

DESENVOLVIMENTO DE CITRONELA (*CYMBOPOGON WINTERIANUS*) IRRIGADA COM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO E COM ÁGUA DE ABASTECIMENTO

CITRONELLA (*CYMBOPOGON WINTERIANUS*) DEVELOPMENT
IRRIGATED WITH TREATED DOMESTIC WASTEWATER AND SUPPLY WATER

Gabriel Vidal Gaspar 

Mestre em Engenharia Civil, área de concentração Saneamento Ambiental, pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – Fortaleza (CE), Brasil.

**Francisco Marcus
Lima Bezerra** 

Doutor em Irrigação e Drenagem. Professor titular do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC) – Fortaleza (CE), Brasil.

**Francisco Suetônio
Bastos Mota** 

Doutor em Saúde Ambiental. Professor titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC – Fortaleza (CE), Brasil.

Endereço para correspondência:

Gabriel Vidal Gaspar – Rua Tibúrcio Cavalcante, nº 2559 B – Bairro Dionísio Torres – CEP: 60125-101 – Fortaleza (CE), Brasil – E-mail: gabrieltgaspar_@hotmail.com

Recebido em: 16/09/2019

Aceito em: 13/03/2020

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento de capim-citronela (*Cymbopogon winterianus*) irrigado com água de abastecimento fornecida pela concessionária (TA), esgoto doméstico tratado, após a adição de cloro (TB), e esgoto doméstico tratado, antes da adição de cloro (TC). Utilizou-se o efluente de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) do tipo reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA). A irrigação, com cada efluente, foi realizada em sete vasos, cada vaso com duas mudas do vegetal, totalizando 14 plantas. Analisaram-se: índice de clorofila nas folhas (IC); teor de massa seca (MS); teor de massa inerte (MI). Para o IC, os resultados, em Soil Plant Analysis Development (SPAD), foram: 18 (TA), 31,73 (TB) e 37,03 (TC). Para o MS, os resultados, em %m/m, foram: 86,14 (TA), 83,75 (TB) e 82,18 (TC). Para o MI, os resultados, em %m/m, foram: 2,25 (TA), 1,71 (TB) e 1,63 (TC). Percebeu-se que plantas regadas com efluentes tratados apresentaram visualmente um melhor desenvolvimento foliar e tonalidade mais escura de verde. O efluente oriundo do tratamento TC proporcionou a maior produção de clorofila, indicando um maior potencial de aproveitamento. O tratamento TA proporcionou a produção de maiores quantidades de massa seca e de massa inerte.

Palavras-chave: reúso de água; reator anaeróbio de fluxo ascendente; clorofila; massa seca; massa inerte.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the development of citronella grass (*Cymbopogon winterianus*) irrigated with water supplied by the concessionaire (TA); treated domestic sewage, after the addition of chlorine (TB); and treated domestic sewage, before adding chlorine (TC). The effluent used came from an Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB), treatment plant. The irrigation, with each effluent, was carried out in seven pots, each pot with two seedlings of the plant, totaling 14 plants. The following were analyzed: chlorophyll index in the leaves (CI); dry mass (DM) content; inert mass (IM) content. For the CI, the results, in SPAD, were: 18 (TA), 31.73 (TB) and 37.03 (TC). For the MS, the results, in % w / w, were: 86.14 (TA), 83.75 (TB) and 82.18 (TC). For the IM, the results, in % w / w, were: 2.25 (TA), 1.71 (TB) and 1.63 (TC). We noticed that plants watered with treated effluents visually showed better leaf development and a darker shade of green. We discovered that the effluent from the TC treatment provided the highest production of chlorophyll, indicating a greater potential for use. The TA treatment provided the production of larger amounts of dry and inert mass.

Keywords: water reuse; upflow anaerobic sludge blanket; chlorophyll; dry mass; inert mass.

INTRODUÇÃO

De acordo com o escritório brasileiro da Organização das Nações Unidas (ONU, 2019), cerca de 35 milhões de brasileiros não têm acesso à água potável. Para tentar garantir disponibilidade hídrica a todos, por meio do manejo sustentável da água e do acesso ao saneamento básico, a ONU criou o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 6 (ODS 6). Uma das alternativas para o melhor aproveitamento dos recursos hídricos é o reúso de efluentes tratados para a irrigação.

De acordo com Jaramillo e Restrepo (2017), o uso seguro de esgoto como uma fonte alternativa de água para irrigação constitui uma estratégia reconhecida de utilização eficiente de recursos hídricos para o controle da poluição, o que tem ganhado relevância em todo o mundo, especialmente em países onde há escassez de recursos hídricos.

Oliveira-Andreoli *et al.* (2019) afirmam que o planejamento dos condicionantes hídricos regionais é uma boa alternativa para lidar com o acelerado ritmo de crescimento vivenciado por várias regiões brasileiras, além de possibilitar o arranjo e as integrações com outras políticas ambientais.

No Brasil, a escassez de água tem conduzido à implantação de projetos de reúso de efluentes no semiárido, os quais têm como desafio a busca de alternativas de convivência com a seca, proporcionando melhorias em questões sociais. Nesse contexto, o reúso agrícola planejado de água apresenta-se como uma oportunidade de valorização da atividade agrícola (SCHAERBARBOSA; SANTOS; MEDEIROS, 2014).

