



João Dallamuta
(Organizador)

**Estudos Transdisciplinares
nas Engenharias 2**

Atena
Editora
Ano 2019

João Dallamuta

(Organizador)

Estudos Transdisciplinares nas Engenharias 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de
Oliveira Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof.^a Dr.^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Dr.^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof.^a Dr.^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof.^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	Estudos transdisciplinares nas engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizador João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Transdisciplinares nas Engenharias; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-356-9 DOI 10.22533/at.ed.569102905 1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Transdisciplinaridade. I. Dallamuta, João. II. Série. CDD 620
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná - Brasil

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Caro(a) leitor(a),

Nesta obra temos um compendio de pesquisas realizadas por alunos e professores atuantes em ciências exatas, engenharia e tecnologia. São apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens de simulação, projetos e caracterização no âmbito da engenharia e aplicação de tecnologia.

Tecnologia e pesquisa de base são os pilares do desenvolvimento tecnológico e da inovação. Uma visão ampla destes temas é portanda fundamental. É esta amplitude de áreas e temas que procuramos reunir neste livro.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Optamos pela divisão da obra em dois volumes, como forma de organização e praticidade a você leitor. Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura.

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ESTUDO SEMI PROBABILÍSTICO E SIMULAÇÕES NUMÉRICAS PARA O MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO APLICADO AO PROBLEMA DE FLEXÃO DE UMA VIGA	
Ana Carolina Carius Bruna Teixeira Silveira Ricardo Franciss Leonardo de Souza Corrêa João Vitor Curioni de Miranda Bruna Nogueira da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5691029051	
CAPÍTULO 2	14
EVOLUÇÃO DIFERENCIAL APLICADA NA ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS DE UM SISTEMA OSCILATÓRIO	
Iolanda Ortiz Bernardes Marcelo Favoretto Castoldi Alessandro Goedel	
DOI 10.22533/at.ed.5691029052	
CAPÍTULO 3	20
GERAÇÃO DE UM ACELEROGRAMA SÍSMICO ARTIFICIAL A PARTIR DE UMA FUNÇÃO DENSIDADE ESPECTRAL DE POTÊNCIA COMPATÍVEL COM UM ESPECTRO DE RESPOSTA DE PROJETO	
Daniela Dalla Chiesa Letícia Fleck Fadel Miguel	
DOI 10.22533/at.ed.5691029053	
CAPÍTULO 4	25
GRUPO DE ESTUDOS E INTERVENÇÕES SOCIOAMBIENTAIS ENQUANTO PRÁTICA EDUCATIVA PARA A ENGENHARIA AMBIENTAL: CICLOS QUE SE RETROALIMENTAM	
Gabriela de Souza Carvalho Julia Dedini Felício Lara Ramos Monteiro Silva Rhennan Mecca Bontempi	
DOI 10.22533/at.ed.5691029054	
CAPÍTULO 5	43
MAPEAMENTO DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS E ESTUDO DA POTENCIALIDADE HÍDRICA DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBÉ EM LONDRINA, PR	
Giselly Peterlini Maurício Moreira dos Santos Thiago Henrique da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5691029055	
CAPÍTULO 6	49
MODELAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DE UM INVERSOR FONTE DE TENSÃO PARA ACIONAMENTO DE MOTORES DE INDUÇÃO	
Lucas Niquele Endrice Jakson Paulo Bonaldo	
DOI 10.22533/at.ed.5691029056	

CAPÍTULO 7	67
MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE LEITE EM PÓ INTEGRAL: ÊNFASE NA ETAPA DE SECAGEM POR <i>SPRAY DRYING</i> Gustavo Storte Tonin Régis da Silva Pereira DOI 10.22533/at.ed.5691029057	
CAPÍTULO 8	83
NÍVEIS DE RUÍDO DE UM TRATOR AGRÍCOLA EM CONDIÇÃO ESTÁTICA Maria Rosa Alferes da Silva Letícia Rodrigues da Silva Rônega Boa Sorte Vargas Beethoven Gabriel Xavier Alves DOI 10.22533/at.ed.5691029058	
CAPÍTULO 9	88
O MÉTODO SORM DG E SUAS APLICAÇÕES NA ANÁLISE DE CONFIABILIDADE ESTRUTURAL DE PROBLEMAS DE ENGENHARIA Emmanoel Guasti Ferreira Marcílio Sousa da Rocha Freitas José Antônio da Rocha Pinto Geraldo Rossoni Sisquini DOI 10.22533/at.ed.5691029059	
CAPÍTULO 10	106
PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PARA CRIAÇÃO DA ZONA DE SEGURANÇA HÍDRICA DO MUNICÍPIO DE CUIABÁ, MATO GROSSO Ibraim Fantin-Cruz Maria Ivoneide Vital Rodrigues Leandro Obadowiski Bruno Marcel Medinas de Campos DOI 10.22533/at.ed.56910290510	
CAPÍTULO 11	123
PROSPECÇÃO QUÍMICA DA CASCA DO FRUTO E DA SEMENTE DA <i>MAGONIA PUBENSCENS</i> A. ST.-HIL Amanda Silva Oliveira Arnaldo Ferreira Ribeiro Júnior Bruna Lane Malkut Fábio Gramani Saliba Júnior Maria Perpétua Oliveira Ramos DOI 10.22533/at.ed.56910290511	
CAPÍTULO 12	128
REÚSO DE EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO NO CULTIVO DO PIMENTÃO AMARELO EM SOLO DO CERRADO Delvio Sandri Waltoíres Reis da Silva Júnior Cícero Célio de Figueiredo Rodrigo Moura Pereira DOI 10.22533/at.ed.56910290512	

