

## Resposta fenológica da fase vegetativa do milho crioulo irrigado com efluente tratado de abatedouro de bovinos

A escassez mundial de água no cenário contemporâneo tem motivado a busca por novas maneiras de economizar este recurso natural e neste contexto o reuso de efluentes tratados para irrigação tem sido uma delas. Diante disso, objetiva-se com o presente trabalho avaliar o desempenho fenológico da cultura do milho crioulo, irrigado com diferentes proporções de efluente de abatedouro de bovinos tratado. Para composição das diferentes proporções (0, 20, 40, 60, 80 e 100%) utilizou-se de água de poço artesiano misturada ao efluente tratado. O arranjo experimental foi feito em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com 6 tratamentos e 8 repetições totalizando 48 parcelas com uma linha de bordadura nos quatro lados da área experimental localizada no Campus II da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), cidade de Barra do Bugres. As variáveis analisadas das águas (poço e efluente) para irrigação foram: sólidos totais, pH, condutividade elétrica, nitrato, fosfato, cloretos, bicarbonato, cálcio, magnésio, sódio, potássio, e calculou-se a Razão de Adsorção de Sódio e Dureza em Graus Hidrotimétricos Franceses. Num período de 60 dias avaliaram-se as seguintes características fenológicas da cultura do milho: altura de planta, número de folhas e diâmetro de caule. Os dados fenológicos colhidos do experimento foram tabulados, organizados e submetidos ao teste normalidade e posteriormente ao teste estatístico apropriado para cada caso. Através de modelos estatísticos foram comparados os dados de desenvolvimento das plantas de cada tratamento com água residuária. Os resultados das análises da água revelaram que para a água do poço artesiano apenas a variável pH ficou abaixo da faixa ideal para irrigação e a concentração de sódio não foi quantificada o que inviabilizou o cálculo da Razão de Adsorção de Sódio. Já para o efluente, apenas potássio, magnésio e sólidos totais apresentaram concentração acima dos limites desejados para irrigação. Observaram-se diferenças significativas entre os tratamentos em relação aos dados fenológicos, que levam a concluir que a proporção de efluente na irrigação tem influência positiva no desempenho fenológico das plantas, sendo que a proporção que levou ao melhor resultado foi com 100% de efluente.

**Palavras-chave:** Águas residuárias; Reuso; Zea mays; Irrigação.

## Phenological response of the vegetative stage of creole corn irrigated with treated effluent from cattle slaughterhouse

The global shortages of water nowadays has motivated the search for new ways to save this natural resource and in this context the reuse of treated effluents for irrigation has been one of them. In view of this, the objective of the present work is to evaluate the phenological performance of the corn crop, irrigated with different proportions of treated cattle slaughterhouse effluent. Artesian well water mixed with treated effluent was used to compose the different proportions (0, 20, 40, 60, 80, and 100%). The experimental setup was done in Randomized Design with 6 treatments and 8 repetitions totaling 48 plots with a border line on all four sides of the experimental area located on Campus II of the Mato Grosso State University (UNEMAT), Barra do Bugres. The analyzed variables of irrigation water were: total solids, pH, electrical conductivity, nitrate, phosphate, chloride, bicarbonate, calcium, magnesium, sodium, potassium, Sodium Adsorption Ratio and Hardness in French Hydrotechnic Degrees. In a 60-day period, the following phenological characteristics of the corn crop were evaluated: plant height, number of leaves and stem diameter. The phenological data collected from the experiment were tabulated, organized and submitted to the normality test and later to the statistical test appropriate for each case. Through statistical models the plant development data of each treatment with wastewater were compared. The results of the water analysis revealed that for the artesian well water only the pH variable was below the ideal range for irrigation and the sodium concentration was not quantified, which made it impossible to calculate the Sodium Adsorption Ratio. For the effluent, only potassium, magnesium and total solids presented concentrations above the desired limits for irrigation. Significant differences were observed among the treatments in relation to phenological data, leading to the conclusion that the proportion of effluent in irrigation has a positive influence on the phenological performance of the plants, and the proportion that led to the best result was with 100% effluent.

**Keywords:** Wastewater; Reuse; Zea mays; irrigation.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **19/11/2021**

Approved: **20/12/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Sabrina Silva Alves 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2377320037287728>  
<http://orcid.org/0000-0002-6798-9517>  
[sabrinaalvesbbu@hotmail.com](mailto:sabrinaalvesbbu@hotmail.com)

Airton José Christ 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4433734542159910>  
<http://orcid.org/0000-0002-1574-1907>  
[airtonjosechrist@gmail.com](mailto:airtonjosechrist@gmail.com)

Acelmo de Jesus Brito 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7085829274426411>  
<http://orcid.org/0000-0001-6212-5093>  
[acelmo@unemat.br](mailto:acelmo@unemat.br)

Tadeu Miranda de Queiroz 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2582121765769124>  
<http://orcid.org/0000-0002-1959-7658>  
[tdmqueiroz@unemat.br](mailto:tdmqueiroz@unemat.br)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.012.0019

### Referencing this:

ALVES, S. S.; CHRIST, A. J.; BRITO, A. J.; QUEIROZ, T. M.. Resposta fenológica da fase vegetativa do milho crioulo irrigado com efluente tratado de abatedouro de bovinos. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.12, p.184-195, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.012.0019>

## INTRODUÇÃO

Atualmente o mundo sofre com a falta de água nos setores de abastecimento o que tem se agravado com o cenário cada vez mais evidente das mudanças climáticas, fatores esses que contribuem para o reuso de água como alternativa para driblar a escassez hídrica (LAVRNIĆ et al., 2017). Os autores ainda afirmam que, especialmente na agricultura, o uso de águas residuárias tem uma tendência positiva, já que contém nutrientes fundamentais para o desenvolvimento das plantas, podendo potencializar a produção de proteína, fibra e energia.