Segundo Dornelles *et al.* (2017), os resíduos orgânicos são excelentes fontes de nutrientes e sua incorporação na agricultura, amparada por legislação, poderá contribuir para a melhoria das qualidades física, química e biológica do solo.

De acordo com Dominical (2018), a aplicação de efluentes tratados aporta quantidades maiores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, além de sódio e cloro, quando comparada com a aplicação com água convencional de irrigação. Dessa forma, a água de reúso, quando empregada num sistema fechado de irrigação, pode ser utilizada para a produção de hortaliças, frutas, plantas medicinais e outros tipos de alimentos por apresentar boa quantidade de nutrientes (SANTIAGO, 2012).

Muito utilizada nas tradições populares, uma das plantas que podem ser irrigadas com água de reúso em projetos de impacto social é a citronela, pois experimentos de Thomas-Connor e Adetunde (2016) demonstraram que as plantas de citronela serviram para retardar o crescimento de mosquitos onde foram cultivadas e também funcionaram como preventivo da incidência de malária entre as pessoas da área estudada.

O capim-citronela, ou apenas citronela (*Cymbopogon winterianus*), pertence à família Poaceae, subfamília Panicoideae, e é originária do Ceilão e da Índia. Ela é uma planta herbácea, perene, cespitosa, podendo chegar a um metro de altura. As folhas são amplexicaules, linear-lanceoladas, ásperas nas duas faces e com bordo cortante (COUTO, 2006).

Atualmente, o óleo de citronela é uma das substâncias mais presentes em formulações repelentes de insetos, além disso, é crescente o número de velas e incensos que a utilizam como repelentes ambientais (BUENO; ANDRADE, 2010), o que torna essa planta fundamental para a disseminação de técnicas de combate ao mosquito transmissor de doenças, visto que já é utilizada e conhecida.

Os óleos essenciais podem ser compreendidos como compostos muitas vezes aromáticos, voláteis, que conferem o aroma nas plantas, na maioria das vezes constituídos de moléculas de natureza terpênica, formados principalmente por monoterpenos e sesquiterpenos, comumente encontrados em folhas e flores (BRASIL, 2006; MORAIS, 2006).

De acordo com experimentos de Santos, Piccoli e Tebaldi (2017), o citronelol e o citral, ambos encontrados no óleo essencial de citronela, apresentaram maior potencial antimicrobiano quando comparados com outros óleos conhecidos, como canela, orégano e carvacrol. Além disso, estudos terapêuticos avançados consideraram o uso sistemático e controlado do óleo de citronela como um agente antifúngico, um agente antiparasitário, um potente repelente de mosquitos e um agente antibacteriano (WANY *et al.*, 2013).

Nos experimentos de Carneiro (2015), formulações não laboratoriais de loções com óleo de citronela a 5% v/v apresentaram índice de repelência de mosquitos de 90,52%, o que demonstra eficácia considerável

da utilização de produtos à base de citronela para afastar os mosquitos transmissores dessas doenças. Segundo Aranha, Silva e Peixoto (2014), as formas repelentes também se estendem a desinfetantes para o uso doméstico, feitos com base na trituração das folhas e embebição em álcool.

Estudos sobre a eficácia dos compostos da planta também têm sido realizados com citronelal isolado. A aplicação tópica de citronelal em moscas adultas (*Musca domestica*) foi relativamente efetiva comparando-se com outros monoterpenos, cetonas e álcoois extraídos de menta ou canela. A concentração letal média (CL_{50}) foi de 60 gramas de citrolenal por inseto (BAKER; GRANT; MALAKAR-KUENEN, 2016).

Pesquisa realizada por Pinheiro *et al.* (2013) indicou que o óleo essencial de *Cymbopogon winterianus*, mesma

espécie utilizada neste trabalho, a 1% ($m v^{-1}$), causou a mortalidade de *F. schultzei* e *M. persicae*, ambos insetos, em 34,3 e 96,9%, respectivamente, mostrando-se promissor para o desenvolvimento de inseticidas.

De acordo com Tawatsin *et al.* (2001), é comprovada a ação repelente do óleo do capim-citronela sobre os mosquitos vetores *Aedes aegypti*, *Anopheles dirus* e *Culex quinquefasciatus*, demonstrando que a utilização dessa planta no combate à disseminação dos transmissores de dengue, zica e febre chikungunya pode ser uma boa estratégia para diminuir o número de casos.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento do capim-citronela (*Cymbopogon winterianus*) irrigado com água tratada e dois tipos de esgotos domésticos tratados, determinando-se o índice de clorofila nas folhas, o teor de massa seca e o teor de massa inerte.

METODOLOGIA

Estrutura do experimento

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram montados 21 vasos com capacidade de 25 litros. Cada efluente foi usado em sete vasos, cada vaso com duas mudas de capim-citronela. O tempo total do experimento foi de 115 dias de irrigação dos vasos.

