} = 288.93 - 0.02341 \cdot X$	0,694	5.06e-20	4.20e-12		
2	$\hat{Y} = 299.79 - 0.01835 \cdot X$	0,836	4.92e-52	3.79e-31		
1	$\hat{Y} = 603.82 - 0.11968 \cdot X + 0.00000673 \cdot X^2$	0,878	2.38e-17	7.13e-12	2.87e-30	
2	$\hat{Y} = 469.98 - 0.06659 \cdot X + 0.000003 \cdot X^2$	0,972	1.42e-58	5.87e-39	2.87e-30	
1	$\hat{Y} = 1602.34 - 167.75 \cdot \ln(X)$	0,787	1.49e-16			2.41e-15
2	$\hat{Y} = 1423.42 - 142.49 \cdot \ln(X)$	0,935	7.42e-50			3.39e-46
1	$\hat{Y} = 6.09 \times 10^7 \cdot X^{-1.50035}$	0,894	—			—
2	$\hat{Y} = 555686.44 \cdot X^{-0.92684}$	0,988	—			—

Obs: -Tende a zero.

A interpretação conjunta das figuras e dos modelos evidencia diferenças marcantes entre as duas áreas analisadas. Na Área 01, a alta variabilidade dos dados brutos e o baixo ajuste dos modelos polinomiais de ordem superior indicam maior heterogeneidade estrutural e possível compactação superficial, resultando em comportamento infiltrativo menos previsível. O modelo potencial, embora apresente bom desempenho após a limpeza dos dados, ainda apresentou valores de R^2 inferiores aos observados na Área 02. Isso reforça a interpretação de que a Área 01 possui condições físicas mais limitantes ao fluxo de água no solo.

Já a Área 02 apresentou comportamento significativamente mais uniforme, com menor dispersão dos dados brutos e excelentes ajustes dos modelos estatísticos após a filtragem. Os modelos polinomial e potencial apresentaram coeficientes de determinação elevados ($R^2 = 0,9722$ e $R^2 = 0,9879$, respectivamente), evidenciando que a infiltração nesta área ocorre de forma mais homogênea e previsível. A curva tratada mostra claramente a dinâmica típica da

infiltração, com redução abrupta inicial seguida de estabilização, indicando boa continuidade de poros e menor resistência à entrada de água no solo.

A avaliação da distribuição da lâmina de irrigação do pivô apresentou valores médios de 13,60 mm, com desvio padrão de 1,54 mm e coeficiente de variação de 11,33%, indicando uma variabilidade considerada aceitável para sistemas de irrigação pressurizados, já que valores de CV inferiores a 12% são classificados como adequados segundo Mantovani, Bernardo e Palaretti (2012) (Tabela 02). O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) encontrado foi de 91,37%, o que se enquadra na categoria “excelente” conforme a norma ASABE EP458 (ASABE, 2011), que recomenda valores acima de 85% para pivôs em bom estado operacional. Por outro lado, os valores do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD = 62,51%) e do Distribution Uniformity (DU = 62,51%) ficaram abaixo do recomendado pela literatura, que estabelece como adequados valores acima de 70% (Keller; Bliesner, 1990), sugerindo a presença de regiões do setor molhado com menor recebimento de lâmina e possível necessidade de ajustes nos bocais ou na pressão de operação. Assim, embora o sistema tenha demonstrado boa uniformidade geral, a baixa eficiência local captada pelo CUD/DU evidencia pontos deficitários que podem comprometer a reposição hídrica uniforme no solo, especialmente em culturas sensíveis como o arroz irrigado.

Tabela 02. Indicadores de uniformidade da irrigação por pivô central

Indicador	Valor
Média	13,6
Desvio Padrão	1,54
Coeficiente de Variação (%)	11,33
CUC (%)	91,37
CUD (%)	62,51
CUE (%)	62,51

A massa de 1000 grãos foi determinada pela pesagem de três repetições de 1000 grãos inteiros e secos, utilizando balança de precisão com resolução de 0,01 g. Os valores médios foram expressos em gramas, conforme metodologia proposta por Embrapa (2011).

A partir desses dados, obteve-se MMG média de 25,67 g, com desvio padrão de 0,58 g, o que indica baixa variabilidade entre as repetições e boa homogeneidade das amostras (Tabela 04). Valores de MMG nessa faixa são compatíveis com os normalmente observados para cultivares de arroz irrigado de grãos longos finos, que em geral apresentam massa de mil grãos

entre aproximadamente 23 e 30 g, a depender da cultivar e das condições de manejo (Embrapa, 2018; Streck *et al.*, 2018).