A reutilização de águas servidas na indústria e na agricultura vem se tornando uma necessidade no cenário atual, aplicando-se às diversas finalidades. O uso de efluentes para irrigação tem aumentado por vários fatores, inclusive de redução de custos com fertilizantes e sistemas para descarga de efluentes, bem como a preocupação com a escassez da água (HESPANHOL, 2002).

Para Almeida (2010), um desafio na irrigação é fazer com que haja usos adequados de água de diferentes fontes, sendo uma delas as lagoas de tratamento de efluente industrial. Há uma demanda de qualidade da água para irrigação, que dependem de variáveis químicas, físicas e biológicas. Esses, por sua vez, também dependerão das características do solo e da planta em que a água será aplicada.

No processo produtivo de abate de bovinos, todos os resíduos são destinados aos despejos industriais, sejam eles sólidos ou líquidos. Os efluentes líquidos possuem grande quantidade de nutrientes que satisfazem a demanda de diversas culturas (SCARASSATI, 2003; SANDRI, 2003).

Atualmente no Brasil, grande parte da produção de alimentos decorre de pequenos e médios produtores rurais, e entre as culturas mais comuns, está o cultivo do milho, que se destaca para o destino à alimentação, em especial, animal (NAVES et al., 2004).

São diversas as variedades desse cereal, e elas se dividem em basicamente dois grupos, sendo eles denominadas de comerciais e criolos. Para Ceccarelli (1994), as variedades do grupo de milhos criolos, mesmo não sendo as mais valorizadas no mercado, têm algumas vantagens, como resistência às pragas e doenças, menor custo de produção, entre outras.

Nascimento et al. (2020), ao estudar a aplicação de biofertilizante na cultura do milho como forma alternativa à adubação química constataram que essa é uma substituição positiva para ajudar a minimizar os impactos ambientais. As plantas que receberam o biofertilizante apresentaram altura, quantidade de matéria fresca e seca, maiores que as tratadas com os fertilizantes químicos.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho fenológico da cultura do milho crioulo, irrigado com diferentes proporções de efluente de abatedouro de bovinos tratado. Para composição das diferentes proporções (0, 20, 40, 60, 80 e 100%) utilizou-se de água de poço artesiano misturada ao efluente com a finalidade de verificar a hipótese de que há correlação positiva entre a proporção de água residuária e o desenvolvimento das plantas. Para isso, foram realizadas análises de qualidade das águas para irrigação, e análises fenológicas das plantas de milho, que por fim, possibilitou considerar a viabilidade do reuso dessa água para irrigação.

## METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no período de janeiro a fevereiro de 2019, em casa de vegetação/estufa de cobertura de filme transparente de 150 micras, de área 10x7 m<sup>2</sup>, tipo arco, com laterais abertas, sem uso de tela de sombreamento, com ventilação e iluminação natural. Sua finalidade para o experimento foi evitar interferências da chuva. Localizada no Campus II da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), cidade de Barra do Bugres/MT, 15°04'02.8"S e 57°10'28.5"W.

O arranjo experimento foi feito em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com seis tratamentos de irrigação e oito repetições, totalizando 48 parcelas (6 x 8). Os vasos foram dispostos em quatro linhas de doze vasos, tendo em contorno 36 vasos de bordadura. Utilizou-se de vasos de polietileno preto de 24,5 cm de diâmetro e com capacidade para 10 litros, nos quais se adicionou 9 kg de solo em cada unidade. As proporções de água residuária em cada um dos tratamentos foram de 0, 20, 40, 60, 80 e 100 onde a água de poço artesiano completou respectivamente as proporções de 100, 80, 60, 40, 20 e 0.

O efluente tratado utilizado foi coletado em uma das unidades de produção da empresa Naturafrig Alimentos, semanalmente. No local de saída da lagoa de tratamento do frigorífico, com a ajuda de uma motobomba, o efluente foi bombeado para um tambor de 200 litros e posteriormente transportado até o local do experimento onde permaneceu armazenado pelo período de 1 semana durante sua utilização. O poço utilizado para suprimento de água potável está localizado na área experimental a poucos metros da área de cultivo. Foi feita uma derivação na tubulação e instalação de torneira para facilitar a coleta dela no local da irrigação.

O solo utilizado na pesquisa passou por um processo de esterilização térmica natural, acondicionado em camada delgada sob lona plástica preta exposta ao sol, por 180 dias. Amostras desse solo, após esterilização, foram submetidas às análises químicas e físicas em laboratório especializado, cujos resultados, que se encontram na (Tabela 1), revelaram necessidade de adubação e calagem.