CAPÍTULO 13	140
SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMÁTICO	
Camila Dias de Jesus	
Márcio da Silva Vilela	
Leonardo Nazário Silva dos Santos	
Clarissa Vitória Borges dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.56910290513	
CAPÍTULO 14	144
SISTEMA RADICULAR DA CULTIVAR 'GOLD JEWEL' DE KALANCHOE BLOSSFELDIANA POELLN CULTIVADA EM SUBSTRATO COMERCIAL E EM DIFERENTES DOSAGENS DE IRRIGAÇÃO	
Fátima Cibele Soares	
Jumar Luís Russi	
Andressa Fernandes Leal	
Carine Brum Duran	
Francieli Ribeiro Corrêa	
Giordana Trindade de Abreu	
DOI 10.22533/at.ed.56910290514	
CAPÍTULO 15	151
UMA ABORDAGEM DE APRENDIZADO DE MÁQUINAS PARA AUXÍLIO NO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO	
Jéfter Mateus de Oliveira Rezende	
Gustavo de Assis Costa	
Camila Dias de Jesus	
DOI 10.22533/at.ed.56910290515	
CAPÍTULO 16	164
UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE VELOCIMETRIA POR IMAGENS DE PARTÍCULAS (PIV) PARA OBTENÇÃO DO MAPA DE DEFORMAÇÕES EM PAINÉIS DE MADEIRA DE <i>PINUS OOCARPA</i>	
Eduardo Hélio de Novais Miranda	
Rodrigo Allan Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.56910290516	
CAPÍTULO 17	170
UTILIZAÇÃO DE AGENTE DE SECAGEM NA PRODUÇÃO DE PAPEL CARTÃO	
Crivian Pelisser	
Márcio Antônio Fiori	
Josiane Maria Muneron de Mello	
Jaqueline Scapinello	
DOI 10.22533/at.ed.56910290517	
SOBRE O ORGANIZADOR	184

REÚSO DE EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO NO CULTIVO DO PIMENTÃO AMARELO EM SOLO DO CERRADO

Delvio Sandri

Universidade de Brasília – UnB, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Campus Darcy Ribeiro
Brasília – DF

Waltoíres Reis da Silva Júnior

Universidade de Brasília – UnB, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Campus Darcy Ribeiro
Brasília – DF

Cícero Célio de Figueiredo

Universidade de Brasília – UnB, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Campus Darcy Ribeiro
Brasília – DF

Rodrigo Moura Pereira

Universidade de Brasília – UnB, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Campus Darcy Ribeiro
Brasília – DF

RESUMO: Com a crescente conscientização de que a água é um recurso natural limitado e de expressivo valor econômico, técnicas de uso sustentável e racional são cada vez mais difundidas. Dentre elas, o uso de efluentes de esgoto tratado (EET) para fins de irrigação se destaca, tanto pelo reaproveitamento da água, como pelo aporte de nutrientes ao solo e benefícios ambientais. Este trabalho objetivou

avaliar a utilização de EET, proveniente da Fazenda Água Limpa da UnB, na irrigação da cultura do pimentão amarelo, híbrido Canário F1. Avaliou-se o desenvolvimento das plantas e dos frutos e seus efeitos quanto à quantidade de nutrientes adicionados e alteração nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Amarelo, em resposta aos seguintes tratamentos: irrigação com água de córrego; EET; água de córrego com adubação de base; EET com adubação de base; EET com adubação de cobertura; e EET com adubação de cobertura e de base. A massa úmida, perímetro e produção total dos frutos de pimentão são maiores nos tratamentos com EET. A aplicação de EET sem adubação química resulta em maior produção e altura de frutos. A irrigação com EET proporciona maior número de frutos. O EET pode ser utilizado sem interferir de forma negativa na cultura do pimentão. O teor de potássio no solo aumenta nos tratamentos irrigados com EET, enquanto que os teores de fósforo, matéria orgânica e pH do solo que recebeu EET apresenta pouca elevação em comparação ao solo irrigado com água do córrego. A aplicação de 253 mm de EET adiciona ao solo 10 kg ha⁻¹ de nitrogênio total, 10 kg ha⁻¹ de potássio total e 0,5 kg ha⁻¹ de fosfato total.