A produtividade obtida na área experimental foi de 3.000 kg ha⁻¹, valor considerado abaixo das médias reportadas para o arroz irrigado no Brasil. De acordo com a Embrapa, a produtividade média nacional considerando todos os sistemas de cultivo é de 6.569 kg ha⁻¹, enquanto lavouras conduzidas exclusivamente sob irrigação por inundação ou pivô central frequentemente superam 8.000 kg ha⁻¹ (Embrapa, 2025a; Embrapa, 2025b). Estimativas da Conab para a safra 2024/25 indicam produtividade média nacional próxima de 7.052 kg ha⁻¹, resultado do desempenho combinado de áreas irrigadas e de sequeiro (CONAB, 2025). Em condições experimentais, estudos recentes da Embrapa no Tocantins têm registrado produtividades variando entre 8.000 e 10.000 kg ha⁻¹, especialmente em cultivares modernas adaptadas a ambientes irrigados (Colombari Filho *et al.*, 2025).

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos neste estudo permitem compreender de forma integrada os efeitos do manejo de irrigação, das propriedades físico-hídricas do solo e do desempenho produtivo da cultura do arroz no ambiente de Cerrado. A análise de solo revelou melhora significativa na fertilidade após o cultivo, especialmente no aumento dos teores de Ca, Mg e K, na elevação da matéria orgânica e na discreta redução da acidez potencial, tanto na Área 01 quanto na Área 02. Esses resultados sugerem que o cultivo do arroz, aliado ao manejo de irrigação, contribuiu para a melhoria físico-química do solo, possivelmente devido ao aporte de resíduos culturais e à maior movimentação de água no perfil, o que favorece a redistribuição e disponibilidade de nutrientes. Estudos da Embrapa (2018) mostram que áreas irrigadas apresentam maior tendência de estabilização química do solo, especialmente quando associadas a práticas adequadas de manejo.

A infiltração apresentou comportamentos contrastantes entre as duas áreas avaliadas. A Área 01 mostrou elevada variabilidade nos dados brutos, indicando heterogeneidade estrutural do solo, presença de micro relevo ou possíveis zonas de compactação superficial. Mesmo após a limpeza dos dados, os modelos de regressão exibiram menor qualidade de ajuste em comparação à Área 02, sugerindo um processo infiltrativo menos eficiente e mais irregular. Já a Área 02 apresentou maior estabilidade nas leituras e excelente desempenho dos modelos potenciais e polinomiais de 2º grau, com R² superiores a 0,97, refletindo condições físicas mais

favoráveis ao avanço da lâmina de água no solo. Esse comportamento está alinhado à literatura, que aponta que solos com maior continuidade de macroporos apresentam estabilização mais rápida das taxas de infiltração (Keller; Bliesner, 1990).

Os resultados de uniformidade da irrigação demonstraram CUC de 91,37%, classificado como “excelente” pela ASABE (2011), evidenciando que o sistema está bem regulado na sua uniformidade global. Contudo, os valores de CUD e CUE (62,51%) ficaram abaixo do recomendado, indicando que existem setores do pivô com déficit hídrico, possivelmente próximos à extremidade, onde as pressões operacionais tendem a ser menores ou onde pode haver entupimento de bocais. Essa discrepância entre CUC e CUD é comum em pivôs centrais e pode afetar diretamente a produtividade, uma vez que pequenas áreas deficitárias impactam o desempenho das plantas mais sensíveis ao estresse hídrico, como o arroz irrigado.

A massa de mil grãos (MMG) apresentou média de 25,67 g, valor considerado adequado para cultivares de arroz de grãos longos e compatível com faixas relatadas pela Embrapa (entre 23 e 30 g), indicando que o enchimento de grãos ocorreu de maneira satisfatória e sem limitações severas relacionadas ao manejo de água ou nutrientes. A baixa variabilidade observada entre as repetições reforça que a qualidade dos grãos foi uniforme, não havendo indícios de falhas generalizadas no fornecimento hídrico durante a fase reprodutiva.

Apesar disso, a produtividade obtida (3.000 kg ha^{-1}) foi inferior às médias nacionais e às médias de sistemas irrigados, que ultrapassam frequentemente 8.000 kg ha^{-1} segundo a Embrapa (2025b) e a Conab (2025). Essa diferença pode ser explicada por três fatores principais: (I) a baixa uniformidade local identificada pelo CUD/CUE, que pode ter limitado o desenvolvimento em setores específicos do pivô; (II) a variabilidade infiltrativa da Área 01, sugerindo condições físicas menos favoráveis à redistribuição da água no solo; e (III) possíveis limitações no manejo agrônômico prévio, como fertilização inicial, escolha da cultivar e datas de plantio. Estudos recentes no Tocantins registram produtividades acima de 9.000 kg ha^{-1} em ambientes irrigados bem manejados (Colombari Filho *et al.*, 2025), reforçando que o desempenho abaixo do esperado neste estudo está associado a limitações estruturais e operacionais.