**Tabela 1:** Análises granulométrica e química do solo de preenchimento dos vasos utilizados no experimento.

Químicas								Físicas			
pH (H <sub>2</sub> O)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K cmolc dm <sup>-3</sup>	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O g dm <sup>-3</sup>	Areia g Kg <sup>-1</sup>	Silte	Argila
4,9	4,3	0,7	0,01	0,3	0,2	0,2	2,0	7	860	20	120

Para corrigir a fertilidade do solo de acordo com as necessidades exigidas pela cultura do milho aplicou-se em cada vaso 150 g de N.P.K. (nitrogênio, fósforo e potássio) na fórmula 4-14-8, e para corrigir a acidez aplicou-se 130 g de calcário dolomítico tipo filler. Feito isso, o solo foi acondicionado em vasos, na proporção de 09 quilos em cada um deles, deixando uma borda livre de aproximadamente 2 cm.

No preparo dos vasos também foram instalados drenos em 3 vasos de cada tratamento, os quais funcionaram como lisímetros de drenagem, o que possibilitou o balanço hídrico permitindo conhecer a evapotranspiração diária da cultura pela diferença entre o volume aplicado (VA) e o volume drenado (VD) e assim estimar a irrigação (VI) subsequente o que foi feito conforme Equação 1.

$$VI = (VA - VD) \times 1,20 \quad [1]$$

Na Equação 1, o coeficiente 1,20 foi utilizado para majorar a irrigação em 20% da

Evapotranspiração a fim de forçar a drenagem de uma pequena parcela de VI para se ter certeza de que as plantas não ficaram em situação de deficiência hídrica. Quando a majoração de 20% não foi suficiente para produzir volume drenado utilizou-se de uma majoração de 30%.

A média de evapotranspiração dos 3 vasos com drenos de controle (lisímetros) foi utilizada para cálculo da lâmina de irrigação a ser aplicada diariamente em todos os vasos de cada tratamento. Os vasos com drenos receberam uma camada de manta permeável à água, uma camada de brita nº1, outra camada de manta permeável e por fim o solo.

Em seguida cada vaso recebeu quatro sementes de milho variedade crioulo, que foram semeadas a 1,5 cm da superfície. Após o dia da semeadura, contado como dia zero, a cada Dia Após Semeadura (DAS) foi acompanhada a quantidade de sementes germinadas em cada vaso. Quando as plantas já estavam com 12 DAS, foi feito desbaste em todos os vasos, restando apenas uma planta em cada um deles, escolhida aquela que aparentava visualmente ter maior vigor.

O método de irrigação utilizado foi o de rega manual, através da aplicação direta no solo. Para definir o volume de água destinado a cada tratamento para o primeiro dia de irrigação, utilizou-se do resultado de porosidade total, a partir do qual foi possível calcular a quantidade de água necessária, relacionando a porosidade total com a umidade volumétrica de saturação. Do segundo dia em diante, a irrigação foi feita com base no balanço hídrico diário. Quando não se identificou volume drenado de algum tratamento à irrigação foi feita com o volume evapotranspirado + 20% e assim sucessivamente até se obter algum volume drenado.

As análises das águas de irrigação (poço e efluente) foram realizadas quinzenalmente no Laboratório de Qualidade de Água (LaQuA) da Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Barra do Bugres/MT. Para isso utilizou-se dos seguintes métodos: sólidos totais foram medidos através de análise por gravimetria; pH e condutividade elétrica com dispositivos eletrônicos de medição; nitrato e fosfato por espectrofotometria ultravioleta; cloretos, bicarbonato, cálcio e magnésio por titulação; sódio e potássio por fotometria de chama e a dureza, expressa em Graus Hidrotimétricos Franceses (GHF) foi estimada pelos valores de cálcio e magnésio e a Relação de Adsorção de Sódio (RAS) pela concentração do Sódio em relação às concentrações de Cálcio e Magnésio.

Para avaliar o desempenho fenológico das plantas foram coletadas três medidas de altura e contagem de folhas verdadeiras aos 20; 40 e 60 DAS, e duas medidas de diâmetro de caule (40 e 60 DAS). Eles foram representados como H-20, H-40 e H-60 para as alturas das plantas com 20, 40 e 60 DAS respectivamente, da mesma forma que QF-20, QF-40 e QF-60 representam o número de folhas e DC-40 e DC-60 representa o diâmetro de caule para cada data de avaliação. Para realizar as medidas de altura de plantas foi utilizada uma trena graduada, e os diâmetros foram obtidos com auxílio de paquímetro digital.

Para analisar as características fitotécnicas do milho os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade pelo método de *Shapiro Wilk*, com uma significância de 5%, para todas as variáveis medidas nesse estudo. Através do software BioEstat 5.0 analisou-se os dados das avaliações fitotécnicas, pelo qual foram feitos os testes de normalidade, análises de variância, testes das diferenças significativas e

ajuste de modelo para os conjuntos de dados. Apenas as diferenças significativas dos dados não paramétricos foram feitas com o auxílio do software RStudio.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias dos resultados das análises feitas para água de poço e efluente, realizadas quinzenalmente durante o período de irrigação, estão apresentadas na Tabela 1, onde se observou que a água do poço artesiano apresentou valores inferiores quando comparado com os resultados para o efluente.

**Tabela 1:** Resultados das análises das variáveis de qualidade da água do poço e do efluente de abatedouro bovino tratado, bem como o parâmetro de referência para cada uma delas conforme a literatura específica.