Os vasos utilizados têm características de uso padrão de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2016) em material plástico. Colocou-se em torno de 10 centímetros de brita nº 3 no fundo de cada vaso para permitir melhor drenagem. Após isso, preencheu-se o restante com terra, classificada como areia franca pelo Laboratório de Solos/Água do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará. Os vasos foram dispostos em fileiras, na própria área da estação de tratamento de esgoto (ETE).

As fileiras de vasos foram organizadas de forma que facilitasse a realização das regas. A fileira mais próxima da torneira de água de abastecimento foi irrigada com água tratada fornecida pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece). A fileira mais próxima do tanque de contato foi irrigada com o efluente tratado seguido de desinfecção. A fileira mais próxima da saída do decantador secundário foi irrigada com o efluente tratado sem desinfecção.

Em cada vaso, aplicou-se 1,5 L de apenas um tipo de líquido. Assim, cada vaso recebeu, no período da manhã, um total de 1,5 L de água ou do respectivo efluente, de segunda a sexta-feira. Aos sábados, foram aplicados 3,0 L em cada vaso, para compensar o dia sem rega (domingo).

Para a identificação do tipo de irrigação, utilizou-se a seguinte padronização:

- Irrigação com água tratada: TA;
- Irrigação com esgoto tratado, com cloro: TB;
- Irrigação com esgoto tratado, sem cloro: TC.

O sistema de tratamento da ETE consta de um reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA) seguido de uma unidade de filtro submerso aerado. Após isso, o efluente passa por um decantador (decantador secundário), para diminuição dos sólidos suspensos, além de uma unidade de desinfecção com cloro (tanque de contato), antes de ser enviado ao corpo receptor mais próximo.

A ETE da qual foram utilizados os efluentes tratados, está localizada no bairro Messejana, no município de Fortaleza, Ceará.

De acordo com Ragassi *et al.* (2019), a remoção das substâncias em uma ETE depende das propriedades físico-químicas das moléculas, das configurações dos sistemas de tratamento e das condições operacionais aplicadas às

Aferição de clorofila

Utilizou-se o aparelho clorofilômetro Soil Plant Analysis Development (SPAD-502) (MINOLTA, 1989) para a aferição do índice de clorofila (IC). O referido aparelho fornece dados que relacionam o teor de clorofila presente nas folhas com as leituras apresentadas em seu visor.

Neste trabalho, aferiu-se a clorofila de cada planta de acordo com a seguinte metodologia, adaptada de Ramos *et al.* (2018): três aferições em cada folha, do

Determinação do teor de massa seca

O teor de massa seca (MS) é a porcentagem do peso da amostra quando retirada a massa de água nela presente.

Neste trabalho, a amostra foi mantida na estufa (Novatech, Hs60-AID), a 70°C, cerca de 64 horas, de acordo com metodologia adaptada da EMBRAPA (2015).

Trituraram-se cerca de cinco folhas de cada vaso dos respectivos tratamentos e separaram-se as amostras, de acordo com as plantas do vaso de origem, ainda de acordo com metodologia adaptada da EMBRAPA (2015). O material picado foi guardado em bolsas plásticas vedadas para que o material foliar segregado de cada vaso fosse levado à estufa ao mesmo tempo.

Aferição do teor de massa inerte

O teor de massa inerte pode ser compreendido como a parte da matéria da amostra que não sofre volatilização ou degradação por temperaturas elevadas (500°C).

Uma parte de cada amostra preparada para a aferição do teor de massa seca foi separada em

unidades de tratamento. Stelato *et al.* (2016), afirmam que a remoção de algumas substâncias não acompanha de forma adequada o crescimento econômico nem o populacional, corroborando a importância das ETE.

lado direito da nervura central. Uma aferição perto da base da folha, outra na parte mediana da folha e outra próxima à extremidade. Cada planta teve duas folhas aferidas.

Algumas plantas morreram durante o experimento, o que não permitiu a aferição da clorofila de todos os exemplares. A quantificação das análises encontra-se na Tabela 1.

Dessa forma, todo o material triturado entrou concomitantemente na estufa.

As amostras foram colocadas em pequenos recipientes metálicos. Os recipientes metálicos foram pesados antes da colocação das amostras, com as amostras e após passarem determinado período na estufa. Salienta-se que, antes da pesagem, os recipientes metálicos passaram cerca de 16 horas na estufa, a 70°C, para a retirada de alguma umidade inerente ao material.

Algumas plantas morreram durante o experimento, o que não permitiu a aferição da massa seca de todos os exemplares. A quantificação das análises encontra-se na Tabela 2.

cadinhos de porcelana, os quais haviam passado cerca de 16 horas em estufa para a retirada de alguma umidade inerente ao material. Pesou-se cada cadinho antes e depois de se colocar certa quantidade de vegetal.

Tabela 1 – Número de aferições de clorofila por tipo de tratamento.

Tipo de Tratamento	Número de aferições
Água de abastecimento (TA)	84
Esgoto tratado, com cloração (TB)	72
Esgoto tratado, sem cloração (TC)	78

As amostras foram levadas para uma mufla (Forno Mufla, Série EDG 7000), a 500°C, onde ficaram durante 8 horas, de acordo com metodologia adaptada da EMBRAPA (2012).

