

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE

FERTIRRIGAÇÃO DE MILHO (*Zea mays* L.) COM  
ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA E  
PISCICULTURA

MAYKELLE VIEIRA MENDES GONÇALVES

RIO VERDE, GO  
2021

MAYKELLE VIEIRA MENDES GONÇALVES

FERTIRRIGAÇÃO DE MILHO (*Zea mays* L.) COM  
ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA E  
PISCICULTURA

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto  
Federal Goiano – Campus Rio Verde,  
como requisito parcial para a obtenção do  
Grau de Bacharel em Engenharia  
Ambiental.

Orientador: Prof Dr. Marconi Batista  
Teixeira

Coorientador: Dr. Wilker Alves Morais

Rio Verde, GO  
2021



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 82/2021 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

### **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO**

No dia 31 de maio de 2021, às 16:00 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Marconi Batista Teixeira (orientador - IF Goiano, Campus Rio Verde), Patrícia Caldeira de Souza (membro - IF Goiano, Campus Rio Verde), Wilker Alves Morais (membro IF Goiano, Campus Rio Verde), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “FERTIRRIGAÇÃO DO MILHO (*ZEA MAYS L.*) COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA E PISCICULTURA”, da estudante Maykelle Vieira Mendes Gonçalves, Matrícula nº 2016102200740364 do Curso de Engenharia Ambiental do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

*(Assinado Eletronicamente)*

Marconi Batista Teixeira

Orientador

*(Assinado Eletronicamente)*

Patrícia Caldeira de Souza

Membro

*(Assinado Eletronicamente)*

Wilker Alves Morais

Membro

## Observação:

( ) O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Wilker Alves Morais**, 2017102320140165 - Discente, em 01/06/2021 17:29:06.
- **Patricia Caldeira de Souza**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/06/2021 11:30:45.
- **Marconi Batista Teixeira**, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - UCPG-RV, em 01/06/2021 11:25:01.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 13/05/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 267992

Código de Autenticação: fd4e8440d7



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Rio Verde  
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970  
(64) 3620-5600

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

G635f      Gonçalves, Maykelle Vieira Mendes Gonçalves  
Fertirrigação de milho (Zea mays L.) com água  
residuária de suinocultura e piscicultura / Maykelle  
Vieira Mendes Gonçalves Gonçalves; orientador Marconi  
Batista Teixeira; co-orientador Wilker Alves  
Morais. -- Rio Verde, 2021.  
55 p.

TCC (Graduação em Engenharia Ambiental) --  
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

1. Zea mays. 2. irrigação. 3. reciclagem de  
nutrientes. 4. resíduos orgânicos. 5. reuso de água..  
I. Batista Teixeira, Marconi, orient. II. Alves  
Morais, Wilker , co-orient. III. Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Maykelle Vieira Mendes Gonçalves

Matrícula: 2016102200740364

Título do Trabalho: FERTIRRIGAÇÃO DE MILHO (ZEA MAYS.L) COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA E PISCICULTURA

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 04/06/2021

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde - GO, 01/06/2021.

*Maykelle Vieira Mendes Gonçalves*

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

  
Marconi Batista Teixeira

---

Assinatura do(a) orientador(a)

**DEDICATÓRIA**

*Dedico em especial aos meus pais Lusmar Mendes Gonçalves e Lúcia Vieira da Silva Gonçalves que sempre me apoiaram e incentivaram a alcançar meus objetivos.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS pela vida, pelo incondicional amor e cuidado, sustentando-me constantemente.

Agradeço à minha família, principalmente meus pais, Lusmar Mendes e Lúcia Vieira, que deixaram de viver seus sonhos para que eu pudesse viver o meu, que foram e são a minha maior motivação para continuar caminhando dia após dia. Ao meu irmão, Quemuel Mendes, minha cunhada Karen Sofia e meu sobrinho Estêvão, pelo apoio e carinho em cada momento.

Agradeço à minha vizinha Marta Mendes “*in memoriam*”, que enquanto esteve em vida, depositou toda quantidade de amor e credibilidade possível em minha pessoa, proporcionando aprendizados incríveis que levarei comigo por toda a vida.

Agradeço aos amigos que fiz durante essa trajetória, em especial à Carla Caroline e Ana Carolina Aleixo, que estiveram comigo em inúmeros momentos e se tornaram verdadeiras irmãs - Obrigada por toda parceria! Agradeço aos amigos Ana Clara, Bethânia e integrantes do grupo IFulanos, por toda amizade ofertada e toda cumplicidade na realização dos trabalhos.

Agradeço ao Eliéser Carvalho dos Anjos, por ter segurado a minha mão em dias difíceis, proporcionado sorrisos e me motivado diariamente a alcançar meus sonhos.

Agradeço grandemente ao meu orientador, Dr. Marconi Batista Teixeira, por me acolher e orientar, proporcionado conhecimento e principalmente me ensinado a ser uma pessoa melhor, simplesmente com seu jeito humilde e simples de ser. Muito obrigada por todo ensinamento e carinho durante essa caminhada.

Agradeço ao meu coorientador Dr. Wilker Alves Moraes, por toda paciência, ensinamento, dedicação e por ter sido peça fundamental na produção desse trabalho.

Agradeço à Daniely Karen Matias Alves pela contribuição gigante no desenvolvimento deste trabalho e no meu conhecimento. Devo muito à você, muito obrigada...!

Agradeço ao pessoal do Laboratório de Hidráulica e Irrigação ao qual fiz parte por três anos, por terem contribuído de forma grandiosa na execução desse trabalho e propiciado inúmeros aprendizados.

Agradeço aos professores do curso de Engenharia Ambiental do IF Goiano, por terem compartilhado seus conhecimentos e experiências, sendo imprescindíveis na minha formação acadêmica e profissional. Eterna gratidão.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma auxiliaram para que esse trabalho

fosse concluído.

## RESUMO

GONÇALVES, Maykelle Vieira Mendes. **Fertirrigação de milho (*Zea mays* L.) com água residuária de suinocultura e piscicultura.** 2021. 55p Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2021.

A fertirrigação com águas residuárias constitui uma técnica viável de destinação final de resíduos, promovendo o aporte e reciclagem de nutrientes para o desenvolvimento das plantas, reduzindo custos com fertilizantes minerais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de massa seca e produção de grãos pela cultura do milho sob efeito comparativo entre a fertirrigação com água residuária diluídas de piscicultura e de suinocultura. O experimento foi realizado em vasos plásticos, dispostos a céu aberto, na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO. O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico, fase Cerrado, de textura argilosa. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas 2 x 4, com três repetições. Os tratamentos consistiram em duas fontes de água residuária (piscicultura e suinocultura) diluídas em quatro proporções de água de abastecimento, sendo: dose recomendada de água residuária + 0, 25, 50, 75% de seu volume em água de abastecimento, aplicadas via gotejamento subsuperficial, totalizando 24 parcelas experimentais. Quando se utiliza a fonte de água residuária de suinocultura, em relação à matéria seca da parte aérea do milho, a matéria seca da palha, a matéria seca da parte aérea e a distribuição de matéria seca do colmo são maiores. Independentemente da diluição aplicada, a água residuária de suinocultura propicia a maior massa seca e produtividade dos grãos para as condições deste estudo. A água residuária de piscicultura aplicada via sistema de irrigação sem diluição (0%) ou a água residuária de suinocultura na diluição de 75% são as mais adequadas para a obtenção da maior massa seca e produtividade de grãos de milho. As águas residuárias no exercício da agricultura constituem importante fonte de nutrientes às plantas, favorecendo o desenvolvimento e a produtividade do milho por meio da reciclagem de nutrientes.

**Palavras chave:** *Zea mays*, irrigação; reciclagem de nutrientes; resíduos orgânicos; reuso de água.

## ABSTRACT

GONÇALVES, Maykelle Vieira Mendes. **Fertigation of corn (*Zea mays L.*) with swine and fish farming wastewater**. 2021. 55p Course Conclusion Paper (Bachelor's Degree in Environmental Engineering). Federal Institute of Education, Science and Technology Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2021.

Fertigation with wastewater is a viable technique for the final disposal of waste, promoting the supply and recycling of nutrients for the development of plants, reducing costs with mineral fertilizers. The objective of this work was to evaluate the accumulation of dry mass and grain production by maize culture under a comparative effect between fertigation with fish and swine wastewater. The experiment was carried out in plastic vessels, arranged in the open, at the experimental station of the Federal Goiano Institute - Rio Verde Campus - GO. The soil used was classified as dystrophic Red Latosol, Cerrado phase, with a clay texture. The experimental design was in randomized blocks, analyzed in a 2 x 4 split plot scheme, with three replications. The treatments consisted of two sources of waste water (fish and pig farming) diluted in four proportions of water supply, being: recommended dose of waste water + 0, 25, 50, 75% of its volume in water supply, applied via drip subsurface, totaling 24 experimental plots. When the swine wastewater source is used, in relation to the dry matter of the aerial part of the corn, the dry matter of the straw, the dry matter of the aerial part and the distribution of dry matter of the stalk are greater. Despite the applied dilution, swine wastewater provides the highest dry mass and grain yield. The wastewater from fish farming used via the drip irrigation system, without dilution (0%) or the swine wastewater in the 75% dilution are the most appropriate to reach the highest dry mass and productivity of corn grains. Wastewater in the exercise of agriculture is an important source of nutrients for plants, favoring the development and productivity of corn through nutrient recycling.

**Keywords:** *Zea mays*, Irrigation, nutrient, organic residues, water reuse.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Local do experimento .....	14
<b>Figura 2.</b> Unidades experimentais .....	16
<b>Figura 3.</b> Preparo das diluições da água residuária de suinocultura (esquerda) e piscicultura (direita) para a fertirrigação do milho.....	19
<b>Figura 4.</b> Período antes (A) e após o desbaste (B) das plantas de milho.....	20
<b>Figura 5.</b> Massa seca das folhas (MSF) do milho em função das dissolvência e fontes de água residuária aos 30 (A e B) e 60 (C e D) dias após o plantio (DAS), Rio Verde, Goiás, safra 2019. ....	23
<b>Figura 6.</b> Massa seca do colmo (MSC) do milho em função das dissolvência e fontes de água residuária aos 30 (A e B) e 60 (C e D) dias após o plantio (DAS), e MSC em função das fontes de água residuária aos 90 (E) e 110 (F) DAS, Rio Verde, Goiás, safra 2019.....	24
<b>Figura 7.</b> Massa seca da parte aérea (MSPA) do milho em função das dissolvências e fontes de água residuária aos 30 (A e B) e 60 (C e D) dias após o plantio (DAS), e MSPA em função das fontes de água residuária aos 90 (E) e 110 (F) DAS, Rio Verde, Goiás, safra 2020. ....	26
<b>Figura 8.</b> Número de fileira de grãos (NFG) de milho em função das dissolvências de água residuária (A) e quantidade de grãos por fileira (NGF) conforme as fontes de água residuária (B), Rio Verde, Goiás, 2019. ....	26
<b>Figura 9.</b> Desmembramento da interação diluição x fontes de água residuária (piscicultura – ARP e suinocultura – ARS) para a massa seca de grãos (MSG) de milho, Rio Verde, Goiás, safra 2019. ....	27
<b>Figura 10.</b> Desdobramento da interação diluição x fontes de água residuária (piscicultura – ARP e suinocultura – ARS) para a produtividade de grãos de milho (PROD) (A e B).....	28

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico utilizado para o preenchimento dos vasos. ....	15
<b>Tabela 2.</b> Características físico-químicas da água residuária de suinocultura e piscicultura utilizada para a fertirrigação do milho.....	17

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS E UNIDADE**

%	porcentagem
°C	Celsius
Al	Alumínio
ANA	Agência Nacional de Águas
AR	Água Residuária
ARP	Água Residuária de Piscicultura
ARS	Água Residuária de Suinocultura
B	Boro
Ca	Cálcio
CaCl <sub>2</sub>	Cloreto de cálcio
CE	Condutividade Elétrica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CTC	Capacidade de troca catiônica
Cu	Cobre
D	Diluições
DAR	Dose de água residuária
DAS	Dias Após a Semeadura
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
dm <sup>-3</sup>	Decímetro cúbico
DQO	Demanda Química de Oxigênio
Ds	DeciSiemens
F	Fontes
FDR	Frequency domain reflectometry
Fe	Ferro
H	Hidrogênio
ha	Hectare
K	Potássio
K <sub>2</sub> O	Óxido de Potássio
KCl	Cloreto de Potássio

kg	Kilograma
L	Litros
LVdf	Latosolo Vermelho Distoférrico
m	metro
M%	Saturação por alumínio
M.O	Matéria orgânica
m <sup>3</sup>	metro cúbico
mg	Miligrama
Mm	milímetro
Mn	Manganês
MSC	Massa Seca do Colmo
MSF	Massa Seca da Folha
MSG	Massa Seca de Grãos
MSGESP	Massa seca de grãos por espiga
MSPA	Massa Seca da Parte Aérea
n	Duração do ciclo da cultura
N	Nitrogênio
Namon	Nitrogênio amoniacal
NESP	Número de espigas por planta
NFG	Número de Fileiras por Grãos
NGF	Número de Grãos por Fileira
NH <sub>3</sub>	Amônia
NH <sub>4</sub>	Amônio
Nnitrato	Nitrogênio nítrico
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrato
Norg	Nitrogênio orgânico
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
P	Fósforo
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Pentóxido de fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
PR	Recuperação do nitrogênio mineral pela cultura
PROD	Produtividade
Prof	Profundidade
S	Enxofre

SB	Soma de bases
STF	Sólidos Totais Fixos
STV	Sólidos Totais Voláteis
Tm1	Taxa anual de mineralização da matéria orgânica já existente no solo
Tm2	Taxa de mineralização do nitrogênio orgânico
V%	Saturação por bases
Zn	Zinco
$\rho_s$	massa específica

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	1
2 OBJETIVOS .....	3
2.1 Geral.....	3
2.2 Específicos .....	3
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3.1 Água Residuária .....	3
3.2 Água residuária de piscicultura.....	4
3.3 Água residuária de suinocultura.....	6
3.4 Caracterização físico-química.....	7
3.4.1 pH (Potencial hidrogênionico).....	7
3.4.2 Turbidez.....	8
3.4.3 Temperatura.....	8
3.4.4 Condutividade Elétrica .....	8
3.4.5 Demanda Química de Oxigênio.....	8
3.4.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	9
3.4.7 Oxigênio Dissolvido .....	9
3.4.8 Sólidos Dissolvidos Totais .....	9
3.4.9 Sólidos Fixos e Voláteis .....	9
3.4.10 Nitrogênio .....	10
3.4.11 Nitrito.....	10
3.4.12 Nitrato .....	10
3.4.13 Fósforo .....	10
3.4.14 Potássio .....	11
3.4.15 Cálcio e Magnésio .....	11

3.6 Fertirrigação .....	11
3.6.1 Fertirrigação por gotejamento.....	12
3.6.2 Fertirrigação por aspersão.....	13
3.7 Caracterização da cultura do milho.....	13
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	14
4.1 Caracterização da área experimental.....	14
4.2 Delineamento experimental .....	15
4.3 Características das águas residuárias .....	16
4.4 Definição da dose de água residuária de suinocultura e piscicultura.....	17
4.5 Implantação do experimento .....	18
4.6 Variáveis analisadas .....	20
4.6.1 Acúmulo de matéria seca.....	20
4.6.2 Produção .....	20
4.7 Análises estatísticas.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5.1 Acúmulo de matéria seca .....	22
5.2 Produção.....	26
6. CONCLUSÃO .....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31

## 1 INTRODUÇÃO

Devido a atual preocupação com problemas de escassez e poluição hídrica, a reutilização de águas residuárias tratadas na agricultura tem como objetivo poupar os recursos hídricos e melhorar a qualidade ambiental, reduzindo a descarga de efluentes em corpos d'água (URBANO *et al.*, 2015; PLEVICH *et al.*, 2012; SINGH *et al.*, 2012).