Variável	Unidade	Poço	Efluente	Parâmetro
Sólidos Totais	mg L <sup>-1</sup>	66,5	1020,7	< 100 <sup>1</sup>
Potencial Hidrogeniônico – pH		4,62	7,00	6,0 a 8,5
Condutividade Elétrica – CE	dS m <sup>-1</sup>	0,04	1,72	0 < 3
Nitrato – N	mg L <sup>-1</sup>	0,08	4,96	0 < 10
Fosfato – P	mg L <sup>-1</sup>	0,12	0,67	0 a 2
Potássio – K	mg L <sup>-1</sup>	0,03	2,85	0 a 2
Cloretos – Cl	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	0,89	6,82	0 < 30
Bicarbonato – HCO <sub>3</sub>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	0,05	2,64	0 < 10
Cálcio – Ca	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	0,64	3,05	0 a 10
Magnésio – Mg	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	1,07	5,07	0 a 2,5
Sódio – Na	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	NQ	0,6	0 a 3
Razão de Adsorção de Sódio - RAS	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1/2</sup>	NQ	0,33	0 a 40
Dureza em Graus Hidrotimétricos Franceses - GHF	mg L <sup>-1</sup>	3,26	14,11	-

NQ: Não Quantificada. <sup>1</sup>recomendação para Irrigação Localizada (ALMEIDA, 2010).

De acordo com os parâmetros de referência estabelecidas com base nas diretrizes propostas por Almeida (2010), observa que para a água residuária têm-se resultados fora dos limites recomendados para fins de irrigação apenas para Sólidos Totais, Potássio e Magnésio. Potássio e Magnésio são macronutrientes, portanto não têm potencial de causar grave dano. Já a concentração de sólidos totais acima de 100 mg L<sup>-1</sup> é vista como problemas apenas nos sistemas de irrigação localizada, não indicando risco de entupimento nos demais sistemas de irrigação.

Apesar da condutividade elétrica (CE) estar dentro dos limites estabelecidos como apresentados na Tabela 1, de acordo com a classificação de Richards (1954) os valores enquadram-se como água de salinidade alta (de 0,75 a 2,25 dS m<sup>-1</sup>), o que leva a necessidade de técnicas de drenagem adequadas, e restrições quanto à escolha da cultura a ser irrigada com essa água.

A concentração de Potássio excede o limite considerado ideal, porém neste caso o potássio não deve ser visto como contaminante, mas deve se observar com atenção, pois maiores concentrações podem causar entupimento de emissores, se estiver em forma de sais em dissolução na água, segundo Almeida (2010).

Já nos resultados da análise da água de poço, verifica-se que apenas a variável pH ficou abaixo dos limites recomendados. O pH baixo torna o solo improdutivo, e fora dos limites pode ocasionar problemas relacionados ao solo, toxicidade e problemas no sistema radicular das plantas (GÓMEZ LUCAS et al., 1992), já o pH da água alto influencia também os equipamentos podendo favorecer processos de incrustações e

corrosões. A CE enquadra-se como água de baixa salinidade ( $0$  à  $0,25 \text{ dS m}^{-1}$ ), o que de acordo com a classificação de Richards (1954) “*pode ser usada para irrigação na maior parte dos cultivos*”. Almeida (2010) cita que o nitrato pode representar teores de nitrogênio em água, neste sentido, para a cultura do milho, amarelecimento de folhas e colmos finos são problemas relacionados com a falta de nitrogênio. Na Tabela 2 apresentam-se os resultados que balizaram as decisões em referência à normalidade dos dados.

**Tabela 2:** Valor de probabilidade para o teste de normalidade de Shapiro-Wilk com 95% de confiança e sua interpretação, para as variáveis fitotécnicas analisadas.

Variável	p-valor à 95%	Interpretação
H-20	> 0,10	Paramétrico
H-40	0,05	Paramétrico
H-60	< 0,010*	Não Paramétrico
QF-20	> 0,10	Paramétrico
QF-40	> 0,10	Paramétrico
QF-60	> 0,10	Paramétrico
DC-40	< 0,010*	Não Paramétrico
DC-60	0,017*	Não Paramétrico

\* p-valor <  $\alpha = 0,05$ .

O critério de decisão para o teste se baseia na comparação do valor de probabilidade “**p-valor**” apresentado no teste com o valor de significância adotado “ $\alpha$ ”. A significância do teste aqui adotada é igual a 5%, e quando se observa p-valor <  $\alpha$ , tem-se subsídio para, estatisticamente, concluir que os dados não podem ser estudados como normalmente distribuídos, o que implica no uso de técnicas não paramétricas.

Observando o teste de normalidade e buscando verificar se as medidas observadas em cada variável sofrem influência do tratamento (proporção de água residuária), ou simplesmente se algum tratamento é diferente do outro em cada variável, utilizou-se a Análise de Variância – ANOVA, para as variáveis H-20, H-40, QF-20, QF-40 e QF-60 e a técnica *Kruskal-Wallis* para as variáveis H-60, DC-20 e DC-40. Os resultados são mostrados na Tabela 3, ambos a uma significância de 5%.

**Tabela 3:** Valor de probabilidade (p-valor) do teste ANOVA e Kruskal-Wallis com 95% de confiança para cada variável.

Variável	H-20	H-40	QF-20	QF-40	QF-60	H-60	DC-20	DC-40
P-valor	0,004	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Considerando os resultados da Tabela 3, com todos os p-valores menores que 0,05, e o nível de significância adotado, têm-se evidências estatísticas para afirmar, com 95% de confiança, que todas as variáveis fenológicas avaliadas são influenciadas pelos diferentes tratamentos.