Algumas plantas morreram durante o experimento, o que não permitiu a aferição do teor da massa inerte de todos os exemplares. A quantificação das análises encontra-se na Tabela 3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aferição de clorofila

Na Figura 1, apresenta-se o *boxplot* da aferição de clorofila em relação aos três tratamentos.

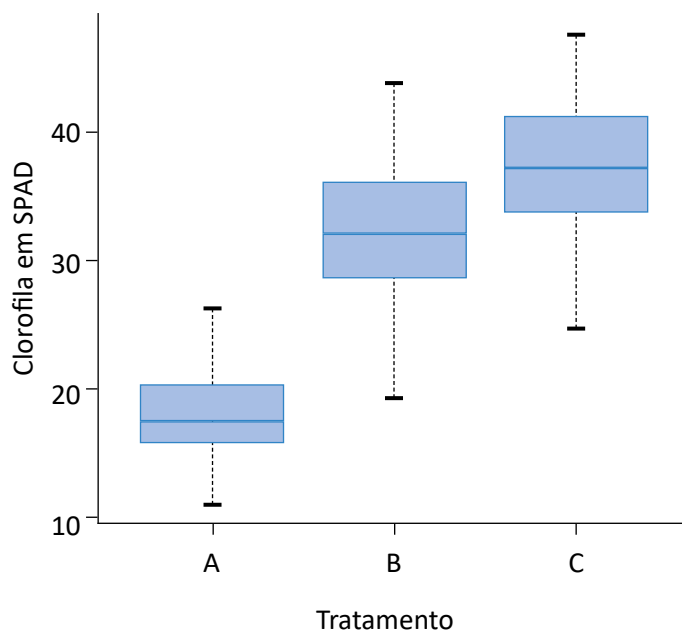
A Tabela 4 demonstra os resultados da análise, teste F, para avaliar se os tratamentos apresentaram ou não

Tabela 2 – Número de aferições de porcentagem de massa seca por tipo de tratamento.

Tipo de Tratamento	Número de aferições
Água de abastecimento (TA)	14
Esgoto tratado, com cloração (TB)	12
Esgoto tratado, sem cloração (TC)	12

Tabela 3 – Número de aferições de porcentagem de massa inerte por tipo de tratamento.

Tipo de Tratamento	Número de aferições
Água de abastecimento (TA)	14
Esgoto tratado, com cloração (TB)	12
Esgoto tratado, sem cloração (TC)	12



A: água de abastecimento; B: esgoto tratado, com cloração; C: esgoto tratado, sem cloração.

Figura 1 – Boxplot da aferição de clorofila nas plantas.

alguma diferença nas concentrações de clorofila determinadas nas plantas.

Analisando-se a Tabela 4, como o p foi inferior ao nível de significância de 5%, pode-se afirmar que há diferença, em média, de pelo menos dois tratamentos em relação à concentração de clorofila.

A Tabela 5 exibe um resumo do teste de média entre os tratamentos em relação à variável clorofila. Tratamentos com letras iguais têm médias estatisticamente iguais. A similaridade indica que os tratamentos são estatisticamente iguais, quando suas letras são iguais, ou estatisticamente diferentes, quando suas letras são diferentes.

De acordo com a Tabela 5, houve diferenças estatísticas entre os valores médios de clorofila dos três tratamentos, ao observar que a coluna de similaridade apresenta letras diferentes para TA, TB e TC.

Segundo estudos de Santos e Castilho (2015), há associação positiva da concentração de clorofila com teores de nutrientes disponíveis, os quais, no caso do experimento, vieram da matéria orgânica do esgoto. De acordo com os valores aferidos, mostrados na Figura 1, percebe-se, então, que o uso de efluentes tratados teve relação direta com a concentração de clorofila nas plantas.

Pelos experimentos de Silva *et al.* (2015), a fertirrigação com efluente tratado foi capaz de proporcionar

acúmulo de nutrientes, como nitrogênio nas folhas e no caule, em mudas de eucalipto, apresentando um ótimo desempenho. Semelhante ao que pode ter acontecido neste estúdio, a irrigação com efluentes tratados representou grande vantagem, sabendo que plantas em fase de crescimento necessitam de nitrogênio em maior quantidade para estimular a produção de clorofila.

Mesmo com uma oferta hídrica constante e uma insolação da área suficientemente boa para o desenvolvimento do vegetal em todos os vasos, a coloração das plantas foi visivelmente diferente desde as primeiras semanas da instalação do projeto, observando-se verde mais intenso nas plantas irrigadas com esgoto tratado (Figura 2), visto que esses efluentes apresentam maiores teores de nutrientes disponíveis.

Pode-se constatar que o efluente oriundo do TC (irrigação com esgoto doméstico tratado, sem desinfecção) proporcionou a maior produção de clorofila nas plantas irrigadas. O TB (irrigação com esgoto tratado com desinfecção) também resultou em maior produção de clorofila, quando comparado ao TA (irrigação com água de abastecimento).