PALAVRAS-CHAVE: fenometria, fertirrigação, gotejamento, *Capsicum annuum* L.

ABSTRACT: With the growing awareness that water is a limited natural resource of significant economic value, sustainable and rational use techniques are increasingly widespread. Among them, the treated wastewater reuse (TWR) for irrigation purposes stands out, both for the reuse of water, as dream as the contribution of nutrients to the soil and environmental benefits. The objective of this work was to evaluate the use of TWR, from the Água Limpa Farm of UnB, in the irrigation of the yellow pepper culture, F1 Canary hybrid. Evaluate for the performance of plants and fruits and chemical properties of soil (red-yellow-oxisol), in response to irrigation with dream water, TWR, dream water with base fertilization, TWR with base fertilization, TWR with cover fertilization and TWR with cover and base fertilization. The wet mass, perimeter and total production of yellow pepper fruits are higher in TWR treatments. The application of TWR without chemical fertilization results in higher production and height of fruits. The irrigation with TWR provides greater fruit production. The TWR can be used without interfering negatively in the yellow pepper culture. As a result, the levels of potassium were higher in the le treatments. The content of phosphor, organic matter and pH, related to le, showed little increase compared to Ic treatments. In conclusion, the application of 253 mm of le may add to the soil approximately 10 kg ha⁻¹ of nitrogen, 10 kg ha⁻¹ of potassium and 0.5 kg ha⁻¹ of total phosphor.

KEYWORDS: phenometry, fertigation, drip, *Capsicum annum L.*

1 | INTRODUÇÃO

O elevado incremento populacional no distrito federal e em seu entorno resultaram na crescente demanda por insumos básicos, especialmente de recursos hídricos, tanto para produção de hortaliças, grãos e fibras, como para atendimento de atividades industriais e urbanas. Como consequência, maior quantidade de resíduos e dejetos é gerada, bem como conflitos pelo uso da água entre os diversos setores de usuários tendem a surgir em determinadas épocas do ano.

Diante disso, para fins de irrigação, o uso de EET proporciona o reaproveitamento da água e de nutrientes essenciais, aumentando o rendimento das culturas. Por outro lado, é importante que o esgoto passe por tratamento prévio antes de sua reutilização, sendo a resposta da cultura em função de vários fatores, como arquitetura da planta, tipo de sistema de aplicação da água, composição do efluente, dentre outros fatores.

Com a crescente conscientização de que a água é um recurso natural limitado e de expressivo valor econômico, técnicas de uso sustentável e racional têm tido grande difusão, dentre elas, o uso de efluentes de esgoto tratado (EET). Para fins de irrigação, o EET se destaca pelo reaproveitamento da água com aporte de nutrientes ao solo, o que o viabiliza na agricultura, atividade da qual é responsável por cerca de 70% do consumo total de água no mundo (ALMEIDA, 2010).

O reúso de águas domésticas já se tornou uma técnica bastante usual e com benefícios conhecidos, porém há uma falta de normatização no Brasil que regule

seu uso para a agricultura, pois sua utilização sem critérios pode colocar em risco a saúde pública devido às doenças de veiculação hídrica, além de ser uma atividade potencialmente poluidora do solo e aquíferos subterrâneos.

Diante deste cenário, têm-se adotadas referências técnicas internacionais como a descrita por Ayers e Westcot (1991), que divide as águas utilizadas para irrigação de acordo com um potencial de restrição em: nenhuma, ligeira, moderada e severa, de acordo com os parâmetros de condutividade elétrica (CE), total de sais dissolvidos (SDT), relação de adsorção de sódio (RAS), sódio (Na), cloreto, boro (B), nitrogênio (N), bicarbonato (NaHCO_3) e potencial hidrogeniônico (pH). Em diversos estudos com aplicação de efluente de esgoto tratado foram observadas alterações de vários atributos físico-químicos do solo irrigado com EET, com destaque a condutividade elétrica e ao sódio (SANDRI et al., 2009; VARALO et al., 2010). Assim, sugere-se que, ao se utilizar EET na irrigação é necessário se atentar aos cuidados necessários com o cultivo de plantas sensíveis a solos salinos, como o nabo, alface e pimentão, as quais segundo Ayers e Westcot (1991) toleram, na água de irrigação, valores de 0,9, 1,0, e 1,5 dS m^{-1} , respectivamente.

Segundo Silva et al. (2014) a aplicação de EET na agricultura pode melhorar as condições físico-químicas do solo, porém, recomendam, como para a cultura da pimenta tekila, a aplicação de efluente tratado juntamente com adubação química para obtenção de melhores resultados no rendimento da cultura. Cunha et al. (2014) observaram que a aplicação de EET na irrigação de tomate de mesa resulta em economia de 65,38 a 100% no consumo de cálcio, sulfato, cobre e molibdênio no cultivo do tomate sweet grape em sistema hidropônico com diferentes substratos, resultando em benefícios diretos com a redução de custos com a aquisição de sais sintéticos com consequente melhora da relação custo benefício na comparação com a irrigação de água natural. Ressaltam que a indispensabilidade de monitoramento constante com indicação de técnicas de manejo apropriadas em função de vários aspectos, dentre eles, a composição dos efluentes e seus efeitos nos atributos físicos e químicos do solo.

