

**DIEGO CÉSAR VELOSO REZENDE**

**TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO  
TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO  
EM COMUNIDADES RURAIS**

Urutaí, GO  
2019





## **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano**

*Reitor*

Prof. Dr. Vicente Pereira Almeida

*Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação e Inovação*

Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva

### **Campus Urutaí**

*Diretor Geral*

Prof. Dr. Gilson Dourado da Silva

*Diretor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação*

Prof. Dr. André Luís da Silva Castro

## **Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado**

*Coordenador*

Prof. Dr. Ivandilson Pessoa Pinto de Menezes

**DIEGO CÉSAR VELOSO REZENDE**

**TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO TRATAMENTO DE  
ESGOTO SANITÁRIO EM COMUNIDADES RURAIS**

*Orientadora*

Prof<sup>a</sup>. Dra. Débora Astoni Moreira

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano –  
Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa  
de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais  
do Cerrado para obtenção do título de Mestre.

Urutaí, GO  
2019

Os direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

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

RR467t REZENDE, DIEGO CESAR VELOSO  
Tanque de Evapotranspiração no tratamento de  
esgoto sanitário em comunidades rurais / DIEGO CESAR  
VELOSO REZENDE;orientadora DEBORA ASTONI MOREIRA . --  
Urutaí, 2019.  
38 p.

Dissertação ( em Mestrado em Conservação de  
Recursos Naturais do Cerrado) -- Instituto Federal  
Goiano, Campus Urutaí, 2019.

1. Águas negras. 2. Coliformes. 3. Alface. 4.  
Rúcula. I. MOREIRA , DEBORA ASTONI, orient. II.  
Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 nº2376



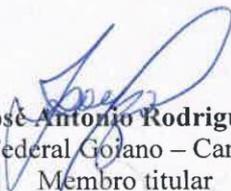
## FICHA DE APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Título da dissertação:	Tanque de evapotranspiração no tratamento de esgoto sanitário em comunidades rurais
Orientadora:	Prof. <sup>a</sup> Dra. Débora Astoni Moreira
Autor:	Diego César Veloso Rezende

Dissertação de Mestrado **APROVADA** em 03 de dezembro de 2019, como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**, pela Banca Examinadora especificada a seguir:

  
Prof.<sup>a</sup> Dra. **Débora Astoni Moreira**  
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí  
Presidente

  
Dra. **Janine Mesquita Gonçalves**  
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí  
Membro titular

  
Prof. Dr. **José Antonio Rodrigues de Souza**  
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí  
Membro titular

*“A menos que modifiquemos à nossa  
maneira de pensar, não seremos capazes de  
resolver os problemas causados pela forma  
como nos acostumamos a ver o mundo”.*  
*(Albert Einstein)*

## AGRADECIMENTOS

Trilhar este caminho só foi possível com o apoio, energia e força de várias pessoas, a quem dedico especialmente este projeto de vida.

Agradeço primeiramente a Deus pela benção da vida. Por ter sido a luz, a serenidade e a força que me guiaram ao longo desta trajetória.

Aos meus pais, Valdeir e Marlene, eu agradeço pelos ensinamentos e valores, que foram os pilares para a formação de quem hoje sou. Obrigado pelo esforço contínuo para que tudo pudesse dar certo, pelo incentivo, amor e palavras amigas.

A minha esposa, Sthefânia, pelo amor, incentivo, companheirismo e apoio incondicional, agradeço a enorme compreensão, generosidade e alegria, contribuindo para chegar ao fim deste percurso. Sem ela, nem sempre o nosso Pedro me deixaria estudar.

E claro, ao meu querido filho, Pedro, que amo incondicionalmente e que veio dar um novo colorido à minha vida, espero de agora em diante compensá-lo das horas de atenção e brincadeiras que lhe devo. Você foi meu grande estímulo nesta caminhada.

A minha orientadora Professora Doutora Débora Astoni Moreira, por todos os ensinamentos, conselhos, disponibilidade e incentivos sempre demonstrados, pautada por um elevado e rigoroso nível científico, os quais contribuíram para enriquecer o trabalho realizado. A qual tenho profunda admiração por seu trabalho como professora e orientadora.