Estudos de Barroso e Wolff (2011) com irrigação de culturas agrícolas com esgoto sanitário mostram que a disponibilidade de nutrientes proporcionou a produção eficaz de diversas substâncias do metabolismo, aumentando a produtividade das culturas. No referido

Tabela 4 – Resultados do teste F para a análise de clorofila.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	p
Tratamento	2	15.689	7844,6	347,08	< 0,0001
Resíduo	231	5.221	22,6	-	-

Tabela 5 – Resumo da análise estatística para a clorofila.

Tratamento	Média (SPAD)	Similaridade
C	37,03	a
B	31,73	b
A	18	c

A: água de abastecimento; B: esgoto tratado, com desinfecção; C: esgoto tratado, sem desinfecção; SPAD: Soil Plant Analysis Development.

experimento com capim-citronela, é importante salientar que maior metabolismo, indicado pela maior presença de clorofila e abundância de água e luz, pode proporcionar maior produção de metabólitos secundários.

Em comparação com estudos de Seixas *et al.* (2013) em que houve adubação externa de citronela, quando avaliadas plantas que haviam sido adubadas, obtiveram-se maiores concentrações relativas de compostos monoterpênicos em relação aos sesquiterpênicos, sendo identificados três compostos majoritários: o citronelal, o geraniol e o elemol. Em óleos essenciais, os constituintes e as concentrações das substâncias não dependem somente da espécie da planta, recebendo influência direta de fatores externos como as condições

climáticas, as condições de crescimento, a adubação e o solo (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Quando do corte do material foliar para os experimentos, por exemplo, as folhas dos vasos que foram irrigados com efluentes tratados apresentavam um aroma mais concentrado e mais cítrico, enquanto as folhas dos vasos irrigados com água de abastecimento apresentavam um aroma mais brando. Dessa forma, no caso da citronela, infere-se o aumento da produção de óleo essencial por propriedades organolépticas de odor característico das folhas colhidas *in situ* tanto no momento da retirada das folhas dos vasos quanto nos processos de trituração e manuseio. Essa propriedade organoléptica não foi analisada, mas foi um fator que persistiu nas análises.

Teor de massa seca

Na Figura 3, apresenta-se o *boxplot* da análise das porcentagens de massa seca produzidas nas plantas em relação aos tratamentos a que foram submetidas.

Observando-se a Figura 3, constata-se que o TA proporcionou a produção de maior quantidade de massa seca nas plantas, enquanto o TC proporcionou a menor quantidade.



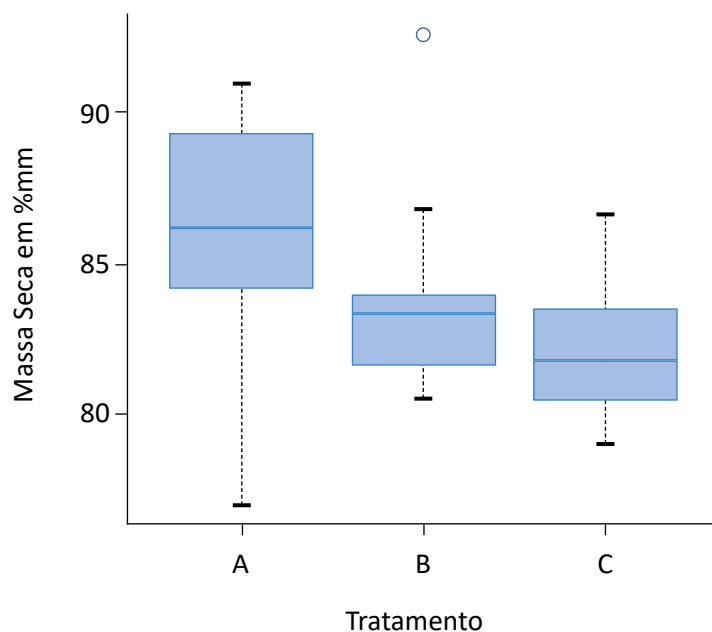
TB: esgoto doméstico tratado, com cloração; TA: água de abastecimento.

Figura 2 – Matiz verde das plantas para dois diferentes tipos de água utilizada na irrigação.

A Tabela 6 exibe os resultados na análise, teste F, para avaliar se os tratamentos apresentam ou não alguma diferença na concentração de massa seca nas plantas. Como o p foi inferior ao nível de significância de 5%, afirma-se que há diferença, em média, de pelo menos dois tratamentos em relação à produção de massa seca, de acordo com os tratamentos dos efluentes a que foram submetidas as plantas.

Na Tabela 7, há um resumo do teste de média entre os tratamentos em relação à variável massa seca. Tratamentos com letras iguais possuem médias estatisticamente iguais.

De acordo com a coluna de similaridade, o TA assemelha-se estatisticamente ao TB, enquanto o TB se assemelha estatisticamente ao TC, entretanto houve diferenças estatísticas entre as médias de massa seca dos TA e TC.



A: água de abastecimento; B: esgoto tratado, com cloração; C: esgoto tratado, sem cloração.

Figura 3 – Boxplot da aferição de massa seca nas plantas.

Tabela 6 – Resultados do teste F para a análise estatística de massa seca.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	p
Tratamento	2	104,38	52,192	5,0951	0,01143
Resíduo	35	358,52	10,243	-	-

Tabela 7 – Resumo da análise estatística para a massa seca.