Diante do exposto o presente trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento das plantas e dos frutos e a quantidade de nutrientes adicionados ao solo e seu efeito nas propriedades físico-químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo irrigado com EET tratado em sistema de zona de raízes e aplicado por gotejamento no cultivo do pimentão híbrido Canário F1.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Água Limpa (FAL), localizada nas coordenadas 15°56' a 15°59' S e 47°55' a 47°58' W. A altitude média é de 1100 m, e, conforme a classificação de Köppen's, apresenta clima do tipo Aw, sendo caracterizado por duas estações bem definidas, uma quente e chuvosa, que ocorre de outubro a

abril e outra fria e seca de maio a setembro (ALVARES, 2014).

O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico segundo o sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2013), textura muito argilosa e situado em relevo plano.

A área experimental, no momento de seu preparo, estava sendo cultivada com soja preta onde no estágio de formação de grãos foi incorporada ao solo com grade aradora a 0,20 m de profundidade aos 40 dias antes do transplante das mudas de pimentão.

Foi utilizada a cultivar de pimentão amarelo (*Capsicum annuum* L.), híbrido Canário F1 e o cultivo realizado no período de 04/09/2015 a 10/01/2016.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos completamente casualizados com quatro repetições, com os seguintes tratamentos: solo sem adubação e irrigado com água de córrego – testemunha (Ic); solo sem adubação e irrigado com EET (Ie); solo com adubação de cobertura e irrigado com EET (Acle); solo com adubação de base e irrigado com água de córrego (AbIc); solo com adubação de base e irrigado com EET (Able) e solo com adubação de base e de cobertura e irrigado com EET (AbAcle).

Cada parcela experimental foi formada por quatro linhas de pimentão com 5 plantas em cada, considerando-se úteis as plantas das duas linhas centrais, excluindo-se as plantas da bordadura o que resultou em 6 plantas úteis por parcela, totalizando 24 plantas por tratamento, com espaçamento entre plantas de 0,50 m e entre linhas de 0,80 m correspondendo a uma área de 8,4 m² por parcela experimental em uma densidade estimada de 23800 plantas ha⁻¹.

O EET utilizado é oriundo do refeitório e dos sanitários coletivos da FAL/UnB, caracterizado como essencialmente doméstico. O tratamento consiste de uma fase primária onde o efluente passa por três tanques sépticos de PVC em série com volume útil individual de 5100 L. O tratamento secundário foi executado em três sistemas de raízes (SZR) e um não cultivado (testemunha) em paralelo com dimensões de 6,5 x 2,5 x 0,5 m – comprimento x largura x altura – preenchidos com brita #2, resultando em uma porosidade de 50% e volume útil individual de 3.82 m³. No primeiro SZR foi cultivada a taboa (*Typha spp*), no segundo o papiro-brasileiro (*Cyperus giganteus*), o terceiro com lírio do brejo (*Hedychium coronarium Koehne*) e o quarto não foi cultivado. Após o tratamento, o EET foi conduzido a um reservatório com volume útil de 4750 L e posteriormente bombeado para a área de cultivo em outro reservatório de 2000 L de onde então foi aplicado na irrigação do pimentão em sistema de gotejamento.

O EET (Ie) e a água do córrego (Ic) foram analisados no início, no meio e no fim do experimento, quanto aos atributos apresentados na Tabela 1, seguindo as metodologias de APHA (2005).

Atributos	Unidade	Ac	Ie
Potencial Hidrogeniônico (pH)	Unidades	8,30	7,05
Condutividade elétrica (CE)	dS m ⁻¹	0,003	0,530
Temperatura	°C	26,10	26,70
Sólidos suspensos (SS)	mg L ⁻¹	0,00	68,50
Sólidos totais dissolvidos (STD)	mg L ⁻¹	1,92	339,2
Turbidez	NTU	4,88	29,005
Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	mg L ⁻¹	0,002	0,034
Amônia (N-NH ₃)	mg L ⁻¹	0,035	3,695
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg L ⁻¹	0,33	1,79
Nitrogênio total (N total)	mg L ⁻¹	7,00	37,80
Potássio (K)	mg L ⁻¹	0,00	38,87
Ferro (Fe)	mg L ⁻¹	0,26	0,26
Fosfato total (P)	mg L ⁻¹	1,10	1,80
Manganês (Mn)	mg L ⁻¹	0,05	0,05
Boro (B)	mg L ⁻¹	0,31	0,49
Enxofre (S)	mg L ⁻¹	1,00	1,00
Sódio (Na)	mmol _c L ⁻¹	0,062	4,83
Cálcio (Ca)	mmol _c L ⁻¹	0,68	2,88
Magnésio (Mg)	mmol _c L ⁻¹	0,11	0,02
RAS	(mmol _c L ⁻¹) ^{0,5}	0,10	4,01

Tabela 1. Atributos físico-químicos do efluente de esgoto tratado (Ie) e da água do córrego (Ac) utilizadas na irrigação da cultura do pimentão amarelo.