Adicionalmente sob o aspecto agrônômico, as águas residuárias fornecem nutrientes ao solo, tais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, entre outros, que são essenciais para o crescimento e desenvolvimento de diversas culturas (SILVA, 2017). Dessa forma, a irrigação com águas residuárias constitui uma técnica viável para reciclar resíduos gerados no setor de produção, reduzindo custos com fertilizantes minerais (JORGE *et al.*, 2017).

A água residuária proveniente da suinocultura apresenta elevado potencial fertilizante para o solo, possibilitando o aporte e reciclagem de nutrientes para as plantas, conforme relatado por Bastos (2016). A prática de fertirrigação de culturas anuais e perenes com esse efluente é considerada uma fonte de adubação orgânica importante, que requer monitoramento no perfil do solo, a fim de garantir sustentabilidade agrícola e ambiental (SILVA *et al.*, 2018).

A água residuária de piscicultura é outra fonte residuária que desempenha complemento no processo de adubação para as plantas (NASCIMENTO *et al.*, 2016). A modalidade de integração da piscicultura com a agricultura irrigada está ganhando destaque no cenário nacional, no que se refere ao aumento da produtividade de culturas, devido à composição nutritiva desse efluente.

Porém, devido à composição variável das águas residuárias, é necessária uma caracterização rigorosa desses efluentes, pois a água residuária é composta principalmente por partículas, matéria orgânica dissolvida e substâncias inorgânicas (N, Na, P, Ca, K, Mg, B e Cl), podendo também conter micro contaminantes emergentes e microorganismos patogênicos (CHEN *et al.*, 2013; PEDRERO *et al.*, 2010). Dessa forma, para o êxito na utilização de águas residuárias em áreas irrigadas é essencial analisar sua qualidade físico-química e microbiológica (SILVA, 2018).

O aumento de produtividade decorrente da aplicação de águas residuárias está condicionado a diversos fatores, como a escolha da cultura, que deve levar em consideração suas características fitotécnicas e socioeconômicas. Nesse contexto, o milho (*Zea mays* L.) se destaca por ser uma cultura amplamente conhecida, realizada em distintos níveis tecnológicos por diferentes classes de produtores (pequenos, médios e grandes) nas diversas regiões

brasileiras (ALVES *et al.*, 2018). Souza *et al.* (2016) ressaltam que a aplicação de água residuária influencia diretamente em variáveis de crescimento importantes do milho, representando uma fonte alternativa de adubação para esta cultura.

O milho é uma das culturas mais importantes no mundo, devido ao valor nutricional, rendimento e composição química de seus grãos, além de possuir grande importância nas alimentações humana e animal, sobretudo confecção de rações, e servir de matéria-prima para vários segmentos da indústria (CANTARELLA e DUARTE, 2004; SOUZA *et al.*, 2012; NETO *et al.*, 2016).

O milho se destaca entre as espécies agrícolas com potencial de fornecimento de biomassa seca, pela grande área cultivada no Brasil, e pela alta produção de biomassa residual (Mourad *et al.*, 2004).

A obtenção de altas produtividades é indispensável para tornar essa cultura economicamente viável, sendo a disponibilidade hídrica e a adubação fatores essenciais para o seu máximo desenvolvimento (PRIOR *et al.*, 2015).

Estudos efetuados em diversos países demonstraram que a produtividade agrícola aumenta em áreas fertirrigadas com águas residuárias, desde que estas sejam adequadamente manejadas (BOLZANI *et al.*, 2012), além disso, Silva (2012) destaca que esse tipo de fertirrigação é uma maneira efetiva para a disposição de resíduos, resultando na redução dos custos de produção e de poluição ambiental.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta a importância de se reutilizar águas residuárias na agricultura, uma vez que, além de reduzir os impactos ambientais negativos e proporcionar nutrientes a planta de milho, gera economia para o produtor com relação a fertilizantes minerais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar o acúmulo de matéria seca e produtividade de grãos do milho, sob fertirrigação com águas residuárias provenientes das fontes de suinocultura e piscicultura.

### **2.2 Específicos**

Determinar os parâmetros físico-químicos da água residuária proveniente da suinocultura e piscicultura;

Avaliar a disponibilidade de nutrientes presentes nas águas residuárias;

Comparar a eficiência das duas fontes de águas residuárias diluídas no desempenho do milho fertirrigado.

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Água Residuária**

O crescimento do consumo por alimentos e demais recursos indispensáveis à sobrevivência humana, vem ao decorrer dos anos gerando impactos expressivos na infraestrutura de recursos naturais. Com o intuito de diminuir esse problema, são construídos reservatórios artificiais e perfuração de poços artesianos com o papel importante para a sobrevivência da população (ALMEIDA, 2018). Esses reservatórios tem a função de armazenar água no período de chuva para garantir que tenha água no período seco (BRITO *et al.*, 2012; VASCONCELOS, 2014).

Essa problemática, é agravada pela redução quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos nos últimos anos, o que tem conduzido à busca de técnicas para uso mais eficiente da água e também para aproveitamento racional de águas consideradas de qualidade inferior (ALVES, 2011). Segundo Ribeiro *et al.* (2014), os problemas com escassez de água fizeram com que ressurgisse o interesse nas pesquisas sobre técnicas de aplicação de água residuárias.

O emprego de águas residuárias, não é uma concepção nova e tem sido aplicada no mundo há algum tempo. Entretanto, a procura gradativa por água tem tornado do reuso projetado um assunto atual e de grande relevância. Visto isso, deve-se considerar o reuso de água como componente de uma atividade mais extensa, que é o uso racional ou apropriado, o qual compreende o monitoramento de perdas e desperdícios, e a redução da produção de efluentes e consumo de água (ALMEIDA, 2010).

De acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 54/2005, águas residuárias são aquelas oriundas de esgotos, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratadas ou não.

Dessa forma, as águas residuárias são todas as águas rejeitadas que procedem da utilização por diversos procedimentos e seu grau de impureza pode ser muito variado. Esse tipo de água normalmente transporta uma grande quantidade de materiais poluentes que se não forem retirados podem prejudicar a qualidade das águas dos rios quando ocorre o lançamento, comprometendo não só a biota, mas também a potencialidade de utilização das águas superficiais e subterrâneas (ANA, 2014).

Fonseca (2005) cita que, a água residuária tratada pode ser reutilizada como fonte alternativa de suprimento de água para as plantas. Esta origem de água também se caracteriza, conforme suas propriedades químicas, como fonte de nutrientes para o sistema solo-planta, por possuir macro e micronutrientes essenciais. Na agricultura, tem-se verificado o uso dos efluentes de esgoto tratado, promovendo maior economia e preservação da água doce, redução de custos com fertilizantes e aumento da produtividade e qualidade das culturas agrícolas (SANTOS, 2015).

De acordo com Marques (2017), a utilização de águas residuárias, tratadas ou não, na fertirrigação de culturas agrícolas vem sendo pesquisada há alguns anos, pois, além de viabilizar a contribuição de nutrientes fundamentais ao desenvolvimento das plantas e matéria orgânica para aprimorar a qualidade do solo, pode suprir parte da escassez hídrica das plantas. Com isso, reduz-se o uso de fontes de água de melhor qualidade, utilizando-as para fins mais exigentes.

Quando bem planejada e fornecida em dosagem recomendada nos períodos corretos, pode ser uma técnica significativa para propiciar economia de água e insumos minerais em procedimentos agrícolas. Os benefícios do reuso da água residuária está fundamentado na certeza de sua disponibilidade durante todo o ano (MOYO *et al.*, 2015).

Segundo Matos e Lo Monaco (2003), o aproveitamento de águas residuárias ricas em nutrientes na fertirrigação de culturas agrícolas, possibilita o aumento da produtividade e qualidade dos produtos colhidos, redução da poluição ambiental, promove melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo, além de, conforme Matos e Matos (2016), ajudar a mitigar os efeitos prejudiciais dos déficits hídricos atuais.

### **3.2 Água residuária de piscicultura**

O aumento na produção de peixes tem ganhado destaque nos últimos anos. Por ser uma atividade viável e que apresenta um bom custo-benefício quando comparado ao uso somente da hidroponia, tem permitido que pequenos, médios e grandes produtores tenham interesse em investir na aquaponia que alia a criação de peixes com a produção de hortaliças, ou produção de grãos a exemplo da cultura do milho.

A produção de peixes vem vivenciando um desenvolvimento relevante (BRABO *et al.*, 2016). A pesca seja ela de captura ou a piscicultura, vem representando papel significativo na vida de milhões de pessoas, desde pequenos pescadores, até grandes indústrias de processamento de alimentos sendo que 8% da população mundial, ou seja, 520 milhões de pessoas dependem deste setor para sobrevivência (FAO, 2016).

O Brasil ocupa a 13ª posição na criação de peixes e é o 8º na produção de peixes de água doce (FOGAÇA, 2009). No entanto, atrelado ao crescimento na produção de piscicultura, tem-se a preocupação com os efluentes gerados através dessa prática.

De acordo com Gomes (2016), os efluentes de piscicultura possuem elevada quantidade de matéria orgânica e nutrientes, como nitrogênio e fósforo, que podem comprometer a qualidade da água, via eutrofização. Este fenômeno, traz como consequências aumento na demanda biológica de oxigênio, alteração de pH, turbidez da água, liberação de toxinas, podendo ocasionar morte dos peixes e outros animais (AVELLAR *et al.*, 2015).

Para tanto, uma alternativa técnica e economicamente viável seria o reaproveitamento da água residual de piscicultura para irrigação de cultivos agrícolas a fim de maximizar a produção (oferta de água e nutrientes para as culturas), além de reduzir o consumo de fertilizantes minerais e auxiliar no controle de poluição ambiental, evitando a disposição desses efluentes em corpos hídricos (MARISCAL-LAGARDA *et al.*, 2012; MENDES *et al.*, 2016).

Irrigar culturas agrícolas com a água residuária proveniente de piscicultura evita a necessidade do lançamento desses efluentes nos ambientes naturais e em contrapartida os produtos vegetais acabam por utilizar esses nutrientes disponíveis na água para seu metabolismo/crescimento, funcionando como fertirrigação, o que faz com que os produtores reduzam seus custos com fertilizantes e aproveitem esse recurso natural (PRADO *et al.*, 2014).

Neste contexto de reaproveitamento da água residuária como alternativa para mitigar os impactos ambientais, Rêgo (2018) destaca a importância de interligar a piscicultura com a agricultura para atingir melhorias na produção vegetal. Freitas (2017) constatou que a irrigação com efluente de piscicultura promoveu incremento na altura de plantas e produção

de matéria seca de milho. Baioni *et al.* (2017), verificaram aumento do peso médio da planta inteira, folha e raízes de plantas de milho submetidas à irrigação com esse tipo de efluente

Devido à alta quantidade de nutrientes presentes na água residuária de piscicultura como nitrogênio, a aplicação dessa água em quantidade adequada e devidamente analisada no solo, promove seu enriquecimento e conseqüentemente aumenta a produção de diversas culturas. Visto isso, além do auxílio na redução de poluição hídrica, a reutilização dessa fonte de água, promove maior desempenho no desenvolvimento de plantas, gerando benefícios socioeconômicos aos produtores.

### **3.3 Água residuária de suinocultura**

O Brasil apresenta tecnologia avançada em alta produtividade de suinocultura e está posicionado entre os principais países para o aumento da produção de suínos (TESSARO *et al.*, 2017). De acordo com Kunz *et al.*, (2009) nos últimos anos a suinocultura passou por transformações, deixando de ser uma tarefa de subsistência familiar para um sistema industrial com diversas unidades de produção, fazendo o uso de sistema de produção de animais confinados, com o objetivo de reduzir os custos de produção e de logística, tanto para o produtor como para a agroindústria. A cada dia a produção de carne suína é um fator mais expressivo na balança econômica brasileira (GONZAGA e BARBOSA, 2016) e, diante da grande demanda de produção de carne suína e da expectativa de crescimento da atividade, há uma grande preocupação com os passivos ambientais que podem ser gerados (SILVA, 2018).

Seu impacto ambiental é causado pela água residuária produzida pelos sistemas confinados de produção (MOURA, 2017). Estas unidades produzem uma quantidade significativa de dejetos que, junto com a limpeza das excretas das baias, gera uma água residuária (ARS) com alto potencial poluidor (ROS *et al.*, 2017) quando lançadas nos corpos hídricos.