Tratamento	Média (% m/m)	Similaridade
A	86,14	a
B	83,75	ab
C	82,18	b

A: água de abastecimento; B: esgoto tratado, com desinfecção; C: esgoto tratado, sem desinfecção.

Em comparação com outro estudo, Hortegal Filha *et al.* (2018) mostraram que valores médios obtidos para o teor de massa seca tiveram diferença de até 76% quando avaliada a irrigação com efluentes tratados de

Teor de Massa Inerte

Na Figura 4, apresenta-se o *boxplot* da análise das porcentagens de produção de massa inerte produzidas nas plantas em relação aos tratamentos a que foram submetidas.

Com base na Figura 4, pode-se observar que o TA proporcionou a maior produção de massa inerte nas plantas, enquanto o TC proporcionou a menor quantidade.

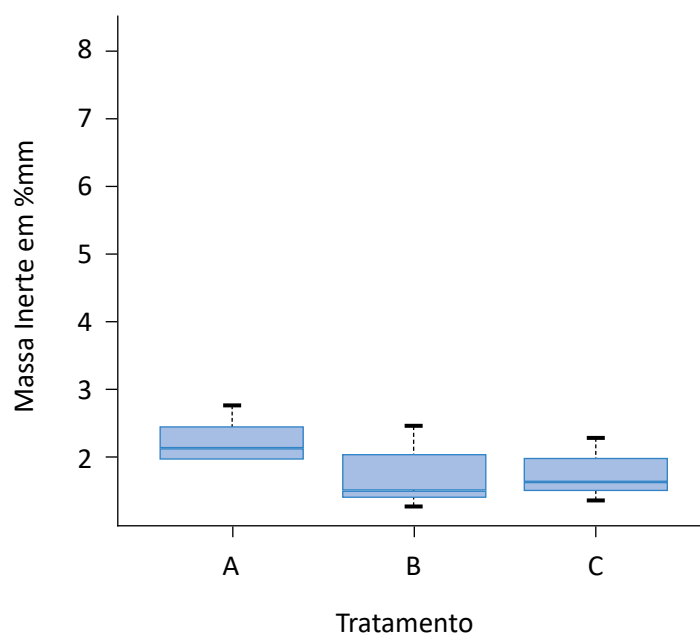
A Tabela 8 exhibe os resultados da análise, teste F, para avaliar se os tratamentos apresentaram ou não alguma diferença na concentração de massa inerte nas plantas. Como o p foi inferior ao nível de significância de 5%, há

mamoeiros. Já de acordo com Seixas *et al.* (2013), também utilizando citronela em seus experimentos, a variável de massa seca apresentou taxas maiores, assim como nesse experimento.

diferença, em média, de pelo menos dois tratamentos em relação à concentração de massa inerte.

Na Tabela 9, há um resumo do teste de média entre os tratamentos em relação à variável massa inerte. Tratamentos com letras iguais têm médias estatisticamente iguais.

De acordo com a Tabela 9, houve diferenças estatísticas entre os valores médios de massa inerte dos tratamentos. Como apresentam a mesma letra, TB e TC são estatisticamente semelhantes, enquanto TA é estatisticamente diferente de TB e TC.



A: água de abastecimento; B: esgoto tratado, com cloração; C: esgoto tratado, sem cloração.

Figura 4 – *Boxplot* da aferição de massa inerte nas plantas.

Tabela 8 – Resultados do Teste F para a análise de massa inerte.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	p
Tratamento	2	0,2398	0,1199	10,51	0,00266
Resíduo	35	0,3993	0,0114	-	-

Tabela 9 – Resumo da análise estatística para a massa inerte.

Tratamento	Média (% m/m)	Similaridade
A	2,25	a
C	1,71	b
B	1,63	b

A: água de abastecimento; B: esgoto tratado, com cloração; C: esgoto tratado, sem cloração.

Ao observar a produção de massa seca no TA (irrigação com água de abastecimento), na Tabela 7, percebe-se que as plantas irrigadas com água apresentaram maior porcentagem de matéria que não volatilizou e que não evaporou quando exposta à temperatura de 70°C por 64 horas.

Quando se observa a Tabela 9, percebe-se que houve maior porcentagem de massa inerte produzida no TA (irrigação com água de abastecimento), quando se submeteram as amostras a 500°C por 8 horas, em relação aos TB (irrigação com esgoto tratado, com cloração) e TC (irrigação com esgoto tratado, sem cloração).

Assim, com uma porcentagem maior de massa seca e uma porcentagem maior de massa inerte, infere-se que a produção de substâncias voláteis ou que se evaporaram nas determinadas circunstâncias experimentais foi menor quando houve a irrigação com água de abastecimento.

Os experimentos de Seixas *et al.* (2013), que também trabalharam com adubação externa de citronela, concluíram que visualmente as plantas do capim-citronela adubadas com adubo mineral se apresentaram mais vigorosas, com melhor desenvolvimento vegetativo e coloração verde mais intensa, assim como nesse experimento.