Buscando um ordenamento na eficiência dos tratamentos, utilizou-se de um teste de média para as variáveis normalmente distribuídas, e um equivalente não paramétrico para as demais variáveis. Utilizou-se o teste de *Tukey* como técnica paramétrica e *Nemenyi* como técnica não paramétrica. Ambos com significância de 5%. Na Tabela 4 apresentam-se os resultados para a altura das plantas nas três datas de avaliação para cada tratamento, pelos quais se pode afirmar que os tratamentos com menores proporções de efluente são diferentes dos de maiores proporções, levando à percepção de que a quantidade de efluente na irrigação influenciou no desenvolvimento da altura das plantas.

**Tabela 4:** Média e classificação dos tratamentos para a variável altura da planta de milho crioulo irrigado com efluente de abatedouro de bovinos tratado.

Variável	T1	T2	T3	T4	T5	T6
H-20	14,56 <sup>C</sup>	15,5 <sup>BC</sup>	17,50 <sup>ABC</sup>	21,88 <sup>AB</sup>	18,75 <sup>ABC</sup>	22,38 <sup>A</sup>
H-40	32,38 <sup>B</sup>	37,73 <sup>B</sup>	45,70 <sup>B</sup>	79,40 <sup>A</sup>	54,19 <sup>B</sup>	91,41 <sup>A</sup>
H-60*	48,83 <sup>C</sup>	92,75 <sup>CB</sup>	100,96 <sup>CB</sup>	194,62 <sup>AB</sup>	144,37 <sup>AB</sup>	217,29 <sup>A</sup>

\*Variável não Paramétrica. Valores seguidos pela mesma letra na linha são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 4, para a variável H-20, observam-se evidências de diferenças significativas para os Tratamentos T6 comparado com T1 e T2, sendo T6 um tratamento com melhor eficiência, pois apresenta uma maior média de crescimento em detrimento os tratamentos estatisticamente diferentes. Para a variável H-40, também se observa uma diferença significativa entre os tratamentos T6 comparado com T5, T3, T2 e T1, sendo T6 o tratamento mais eficiente, pois apresentou uma média de crescimento maior em detrimento aos diferentes. Para a variável H-60, o comportamento é bem semelhante ao das variáveis anteriormente descritas onde o tratamento T6 se difere estatisticamente dos tratamentos T3, T2 e T1, sendo T6 o tratamento mais eficiente. De uma forma geral pode-se afirmar que os tratamentos com menores proporções de efluente são diferentes dos de maiores concentrações, levando à percepção de que a quantidade de efluente na irrigação influenciou no desenvolvimento da altura das plantas.

Costa et al. (2014), em um experimento de irrigação do milho com água residuária, no qual também foram medidas as alturas de plantas a cada 20 dias, e realizada a análise de variância e teste de comparação de Tukey, afirmaram que as alturas das plantas irrigadas com 100% de efluente foram significativamente maiores do que aquelas irrigadas apenas com água de poço. Já Ribeiro et al. (2012), ao estudar mamona irrigada com água residuária, obtiveram resultados que corrobora estas afirmações, mostrando que este reuso pode ser utilizado para irrigação com benefícios. Na mesma linha, Azevedo et al. (2005) também verificaram que plantas irrigadas com águas residuárias produziram mais do que aquelas irrigadas com água tratada, provavelmente devido ao efeito benéfico dos nutrientes (macro e micro) presentes no efluente tratado.

Medeiros et al. (2015) associaram que os valores de N em excesso no tratamento com efluente decresceu a quantidade de área foliar de plantas de berinjela, já para a altura de plantas não houve diferença significativa. Em outro trabalho sobre irrigação do milho utilizando água residuária, Costa et al. (2007) afirmaram que este tratamento influenciou positivamente a altura das plantas e Figueiredo et al. (2005) também verificaram resultados positivos para os algodoeiros sob tratamento de águas residuárias. Na Tabela 5 encontram-se os resultados para a quantidade de folhas nas três datas de avaliação para cada tratamento.

**Tabela 5:** Média e classificação dos tratamentos para a variável Quantidade de Folhas (QF) da planta de milho.

Variável	T1	T2	T3	T4	T5	T6
QF-20	5,75 <sup>C</sup>	5,88 <sup>C</sup>	6,63 <sup>BC</sup>	7,88 <sup>AB</sup>	7,00 <sup>ABC</sup>	8,13 <sup>A</sup>
QF-40	5,88 <sup>D</sup>	7,25 <sup>CD</sup>	9,5 <sup>BC</sup>	11,38 <sup>AB</sup>	12,13 <sup>AB</sup>	14,38 <sup>A</sup>
QF-60	11,13 <sup>C</sup>	14,17 <sup>B</sup>	14,00 <sup>B</sup>	16,00 <sup>AB</sup>	17,00 <sup>A</sup>	16,88 <sup>A</sup>

\* Valores seguidos pela mesma letra na linha são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se na Tabela 5, que para as três variáveis o tratamento T6 possuem diferenças estatísticas

significativas dos tratamentos T1, T2 e T3, sendo T6 mais eficiente, por apresentar uma maior média para as três variáveis, o que permite dizer que há uma tendência de aumento do número de folhas por planta com o aumento na proporção de efluente na água de irrigação. Costa et al. (2014), a partir de experimento semelhante, afirmaram que o número de folhas das plantas do tratamento com nenhum efluente foi significativamente menor do que as outras que recebiam concentrações acima de 25%.