Lo Monaco *et al.* (2009) cita que, águas residuárias da suinocultura (ARS) proporcionam formação altamente diversificada que depende da porção de água aplicada nas instalações, das circunstâncias de produção, acondicionamento, nutrição, fase de desenvolvimento e diluição dos resíduos com a incorporação das águas de lavagens ou de chuva.

Quando aplicada em quantidade indevida, a ARS proporciona riscos iminentes ao meio ambiente, como poluição das águas superficiais e subterrâneas, degradação das plantas com materiais orgânicos, além de destinar sais em alta dose ao solo, provocando sua salinização e poluição.

Os efluentes da suinocultura, quando dispostos de maneira inadequada no meio ambiente, desempenham alto potencial poluidor. No entanto, quando os dejetos de suínos são utilizados de forma criteriosa na agricultura, podem melhorar a qualidade do solo com a incorporação de matéria orgânica e propiciar economia de adubos químicos, em virtude do aporte de macro e micronutrientes para o desenvolvimento de cultivos agrícolas (CABRAL *et al.*, 2011).

Segundo Miyazawa & Barbosa (2015) para o manejo adequado da água residuária de suinocultura na agricultura, se faz necessário tomar conhecimento da composição do efluente e as concentrações dos principais macronutrientes (Nitrogênio, Fósforo e Potássio NPK). Para tomar tal conhecimento, é necessário a realização de uma análise química detalhada, já que ao contrário dos fertilizantes minerais, a ARS possui composição química muito variável, em razão dos diferentes manejos empregados com alimentação e água utilizadas nas granjas (BERNARDES, 2017).

Uma vez que água residuária de suinocultura possui um alto teor de nutrientes, que quando dispostos no solo adequadamente propicia sua adubação e redução de custos com fertilizantes minerais, esse produto é utilizado também como fonte de irrigação de culturas da agricultura, promovendo um bom desempenho e produção das plantas.

Pinto *et al.* (2014) constataram que a utilização de ARS na cultura do milho pode ser uma alternativa frente ao uso exclusivo dos fertilizantes minerais, uma vez que observaram aumento considerável na produção de matéria seca e da produtividade da cultura.

De acordo com Cassol *et al.* (2012), Moraes *et al.* (2014) e Alves Neto *et al.* (2016), a aplicação de água residuária de suínos aumenta a produtividade do milho, observando produtividade de 10,05, 12,88 e 6,24 Mg ha<sup>-1</sup> com aplicações de 143, 91,83 e 140 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de água residuária de suínos, respectivamente.

Visto o aumento na produção de suínos associado ao aumento na geração de água residuária e conseqüentemente poluentes, a reutilização das águas residuárias provenientes de atividades do setor agropecuário de suínos como fertirrigação na agricultura, se apresenta como alternativa imprescindível, uma vez que aumenta a produção de culturas, promove nutrientes ao solo e mitiga os danos ambientais.

### **3.4 Caracterização físico-química**

#### **3.4.1 pH (Potencial hidrogênionico)**

O pH é o balanceamento entre os íons OH e H<sup>+</sup>, que qualifica a água em ácida,

básica ou neutra (NETO, 2015) e seu valor varia de 0 a 14. O pH da água depende de sua origem e características naturais, mas podem ser alterados pela introdução de resíduos. É sem dúvida um dos mais importantes parâmetros a serem determinados no tratamento de água (PEREIRA, 2014). A presença de fatores como gás carbônico e substâncias alcalinas, influenciam de forma que a água apresente um caráter ácido ou básico, respectivamente.

### **3.4.2 Turbidez**

A turbidez, talvez a principal característica física de qualidade da água, é causada por partículas em suspensão, inorgânicas e orgânicas, tais como argila, silte, precipitados de elementos químicos (ferro e manganês, por exemplo), plâncton e resíduos vegetais. Expressa a transparência de um líquido a partir da medida da dispersão e absorção de luz pelas partículas em suspensão (APHA, AWWA, WEF, 2012; HEALTH CANADA, 2012).

### **3.4.3 Temperatura**

A temperatura é uma característica física das águas, sendo uma medida de intensidade de calor ou energia térmica em transito, pois indica o grau de agitação das moléculas (PÁDUA, 2003).

A temperatura é um fator importante, pois além de servir ao cálculo na determinação de algumas variáveis, como pressão atmosférica, umidade relativa do ar e demais, interfere constantemente no cálculo da alcalinidade, da salinidade, do pH, dos valores de saturação de oxigênio dissolvido, na toxicidade de elementos ou substâncias (PÁDUA, 2003).

### **3.4.4 Condutividade Elétrica**

A condutividade elétrica (CE) é a expressão numérica da habilidade de uma solução aquosa de transmitir corrente elétrica. Esta capacidade depende da presença de íons, da concentração total deles, mobilidade, valência, concentrações relativas e da temperatura (SOUZA *et al.*, 2009).

Segundo Esteves (2011), a condutividade elétrica é um parâmetro que pode mostrar modificações na composição dos corpos d'água, mas não especifica quantidades e componentes. É um parâmetro importante para controlar e determinar o estado e a qualidade de água (Piñeiro Di Blasi *et al.*, 2013).

### **3.4.5 Demanda Química de Oxigênio**

A demanda química de oxigênio (DQO) é um importante parâmetro amplamente utilizado para medir a quantidade de oxigênio necessário para oxidar quimicamente a fração orgânica, de um corpo d'água ou de uma água residuária, através do dicromato de potássio em solução ácida (MENESES, 2006).

### **3.4.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio**

Segundo Matos *et al.*, (2013) a demanda bioquímica de oxigênio, é a medida do decaimento na concentração de oxigênio dissolvido, sendo, por consequência estimativa, ainda que indireta, da concentração de matéria orgânica presente nas águas residuárias ou nas águas superficiais.

A quantificação da DBO possibilita a indicação aproximada da fração biodegradável da água residuária, da taxa de degradação da matéria orgânica e do consumo de oxigênio do meio (von SPERLING, 2005).

### **3.4.7 Oxigênio Dissolvido**

O oxigênio se encontra dissolvido nas águas em sua forma gasosa e costuma se originar tanto da atmosfera como da ação fotossintética das algas. A absorção de oxigênio pela água se dá pela diferença de pressão parcial entre a água e a atmosfera (ARAÚJO, 2013).

O oxigênio dissolvido é necessário para a respiração de microorganismos aeróbios, bem como outras formas aeróbias de vida (FIORUCCI e FILHO, 2005) como, por exemplo, os peixes. O consumo de oxigênio para a decomposição da matéria orgânica e a respiração realizada pelo ecossistema aquático colaboram para a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido na água (JANZEN; SCHULZ; LAMON, 2008).

### **3.4.8 Sólidos Dissolvidos Totais**

Os sólidos dissolvidos totais são uma expressão que combina substâncias orgânicas e substâncias inorgânicas de tamanho micrométrico que estão dissolvidas na água e que nem mesmo por filtração são removidas. Estas substâncias são majoritariamente minerais presentes na água que, após a filtração e obtenção de um peso constante, são determinadas pelo método gravimétrico (GONÇALVES, 2009).

### **3.4.9 Sólidos Fixos e Voláteis**

Os sólidos fixo e voláteis são parâmetros de grande importância para o tratamento da água residuária por via biológica, uma vez que a fração fixa representa os sólidos

inorgânicos e a fração volátil está relacionado a matéria orgânica, e sendo assim, o aumento do percentual de sólidos totais fixos (STF) e diminuição de sólidos totais voláteis (STV) pode diminuir a qualidade do efluente gerado (LOPES; LUNA; LOPES, 2019).

#### **3.4.10 Nitrogênio**

O nitrogênio (N) é um nutriente essencial requerido por todos os organismos vivos e, frequentemente, limita a produção primária em ecossistemas aquáticos e terrestres. Este elemento é necessário em grandes quantidades, uma vez que é componente essencial de proteínas, ácidos nucleicos e de outros constituintes celulares. (VIEIRA, 2017)

No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: nitrogênio molecular ( $N_2$ ), escapando para a atmosfera, nitrogênio orgânico (dissolvido em suspensão), amônia (livre –  $NH_3$  e ionizada –  $NH_4^+$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ) (GOMES e CECHINE, 2018).

#### **3.4.11 Nitrito**

O íon nitrito é normalmente encontrado como um estado intermediário do nitrogênio, tanto pela redução do nitrato como pela oxidação da amônia a nitrato. (GADELHA, 2005).

Este composto, constituído essencialmente de proteína, é principalmente, encontrado em fezes, esgotos e restos de alimentos, sendo a forma de nitrogênio absorvido pelas plantas.

#### **3.4.12 Nitrato**

O nitrato é a principal forma de nitrogênio configurado encontrado nas águas e é produzido no sistema aquático pelo processo de nitrificação a partir da matéria orgânica nitrogenada (VASCONCELOS e SOUZA, 2011).

#### **3.4.13 Fósforo**

O fósforo é um dos nutrientes mais importantes para os seres vivos, estando presente em componentes estruturais das células. É distribuído no meio ambiente pela ação do homem, por meio da emissão de efluentes industriais, urbanos e de animais, assim como pelo uso de fertilizantes aplicados na produção agrícola (DRINKWATER e SNAPP, 2007).

O fósforo ocorre em águas naturais e em efluentes quase que unicamente na forma de fosfatos. Estes são classificados em ortofosfatos, fosfatos condensados (pirofosfatos,

metafosfatos e outros polifosfatos), e fosfatos ligados organicamente. Eles ocorrem em solução, em partículas ou detritos, ou nos corpos de organismos aquáticos (APHA, 2005).

#### **3.4.14 Potássio**

O potássio está vastamente distribuído no meio ambiente, incluindo as diversas fontes de água residuária. Esse elemento (potássio) possui nutrientes que auxiliam no desenvolvimento das plantas, atuando, segundo CETESB (2016), como cofator de muitas enzimas, sendo necessário para a secreção de insulina, fosforilação da creatinina e metabolismo de carboidratos e proteínas.

A presença de potássio em águas residuárias destinadas para fertirrigação, contribui na adubação do solo e crescimento da planta.

#### **3.4.15 Cálcio e Magnésio**

A presença de cálcio e magnésio em alta proporção na água residuária, pode resultar em solo sódico, porque o sódio move o cálcio e o magnésio adsorvidos provocando a dispersão dos colóides.

A presença de cálcio e magnésio na água provoca a sua dureza, a formação de compostos insolúveis impede o desenvolvimento de espuma. Assim a água dura representa problemas. (POHLING, 2009).

No entanto, quando presentes em quantidade adequada na água residuária, para fins de fertirrigação, esses nutrientes são essenciais para o crescimento da planta.

### **3.6 Fertirrigação**

O aumento considerável na produção dos setores industriais, principalmente da agroindústria e pecuária, tem provocado crescimento no índice de geração de efluentes provenientes do consumo de água. Atividades do setor agroindustrial, como suinocultura e piscicultura, produzem diariamente quantidade significativa de efluentes com elevada carga de nutrientes e matéria orgânica (SILVA, 2019; GOMES, 2016) que podem comprometer a qualidade da água.

Essas águas uma vez utilizadas e contaminadas com os resíduos advindos da produção das indústrias, são consideradas águas residuárias. Com a alta demanda na geração dessa classe de água, sua reutilização é recomendada como uma opção viável e econômica.

No processo de reutilização da água residuária, pode-se dar ênfase a fertirrigação, por ser uma técnica que utiliza os nutrientes presentes na água e os dispõe no solo e nas plantas,

promovendo a fertilização de ambos.

De acordo com Basso *et al.* (2010), a fertirrigação é uma das maneiras mais eficientes e econômicas de aplicar fertilizante às plantas, principalmente em regiões de climas árido e semiárido, por causa da necessidade de irrigação para o cultivo das plantas. Assim, de acordo com o autor, ao aplicar os fertilizantes em menor quantidade por vez, e com maior frequência, pode-se manter um teor de nutrientes no solo nas quantidades exigidas nas diferentes fases do ciclo da cultura, o que aumentará a eficiência do uso de nutrientes pelas plantas e, conseqüentemente, a sua produtividade.

A fertirrigação com água residuária é uma ferramenta, em que se prioriza o aproveitamento dos nutrientes existentes na água residuária para permutação de parte da adubação química em áreas agrícolas cultivadas, razão suficiente para que esta técnica seja altamente recomendável para o tratamento/disposição dessas águas (LO MONACO, 2005). Nutrientes como nitrogênio, potássio e, principalmente, fósforo são fundamentais no preparo e cultivo de solos.

De acordo com MATOS (2002), o uso de águas residuárias na fertirrigação de espécies vegetais perenes ou que promovam, em sucessão, contínua extração de nutrientes no decorrer de todo o ano é almejado. Deste modo, determinadas plantas de sistema radicular vigoroso e profundo conseguem ser muito úteis diante do ponto de vista ambiental, uma vez que são capazes de remover ampla quantidade de macro e micronutrientes do solo, reduzindo os perigos de contaminação de águas superficiais e subterrâneas.

Essa prática tem se mostrado uma maneira efetiva de disposição e reaproveitamento de águas residuárias advindas de processos agroindustriais, possibilitando o aumento e qualidade da produtividade, redução de custos de produção e da poluição ambiental, além de promover melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo (SILVA, 2012).

O processo de fertirrigação pode ser realizado por dois tipos de irrigação, sendo eles gotejamento e aspersão.

### **3.6.1 Fertirrigação por gotejamento**

No sistema de fertirrigação por gotejamento, os nutrientes diluídos na água são empregados de maneira a infiltrar no solo, prevalecendo a absorvência radicular e não foliar. Nesse sentido, o conhecimento do comportamento dos nutrientes no solo, com relação à sua mobilidade, e a exigência da cultura durante o ciclo são fatores importantes a considerar no manejo dos fertilizantes. (PEDROSO, 2010)

Para a execução dessa técnica, é necessário ter atenção quanto a fonte de

fertilizantes, sendo importante identificar a sua solubilidade, compatibilidade e salinidade.