Hamacher *et al.* (2019), em seus experimentos com irrigação de citronela (*Cymbopogon nardus*) com águas residuárias de bovinocultura, verificaram que a eficiência fotossintética da planta ficou maior à medida que se aumentava a dose de nitrogênio fornecida pelo efluente, ainda que não se refletisse em ganho de biomassa.

Com a irrigação com efluentes tratados, percebeu-se que as plantas retêm em sua matéria foliar mais água e óleos oriundos de seu metabolismo, corroborando Blank *et al.* (2007) quando afirmam que a biossíntese de metabólitos secundários, apesar de controlada geneticamente, é fortemente afetada pelos fatores ambientais.

CONCLUSÕES

Ao final do experimento, percebeu-se visualmente que o uso de efluentes tratados em estações de tratamento de esgotos domésticos proporcionou melhor crescimento das mudas de citronela em relação à utilização de água de abastecimento, seja pelo tamanho das plantas em cada vaso, seja pela coloração mais escura do verde. Em comparação com outros estudos citados, o comportamento das plantas seguiu a mesma tendência, aproveitando os nutrientes disponíveis nos efluentes tratados para incrementar a taxa de crescimento.

Além da produção de mais matéria foliar, a prática relacionou-se diretamente com a produção de

compostos voláteis ou que evaporam em temperatura de 70°C por 64 horas, indicados pela comparação das análises dos teores de massa seca e dos teores de massa inerte entre os tratamentos, entre os quais pode estar o citrionelol.

As plantas regadas com efluentes tratados produziram mais clorofila em suas folhas, indicado pelas medidas da concentração de clorofila pelo aparelho clorofilômetro. Um maior metabolismo, assinalado pela presença mais elevada de clorofila, pode proporcionar maior geração de metabólitos secundários, contribuindo para a produção de mais óleo essencial.

REFERÊNCIAS

- ARANHA, H. S.; SILVA, V. N. da; PEIXOTO, P. P. P. Introdução da citronela no contexto escolar para prevenção da dengue. *Revista de Ensino de Biologia*, v. 1, n. 7, p. 6102-6109, 2014.
- BAKER, B. P.; GRANT, J. A.; MALAKAR-KUENEN, R. *Citronella & Citronella Oil: Profile Active Ingredient Eligible for Minimum Risk Pesticide Use*. Nova York: IPM / Cornell Cooperative Extension, 2016.
- BLANK, A. F. *et al.* Densidades de plantio e doses de biofertilizante na produção de capim-limão. *Horticultura Brasileira*, v. 25, n. 3, p. 343-349, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000300005>
- BARROSO, L. B.; WOLFF, D. B. Reúso de esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas. *Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal*, v. 8, n. 3, p. 225-236, jul. 2011.
- BRASIL. *Plantas medicinais e orientações gerais para cultivo: boas práticas de plantas medicinais, aromáticas e condimentares*. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006.
- BUENO, V. S.; ANDRADE, C. F. S. Avaliação Preliminar de Óleos Essências de Plantas como Repelentes para *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera: Culicidae). *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 12, n. 2, p. 215-219, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722010000200014>
- CARNEIRO, W. V. *Óleo essencial de citronela: Avaliação do seu potencial como repelente veiculado em uma loção cremosa*. 36f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/1013/4/WVC09032016.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2020.
- COUTO, M. E. O. *Coleção de plantas medicinais aromáticas e condimentares*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. (Documento 157.)
- DOMINICAL, L. D. *Reúso agrícola em planta forrageira: impacto pela irrigação com efluente tratado de abatedouro no fluxo de gases e na solução de solo*. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.
- DORNELLES, H.; MATSUOKA, M.; BINELO, L.; PAUVELS, L.; CARON, C.; SILVA, V. Biomassa e atividade microbiana de solos com aplicação de resíduo sólido urbano e dejetos líquidos de suínos. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 44, p. 18-26, 2017. <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820170046>
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Comunicado Técnico 77: Como medir a matéria seca (MS%) em forragem utilizando forno de micro-ondas*. Brasil: EMBRAPA, 2015. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/137606/1/COT-77-Teor-mat-seca.pdf>>. Acesso em: 8 jan. 2020.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Comunicado Técnico 235: Formação e Manejo de Pastagens*. Brasil: EMBRAPA, 2012. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/937485>>. Acesso em: 8 jan. 2020.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Manual de Viveiro e Produção de Mudanças*. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2016. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/141891/1/Manual-de-Viveiro-e-producao-de-mudas.pdf>>. Acesso em: 8 jan. 2020.
- HAMACHER, L.; HÜTHER, C.; SILVA, L.; CARMO, D.; COUTADA, J.; SCHTRUK, T.; PEREIRA, C.; CECCHIN, D.; MACHADO, T.; PINHO, C. Aproveitamento de água residuária de bovinocultura leiteira no cultivo de citronela: efeitos na atividade fotoquímica e na biomassa. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 53, p. 117-133, 2019.

HORTEGAL FILHA, M. dos S. R.; ARAÚJO, G. M.; MOREIRA, F. J. C.; PINHEIRO NETO, L. G. Aspectos agronômicos da mamoneira irrigada com efluentes tratados. *Revista DAE*, v. 66, n. 213, p. 20-35, 2018. <https://doi.org/10.4322/dae.2018.029>

JARAMILLO, M. F.; RESTREPO, I. Wastewater Reuse in Agriculture: A Review about Its Limitations and Benefits. *Sustainability*, v. 9, n. 10, 2017. <https://doi.org/10.3390/su9101734>

MINOLTA. *Chlorophyll meter SPAD-502*. Instruction manual. Osaka: Minolta Co, 1989.