Ao Professor Doutor José Antônio Rodrigues de Souza, porque me quis honrar com o seu apoio, agradeço a confiança que em mim depositou. A você devo o meu crescimento como estudante, extensionista e pesquisador.

À EMATER-MG que incentiva a qualificação de seus funcionários, em especial ao gerente regional Gilberto, pelo apoio incondicional aos meus estudos e na realização do meu trabalho.

A Unifucamp, agradeço o apoio e incentivos prestados, o qual contribuiu veementemente para a meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus colegas do mestrado e equipe do Lapaq, especialmente à Ellem, cujo apoio e amizade estiveram presentes em todos os momentos.

Aos professores membros da banca de defesa desta dissertação pela participação.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE SIGLAS</b>	ix
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	x
<b>LISTA DE TABELAS</b>	xi
<b>RESUMO</b>	xii
<b>ABSTRACT</b>	xiii
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	14
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b>	16
2.1 Caracterização da área experimental	16
2.2 Construção e implantação do Sistema TEvap	17
2.3 Custo do projeto	18
2.4 Delineamento dos experimentos	19
2.4.1 Irrigação	20
2.4.1.1 Análise da água de irrigação	20
2.5 Delineamento das hortaliças	20
2.5.1 Análises agronômicas	20
2.5.2 Análises químicas	21
2.5.3 Análises microbiológicas	21
2.6 Análises estatísticas	21
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	23
3.1 Avaliação agronômica	25
3.2 Composição química das hortaliças	28
3.3 Avaliação microbiológica	31
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	33
<b>5. REFERÊNCIAS</b>	34

## LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANOVA	Análise de Variância
APHA	American Public Health Association
CE	Condutividade Elétrica
CLBVB	Caldo Lactosado Bile Verde Brilhante
CLS	Caldo Lauril Sulfato
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CV	Coefficiente de Variação
DAE	Dias Após Emergência
DAT	Dias Após o Transplântio
DP	Desvio Padrão
EMATER-MG	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IMA	Instituto Mineiro de Agropecuária
ISLA	Importadora de Sementes para Lavoura
NMP	Número Mais Provável
NT	Nitrogênio Total
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil
TDH	Tempo de Detenção Hidráulica
TEvap	Tanque de Evapotranspiração
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
UR	Umidade Relativa

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Variação da precipitação, mm, e da umidade relativa do ar mínima (UR min) e máxima (UR máx), % durante o período experimental	16
<b>Figura 2.</b>	Variação da temperatura média (T méd), mínima (T mín) e máxima (T máx) durante o período experimental	17
<b>Figura 3.</b>	Etapas de implantação do TEVAP	17
<b>Figura 4.</b>	Delineamento experimental utilizado no TEvap, contendo as parcelas e subparcelas dos três cultivares transplantados	23
<b>Figura 5.</b>	A-Diâmetro médio da alface e B-altura média da rúcula em função dos dias após o transplântio (DAT)	25

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Materiais utilizados para construção do TEvap e seus custos (R\$)	18
<b>Tabela 2.</b>	Cultivares e espaçamentos empregados	19
<b>Tabela 3.</b>	Caracterização da água de irrigação	20
<b>Tabela 4.</b>	Valores das composições para tratamento de efluentes de cinco moradores – SINAP	24
<b>Tabela 5.</b>	Diâmetro médio de alface e altura média de rúcula (CM) cultivadas nas posições inicial, final e fora do TEvap	26
<b>Tabela 6.</b>	Produtividade de alface e rúcula (Kg m <sup>2</sup> ) cultivadas nas posições inicial, final e fora do TEvap	27
<b>Tabela 7.</b>	Composição química de alface e rúcula cultivadas nas posições inicial, final e fora do TEvap	28
<b>Tabela 8.</b>	Número mais provável (NMP. g <sup>-1</sup> ) de coliformes termotolerantes em hortaliças cultivadas em função da posição no TEvap	30
<b>Tabela 09.</b>	Contaminação da alface e rúcula por coliformes termotolerantes em função da posição no TEvap	31

# TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO EM COMUNIDADES RURAIS

## RESUMO

O Brasil tem mais de 19 milhões de moradores rurais sem coleta ou tratamento de esgoto, o que corresponde a 62% da população rural. A inexistência de redes coletoras de esgotos acarreta o emprego extensivo de fossas negras, resultando em contaminação do solo e dos recursos hídricos. Diante disso, a busca por tecnologias de baixo custo, de fácil implantação e manejo torna-se imprescindível. Uma tecnologia alternativa aos métodos convencionais e que tem se mostrado bastante eficaz é o tanque de evapotranspiração (TEvap). O sistema é composto por tanque impermeabilizado, preenchido com diferentes camadas de substrato e plantas. Há recomendação de se evitar hortaliças que tenham raízes consumidas cruas e hortaliças rasteiras para cultivo nesse sistema. Não há estudos sobre o desenvolvimento e segurança microbiológica de espécies olerícolas como, alface, rúcula e rabanete, no TEvap. Diante disso, objetivou-se avaliar o desenvolvimento, composição química e microbiológica de hortaliças produzidas em diferentes posições do sistema TEvap para tratamento de águas negras. O sistema foi implantado na área rural do município de Monte Carmelo/MG, com capacidade para atender quatro moradores fixos. Foram avaliados parâmetros agrônômicos (altura, diâmetro, produtividade), químicos (% de massa seca; pH; condutividade elétrica; fósforo e nitrogênio total) e microbiológicos (coliformes termotolerantes e totais) de alface e rúcula na parte inicial, final e fora do TEvap (testemunha). O custo previsto para o TEvap é de aproximadamente R\$ 1150,00 para a região de Monte Carmelo, valor menor ao estimado para os sistemas de fossa séptica convencional e fossa séptica biodigestora. Houve efeito linear significativo no diâmetro da alface e na altura da rúcula em função do tempo. A alface apresentou maiores diâmetros quando cultivada no TEvap, independente da sua posição. Já a rúcula teve alturas maiores na parte inicial do TEvap em relação a parte final e a testemunha. A produtividade e a composição química da alface e rúcula não diferenciaram entre os cultivos nas diferentes posições do TEvap e a testemunha. Todos os coliformes encontrados nas amostras são termotolerantes. No início do TEvap a alface apresentou maior concentração de coliformes. As amostras de alface e rúcula das diferentes posições do TEvap, apresentaram-se adequadas para o consumo humano apenas 50% das alfaces no final do sistema, entretanto a água de irrigação foi possivelmente o principal veículo de contaminação das olerícolas. Com isso, apesar do sistema demonstrar eficiência no tratamento de águas negras, deve-se preocupar também com a qualidade da água de irrigação para a produção de alimentos seguros.

**Palavras-chave:** Águas negras; Coliformes; Alface; Rúcula.

# EVAPOTRANSPIRATION TANK IN HEALTH WASTE TREATMENT IN RURAL COMMUNITIES

## ABSTRACT

Brazil has more than 19 million rural residents without sewage collection or treatment, which corresponds to 62% of the rural population. The lack of sewage collection networks leads to the extensive use of black sumps, and the consequent contamination of soil and water resources. Given this, the search for low cost technologies, easy to implement and management is essential. An alternative technology to conventional methods that has been shown to be quite effective is the evapotranspiration tank (TEvap). The system consists of a waterproofed tank, filled with different layers of substrate and plants. However, it is recommended to avoid vegetables that have eaten raw roots and creeping vegetables. However, there are no studies on the development and microbiological safety of species such as lettuce, arugula and radish in TEvap. Therefore, this study aimed to evaluate the development, chemical and microbiological composition of vegetables produced in different positions of the TEvap system for black water treatment. The system was implemented in the rural area of Monte Carmelo / MG, with capacity to serve four permanent residents. Agronomic (height, diameter, yield), chemical (% dry mass; pH; electrical conductivity; phosphorus and total nitrogen) and microbiological (thermotolerant and total coliforms) parameters of lettuce and arugula were evaluated at the beginning, end and outside of TEvap. (witness). The estimated cost for TEvap is approximately R\$ 1.150,00 for the Monte Carmelo region. Lower than estimated value for conventional septic tank and biodigester septic tank systems. There was a significant linear effect on lettuce diameter and arugula height as a function of time. Lettuce presented larger diameters when cultivated in TEvap, regardless of its position. Already the arugula had higher heights in the early part of TEvap compared to the final part and the witness. Productivity and chemical composition of lettuce and arugula did not differentiate between the crops at different positions of TEvap and the control. All coliforms found in the samples are thermotolerant. At the beginning of TEvap the lettuce presented the highest concentration of coliforms. From the lettuce and arugula samples from the different TEvap positions, only 50% of the lettuces were adequate for human consumption at the end of the system. However, irrigation water was possibly the main vehicle of vegetables contamination. Therefore, although the system demonstrates efficiency in the treatment of black water, it should also be concerned with the quality of irrigation water for safe food production.