### **3.6.2 Fertirrigação por aspersão**

Segundo Justi (2008), a fertirrigação por aspersão é o mecanismo em que a água é sobreposta ao solo na forma de chuva artificial, pela pulverização do jato em gotas que se dispersam no ar, assentado sobre a superfície do terreno. O autor cita ainda que esta pulverização é obtida pelo fluxo de água sob a pressão através dos orifícios ou bocais, podendo o jato ser fracionado também pelo impacto contra mecanismos defletores ou superfícies de difusão.

### **3.7 Caracterização da cultura do milho**

O milho é uma gramínea, que pertence à família Poaceae e as espécies cultiváveis estão inseridas na espécie *Zea mays L.* (MAGALHÃES e SOUZA, 2015). Segundo Cleto (2017), sua origem e domesticação aconteceu no continente americano, especificamente na região da Mesoamérica, conhecida hoje como México. Assim que foi descoberto e encaminhado para a Europa, cultivava-se o milho em jardins, até o momento que seu valor alimentício tornou-se conhecido (OKUMURA *et al.*, 2011). Atualmente, devido à sua alta adaptabilidade a diversas condições de cultivo, em virtude da grande variedade de genótipos existentes, é cultivado em todos os continentes (PEIXOTO, 2002; SILVA, 2013).

No Brasil, a cultura do milho apresenta cadeia produtiva de grande importância econômica no cenário do agronegócio (ABREU, 2019). Ao decorrer das primeiras duas décadas do século XXI, houve significativa modificação do mercado brasileiro em termos de composição da oferta e demanda do milho (CONAB, 2019).

O milho cultivado em todo o Brasil, se destaca economicamente como importante cultura, utilizada como fonte de alimento, fibras, combustível e rações (NARDINO *et al.*, 2017). A produção total de milho no Brasil, na safra 2019/2020 foi de 102,0 milhões de toneladas, com produtividade média de 5.610 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2020). Em contexto nacional, o plantio de milho se identifica como um dos principais segmentos econômicos do agronegócio brasileiro, sendo o segundo grão mais exportado (SOUZA *et al.*, 2018).

De acordo com Contini *et. al* (2019), o milho se desenvolveu no decorrer dos últimos anos atingindo o nível de maior cultura agrícola do mundo, ultrapassando a marca de 1 bilhão de toneladas, superando propectos concorrentes, como o arroz e o trigo. Simultaneamente com sua relevância se tratando de produção, a cultura se destaca pelos variados usos. Estimativas indicam mais de 3.500 finalidades deste cereal. Associada a importância no

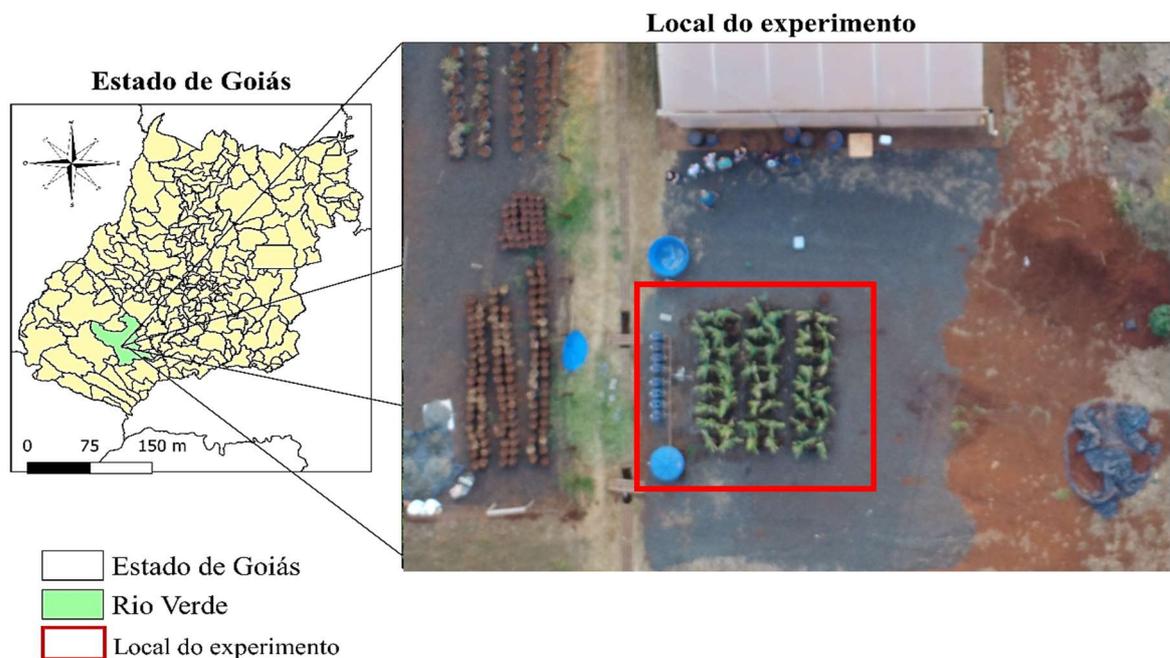
questo de segurança alimentar, tem-se a possibilidade de produzir com o milho uma infinidade de produtos, tais como combustíveis, bebidas, polímeros, etc. (Miranda, 2018).

O milho é cultivado em todas as regiões do País, em mais de dois milhões de empreendimentos agropecuários, sendo um produto primordial para a agricultura brasileira. Nas últimas décadas, a cultura passou por modificações profundas, ressaltando-se sua atenuação como cultura de subsistência de pequenos produtores e o acréscimo do seu papel em uma agricultura comercial eficiente, com locomoção geográfica e temporal da produção. (CONTINI *et al.*, 2019).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em vasos plásticos, dispostos a céu aberto, na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, localizada a 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é Aw segundo classificação de Köppen e Geiger (1928), com inverno seco e verão chuvoso, temperatura média anual entre 20 e 25 °C e média pluviométrica anual acima de 1500 mm.



**Figura 1.** Local do experimento

Fonte: Google Earth (2019)

O solo utilizado para o preenchimento dos vasos foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), fase Cerrado, de textura argilosa (SANTOS *et al.*, 2018), coletado na camada de 0,0-0,20 m de profundidade em uma área de Cerrado nativo pertencente ao IF Goiano – Campus Rio Verde. As características físico-químicas desse solo se encontram na Tabela 1, conforme metodologias descritas por Teixeira et al. (2017).

**Tabela 1.** Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico utilizado para o preenchimento dos vasos.

Prof. (m)	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	K	K	S	P	CaCl <sub>2</sub>
	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					----- mg dm <sup>-3</sup> -----				pH
0,0- 0,2	0,77	0,34	1,11	0,04	2,15	0,05	18	9,9	0,47	5,2
Prof. (m)	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	CTC <sup>a</sup>	SB <sup>b</sup>	V% <sup>c</sup>	m% <sup>d</sup>
	----- Micronutrientes (mg dm <sup>-3</sup> ) -----					cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		Sat. Bases	Sat. Al	
0,0- 0,2	0,0	75,56	12,96	4,16	3,93	Ns	3,31	1,16	35	3,3
Prof. (m)	Textura (%)			M.O. <sup>e</sup>	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC
	Argila	Silte	Areia	g dm <sup>-3</sup>	----- Relação entre bases -----					
0,0- 0,2	29	5	66	15,2	2,3	15,4	6,8	23,26	10,27	1,51

P (Mel), K, Na, Cu, Fe, Mn e Zn = Melich 1; Ca, Mg, e Al = KCl 1N; S = Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> em HOAc; M.O. = Método colorimétrico; B = BaCl<sub>2</sub>.

<sup>a</sup>Capacidade de troca cationica; <sup>b</sup>soma de bases; <sup>c</sup>saturação de bases; <sup>d</sup>saturação de alumínio; <sup>e</sup>Matéria orgânica

## 4.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas 2 x 4, com três repetições. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas 2 × 4, com três repetições. Os tratamentos consistiram em duas fontes de água residuária (piscicultura e suinocultura) diluídas em quatro proporções de água de abastecimento, sendo: dose recomendada de água residuária (MATOS E MATOS, 2017) + 0, 25, 50, 75% de seu volume em água de abastecimento, totalizando 24 parcelas experimentais. Cada parcela foi constituída por quatro vasos com uma planta de milho, totalizando 96 unidades experimentais (Figura 2).



**Figura 2.** Unidades experimentais

### **4.3 Características das águas residuárias**

A água residuária de suinocultura (ARS) foi coletada em biodigestor instalado na granja de suínos do IF Goiano – Campus Rio Verde, que continha 32 suínos em fase de terminação. A água residuária de piscicultura (ARP) utilizada foi adquirida em tanque de piscicultura para produção de tilápia (*Oreochromis niloticus*), com volume de 1.000 litros e densidade de 131 peixes em fase juvenil, com aproximadamente 53 g cada.

Antes de cada fertirrigação foi efetuada a caracterização físico-química e bacteriológica das duas fontes de água residuária conforme as metodologias descritas no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005), cujos valores médios estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características físico-químicas da água residuária de suinocultura e piscicultura utilizada para a fertirrigação do milho.

Parâmetro	Água residuária	
	Suinocultura	Piscicultura
pH	8,10	7,67
Turbidez (NTU)	280,00	3,79
Temperatura (°C)	22,97	22,15
Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	0,01	0,43
Demanda Química de Oxigênio (mg L <sup>-1</sup> )	966,94	587,5
Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	3,43	4,60
Sólidos totais (mg L <sup>-1</sup> )	5472,22	175,69
Sólidos fixos (mg L <sup>-1</sup> )	3822,92	73,29
Sólidos voláteis (mg L <sup>-1</sup> )	1649,30	102,40
Nitrogênio total (mg L <sup>-1</sup> )	478,92	91,17
Amônia (mg L <sup>-1</sup> )	408,08	30,00
Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	<0,01	<0,01
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	41,00	37,00
Nitrogênio kjeldahl (mg L <sup>-1</sup> )	437,92	54,17
Nitrogênio orgânico (mg L <sup>-1</sup> )	29,12	24,17
Fósforo (mg L <sup>-1</sup> )	9,19	5
Potássio (mg L <sup>-1</sup> )	147,49	21,0
Cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	26,65	11,9
Magnésio (mg L <sup>-1</sup> )	26,65	11,9

#### 4.4 Definição da dose de água residuária de suinocultura e piscicultura

A quantidade de água residuária empregada na fertirrigação do milho foi calculada de acordo com Matos e Matos (2017), considerando a demanda de nitrogênio (N) pela planta, a quantidade de N presente no solo utilizado e a concentração de N fornecida pelas águas residuárias, utilizando a equação 1.

$$DAR = \frac{1000 \times \left[ N_{abs} - \left( T_{m1} \times M.O \times \rho_s \times P \times 10^7 \times 0,05 \times \frac{n}{12} \right) \right]}{\left[ T_{m2} \times \frac{n}{12} \times N_{org} + (N_{amon} + N_{nitrato}) \times PR \right]} \quad (1)$$

Em que: DAR: dose de água residuária a ser aplicada (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>); Nabs: absorção de N para obtenção da produtividade desejada (kg ha<sup>-1</sup>) (SOUSA; LOBATO, 2004); Tm1: taxa anual de mineralização da matéria orgânica já existente no solo (adimensional); M.O: conteúdo de matéria orgânica do solo (kg kg<sup>-1</sup>);  $\rho_s$  = massa específica do solo (t m<sup>-3</sup>); P: profundidade do solo considerada (m); n: duração do ciclo da cultura; Tm2: taxa de mineralização do nitrogênio orgânico (adimensional); Norg: nitrogênio orgânico (mg L<sup>-1</sup>); Namon: nitrogênio amoniacal (mg L<sup>-1</sup>); Nnitrato: nitrogênio nítrico (mg L<sup>-1</sup>) e PR:

recuperação do N mineral pela cultura (adimensional).

Conforme orientação de Sousa e Lobato (2004), para atender o consumo de nitrogênio pelo milho, visando a produtividade de  $10\text{ t ha}^{-1}$  foram necessários  $17,09\text{ L}$  de água residuária de piscicultura planta<sup>-1</sup> e  $2,08\text{ L}$  de água residuária de suinocultura planta<sup>-1</sup>, parcelados em dois momentos de fertirrigação.

#### 4.5 Implantação do experimento

Para realização deste estudo foram empregados vasos plásticos de polietileno com capacidade de  $25\text{ L}$ . Os vasos foram distribuídos e em seguida, feitos furos para realização da drenagem, posteriormente, foi adicionada uma camada de  $0,07\text{ m}$  de pedra brita no fundo de cada vaso, para garantir uma drenagem adequada. Em seguida, efetuou-se o preenchimento com  $32\text{ kg}$  de solo (densidade do solo =  $1,35\text{ g cm}^{-3}$ )

Foi desenvolvida a correção do pH do solo aplicando, 30 dias antes da semeadura, calcário filler calcítico na dose de  $2\text{ t ha}^{-1}$ , representando a aplicação de  $20\text{ g vaso}^{-1}$ , segundo a metodologia de elevação da saturação por bases para  $70\%$ .

Todas as parcelas dos tratamentos foram adubadas com nitrogênio, fósforo e potássio no sulco de semeadura e, em cobertura a lanço apenas com fósforo e potássio, no estágio fenológico do milho V4 (quatro folhas totalmente desenvolvidas), segundo recomendações de Sousa e Lobato (2004):  $30\text{ kg ha}^{-1}$  de N ( $2,42\text{ g vaso}^{-1}$ ) na forma de nitrato de amônio;  $28\text{ g vaso}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na forma de superfosfato simples e  $3,2\text{ g vaso}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  na forma de cloreto de potássio (KCl) na semeadura; e  $10\text{ g vaso}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $5\text{ g vaso}^{-1}$  de cloreto de potássio (KCl) na cobertura.

A aplicação de nitrogênio na cobertura foi realizada via fertirrigação com água residuária de piscicultura e suinocultura (Figura 3), nos estádios fenológicos V4 e V6, conforme a recomendação de Sousa e Lobato (2004) ( $100\text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio), seguindo tratamentos descritos, de forma que o volume de água necessário para fertirrigação foi fracionado de modo a não superar a capacidade de campo do solo.



**Figura 3.** Preparo das diluições da água residuária de suinocultura (esquerda) e piscicultura (direita) para a fertirrigação do milho.