MORAIS, S. M.; CATUNDA JÚNIOR, F. E. A.; SILVA, A. R. A.; MARTINS NETO, J. S.; RONDINA, D.; CARDOSO, J. H. L. Atividade antioxidante de óleos essenciais de espécies de Croton do Nordeste do Brasil. *Química Nova*, v.29, n. 5, p. 907-910, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000500004>

OLIVEIRA-ANDREOLI, E.; SILVA, F.; LÓPEZ, F.; MACHADO, R.; TEODORO, C.; BIANCHINI JÚNIOR, I.; CUNHA-SANTINO, M.; FUSHITA, A.; CRESTANA, S. Importância do planejamento regional para a manutenção dos usos múltiplos da água em bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 52, p. 16-27, 2019.

OLIVEIRA, M. M. M.; BRUGNERA D. F.; CARDOSO, M. G.; GUIMARÃES, L. G. L.; PICCOLI, R. R. Rendimento, composição química e atividade antilisterial de óleos essenciais de espécie de Cymbopogon. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 8-16, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000100002>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *Dia Mundial da Água 2019: "Não deixar ninguém para trás"*. Genebra: ONU, 2019. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/artigo-dia-mundial-da-agua-2019-nao-deixar-ninguem-para-tras/>>. Acesso em: 14 fev. 2020.

PINHEIRO, P. F.; QUEIROZ, V. T.; RONDELLI, V. M.; COSTA, A. V.; MARCELINO, T. P.; PRATISSOLI, D. Atividade inseticida do óleo essencial de capim-citronelasobre *Frankliniella schultzei* e *Myzus persicae*. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 37, n. 2, p. 138-144, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542013000200004>

RAGASSI, B.; AMÉRICO-PINHEIRO, J.; ISIQUE, W.; SILVA JUNIOR, O. Monitoramento e remoção de anti-inflamatórios em estação de tratamento de esgoto com lagoas de estabilização. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 53, p. 1-12, 2019. <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820190502>

RAMOS, R. F.; PAVANELO, A. M.; PRADO, F. C.; SOUZA, S. S.; BETEMPS, D. L. Análise do índice relativo de clorofila em fisalis através de diferentes medidores portáteis. *Centro Científico Conhecer*, Goiânia, v. 5, n. 9, p. 10-18, fev. 2018.

SANTIAGO, F. dos S. *Bioágua Familiar: Reúso de água cinza para produção de alimentos no Semiárido*. Recife: Projeto Dom Helder Câmara, 2012.

SANTOS, C. H. S.; PICCOLI, R. H.; TEBALDI, V. M. R. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais e compostos isolados frente aos agentes patogênicos de origem clínica e alimentar. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 76, p. 1-8, 2017.

SANTOS, P. L. F., CASTILHO, R. M. M. Relação entre teor de clorofila e nitrogênio foliar em grama esmeralda cultivada em substratos. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v. 9, n. 4, p. 51-54, 2015.

SCHAER-BARBOSA, M.; SANTOS, M. E. P. dos; MEDEIROS, Y. Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. *Ambiente e Sociedade*, v. 17, n. 2, p. 17-32, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2014000200003>

SEIXAS, P. T. L. *et al.* Efeito da adubação mineral na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim-citronela. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 4, n. 29, p.852-858, ago. 2013. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/15050>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

SILVA, R. J.; GAVAZZA, S.; FLORENCIO, L.; NASCIMENTO, C. W. A.; KATO, M. T. Cultivo de mudas de eucalipto irrigadas com esgoto doméstico tratado. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 20, n. 2, p. 323-330, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000084883>

STELATO, E.; OLIVEIRA, T.; STUNGES, G.; SILVA, E.; CUBA, R.; MINILLO, A.; ISIQUE, W. Avaliação da presença de resíduos de anti-inflamatórios não esteroides nos córregos veado e cedro do município de Presidente Prudente (SP), Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 39, p. 97-113, 2016. <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820160050>

TAWATSIN, A., WRATTEN, S. T.; SCOTT, R. R.; THAVARA, U.; TECHADAMRONGSIN, Y. Repellency of volatile oils from plants against three mosquito vectors. *Journal of Vector Ecology*, v. 26, n. 1, p. 76-82, 2001.

THOMAS-CONNOR, I.; ADETUNDE, I. Study of Citronella Mosquito Repellent Plants in Tubman University, Harper, Maryland County, Liberia (Paper I). *ARC Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 2, n. 2, p. 21-27, 2016. <http://dx.doi.org/10.20431/2455-1538.0202004>

WANY, A.; JHA, S.; NIGAM, V.; PPANDEY, D. M. Chemical analysis and therapeutic uses of citronella oil from *Cymbopogon winterianus*: A short review. *International Journal of Advanced Research*, v. 1, n. 6, p. 504-521, 2013.