Em um experimento de irrigação da alface, comparando tratamentos entre água residuária e potável, Pinto (2011) constatou que as plantas tiveram maior número de folhas quando irrigadas com efluente. Baumgartner et al. (2005) também observaram que alface irrigada com água residuária, obteve diferença significativa em relação aos outros tratamentos mostrando o efeito da irrigação com efluente na resposta fitotécnica das culturas.

Costa et al. (2007), em um experimento realizado com milho, afirmaram que as áreas foliares das plantas irrigadas com água residuária foram no mínimo 25% maiores do que das plantas irrigadas com água de abastecimento, constataram também maior número de folhas e associou ao alto teor de nutriente contido na água de reuso. Mota et al. (2011), avaliando a quantidade de folhas em plantas de melancia, também concluíram que esta variável foi influenciada positivamente pelo tratamento com água residuária. Na Tabela 6 apresentam-se os resultados para as médias de diâmetro de caule nas duas datas de avaliação para cada tratamento.

**Tabela 6:** Média e classificação dos tratamentos para a variável o diâmetro de caule das plantas de milho.

Variável	T1	T2	T3	T4	T5	T6
DC-40	9,98 <sup>C</sup>	14,89 <sup>BC</sup>	17,38 <sup>BC</sup>	24,42 <sup>A</sup>	21,78 <sup>AB</sup>	26,49 <sup>A</sup>
DC-60	10,68 <sup>C</sup>	16,57 <sup>BC</sup>	20,40 <sup>ABC</sup>	25,88 <sup>AB</sup>	26,24 <sup>A</sup>	27,52 <sup>A</sup>

\*Valores seguidos pela mesma letra na linha são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Através da Tabela 6 percebe-se que T1, T2 e T3 possuem evidências de diferenças em relação a T6 para a variável D-40, bem como T1, e T2 também possuem evidências estatísticas que os diferem do T6 para a variável D-60, sendo que em ambas as variáveis T6 é mais eficiente em relação ao diâmetro do caule, pois apresentou em média um maior diâmetro, o que permite dizer que a quantidade de efluente na irrigação influencia positivamente os diâmetros de caule das plantas de milho.

Ferreira (2003), avaliando crescimento de algodão, afirmou que o crescimento do caule foi maior no tratamento com águas residuárias. Costa et al. (2014) também verificaram que os diâmetros de caule das plantas do tratamento sem efluente foi significativamente menor do que as outras que recebiam concentrações acima de 25%.

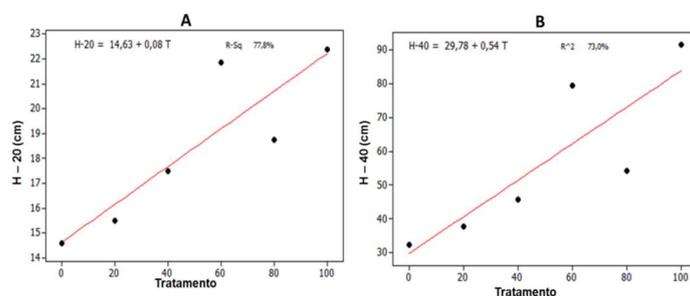
Xavier (2007) relatou em seu experimento com mamona, que o diâmetro de caule das plantas teve diferenças significativas, e relacionou à quantidade de nutrientes dos tratamentos com diferentes águas residuárias. Ribeiro et al. (2012), em um experimento realizado com mamona, afirmaram que as plantas tratadas com águas residuárias, tiveram diâmetro de caule maiores do que as tratadas com água de abastecimento.

Costa et al. (2007) verificaram que os diâmetros de caule de plantas de milho irrigadas com água residuária foram 37% e 45% maiores do que as irrigadas com água de abastecimento aos 20<sup>o</sup> e 34<sup>o</sup> DAS,

respectivamente.

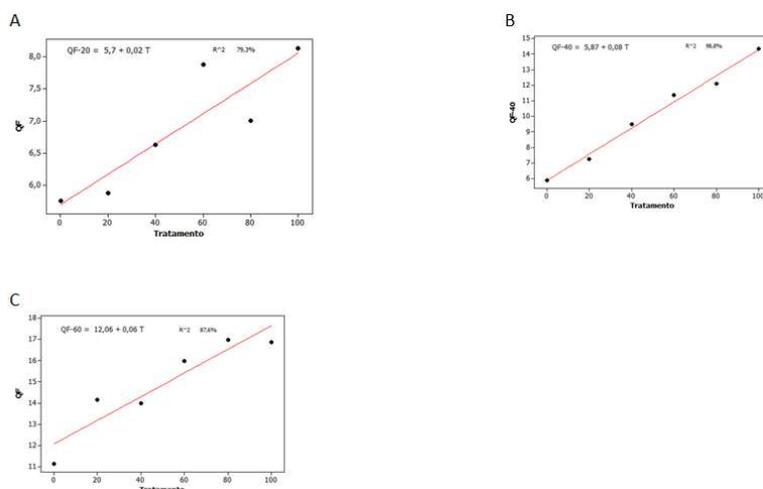
Além dessas variáveis, no período experimental foi notável a diferença de coloração entre as plantas no presente trabalho. As tratadas com maior concentração de efluente aparentavam-se mais escuras, com um verde de aspecto mais vivo e viçoso, e essas diferenças entre os tratamentos continuaram durante o ciclo. Conforme Büll (1993), nas plantas de milho, com folhas com coloração de verde mais claras podem indicar falta de nutrientes, levando à produção menor, pois as mais saudáveis apresentam aspecto mais escuro.