Para determinação da capacidade de campo, o vaso já preenchido com solo foi saturado com água, coberto com uma lona para que não houvesse evaporação da água, após o período de 48 horas foram efetuadas as leituras da umidade do solo com o sensor FDR, permitindo referenciar a umidade da capacidade de campo igual a  $0,42 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  (42%).

Os vasos tiveram suas umidades elevadas até a capacidade de campo, momento em que foram semeadas 10 sementes de milho Híbrido 2A401PW por vaso. Aos 15 dias após a semeadura (DAS), foi efetuado o desbaste das plantas, deixando apenas uma planta por vaso (Figura 4).



**Figura 4.** Período antes (A) e após o desbaste (B) das plantas de milho

## 4.6 Variáveis analisadas

### 4.6.1 Acúmulo de matéria seca

O acúmulo de matéria seca na parte aérea pelas plantas de milho foi avaliado aos 30, 60, 90 e 110 DAS. Foi quantificado: matéria seca das folhas (MSF – g planta<sup>-1</sup>); matéria seca do colmo (MSC - g planta<sup>-1</sup>) e a matéria seca da parte aérea (MSPA - g planta<sup>-1</sup>).

Para a determinação dessas variáveis, as plantas foram separadas em folhas e caules após o desbaste, embaladas em sacos de papel devidamente nomeados com os tratamentos e direcionadas a estufa de ventilação forçada de ar a 65°C por período de 72 horas. Logo após, as massas secas foram estabelecidas em balança analítica de precisão 0,001 g. Por meio destes resultados, realizou-se o cálculo das junções entre massas (partição de fotoassimilados): MSF/MSPA e MSC/MSPA.

### 4.6.2 Produção

Por ocasião da colheita, foram determinados: Número de fileiras de grãos (NFG); Número de grãos por fileira (NGF); Massa seca dos grãos (MSG - g planta<sup>-1</sup>) e Produtividade de grãos (PROD – kg ha<sup>-1</sup>).

Os grãos foram acondicionados em sacos de papel previamente identificados com os tratamentos e levadas a estufa de ventilação forçada de ar a 65°C por período indeterminado, até o momento em que os grãos apresentaram 13% de umidade, em seguida, a MSG foi determinada em balança analítica de precisão com resolução de 0,001 g.

A produção por hectare foi estimada através da equação 2.

$$\text{PROD} = \text{MSGESP} \times \text{NESP} \times 75.000 \quad (2)$$

Em que: PROD: produtividade de grãos com 13% de umidade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ); MSGESP: massa seca de grãos por espiga ( $\text{kg espiga}^{-1}$ ); NESP: número de espigas por planta; 75.000: número de plantas por hectare.

#### **4.7 Análises estatísticas**

Os dados das variáveis de matéria seca obtidos em cada fase de desenvolvimento e das variáveis produtivas foram submetidos à análise da variância, aplicando-se o teste F ao nível de 5% de probabilidade e, em casos de significância, foi realizada a análise de regressão polinomial linear e quadrática para os níveis diluições (D). Para o fator fontes (F) de água residuária, as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR<sup>®</sup> (FERREIRA, 2011).

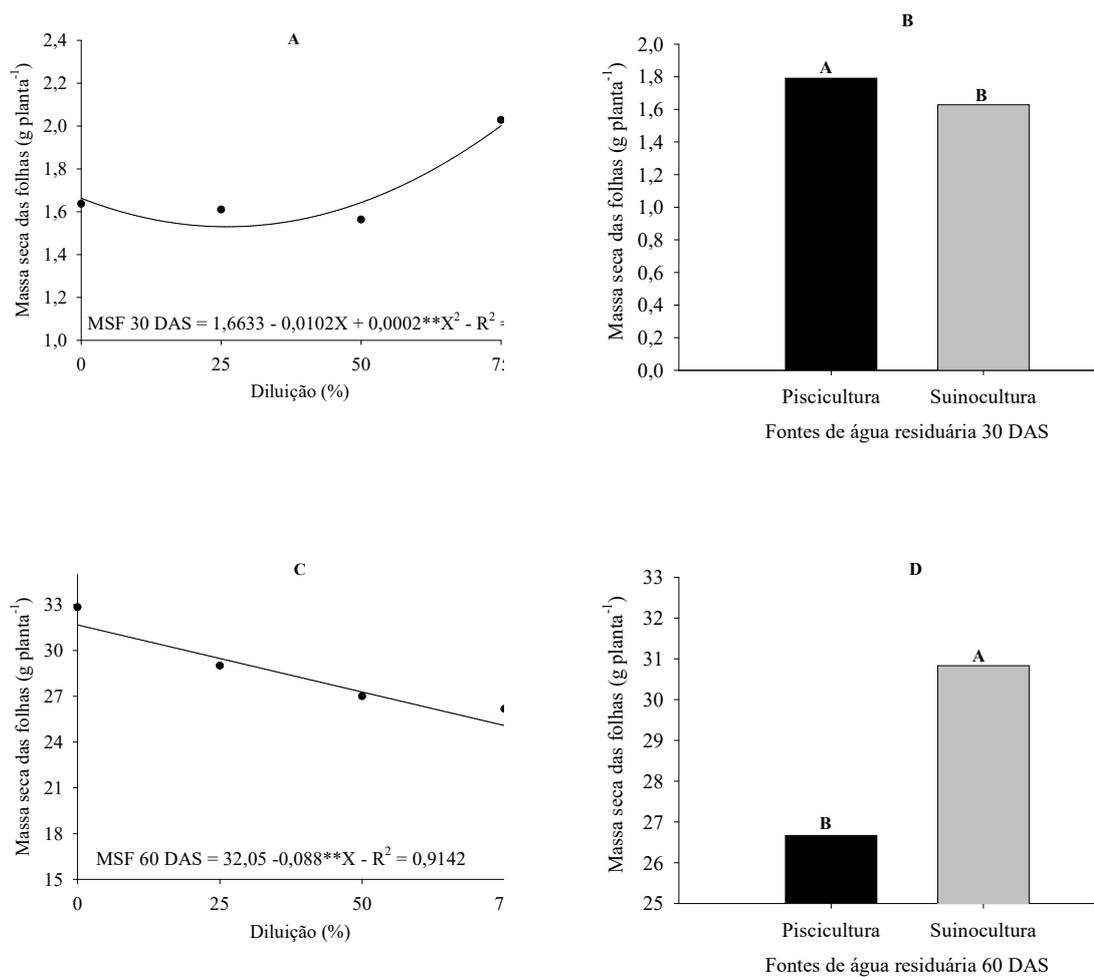
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Acúmulo de matéria seca

Não ocorreu efeito significativo da interação Diluição x Fonte (D x F) para as variáveis de matéria seca avaliadas. Houve efeito significativo dos fatores isolados F e D para massa seca da folha (MSF), massa seca do colmo (MSC) e massa seca da parte aérea (MSPA) aos 30 e 60 DAS. Ocorreu efeito isolado do fator fontes para MSC e MSPA aos 90 e 110 DAS.

A massa seca da folha aos 30 DAS apresentou menor valor na diluição 25,5%, estimado em 1,53 g planta<sup>-1</sup> (Figura 5A), ajustando-se a uma equação polinomial de segunda ordem. Aos 60 DAS, os dados de MSF adequaram-se a uma equação polinomial de primeiro grau, onde a diluição de 0% (32,05 g planta<sup>-1</sup>) apresentou maior valor de MSF e a cada acréscimo de 25% na proporção de diluição de água residuária em água de abastecimento estimou-se um decréscimo de 6,86% (2,2 g planta<sup>-1</sup>) na MSF (Figura 5C). Lima *et al.* (2012), em estudos sobre a aplicação de biofertilizante no milho, constataram aumento da massa seca da folha sob condições de menores diluições do biofertilizante em água aos 60 DAS, obtendo valores de MSF próximos a 40 g planta<sup>-1</sup> de milho.

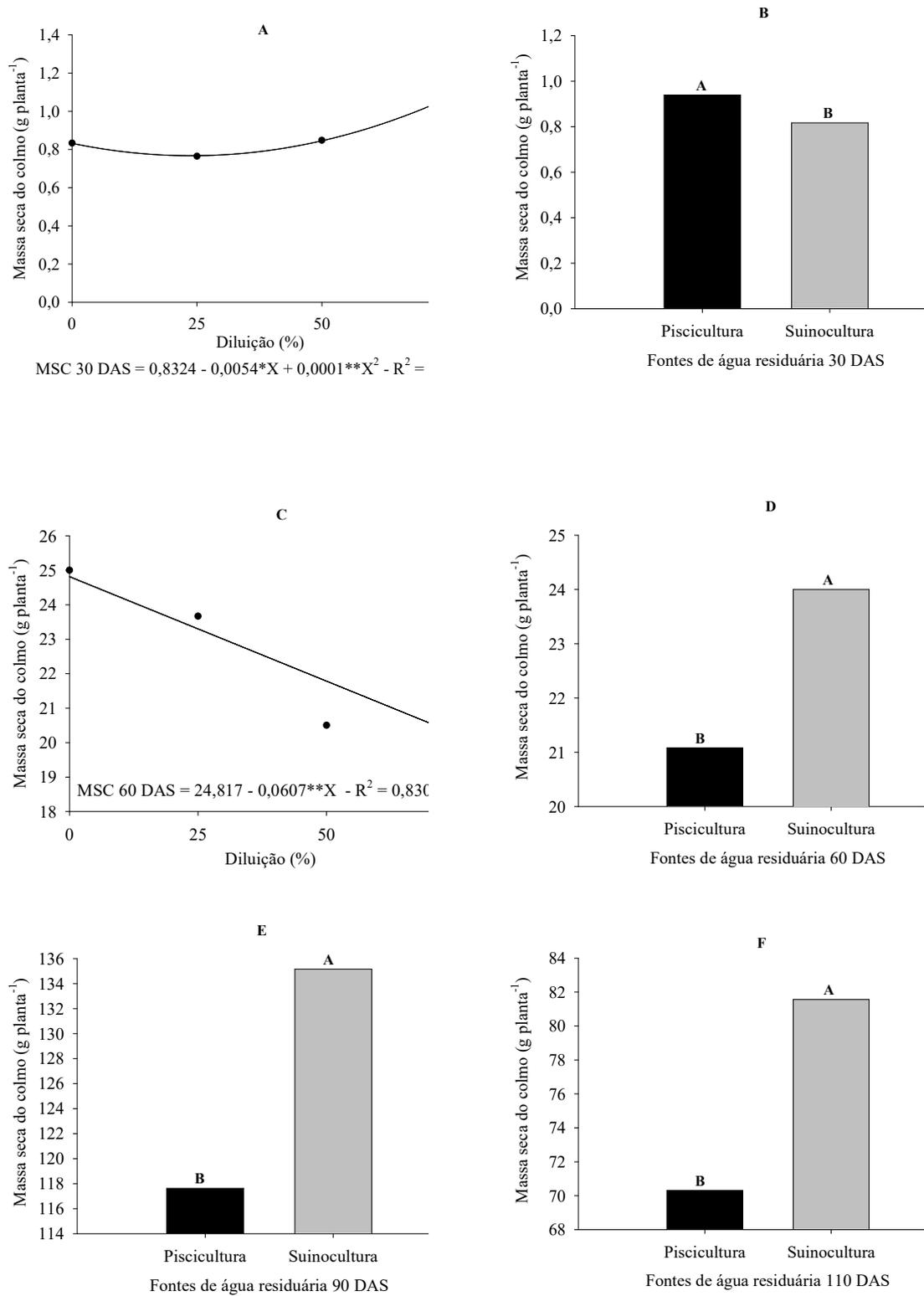
Identificou-se desigualdade de comportamento na MSF aos 30 e 60 DAS quando assimilada as fontes de água residuária utilizadas, sendo que aos 30 DAS, a fonte ARP proporcionou um aumento de 9,07% na MSF comparada com a fonte ARS (Figura 5B). A desigualdade na MSF entre as fontes de água residuária nesta primeira avaliação teste, pode ser esclarecida pela forma de distribuição manual nos vasos em que não existe uniformidade na semeadura/distribuição das sementes, o que pode refletir em alterações nas variáveis biométricas e, conseqüentemente, de biomassa das plantas no início do seu crescimento e desenvolvimento. Aos 60 DAS (Figura 5D), a ARS proporcionou valores superiores de MSF, na ordem de 13,51%.



**Figura 5.** Massa seca das folhas (MSF) do milho em função da diluição e fontes de água residuária aos 30 (A e B) e 60 (C e D) dias após o plantio (DAS), Rio Verde, Goiás, safra 2019.

Aos 30 DAS (Figura 6A), em concordância com a equação de regressão, o menor valor para massa seca do colmo (MSC) foi verificado na diluição de 27% (0,76 g planta<sup>-1</sup>). Aos 60 DAS, a cada aumento de 25% na proporção de diluição ocorreu depreciação aproximada de 6,11% (1,51 g planta<sup>-1</sup>) (Figura 6C) na MSC.