O A irrigação foi realizada com turno de rega de dois dias, realizada com fitas gotejadoras dispostas na superfície do solo e a 0,05 m da linha de plantas. Os emissores *in line* de fluxo turbulento, espaçados em 0,30 m na linha lateral, com 12 mm de diâmetro interno e vazão de 1,3 L h⁻¹ na pressão de 147 kPa.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi obtida pela equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), estimada a partir de dados climáticos fornecidos por uma estação meteorológica localizada a 300 m do experimento. A evapotranspiração da cultura (K_c) foi ajustada considerando porcentagem de área molhada de 68,5% e valores de K_c de 0,4 durante o pegamento das mudas/vegetativo, 0,7 durante a floração/frutificação, 1,05 durante a produção plena e 0,85 no declínio de produção (Marouelli e Silva, 2012), sendo a ET_c total foi de 493 mm, enquanto a ET_o foi de 533 mm.

Durante o ciclo de cultivo ocorreram condições adversas, tanto de baixas temperaturas, chegando a 15 °C aos 46 dias após transplante, como de temperaturas acima de 35 °C aos 7 dias do início do ciclo.

Nos períodos de floração e produção plena registraram-se umidades relativas médias do ar abaixo da faixa adequada (50 a 70%) ao longo de 62 dias. Assim, o efeito dessas condições resultou no abortamento de algumas inflorescências com consequente falha de pegamento dos frutos, ao mesmo tempo reduziu o

desenvolvimento das plantas e prolongou o ciclo da cultura. A precipitação total ao longo do ciclo do pimentão foi de 641,55 mm com maior concentração das chuvas a partir do mês de novembro de 2015.

As medições da altura e do diâmetro da copa das plantas foram realizadas aos 140 dias após transplântio (DAT), usando fita métrica com precisão de 1 mm. A massa úmida dos frutos foi medida em balança digital, com precisão de 0,1 g. Também foram retirados ao acaso três frutos e avaliados a altura (AL) e o perímetro (PF), utilizando-se um paquímetro com precisão de 0,01 mm e uma fita métrica com precisão de 1 mm. Após a aferição das medidas foi calculado o índice de formato dos frutos (IFF), representado pela relação altura/perímetro. A partir do peso total de todos os frutos das plantas úteis, foi obtida a produtividade em $t\ ha^{-1}$.

A amostragem para análise de solo foi realizada anteriormente a implantação do cultivo e foi composta por seis pontos de coleta em toda a área considerando a profundidade de 0 a 0,2 m, a qual foi utilizada para a determinação da necessidade de calagem para elevar a 70% a saturação por base. Com base nos resultados aplicou-se aos 60 dias antes do transplântio das mudas de pimentão, $510\ kg\ ha^{-1}$ de calcário dolomítico com PRNT de 100%, contendo 47% de óxido de cálcio (CaO) e 7% de óxido de magnésio (MgO). Após a calagem, para os cálculos das necessidades de adubação de base e cobertura, foram realizadas quatro amostragens de solo compostas, sendo uma para cada bloco com quatro pontos de coleta cada. A profundidade considerada foi de 0,20 m, os resultados médios representativos de toda a área são apresentados na Tabela 2. Com estes resultados determinou-se a adubação de base, sendo aplicado $80\ kg$ de P_2O_5 e $50\ kg$ de $K_2O\ ha^{-1}$ na formulação super simples e cloreto de potássio, respectivamente. A aplicação foi realizada a lanço em toda a área e incorporada ao solo com enxada manual.

A adubação de cobertura, seguiu as recomendações de Ribeiro et al. (1999), resultando na necessidade de $165\ kg\ ha^{-1}$ de N e $180\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O na formulação de uréia e cloreto de potássio, respectivamente, dividida em 7 aplicações ao longo do ciclo da cultura, a primeira no plantio, a segunda após 20 dias e as demais a cada 15 dias além da aplicação de $300\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 na formulação superfosfato simples em única aplicação aos 10 dias antes do transplântio.