**Keywords:** Black waters; Coliforms; Lettuce; Arugula.

## 1. INTRODUÇÃO

O acesso à rede de coleta ou ao tratamento de esgoto abrange 79,5% da população brasileira, de acordo com a pesquisa realizada, em 2015, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016). Entretanto, no estudo do IBGE foi observado que, em área rural, o acesso reduz para apenas 37,9% da população, indicando que mais de 19 milhões de moradores rurais não tem acesso a rede de coleta ou ao tratamento de esgoto sanitário.

Ainda segundo IBGE (2016), cerca de 43,7% das residências rurais possuem sistema de tratamento do tipo fossa rudimentar ou fossa negra, sendo que outras 10,2%, não contam com qualquer tipo de tratamento dos seus efluentes. com qualquer tipo de tratamento.

Essa deficiência no sistema de tratamento de esgotamento sanitário transformando-se em fonte poluidora dos mananciais e fator de risco para a saúde animal e humana. De acordo com Bernardes (2014) e SCHERER et al. (2016) a quantidade de esgoto sanitário lançado no solo ou em corpos d'água, em estado bruto ou incorretamente tratado, constitui expressiva carga de organismos patogênicos excretados por indivíduos infectados no ambiente. Esse quadro de deficiência sanitária tem forte impacto nos indicadores de saúde, muito abaixo dos padrões mínimos da dignidade humana em várias regiões brasileiras.

De acordo com Oliveira et al., (2018), a segregação de esgotos sanitários em sua origem simplifica o tratamento dos mesmos, por possuírem diferentes composições. Assim, o esgoto sanitário é classificado em duas classes principais: águas cinzas e negras. As águas cinzas são aquelas provenientes de pias, chuveiros e lavanderias, que podem ser reutilizadas, inclusive para irrigação de espécies ornamentais. Já as águas negras são aquelas provenientes do esgoto sanitário, contendo água, urinas e fezes, possui maior concentração de patógenos e por isso necessita de tratamento específico.

Nesse sentido, a busca por tecnologias alternativas e de baixo custo para o tratamento de efluentes com alta concentração de patógenos torna-se imprescindível para preservação ambiental. Uma tecnologia alternativa que tem sido bastante difundido em relação aos métodos convencionais é o tratamento por meio de Tanque de evapotranspiração (TEvap). De acordo com Gabiati (2009), trata-se de um sistema de fácil implantação e manejo, sendo composto por tanque impermeabilizado preenchido com diferentes camadas de materiais e plantio com espécies vegetais de crescimento rápido e elevada demanda por água. Para Galbiati (2009), Oliveira (2018), o TEvap apresenta alta eficiência, baixo custo, baixo consumo de energia, tolerância à variabilidade de carga e harmonia paisagística.

Este sistema é composto por tanque impermeabilizado, preenchido com diferentes camadas de materiais e plantio com espécies vegetais de crescimento rápido e elevada demanda por água. O tratamento de águas negras ocorre por meio da ação microbiana anaeróbia, promovendo a decomposição da matéria orgânica e mineralização de nutrientes contidos no esgoto. Por capilaridade a água se move para a superfície e ocorre a absorção e evapotranspiração pelas plantas, devolvendo a água limpa para o meio ambiente (PAULO e BERNARDES, 2004; GALBIATI, 2009; OLIVEIRA et al., 2018).