Como a pressuposição da normalidade na distribuição dos dados é fator necessário, ajustaram-se modelos de regressão apenas para os dados normalmente distribuídos evidenciados na Tabela 1. Nas Figuras 2A e 2B, apresentam-se os modelos de regressão linear para as variáveis de H-20 e H-40, respectivamente, tal que no eixo vertical tem-se a altura das plantas medidas em centímetros, e no eixo horizontal tem-se os tratamentos em porcentagem de efluente utilizado na irrigação.



**Figura 1:** Modelos de Regressão Linear para altura das plantas (H) em função da porcentagem de efluente utilizado na irrigação do milho nas duas datas de avaliação: H-20 (1.A) e H-40 (1.B). Tratamento: indicando as respectivas proporções de efluente em %.

Com base nos modelos ajustados, bem como o coeficiente de determinação de cada modelo,  $R^2 = 0,778$  e  $R^2 = 0,73$ , respectivamente para H-20 e H40, tem-se um indicativo de bom ajuste linear crescente entre os percentuais de água residuária e o crescimento das plantas, o que reforça a relação de causa e efeito entre o tratamento e o crescimento das plantas.



**Figura 2:** Modelo de Regressão Linear para quantidade de folhas (QF) em função da porcentagem de efluente utilizado na irrigação do milho nas três datas de avaliação: QF-20 (2.A) e QF-40 (2.B) e QV-60 (2.C). Tratamento: indicando as respectivas proporções de efluente em %.

Nas Figuras 2A, 2B e 2C, são apresentados os modelos de regressão linear para as variáveis de QF-

20, QF-40 e QF-60. Nos eixos verticais dos gráficos são representados as quantidades de folhas das plantas, e nos eixos horizontais são representados os tratamentos em porcentagem de efluente utilizado na irrigação.

Para o número de folhas os modelos ajustados descrevem também uma relação linear crescente, no entanto, o ajuste do modelo é mais significativo que para o número de folhas, nesse caso com coeficientes de determinação  $R^2 = 0,793$ ,  $R^2 = 0,988$  e  $R^2 = 0,876$ , respectivamente para QF-20, QF-40 e QF-60. Fato que reforça a relação de causa e efeito entre o tratamento e a quantidade de folhas da planta. Por fim, foi realizado um teste *t de student* a 5%, para verificar a significância dos coeficientes  $\beta$  e  $\alpha$  dos modelos ajustados, cujo resumo está apresentado na Tabela 7.

**Tabela 7:** Modelos lineares ajustados e p-valor dos coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$  com 95% de confiança.

Variável	Equação= $\alpha + \beta x$	P-valor para $\alpha$	P-valor para $\beta$	$R^2$
H-20	14,63 + 0,08x	<0,001	0,02	0,778
H-40	29,78 + 0,54x	0,04	0,03	0,730
QF-20	5,70 + 0,02x	<0,001	0,017	0,793
QF-40	5,87 + 0,08x	<0,001	<0,001	0,988
QF-60	12,06 + 0,06x	<0,001	0,006	0,876

De acordo com os dados apresentados na Tabela 7, os coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$  são significantes para todos os modelos à 5%. E tem-se o coeficiente de determinação indicando bons ajustes dos modelos, o que em tese, reforça que os modelos conseguem descrever de uma forma significativa o percentual de água residuária na altura e número de folhas das plantas da cultura do milho irrigado com efluente de abatedouro tratado.

Nascimento et al. (2020), ao avaliarem plantas de milho irrigadas com doses de biofertilizante associado à fertilizante químico, relataram que embora nem todas as variáveis tiveram esse mesmo efeito, os níveis de matéria fresca e seca e as alturas de plantas obtiveram resultados melhores com o tratamento de maior concentração do biofertilizante, e indicaram a substituição de fertilizantes químicos convencionais pelos biofertilizantes e fertirrigação.

Ao que se refere à produção do milho deste estudo, ainda que trabalhado apenas o início da parte produtiva, foi registrado ao final do experimento 6 plantas com espigas nos colmos, cujas plantas dos tratamentos de concentrações maiores ou igual a 50% do efluente, e dessas, 5 delas sendo do tratamento com 100%. Nesse sentido, Gonçalves (2021), em um estudo realizado para avaliar desenvolvimento das plantas e produção de milho com irrigação a partir de águas residuárias de suinocultura e piscicultura, foi visto que algumas variáveis das plantas, bem como a produção de grãos foi positivamente influenciada pela irrigação com as águas de reúso, principalmente ao tratamento de 75% da água proveniente de suinocultura.

Abreu (2019), indicou o reúso de esgoto tratado como fonte de irrigação do milho, pois embora este não supra 100% as necessidades de fósforo e potássio das plantas, ele é fonte suficiente de nitrogênio. Dessa forma, o uso do esgoto como fonte de nitrogênio, em conjunto com outras fontes para fósforo e potássio é viável para a produção de grãos, como afirma o estudo, gerando ótimos resultados de produção de espigas.

## CONCLUSÕES

O desenvolvimento do milho em relação à altura de planta, número de folhas e diâmetro de caule, foi positivamente influenciado pela concentração de água residuária na irrigação. As plantas irrigadas com os tratamentos de 100% de efluente resultaram em médias superiores de altura, diâmetro e quantidade de folhas, principalmente em relação às do tratamento apenas com água de poço.