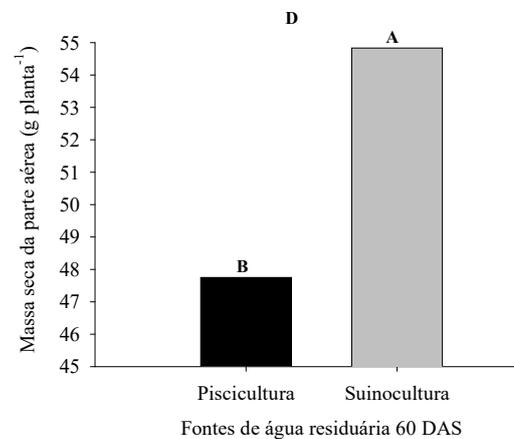
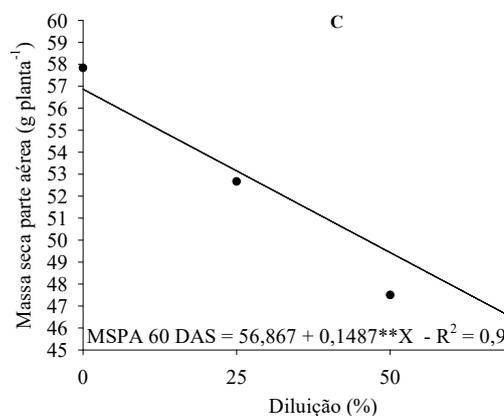
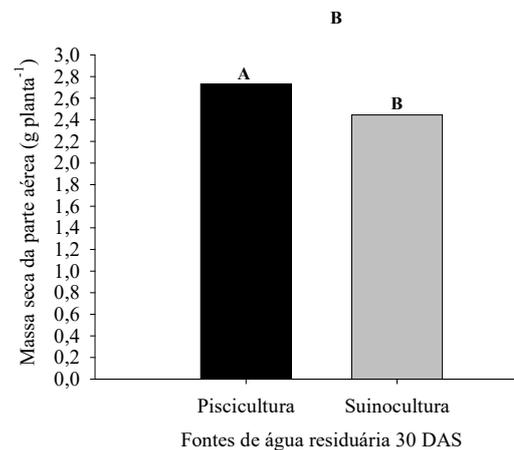
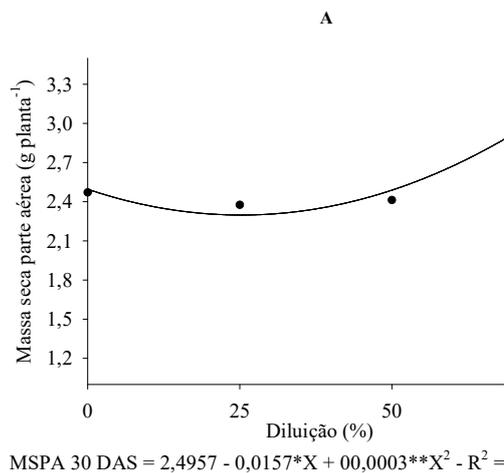
Sobre as fontes de água residuária aplicadas, a ARP observou-se valor de MSC 13,04% superior à fonte ARS aos 30 DAS (Figura 6B). Este resultado apresentou inversão aos 60, 90 e 110 DAS, onde a MSC foi 12,15; 12,98 e 13,79%, respectivamente, superior com uso da ARS em relação ao uso de ARP (Figura 6D, Figura 6E e Figura 6F). Concentrações superiores de N e P na ARS condicionam maior crescimento das plantas, o que consequentemente propicia melhores condições para o aumento da massa da matéria seca (SPÓSITO, 2018).

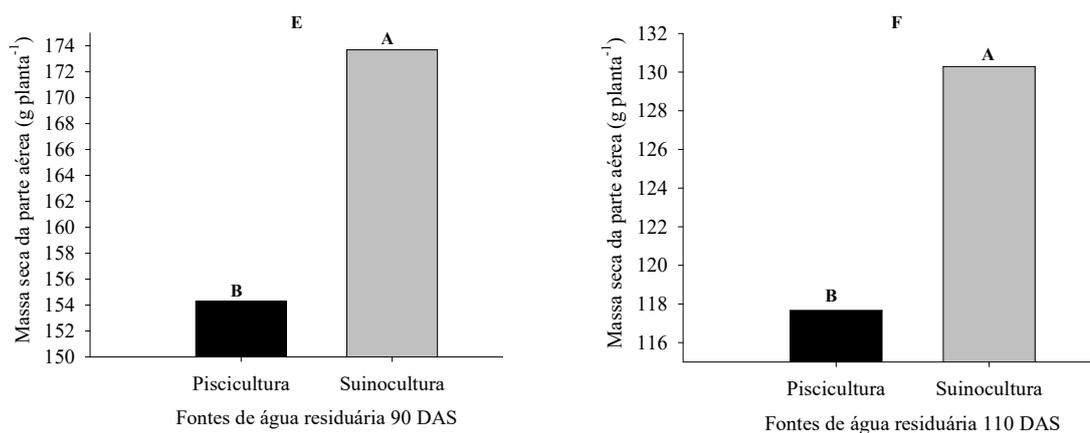


**Figura 6.** Massa seca do colmo (MSC) do milho em função das diluções e fontes de água residuária aos 30 (A e B) e 60 (C e D) dias após o plantio (DAS), e MSC em função das fontes de água residuária aos 90 (E) e 110 (F) DAS, Rio Verde, Goiás, safra 2019.

Nota-se comportamento similar na massa seca da parte aérea (MSPA) aos 30 e 60 DAS comparado aos modelos de regressão, cuja diluição de 26,16% ocasionou a menor MSPA, estimada em 2,29 g planta<sup>-1</sup> aos 30 DAS (Figura 7A), enquanto aos 60 DAS, houve depreciação estimada de 6,53% (3,72 g planta<sup>-1</sup>) a cada acréscimo de 25% na proporção de diluição (Figura 7C). Oliveira *et al.* (2017) constataram ganho linear de massa seca da parte aérea de milho quando irrigado com água residuária sem diluição.

Aos 30 DAS, a fonte ARP proporcionou maior valor MSPA (10,43%) quando comparada com a fonte ARS (Figura 7B). Já aos 60, 90 e 110 DAS, com uso da fonte ARS, a MSPA foi 12,92, 11,17 e 9,69%, respectivamente, superior em relação ao uso da fonte ARP, com valores iguais a 30,83, 173,69 e 130,29 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 7D, Figura 7E, Figura 7F).



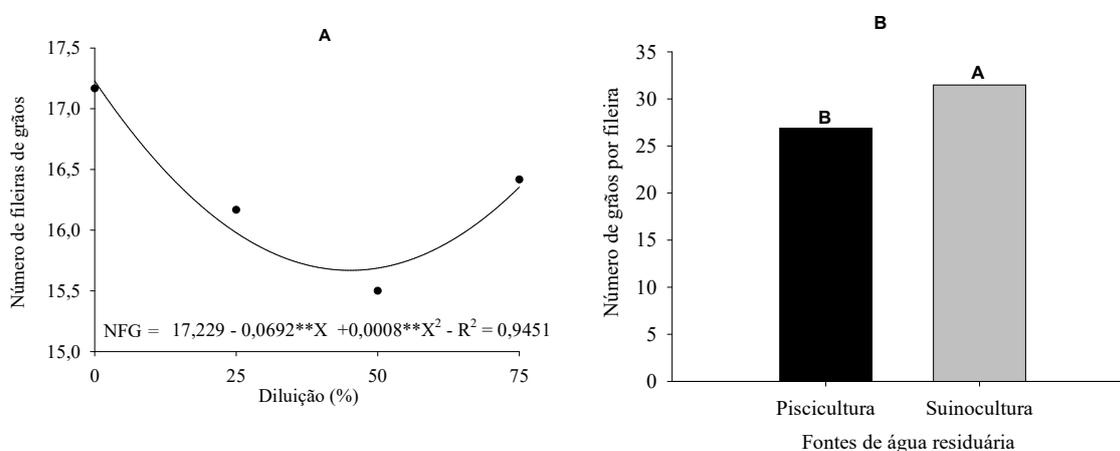


**Figura 7.** Massa seca da parte aérea (MSPA) do milho em função das dissolvências e fontes de água residuária aos 30 (A e B) e 60 (C e D) dias após o plantio (DAS), e MSPA em função das fontes de água residuária aos 90 (E) e 110 (F) DAS, Rio Verde, Goiás, safra 2020.

## 5.2 Produção

De acordo com os quesitos produtivos de grãos avaliados no milho no ato da colheita, 110 DAS, houve efeito isolado das diluições (D) na contagem de fileiras de grãos (NFG) e, efeito isolado das fontes (F) no número de grãos por fileira (NGF). Já para massa seca de grãos (MSG) e produtividade (PROD), foi observado efeito interativo D x F.

O maior NFG foi determinado na diluição de 0% (17,23), onde seus valores foram reduzidos até a diluição estimada de 43%, em que verificou-se o menor valor de 15,73 fileiras de grãos por espiga (Figura 8A). Para a variável NGF, a fonte ARS apresentou 31,48 grãos por fileira, valor 14,62% maior ao encontrado com a utilização da fonte ARP (Figura 8B).

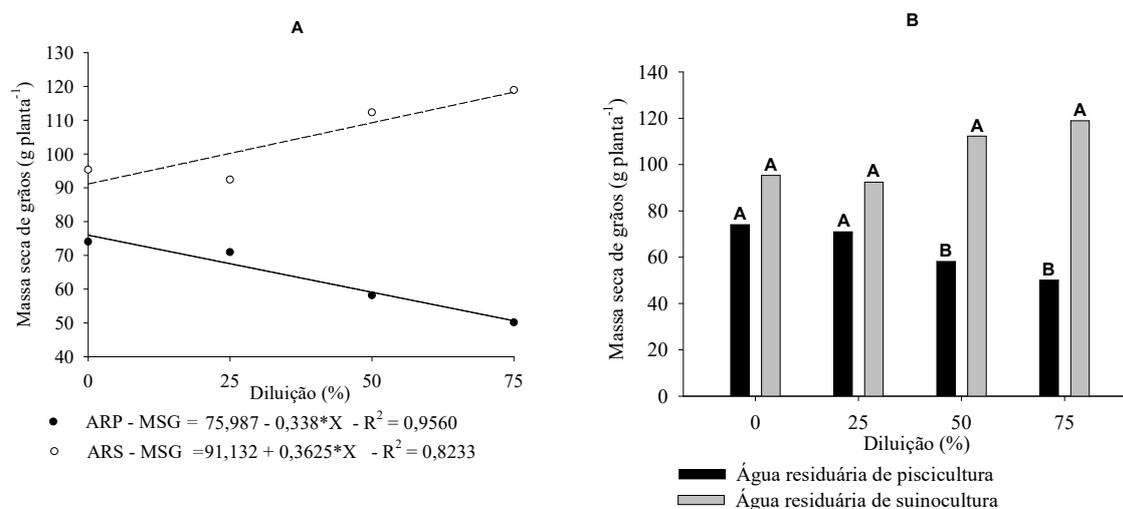


**Figura 8.** Número de fileira de grãos (NFG) de milho em função das dissolvências de água

residuária (A) e quantidade de grãos por fileira (NGF) conforme as fontes de água residuária (B), Rio Verde, Goiás, 2019.

Aos 110 DAS, observou desigualdade no comportamento da MSG no momento da colheita, quando avaliada as diluições em cada fonte de água residuária utilizadas (Figura 9A). Para a fonte ARS, o aumento de 25% na diluição de água residuária produziu um acréscimo de 7,66% ( $9,06 \text{ g planta}^{-1}$ ) na MSG. Já para a fonte ARP, o aumento da diluição reduziu a MSG na ordem de  $8,45 \text{ g planta}^{-1}$  a cada 25%, resultando em uma redução de 33,36% na MSG em relação as diluições de 0 e 75%. Araújo *et al.* (2018), analisando a produção de milho fertirrigado, encontraram o valor de MSG  $116,89 \text{ g planta}^{-1}$ , um valor similar ao deste estudo ( $118,31 \text{ g planta}^{-1}$ ).

Com a comparação das fontes utilizadas, identificou-se diferença apenas nas diluições de 50% e 75% (Figura 9B), cuja fonte ARS estimulou um aumento de 48,21 e 57,83%, respectivamente, na MSG se comparada a fonte ARP.

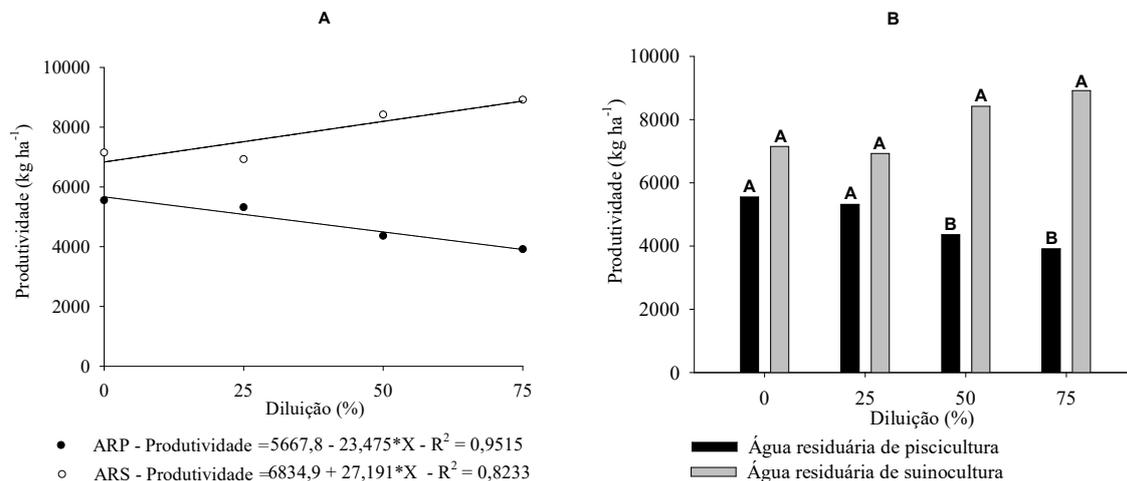


**Figura 9.** Desmembramento da interação diluição x fontes de água residuária (piscicultura – ARP e suinocultura – ARS) para a massa seca de grãos (MSG) de milho, Rio Verde, Goiás, safra 2019.

Utilizando a fonte ARP, a maior PROD ( $5.667,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi obtida na diluição de 0%, e seus valores foram 10,35; 20,71 e 31,03% acima das produtividades obtidas nas diluições de 25, 50 e 75%, respectivamente. No entanto, com o uso da fonte ARS, a diluição de 75% resultou na maior produtividade, estimada em  $8.874,22 \text{ kg ha}^{-1}$ , valor 22,98%,

ultrapassando à PROD obtida com a diluição de 0% para esta fonte de água residuária (Figura 10A). As maiores produtividades de grãos para as duas fontes de água residuária são menores do que as obtidas por Costa *et al.* (2014) e Cabral Filho (2019), que identificaram produtividade do milho fertirrigado de 14.400 e 11.494 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Apesar de terem apresentado valores menores aos dos estudos descritas acima, certificou-se a inclinação linear crescente de produtividade com a disponibilidade de N de cada fonte de água residuária, comprovando o potencial desta fonte no fornecimento de N, além de outras substâncias nutritivas.

Também houve diferenças entre as fontes nas diluições de 50% e 75%, cuja fonte ARS forneceu valores superiores à fonte ARP, com 48,21%, para a produtividade em kg (Figura 10B).