Ao término do ciclo da cultura foram coletadas 24 amostras compostas de solo, uma em cada parcela, com três pontos de coleta cada, na profundidade de 0 a 0,2 m, onde determinou-se os parâmetros cálcio, magnésio, alumínio + hidrogênio, potássio, fósforo, matéria orgânica total e pH, seguindo metodologia proposta por Silva (1999). Posteriormente os resultados das análises foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Utilizou-se o software XLSTAT, versão 2015.6.01.25106 (ADDINSOFT, 2015).

pH	MO	K	Ca	Mg	Al	AcP	CTCe	CTCt	P	SAI	SB
01:02,5	g kg ⁻¹		cmol _c (dm ³) ⁻¹					mg (dm ³) ⁻¹		%	%
5,9	11,25	0,12	5,18	3,25	0,15	7,7	8,68	16,23	0,88	0,95	52,25

pH: pH em água; MO: Matéria Orgânica; K: Potássio Extraível; Ca: Cálcio Extraível; Mg: Magnésio Extraível; Al: Alumínio Trocável; AcP: Acidez potencial; CTCe: CTC efetiva; CTCt: CTC total; SAI: Saturação por Al trocável; SB: Saturação por bases e P: Fósforo Extraível. CTC: Capacidade de Troca de Cátions.

Tabela 2. Valores dos atributos químicos do solo na camada de 0 a 0,20 m de profundidade antes do início do cultivo de pimentão.

Os dados foram submetidos à análise de variância e à comparação de médias pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Para tanto foi utilizado o Software XLSTAT, versão 2015.6.01.25106 (ADDINSOFT, 2015).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desenvolvimento das plantas e dos frutos de pimentão

Aos 140 DAT o diâmetro da copa das plantas de pimentão foi menor no tratamento com solo sem adubação e irrigado com água de córrego (testemunha) comparado com os demais tratamentos, que não se diferenciaram entre si (Tabela 3).

A altura de planta e a massa seca de folhas não sofreram variações estatísticas e nem indícios de tendências de que os tratamentos com EET seriam mais vantajosos nestes aspectos. SOUSA et al. (2009) aplicando biofertilizante na cultura do pimentão também não encontraram variações estatisticamente significativas nas alturas das plantas.

Tratamentos	Altura da planta (cm)	% da altura das plantas	Diâmetro maior da copa (cm)	Diâmetro menor da copa (cm)	Massa seca das folhas (g)	Massa seca do caule (g)	% de produtividade em relação ao esperado
AbAcle	43 a	35,0 %	62 a	46,7 a	13 a	36 a	90,6 %
Acle	46 a	30,0 %	65 a	44,2 a	8 a	35 a	119,3 %
Able	39 a	38,3 %	57 a	34,5 a	10 a	29 a	114,7 %
le	36 a	35,8 %	60 a	36,0 a	11 a	29 a	84,9 %
lc	42 a	32,5 %	62 a	29,0 b	16 a	33 a	117,6%
Ablc	43 a	35,8 %	52 a	36,0 a	11 a	32 a	115,7 %

Média seguidas de letras distintas para cada característica apresentam diferenças estatísticas pelo teste de Duncan (P<0,05).

Tabela 3. Medidas de crescimento das plantas de pimentão nos diferentes tratamentos aos 140 DAT da cultura do pimentão e valores em porcentagens entre dados esperados conforme fabricante da semente e obtidos em campo para a produtividade e altura dos frutos.

Para a cultivar canário F1 a produtividade esperada de 4.900 kg ha⁻¹ não foi

atingida nos tratamentos AbAcle e le (Tabela 3).

Foram realizadas duas colheitas, a primeira aos 94 DAT e a segunda aos 132 DAT, totalizando 51 kg e 55 kg, respectivamente, em todos os tratamentos, observando-se que os pesos totais não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 4). As médias dos pesos unitários dos frutos apresentaram amplitude de até 70 g, sendo que os tratamentos com água de córrego tiveram resultados inferiores e estatisticamente diferentes comparados com os de EET. O uso de EET propiciou melhores condições para o desenvolvimento dos frutos, apresentando efeito sinérgico quando aplicado em conjunto com adubação de base e água de córrego, proporcionando maior valor de massa úmida dos frutos quando comparado com aplicação exclusiva de irrigação ou a combinação de irrigação com adubação de base.

O uso apenas de irrigação com EET (le) apresentou menor perímetro dos frutos do que do que AbAcle e Able, não havendo diferenças entre os demais tratamentos ($P < 0,05$). As alturas e o peso total dos frutos não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. A aplicação exclusiva de EET promoveu maior relação altura/perímetro dos frutos do que os tratamentos AbAcle e Acle. A altura dos frutos esperada de 15 cm e das plantas de 120 cm não foi atingida em nenhum tratamento e o perímetro dos frutos esperado de 24 cm foi atingido em todos os tratamentos, acreditando-se que os estresses climáticos submetidos fizeram com que os frutos produzidos não atingissem altura satisfatória, assim como a planta.