## REFERÊNCIAS

ABREU, P. A. S.. **Irrigação por sulcos com efluente de fossa séptica biodigestora como fonte de nitrogênio na cultura do milho**. 2019.

ALMEIDA, O. A.. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W.. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, 1991.

AZEVEDO, L. P.; OLIVEIRA, E. L.. Efeitos da aplicação de efluentes de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.253-263, 2005.

BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S. C.; SILVA, T. R.; TEO, C. R. P. A.; GOMES, B. M.. Alfaca irrigada com águas residuárias de atividades agroindustriais. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v.27, n.4, p.697-705, 2005.

BÜLL, L. T.. Nutrição mineral do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO MILHO E DO SORGO. **Anais**. Vitória, 1990.

CECCARELLI, S.. Specific adaptation and breeding for marginal conditions. **Euphytica**, v.7, n.3, p.205-219, 1994.

CHIOCHETTA JUNIOR, J. C.. **Efeito de fertilizantes de liberação gradual de nutrientes na dinâmica do nitrogênio no solo e na produção da cultura do milho (Zea mays)**. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Bragança, 2019.

COSTA, F.; LIMA, V. A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; SOARES, F. A. L.; ALVA, I. D. M.. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.687-693, 2007.

COSTA, Z. V. B.; GURGEL, M. T.; COSTA, L. R.; ALVES, S. M. C.; FERREIRA NETO, M.; BATISTA, R. O.. Efeito da aplicação de esgoto doméstico primário na produção de milho no assentamento Milagres (Apodi-RN). **Revista Ambiente & Água**, v.9, n.4, p.737-751, 2014.

CUENCA, H. R.. **Irrigation system design: an engineering approach**. New Jersey: PrenticeHall, 1989.

FERREIRA, O. E.. **Efeitos da aplicação de água residuária doméstica tratada e adubação nitrogenada na cultura do algodão herbáceo (Gossypium hirsutum L.r. latifolium Hutch) e no meio edáfico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

FIGUEIREDO, I. C. M.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. M.; ARAÚJO, M. G. F.; SANTOS, T. S.; AZEVEDO, C. A. V.. Uso da água residuária tratada e do biossólido no algodão colorido: produção e seus componentes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.288-291, 2005.

GÓMES LUCAS, N.; PEDREÑO, M. B.. **Agua de Riego: análisis e interpretación**. Alicante: Universidad de Alicante, 1992.

GONÇALVES, M. V. M.. **Fertirrigação de milho (Zea mays L.) com água residuária de suinocultura e piscicultura**. 2021.

HESPAÑHOL, I.. Potencial de reúso de água no Brasil - agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.7, n.4, p.75-95, 2002.

LAVRNIC, S.; PEREYRA, M. Z.; MANCINI, M. L.. Water Scarcity and Wastewater Reuse Standards in Southern Europe: focus on agriculture. **Water Air Soil Pollut**, v.228, n.251, 2017.

MEDEIROS, A. S.; NOBRE, R. G.; FERREIRA, E. S.; ARAÚJO, W. L.; QUEIROZ, M. M. F.. Crescimento inicial da berinjela sob adubação nitrogenada e fosfatada e irrigada com água de reúso. **Revista Verde**, Pombal, v.10, n.3, p.34-40, 2015.

MOTA, A. F.; ALMEIDA, J. P. N.; SANTOS, J. S.; AZEVEDO, J.; GURGEL, M. T.. Desenvolvimento inicial de mudas de melancia 'CRIMSON SWEET' irrigadas com águas residuárias. **Revista Verde**, Mossoró, v.6, n.2, p.98-104, 2011.

NASCIMENTO, A. M.; MACIEL, A. M.; SILVA, J. B. G.; MENDONÇA, H. V.; PAULO, V. R.; OTENIO, M. H.. Biofertilizer Application on Corn (Zea mays) Increases the Productivity and Quality of the Crop Without Causing Environmental Damage. **Water Air Soil Pollut**, v.231, 2020.

NAVES, M. M. V.; SILVA, M. S.; CERQUEIRA, F. M.; PAES, M. C. D.. Avaliação química e biológica da proteína do grão em cultivares de milho de alta qualidade protéica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, n.1, p.1-8, 2004.

PINTO, M. C. K.. **Contaminação do lençol freático e cultivo de alfaca sob irrigação com água residuária**. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

RIBEIRO, I. V. A. S.; CAVALCANTE, R. F.; NASCIMENTO, R. K. O.; OLÍMPIO, L. D.. Uso dos Efluentes de Lagoas de Estabilização para o cultivo da mamona (Ricinus communis L.). In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO. **Anais**. Palmas, 2012.

RICHARDS, L. A.. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, 1954.

SANDRI, D.. **Irrigação da cultura da alface com água residual tratada com leitos cultivados com macrófita.**

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola, Água e Solo) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SCARASSATI, D.; CARVALHO, R. F.; DELGADO, V. L.; CONEGLIAN, C. M. R.; BRITO, N. N.; TONSO, S.; SOBRINHO, G.

D.; PELEGRINI, R.. **Tratamento de efluentes de matadouros e frigoríficos.** 2003.

XAVIER, J. F.. **Águas residuárias provenientes de indústrias e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS Nordestina.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.