**Figura 10.** Desdobramento da interação diluição x fontes de água residuária (piscicultura – ARP e suinocultura – ARS) para a produtividade de grãos de milho (PROD) (A e B).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020), a produção estimada de milho no Brasil é de 5.610 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto no Estado de Goiás, a produção de milho registrada é de 6.390 kg ha<sup>-1</sup>. Como resultado, o rendimento médio de grãos do milho (4.788 kg ha<sup>-1</sup>) ao usar fontes de ARP é inferior à média em outros estados, enquanto para ARS, a margem de rendimento é superior (7.855 kg ha<sup>-1</sup>). Neste aspecto, o emprego de dejetos líquidos de suínos como fertilizante pode reduzir o custo de produção e pode obter altos rendimentos. (LOCATELLI *et al.*, 2019).

Na maioria das variáveis de produção avaliadas (MSG e PROD) praticamente todas

tiveram comportamento similar em relação às diluições e fontes de água residuária aplicadas. Na fonte ARP, os maiores resultados para as variáveis de produção foram destacados na diluição de 0%, diminuindo de forma regressiva com o aumento da diluição da água residuária em água de abastecimento. Este evento pode ter relação com a perda de N por lixiviação, através da ação da água no perfil do solo (CARVALHO e ZABOT, 2012). Apesar de presente no solo, o N só pode ser absorvido pelas plantas se estiver na forma de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), que na ARP representa 40,5 % ( $\text{NO}_3^-$ ) do N total. Porém, é exatamente essa forma N que é mais susceptível a perdas, quando grandes volumes de água atravessam a superfície para as camadas mais profundas do solo (PEIXOTO, 2008), dificultando a absorção do N pelas plantas e traz reflexos negativos no desenvolvimento e produtividade.

Já para a ARS, houve acréscimo nas variações de produção conforme o aumento da diluição da água residuária em água de abastecimento. No solo, a amônia ( $\text{NH}_3$ ), que é a forma predominante do N total da ARS, reage rapidamente com a água para formar íons amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) (VIEIRA, 2017), que são absorvidos pelas plantas e exercem efeitos no crescimento, qualidade vegetal, na produção de biomassa e na reprodução (LANE & BASSIRIRAD, 2002).

Além disso, em condições de maiores diluições, o solo apresentou pH ( $\text{CaCl}_2$ ) mais próximo da neutralidade (6,7), um fator que influencia diretamente na taxa de nitrificação, processo mediado por bactérias autotróficas responsáveis pela oxidação da amônia em nitrito e, na sequência, em nitrato no sistema solo-planta (SILVA e VALE, 2000), o que mitiga perdas de nitrogênio amoniacal por volatilização (BASSO *et al.*, 2004).

Os resultados do presente estudo evidenciam que as águas residuárias no exercício da agricultura constituem importante fonte de nutrientes às plantas, favorecendo o desenvolvimento e a produtividade do milho por meio da reciclagem de nutrientes, sobretudo nitrogênio, compreendendo assim, uma alternativa quanto à dependência de fertilizantes minerais, promovendo economias na importação de adubos e evitando o lançamento de grandes volumes de água residuária nos corpos hídricos.

## 6. CONCLUSÃO

A água residuária de suinocultura proporciona maiores, acúmulos de matéria seca da parte aérea do milho, matéria seca da palha, matéria seca da parte aérea e distribuição de matéria seca do colmo comparada à água de piscicultura.

Independentemente da diluição aplicada, a água residuária de suinocultura propicia a

maior massa seca e produtividade dos grãos para as condições deste estudo.

A água residuária de piscicultura utilizada via sistema de irrigação por gotejamento, sem diluição (0%) ou a água residuária de suinocultura na diluição de 75% são as mais apropriadas para alcance da maior massa seca e produtividade dos grãos de milho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Relatório de conjuntura de recursos hídricos no Brasil, 2009: Demandas de uso consuntivo**. 2011. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (ANA) - Reúso de água agrícola e florestal: Aspectos gerais do reúso de água. 1 ed. São Paulo: **Bitstream**, 2014. Disponível em: [https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/84/10/Unidade\\_1.pdf](https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/84/10/Unidade_1.pdf). Acesso em: 14 maio 2021.

ALMEIDA, G. N. **Utilização de água residuária no desenvolvimento de *moringa oleifera lam.*** 2018. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró - RN, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3121/2/Gleidiane%20NA-MONO.pdf>. Acesso em: 14 maio 2021

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da Água de Irrigação**. 1 ed. Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2010. 227 p.

ALVES, M. S. **Estratégias de usos de águas salobras no cultivo de hortaliças folhosas em sistema hidropônico NFT**. 2011. 100p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Cruz das Almas, 2011.

APHA. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 21<sup>a</sup> ed. Washington: American Public Health Association, 2005.

APHA - **American Public Health Association**. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, 2005.

APHA - **American Public Health Association**. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22<sup>o</sup> ed. Washington, D.C.: APHA; AWWA; WEF, 2012.

ARAÚJO, N. C. D.; LIMA, V. L. A. D.; SENA, L. F.; LIMA, G. S. D.; ANDRADE, E. M. G.; CARDOSO, J. A. F.; OLIVEIRA, S. J. C. Produção de milho Potiguar fertirrigado com água amarela e manipueira. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 161-170, 2019.

ARAÚJO, P. R. F. **Modelagem de oxigênio dissolvido no córrego salobinha, montes claros de goiás**. 2013. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/MODELAGEM\\_DE\\_OXIG%C3%8ANIO DISSOLVIDO\\_NO\\_C%C3%93RREGO\\_SALOBINHA\\_\\_MONTES\\_CLAROS\\_DE\\_GOI%C3%81S.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/MODELAGEM_DE_OXIG%C3%8ANIO DISSOLVIDO_NO_C%C3%93RREGO_SALOBINHA__MONTES_CLAROS_DE_GOI%C3%81S.pdf). Acesso em: 10 maio 2021

ASGHARIPOUR, M. R.; AZIZMOGHADDAM, H. R. Effects of raw and diluted municipal sewage effluente with micronutriente foliar spraus on the growth and nutriente concentration of foxtail millet in southeat Iran. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.19,

n. 4, p. 441-449, 2012.

AVELLAR, I. G. J.; COTTA, T. A. P. G.; NEDER, A. V. F. Aplicação de Eletrocoagulação na Remoção de Fosfatos em Efluente Doméstico Artificial Preparado a Partir de Bebida. **Revista Virtual Química**, Brasília-DF, v. 20, n. 20, p.1-19, out. 2015.

BAIONI, J. C.; SQUASSONI, G. H.; SOUZA, G. R. C.; SILVA, J. D. T.; DIAS, L. T. S. Efluente de piscicultura na produção consorciada de cebolinha e coentro. **Nucleus Animalium**, v. 9, n. 1, p. 143-150, 2017.

BALASSIANO, M. **Análise da aplicação de reuso de águas servidas: estudo de caso do caxias shopping**. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.

BASSO, L. H.; BRAGA, M. B.; CALGARO, M.; SIMÕES, W. L.; PINTO, J. M. Cultivo da Videira: irrigação e fertirrigação. **Embrapa Semiárido: Sistemas de Produção**, Petrolina-PE, p. 1-6, ago. 2010. Disponível em: [http://www.cpsa.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spuva/irrigacao.html](http://www.cpsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spuva/irrigacao.html). Acesso em: 13 maio 2021.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; PAVINATO, P. S.; SILVEIRA, M. J. D. Perdas de nitrogênio de dejetos líquidos de suínos por volatilização de amônia. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1773-1778, 2004.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; PAVINATO, P. S.; SILVEIRA, M. J. D. Perdas de nitrogênio de dejetos líquidos de suínos por volatilização de amônia. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1773-1778, 2004.

BASTOS, R. K. **Influência da água residuária da suinocultura sobre a acidez do óleo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. Dissertação (Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016.

BERNARDES, R. F. B. **Água residuária de suínos em um sistema agroflorestal: atributos químicos e translocação de nutrientes no solo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

BRABO, F. M.; PEREIRA, S. F. L.; SANTANA, M. V. J.; CAMPELO, V. A. D.; VERAS, C. G.; Cenário atual da produção de pescado no mundo, no Brasil e no estado do Pará: ênfase na aquicultura. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 4, n.2, p. 50-58, 2016.

BRITO, R. R., GOMES, E. R., LUDWIG, R. Uso da água na irrigação. **VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 2, 2012.

BOLZANI, H. R.; OLIVEIRA, D. L. O.; LAUTENSCHLAGER, S. R. Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura no solo e na qualidade dos seus lixiviados. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 4. p. 385-392, 2012.

CABRAL, J. R.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; MUNIZ, A. S.; BERTONHA, A. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.823-831, 2011.

- CABRAL FILHO, F. R. **Desempenho agrônômico e balanço nutricional na planta de milho fertirrigado com vinhaça concentrada e cloreto de potássio**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia). Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde, Rio Verde – GO, 2019.
- CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P. **Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho**: UFV, 2004, p. 139-182.
- CARVALHO, N. L.; ZABOT, V. Nitrogênio: nutriente ou poluente? **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 6, n. 6, p. 960-974, 2012.
- CASSOL, P.C.; COSTA A. C.; CIPRANDI, O.; PANDOLFO, C. M.; ERNANI, P. R. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em latossolo fertilizado com dejetos suíno. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 36, n. 6, pág. 1911-1923, 2012.
- CHEN, W.; LOPES, A. R.; VAZ, M. I.; SILVA, E. F.; MANAIA, C. M.; NUNES, O. C. Reclaimed water: A safe irrigation water source. **Environmental development**, [s.l.], v. 8, p.74-83, 2013.
- CLETO, C. C. **Métodos de controle de *fusarium verticillioides* em sementes de milho**. 2017. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba - Sc, 2017. Disponível em: [https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/182102/Carla%20C%a2ndida%20Cleto%20\\_%20TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/182102/Carla%20C%a2ndida%20Cleto%20_%20TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 17 maio 2021.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. CAS: 7440-09-7: Potássio. São Paulo: **Divisão de Toxicologia Humana e Saúde Ambiental**, 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Pot%C3%A1ssio.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Série histórica das Safras**, 2019. Disponível em: <<https://www.Conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso em: 16 de maio de 2021.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v.6, Safra 2018/19 - Nono levantamento. CONAB: Brasília.
- CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. **Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos**. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso em: 16 maio 2021.
- COSTA, Z. V. B. D.; 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.
- DRINKWATER, L. E.; SNAPP, S. S. Nutrientes in agroecosystems: rethinking the panagement Paradigm. In: **Adv. Agron.**, v. 92, p. 163-86, 2007.

ESTEVEES, F. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2011. 826 p.

FAO, **Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura**. O estado das pescarias e aquicultura mundiais. Roma, 2016, p.2. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/es/c/357c79a0-7fee-428f-a04e-9e86ba1a2ac5/>. Acesso em: 18 maio. 2021.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FREITAS, D. S. S. **Características agronômicas da Gliricídia submetida a irrigação com água salobra, com ou sem efluente da piscicultura**. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

FIORUCCI, A. R.; FILHO, E. B. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Revista Química Nova na Escola**, n. 22, p. 10-16, 2005.

FOGAÇA, Fabíola. **O protagonismo do Brasil na produção mundial de pescado**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/53738345/artigo---o-protagonismo-do-brasil-na-producao-mundial-de-pescado>. Acesso em: 18 maio 2021.

FONSECA, A. F., MELFI, A. J., MONTES, C. R. Maize growth and changes in soil fertility after irrigation with treated sewage effluent. I. Plant dry matter yield and soil nitrogen and phosphorus availability. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 36, p.13-14, 2005.

GADELHA, Francisca Jucileuza Sousa et al. Verificação da Presença de Nitrito em Águas de Consumo Humano da Comunidade de Várzea do Cobra em Limoeiro do Norte– Ce. **Reunião Anual da SBPC**, v. 57, 2005.

GOMES, L. M. **Tratamento de efluente da piscicultura utilizando os processos fenton e eletroquímico: eficiência e toxicidade**. Tese (Química e Biotecnologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.

GOMES, D. V.; CECHINE, M. A. P. **Remoção de nitrogênio amoniacal de efluentes de indústrias de pescados por processo adsorptivo utilizando carvão ativado**. 2018. 11 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2018.

GONÇALVES, R. I. L. S. **Metodologia para acreditação dos métodos de análise de sólidos suspensos e dissolvidos em águas**. 2009. 65 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Lisboa, 2009. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59242/1/000136181.pdf>. Acesso em: 11 maio 2021

GONZAGA, D. A.; BARBOSA, R. C. Estimativa do tamanho mínimo de rebanho suíno para a implementação de sistema de geração de energia elétrica de 35 kwh, 150 kwh, 275 kwh e 590 kwh, usando biogás como combustível para grupos geradores. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, Viçosa, v. 6, n. 2, p.26-32, 2016.

HEALTH CANADA. Federal provincial territorial committee on drinking water. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Guideline Technical Document: Turbidity. **Ottawa: Health Canada**, 2012. 87 p.

JAIQUES, R. C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

JANZEN, J. G.; SCHULZ, H. E.; LAMON, A. W. Medidas da concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 278 -283, 2008.

JORGE, M. F; PINHO, C. F; NASCENTE, A. L; ALVES, DG; ALMEIDA, GV; SILVA, JBG; SILVA, LDB. 2017. Tomato fertigation with dairy cattle wastewater. **Horticultura Brasileira**, v35, n.2, 2017.

JUSTI, A. L. **Irrigação e fertirrigação em um sistema de aspersão convencional submetido a técnicas de controle estatístico de qualidade**. 2008. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, Cascavel, 2008. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/2743/1/Andre%20Luiz%20Justi.pdf>. Acesso em: 16 maio 2021.

Köppen e Geiger (1928) – KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. L. R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, Essex, v. 100, p. 5485-5489, 2009

LOCATELLI, J. L.; BRATTI, F.; RIBEIRO, R. H.; BESEN, M. R.; TURCATEL, D.; PIVA, J. T. Uso de dejetos líquidos de suínos permite reduzir a adubação mineral na cultura do milho? **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 628-637, 2019.