Tratamento	Massa úmida dos frutos (g)	Perímetro dos frutos (cm)	% do perímetro dos frutos em relação ao esperado	Altura dos frutos (mm)	% da altura dos frutos em relação ao esperado	Altura/perímetro dos frutos	Peso total dos frutos (kg/canteiro)
AbAcle	230,1 a	28,3 a	106,2 %	117,6 a	74,2 %	4,2 b	4,7 a
Acle	187,9 ab	27,8 ab	113,7 %	111,7 a	82,6 %	4,1 b	4,7 a
Able	202,7 ab	28,5 a	115,8 %	119,0 a	74,4 %	4,3 ab	4,8 a
le	195,9 ab	27,3 ab	111,6 %	124,0 a	76,4 %	4,6 a	4,9 a
lc	160,0 b	25,5 b	118,7 %	111,3 a	79,3 %	4,4 ab	3,7 a
Ab1c	165,7 b	26,8 ab	117,9 %	114,6 a	78,4 %	4,4 ab	3,4 a

Média seguidas de letras distintas para cada característica apresentam diferenças estatísticas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

Tabela 4. Valores dos parâmetros fenométricos dos frutos de pimentão nos tratamentos aos 140 DAT e valores em porcentagens entre dados esperados conforme fabricante da semente e obtidos em campo para o perímetro dos frutos e altura das plantas.

3.2 Quantidade de nutrientes adicionados ao solo e alteração nas propriedades químicas do solo

No final do experimento, observou-se que apenas o parâmetro K apresentou diferença significativa entre os tratamentos, de modo que no tratamento AbAcle o teor de K foi superior aos tratamentos Ic e Acle, não sendo verificadas diferenças entre os demais tratamentos (Tabela 5). Considerando a aplicação de 253,1 mm de EET na irrigação, foi acrescentado ao solo a quantidade de 9,57 kg ha⁻¹ de nitrogênio total (composto por aproximadamente 10% de amônia, 5% de nitrato, 1% de nitrito e 84% de nitrogênio orgânico), 9,84 kg ha⁻¹ de potássio total (11,85 kg ha⁻¹ de K₂O) e 0,46 kg ha⁻¹ de fosfato total (1,04 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Já pela água de córrego, o acréscimo de nitrogênio total foi de 1,77 kg ha⁻¹, não houve acréscimo de potássio total e o fosfato total teve acréscimo de 0,28 kg ha⁻¹.

O fato do EET não ter promovido acúmulo de MOT no solo decorre da rápida mineralização desse nutriente, promovida pelo ambiente favorável a atividade microbiana do solo. Ainda, durante as etapas de tratamento o efluente passa por uma bateria de tanques de sedimentação em seguida por tanques cultivados com aproximadamente 50% de porosidade (brita #2) e posteriormente pelo sistema de filtragem da irrigação constituído de filtro de discos que eram limpos frequentemente para a remoção de materiais particulados, o que de fato pode ter contribuído na remoção de grande parte dos sólidos que resultariam em diferenças na MOT. De maneira geral, a MOT apresenta resultados contrastantes na literatura, Duarte (2008) observou maiores teores de MOT em solo que recebeu o EET, enquanto que Sandri et al. (2009) observaram, após dois ciclos de cultivo de alface Elisa que a MOT no solo não apresentou diferença em relação a água de represa.

Atributos no solo					
Tratamentos	Al (cmol _c dm ⁻³)	H + Al (cmol _c dm ⁻³)	CTC	V (%)	MOT (g kg ⁻¹)
AbAcle	0,018 a	3,3 a	7,3 a	54,8 a	61,4 a
Ie	0,010 a	3,1 a	7,4 a	58,4 a	57,4 a
Ic	0,015 a	2,9 a	7,4 a	60,5 a	58,8 a
Acle	0,013 a	3,0 a	7,4 a	59,3 a	50,8 a
AbIc	0,015 a	3,0 a	7,1 a	57,4 a	53,9 a
Able	0,013 a	3,2 a	7,2 a	53,8 a	57,7 a

Tratamentos	pH CaCl ₂ 1:2,5	P meh ⁻¹ (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Ca (cmol _c dm ⁻³)	Mg (cmol _c dm ⁻³)
AbAcle	5,9 a	6,1 a	47,0 a	3,0 a	0,9 a
Ie	6,0 a	5,4 a	37,0 ab	3,2 a	1,0 a
Ic	6,0 a	5,4 a	28,7 b	3,3 a	1,0 a
Acle	6,0 a	6,0 a	31,5 b	3,4 a	0,9 a
AbIc	6,0 a	4,4 a	35,7 ab	3,0 a	1,0 a
Able	5,9 a	5,7 a	35,0 ab	2,9 a	0,9 a

Solo sem adubação e irrigado com água de rio (Ic), solo sem adubação e irrigado com EET

(Ie), solo com adubação de cobertura e irrigado com EET (Acle), solo com adubação de base e irrigado com água de rio (AbIc), solo com adubação de base e irrigado com EET (Able), solo com adubação de base e de cobertura e irrigado com EET (AbAcle) e matéria orgânica total (MOT).

Tabela 5. Atributos químicos do latossolo vermelho-amarelo avaliado ao final do ciclo de cultivo de pimentão para diferentes tratamentos na camada de solo de 0 a 0,20 m.