De forma geral, a integração dos resultados mostra que, embora o sistema apresente boa uniformidade global e a cultura tenha atingido níveis adequados de MMG, a produtividade final foi comprometida por falhas locais na distribuição de água e pela variabilidade das condições físico-hídricas do solo. Assim, ajustes na calibração do pivô e intervenções como

descompactação localizada ou correção de áreas críticas podem melhorar significativamente o desempenho da lavoura.

5. CONCLUSÕES

O sistema de irrigação por pivô central apresentou excelente uniformidade global da lâmina aplicada, conforme indicado pelo elevado valor do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC > 90%).

Os coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD e CUE) revelaram a existência de déficits hídricos localizados, indicando a necessidade de ajustes operacionais no sistema. A

A melhoria química do solo, com incremento de Ca, Mg, K e matéria orgânica e redução da acidez potencial, confirma os benefícios do cultivo irrigado.

A produtividade obtida (3.000 kg ha^{-1}) ficou aquém das médias nacionais para sistemas irrigados.

REFERÊNCIAS

- ASABE – American Society of Agricultural and Biological Engineers. ASABE EP458: Field evaluation of microirrigation systems. St. Joseph, 2011.
- BARTHOLOMÉ, J.; PRAKASH, P. T.; COBB, J. N. Genomic prediction: progress and perspectives for rice improvement. arXiv preprint, arXiv:2109.14781, 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2109.14781>. Acesso em: 2 jun. 2025.
- CHEN, Z. et al. African rice cultivation linked to rising methane. arXiv preprint, arXiv:2307.11232, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2307.11232>. Acesso em: 2 jun. 2025.
- COLOMBARI FILHO, J. M. et al. Desempenho agrônômico de cultivares de arroz irrigado no Tocantins entre as safras 2021/22 e 2023/24. Palmas: Embrapa Arroz e Feijão, 2025. (Circular Técnica, 95).
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 2, Safra 2014/15, n. 12. Brasília, DF, 2015.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2024/25, 10º levantamento – arroz. Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 20 nov. 2025.

CUNHA, G. R. et al. Zoneamento agroclimático do arroz de terras altas no Brasil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2015.

DESAI, R. Cultural dynamics and significance of rice. ResearchGate, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/388515014_Cultural_dynamics_and_significance_of_rice. Acesso em: 2 jun. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Arroz: manejo de pragas e doenças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de análises químicas de solo, planta e fertilizantes. Brasília, DF: Embrapa, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Cultivares de arroz para o Brasil. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/arroz-e-feijao/cultivares-de-arroz>. Acesso em: 15 maio 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Cultivares de arroz irrigado e de sequeiro. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/arroz-e-feijao/cultivares>. Acesso em: 15 maio 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Cultivo de arroz irrigado no Brasil. 2. ed. Brasília, DF, 2018. (Sistemas de Produção, 3).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Arroz – estatística de produção. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2025a. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 20 nov. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Cultivo de arroz irrigado – aspectos produtivos. Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2025b. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 20 nov. 2025.

FAGERIA, N. K. Nutrient management for sustainable rice production in Brazil. *Journal of Plant Nutrition*, v. 24, n. 4–5, p. 725–749, 2001.

GUNTUKU, S. C. et al. Historical patterns of rice farming explain modern-day language use in China and Japan more than modernization and urbanization. *arXiv preprint*, arXiv:2308.15352, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2308.15352>. Acesso em: 2 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 maio 2024.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. *Sprinkler and trickle irrigation*. New York: Springer, 1990.

LOU, H. et al. Engineering source-sink relations by prime editing confers heat-stress resilience in tomato and rice. *Cell*, v. 188, n. 2, p. 530–549.e20, 2025. DOI: 10.1016/j.cell.2024.11.005.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. 9. ed. Viçosa: UFV, 2012.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. Tradução e revisão técnica de Verônica Calado. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021. 417p.

SISTEMA FAEG SENAR. Estimativa de safra de grãos em Goiás 2023/2024. 2023.

Disponível em: <https://www.faeg.com.br/noticias/estimativa-de-safra-de-graos-em-goias-2023-2024>. Acesso em: 15 maio 2024.

STRECK, E. A. et al. Manejo de cultivares de arroz irrigado no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, n. 5, p. 337–344, 2018.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* (Editores técnicos). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p

ZHANG, J. et al. Rice's trajectory from wild to domesticated in East Asia. *Science*, v. 384, n. 6698, p. 901–906, 2024. DOI: 10.1126/science.ade4487.

ZHANG, Y. et al. Understanding global rice trade flows: network evolution and policy implications. *PLOS ONE*, v. 18, n. 9, e0288664, 2023. DOI: 10.1371/journal.pone.0288664.