LO MONACO, P. A. **Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2005.

LOMONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; SARMENTO, A. P.; LOPES JÚNIOR, A. V.; LIMA, J. T. **Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura**. 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/101/83>. Acesso em: 17 maio 2021

LOPES, W. S.; LUNA, Y. H. D. M.; LOPES, W. S. Avaliação da influência da redução do volume de água do açude epitácio pessoa na água de abastecimento e no esgoto sanitário da cidade de Campina Grande - PB. In: **Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade**, 1., 2019, Campina Grande - PB. Anais [...] . Campina Grande: Realize, 2019. p. 1-8. Disponível em: [https://editorarealize.com.br/editora/anais/conimas-e-conidis/2019/TRABALHO\\_EV133\\_MD1\\_SA39\\_ID543\\_28082019111226.pdf](https://editorarealize.com.br/editora/anais/conimas-e-conidis/2019/TRABALHO_EV133_MD1_SA39_ID543_28082019111226.pdf). Acesso em: 10 maio 202

LUCA, S. Q. J.; HUSSAR, G. J.; PARADELA, A. L.; BELI, E. Estudo da eficiência de um sistema de tratamento de efluentes líquidos de suinocultura. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 14, n. 1, 2017.

LUCENA, C. Y. S. O reuso de águas residuais como meio de convivência com a seca no semiárido do Nordeste Brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 1-17, 2018.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. **Cultivo do Milho**: Ecofisiologia. 2015 Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_8\\_ed/ecofisiologia.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/ecofisiologia.htm). Acesso em: 17 de maio 2021.

MARISCAL-LAGARDA, M. M.; PÁEZ-OSUNA, F.; ESQUER-MÉNDEZ, J. L.; GUERRERO-MONROY, I.; VIVAR, A. R.; FÉLIX-GASTELUM, R. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: management and production. *Aquaculture*, v. 366-367, p. 76-84, 2012. **Aquaculture**, v. 366, p. 76-84, 2012.

MARQUES, M. V. A.; MATOS, A. T.; PEREIRA, A. P. M.; SILVÉRIO, T. H. R.; PENIDO, D. L. A.; COSTA, M. T. M.; SILVA, D. A. P. Potencial, economia de água e adubação com a aplicação de efluente do tratamento preliminar de esgoto doméstico na fertirrigação de capim elefante. **HOLOS**, v. 2, p. 52-64, 2017.

MATOS, A. T. Tratamento de resíduos agroindustriais. In: **Encontro de Preservação de Mananciais da Zona da Mata Mineira**, 2, Viçosa, 2002. Anais [...] Viçosa, MG: UFV, 2002. p.105-157.

MATOS, M. P.; BORGES, A. C.; MATOS, A. T.; SILVA, E. F.; MARTINEZ, M. A. **Demanda bioquímica de oxigênio em diferentes tempos de incubação das amostras**. 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/346-Texto%20do%20artigo-1870-1-10-20130625.pdf>. Acesso em: 07 maio 2021.

MATOS, A. T.; Lo MONACO, P. A. Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos e líquidos da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. (**Engenharia na Agricultura**. Boletim técnico, 7). Viçosa: UFV, 2003. 68p.

MATOS, A.T.; MATOS, M.P. **Disposição de águas residuárias no solo e em Sistemas alagados construídos**. Viçosa, MG, 2016. 371p.

MELO, A, G, Santos. **Impactos da contaminação ambiental do rio imbassá por lançamento de esgotos domésticos**. 2018. 62 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão Ambiental em Municípios, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

MENDES, P. E. F.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Efluente tratado na agricultura: aspectos agrônômicos e sanitários no cultivo do rabanete. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, p.428-438, 2016.

MENESES, C. G. R. **Evolução da Biodegradabilidade da Matéria Orgânica em um Sistema de Lagoas de Estabilização**. 2006. 127 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia

Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15938/1/CarlaGracyRM.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Manual de educação para o consumo sustentável. **Ministério do meio ambiente**, Brasília, 2005.

MIRANDA, R. A. de. Uma história de sucesso da civilização. **A Granja**, v. 74, n. 829, p. 24-27, jan. 2018.

MIYAZAWA, M.; BARBOSA, G.M.C. Dejetos líquidos de suíno como fertilizante orgânico método simplificado. **IAPAR**, Londrina, PR, 2015.

MOURA, G. S. **Atributos químicos do solo com aplicação de água residuária de suinocultura em um sistema silvipastoril**. Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

MOURAD, A.L.; AMBROGI, V.S. & GUERRA, S.M.G. Potencial de utilização energética de biomassa residual de grãos. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., Campinas, 2004. Anais 5. Enc. **Energ. Meio Rural**, 2004.

MOUSAVI, S. R.; TAVAKOLI, M. T.; DADGAR, M.; CHENARI, A. I.; MORIDIYAN, A.; SHAHSAVARI, M. Reuse of treated wastewater for agricultural irrigation with its quality approach. **Biological Forum – An International Journal**, v.7, n.1, p.814-822, 2015.

NARDINO, M.; BARRETA, D.; CARVALHO, I. R.; FOLLMANN, D. N.; FERRARI M.; PELEGRIN, A. J.; SZARESKEI, V. J.; KONFLANZ, V. A.; SOUZA, V. Q. Divergência genética entre genótipos de milho (*Zea mays* L.) em ambientes distintos. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 164-174, 2017. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA16013>.

NASCIMENTO, T. S.; MONTEIRO, R. N. F.; SALES, M. A. L.; FLORIANO, L. S.; PEREIRA, A. I. A. Irrigação com efluente de piscicultura no cultivo de mudas de tomate. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 4, p. 866, 2016.

NETO, S. P., ARANTES, E. J., OLIVEIRA, R. M. S. GONÇALVES, M. S. Tratamento de água de chuva utilizando processos de filtração e desinfecção. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**. Foz do Iguaçu – PR, 2016.

OKUMURA, R.S.; MARIANO, D.C.; ZACCHEO, P.V.C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 226–244, 2011.

OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J. S. **Conservação e uso racional de água: Integração aquicultura-agricultura**. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. (Eds). Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p.113- 161.

PÁDUA, H. B. de. Temperatura (água/ar) em sistemas aquáticos. 2003. Disponível em: <https://www.abrappesq.com.br/materia2.htm>. Acesso em: 06 maio 2021.

PEDRERO, F.; KALAVROUZOTIS, I.; ALARCÓN, J. J.; KOUKOULAKIS, P.; ASANO,

T. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture - Review of some practices in Spain and Greece. **Agricultural Water Management**, [s.l.], v. 97, n. 9, p.1233-1241, 2010.

PEDROSO, Daniel. Fertirrigação via gotejamento. **Jornal Dia de Campo**. São Paulo, p. 1-3. fev. 2010. Disponível em:

<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21164&secao=Irriga%E7%E3o%20e%20Pulveriza%E7%E3o>. Acesso em: 16 maio 2021.

PEIXOTO, M. F. da S. P. **Ciclo do nitrogênio**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2008.

PIÑEIRO DI BLASI, J. I.; MARTÍNEZ TORRES, J.; GARCÍA NIETO, P. J.; ALONSO FERNÁNDEZ, J. R.; DÍAZ MUÑIZ, C.; TABOADA, J. Analysis and detection of outliers in water quality parameters from ‘different automated monitoring stations in the Miño river basin (NW Spain). **Ecological Engineering**, v. 60, p. 60–66, 2013.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.054>.

PINTO, M.A.B.; FABBRIS, C.; BASSO, C.J.; SANTI, A.L. & GIROTTO, E. (2014) – Aplicação de dejetos líquidos de suínos e manejo do solo na sucessão aveia/milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, vol. 44, n. 2, p. 205-212.

PLEVICH, J. O.; DELGADO, A. R. S.; SAROFF, C.; TARICO, R. C.; CRESPI, R. J.; BAROTTO, O. M. El cultivo de alfalfa utilizando água de perforación, água residual urbana y precipitaciones. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 12, 2012.

POHLING, R. **Reações químicas na análise de água**. Fortaleza: Editora Arte Visual, 2009.

PRADO, A. J.; SÁTIRO, T. M. S.; ZACARDI, D. M. A fertirrigação com água residuária de piscicultura: alternativa ambiental e economicamente viável. **Jornada Acadêmica Universidade Federal do Oeste do Pará**. Pará, 2014.

PRIOR, M.; SAMPAIO, S.C.; NÓBREGA, L.H.P.; DIETER, J.; COSTA, M. Estudo da associação de água residuária de suinocultura e adubação mineral na cultura do milho e no solo. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 4, p. 744-755, 2015.

QADIR, M.; WICHELS, D.; RASCHID-SALLY, L.; MCCORNICK, P. G.; DRECHSEL, P.; BAHRI, A.; MINHAS, P. S. The challenges of wastewater irrigation in developing countries. **Agricultural Water Management**, v.97, n.4, p. 561-568, 2010.

RÊGO, L. G. S. **Uso de efluente da piscicultura na produção de girassol ornamental**. Dissertação (Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

RIBEIRO, R., DANTAS, B., MATIAS, J., de OLIVEIRA, G. M., da COSTA, D. C. C., & BISPO, J. D. S. Germinação de sementes e produção de mudas de catingueira-verdadeira em água bioessalina. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.

ROS, C. O.; SILVA, V. R.; SILVESTREIN, T. B., SILVA, R. F., PESSOTTO, P. P. (2017). Disponibilidade de nutrientes e acidez do solo após aplicações sucessivas de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira De Tecnologia Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 35-44, 2017.

SANDRI, D; ROSA, R. R. B. Atributos químicos do solo irrigado com efluente de esgoto tratado, fertirrigação convencional e água de poço. 2017. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2017/05/solo-irrigado-com-efluente.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2020.

SANTOS, G. O. Aplicação de efluente de tratamento de esgoto, via aspersão, no solo e em Brachiaria. Jaboticabal, p. 197, 2015.

SANTOS, H. G.; JACOMINE P. K. T; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F; COELHO, M. R; ALMEIDA, J. A; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 5 ed. ver. amp., 2018.

SHILPI, S.; SESHADRI, B.; SARKAR, B.; BOLAN, N.; LAMB, D.; NAIDU, R. Comparative values of various wastewater streams as a soil nutrient Source. **Chemosphere**, v.192, p. 272-281, 2018.

SILVA, C. A.; VALE, F. R. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 12, p. 2461-2471, 2000.

SILVA, G. F. **Adubação nitrogenada e fosfatada para produção de milho verde e de grãos na Chapada do Apodi-RN**. 121f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2013

SILVA, J. B.; WEBER, O. L. S.; VIEIRA, C. R.; SILVA, J. B. Alterações nos Atributos Químicos de um Latossolo fertirrigado com efluentes da Atividade Suinícola. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 16, n. 2, p.103-107, 2018.

SILVA, J.B.G. **Uso de água residuária de bovinocultura de leite no cultivo da figueira (Ficus carica L.): efeitos no solo e na cultura**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2012.

SILVA, J. R. M. **Aplicação de efluente de estação de tratamento de esgoto em solo cultivado com Grama esmeralda (Zoysia japonica)**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

SILVA, M. L. G. **Uso do sólido de suínos de forma parcelada como fonte denitrogênio (N) em adubação de cobertura no cultivo do milho verde irrigado por gotejamento**. Instituto Federal Goiano – *Campus* Urutaí, Urutaí, 2019.

SILVA, T. L. Qualidade da água residuária para reuso na agricultura irrigada. **IRRIGA**, v. 1, n. 1, p. 101-111, 2018.

SINGH, P. K.; DESHBHRATAR, P. B.; RAMTEKE, D. S. Effects of sewage wastewater irrigation on soil properties, crop yield and environment. **Agricultural Water Management**, v. 103, 2012.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília,

Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

SOUZA, A. E.; REIS, J. G. M.; RAYMUNDO, J. C.; PINTO, R. S. Estudo da produção do milho no Brasil. **South American Development Society Journal**, v. 4, n. 11, p. 182, 2018.

SOUZA, E. C.; BRITO, C. F. B. FONSECA, V. A.; BEBÉ, F. V. Crescimento de milho em latossolo com aplicação de água residuária de suinocultura. **Enciclopédia Biosfera**, v.13 n.23; p.369- 376, 2016.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; TARSITANO, M. A. A.; VALDERRAMA, M. Lucratividade do milho em razão das fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Ceres**, v. 59, n. 3, 2012.

SOUZA, M. S.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. V. T.; SILVA, O. M. P.; CHAVES, S. W. P. Estado nutricional da melancia fertirrigada com doses de nitrogênio e fósforo. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 35, n. 4, p.2301-2316, set. 2014.

SOUZA, V. P.; POSSA, M. V.; SOARES, P. S. M.; SOARES, A. B.; SOUZA, M. R. R. **Interpretação dos parâmetros físico-químicos de efluentes gerados em sistemas do tipo rejeito-cobertura**. 2009. Disponível em: <https://www.cetem.gov.br/images/congressos/2011/CAC00050011.pdf>. Acesso em: 07 maio 2021.

SPÓSITO, T. H. N. **Matéria seca e acúmulo de nutrientes no aguapé utilizado para fitorremediação em águas residuárias de suinocultura**. Tese (Agronomia). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, Ilha Solteira, 2018.

TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3ª edição revista e ampliada. Embrapa, Brasília, DF, 574 p., 2017.

TESSARO, D.; SAMPAIO, S. C.; POCOJESKI, E. Myrmecofauna (hymenoptera: formicidae) as a bioindicator of the quality of soils submitted to the application of pig farming wastewater. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 144-154, 2017.

URBANO, V. R.; MENDONÇA, T. G.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Physical-chemical effects of irrigation with treated wastewater on Dusky Red Latosol soil. **Ambiente & Água**, v. 10, n. 4, p. 737-747, 2015.

VASCONCELOS, M, C. C. A. Salinização do solo em áreas irrigadas: Aspectos físicos e químicos. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**. v. 10, n. 1, p. 20-25, 2014.

VASCONCELOS, V. M. M.; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 605-624, 2011. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/1980-993x>.

VIEIRA, R. F. Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas. 21. ed. Brasília: **Embrapa Meio Ambiente**, 2017. p. 165.

von SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 3ª, Belo Horizonte: UFMG, 2005. p. 452.