4 | CONCLUSÕES

O uso de EET propiciou melhores condições para o desenvolvimento dos frutos de pimentão, apresentando efeito sinérgico quando aplicado em conjunto com adubação de base e água de córrego.

A fenometria da cultura do pimentão amarelo não é afetada de forma negativa pelo uso da irrigação com EET.

A irrigação de EET no cultivo do pimentão não apresentou alterações significativas nos atributos químicos do solo, em comparação aos tratamentos que receberam adubação de base e de cobertura. Com exceção do K, o solo dos tratamentos que receberam o efluente tratado apresentou teores mais elevados, principalmente no tratamento que associou o uso do efluente com adubação de base e de cobertura.

5 | AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro: Chamada Universal – MCTI/CNPq Nº 14/2013. Processo: 480332/2013-4.

REFERÊNCIAS

ADDINSOFT. **XLSTAT statistical analysis software, versão 2015**. 2016. Disponível em: <www.xlstat.com>. Acesso em: 12 dez. 2015. Crop

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. ROME: FAO, 1998, 297p. FAO. IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER, p. 56.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 228 p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n. 6, p.711-728 (published online January 2014). DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507.

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21st ed. Washington: APHA; AWWA; WEF, 2005. 541p.

AYERS, R. S.; WESTCOOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p.

CERQUEIRA, L. L.; FADIGAS, F. de S.; PEREIRA, F. A.; GLOAGUEN, T. V.; COSTA, J. A. Desenvolvimento de *Heliconia psittacorum* e *Gladiolus hortulanus* irrigados com águas residuárias tratadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.12,n.6, p. 606-613, 2008.

- CUNHA, A. H. N.; SANDRI, D.; VIEIRA, J. A.; ALVES, J. A. A.; CUNHA, I. N. Uso de efluente para complementação de nutrientes no cultivo de Sweet Grape. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA, 43, 2014. **Anais...** Campo Grande: Centro de Convenções 'Arquiteto Rubens Gil de Camilo', Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2014.
- DUARTE, A. S.; AIROLDI, R. P. S.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A.; SOARES, T. M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.3, p.302- 310, 2008.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro, 2013. 353p.
- FORESTI, E.; FLORÊNCIO, L.; VAN HAANDEL, A.; ZAIAT, M.; CAVALCANTI, P.F.F. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. **Fundamentos do tratamento anaeróbio**. Capítulo 2. PROSAB, ABES, Rio de Janeiro, 1999.
- GARCIA, G. O.; RIGO, M. M.; CECÍLIO, R. A.; REIS, E. F.; BAUER, M. O.; RANGEL, O. J. P. Propriedades químicas de um solo cultivado com duas forrageiras fertirrigadas com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, suplementar, 2012, p. 737-742.
- LIBANO, A. M.; FELFILI, J. M. Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um Cerrado sensu stricto do Brasil Central em um período de 18 anos (1985-2003). **Acta Botânica Brasílica**. v. 20, n.4, p. 927-936, 2006.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação na cultura do pimentão. 1ª Ed. Brasília: Embrapa, 2012, 20p. **Circular Técnica**, 101.
- METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**. 3 ed. Metcalf & Eddy Inc., 1991. 1334 p.
- REGO, J. L.; EDGLERDÂNIA, L. L. O.; ARILENE, F. C.; ANA PAULA, B. A.; FRANCISCO, M. L. B.; ANDRÉ, B. S.; SUETÔNIO M. Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, suplemento, p. 155-159, 2005.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.
- SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Alteração química do solo irrigado por aspersão e gotejamento subterrâneo e superficial com água residuária. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.755–764, 2009.
- SILVA, L. L.; CARVALHO, C. M.; SOUZA, R. D. P. F.; FEITOSA, H. O.; FEITOSA, S. O. GOMES FILHO, R. R. Crescimento da pimenta ekila bode vermelha irrigada com diferentes concentrações de efluente doméstico na água de irrigação. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 35, n.1, p.121-132. 2014.
- SIMÕES, K. S.; PEIXOTO, M. F. P.; ALMEIDA, A. T.; LEDO, C. A. S.; PEIXOTO C. P.; PEREIRA F. A. C. Água residuária de esgoto doméstico tratado na atividade microbiana do solo e crescimento da mamoneira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 518–523, 2013.
- SOUSA, M. J. R.; MELO, D. R. M.; FERNANDES, D.; SANTOS, J. G. R.; ANDRADE, R. Crescimento e produção do pimentão sob diferentes concentrações de biofertilizante e intervalos de aplicação. **Revista Verde**, Mossoró, v. 4, n.4, p. 42- 48, out/dez 2009.

VARALO, A. C. T.; CARVALHO, L.; SANTORO, B. L.; SOUZA, C. F. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-amarelo irrigado com água de reúso. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.4, p.372–377, 2010.

SOBRE O ORGANIZADOR

João Dallamuta: Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Trabalha com Gestão da Inovação, Empreendedorismo e Inteligência de Mercado.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-356-9