É relatada a diversas espécies vegetais que já foram cultivadas em sistema TEvap, tais como: bananeiras (*Musa cavendishii*), taiobas (*Xanthosoma sagittifolium*) e plantas ornamentais como copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*); maria-sem-vergonha (*Impatiens walleriana*); lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*); caeté banana (*Heliconia* spp.) e junco (*Zizanopsis bonariensis*) (PAMPLONA e VENTURI, 2004; MANDAI, 2006; GALBIATI, 2009; SOUZA et al., 2018; SOUZA et al., 2019). Segundo Galbiati (2009), hortaliças como couve e tomateiro também podem ser introduzidas, porém deve se evitar plantas que tenham raízes consumidas cruas e hortaliças rasteiras.

Diante da necessidade de tratamento do esgoto sanitário das propriedades rurais, espécies olerícolas como alface (*Lactuca sativa* L.), rúcula (*Eruca sativa* L.) e rabanete (*Raphanus sativus*), que seriam excluídas do sistema, apresentam alta demanda por água e desenvolvimento rápido. Possuem grande aceitabilidade pelos brasileiros, são ricas em conteúdo nutricional, alta produção por área e ciclo curto, permitindo várias safras por ano (VALERIANO et al., 2016; SANTOS et al., 2018). Porém, ainda não há estudos sobre o desenvolvimento e segurança microbiológica dessas espécies no TEvap.

Embora a legislação ambiental não preveja a reutilização de águas residuárias na produção alimentos consumidos in natura, devido ao risco sanitário, a necessidade da preservação ambiental vem, em âmbito mundial, aumentando e não permite que os resíduos sólidos, líquidos e semilíquidos das atividades humanas doméstica, industrial e agrícola sejam lançados no ambiente sem prévio tratamento. Assim, considerando que o sistema de aplicação de resíduos seja parte fundamental na viabilidade técnica e sanitária, com este trabalho, objetivou-se associar o tratamento de resíduos e o tanque de evaporação com produção de hortaliças.

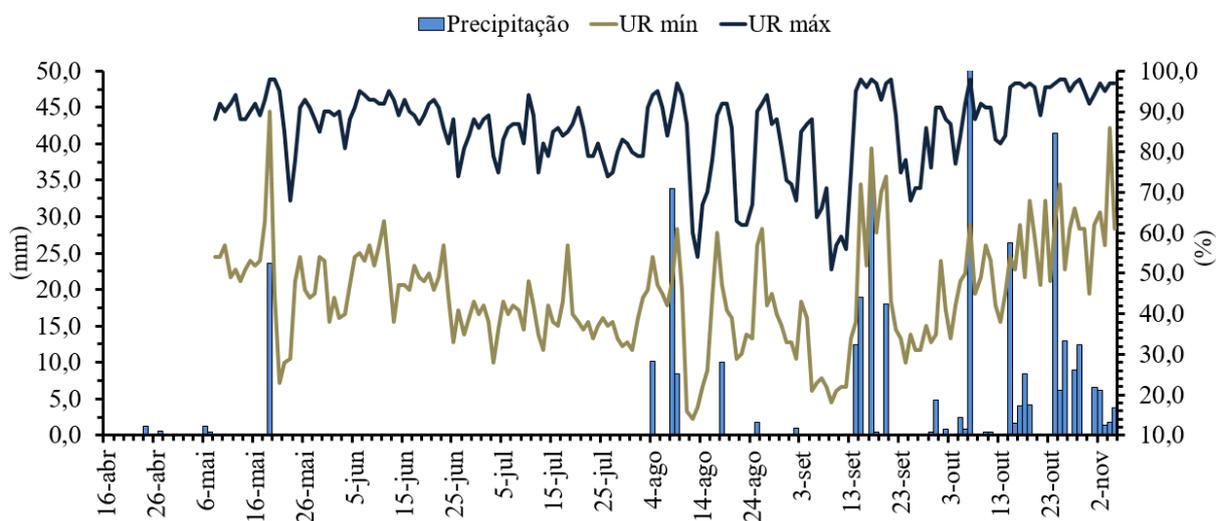
## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área experimental

O sistema de tratamento TEvap foi implantado em uma propriedade rural no município de Monte Carmelo/MG que desenvolve exclusivamente a atividade orgânica. O relevo varia de plano a suave ondulado e o solo foi classificado como Latossolo amarelo distrófico, de acordo com os critérios da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013).

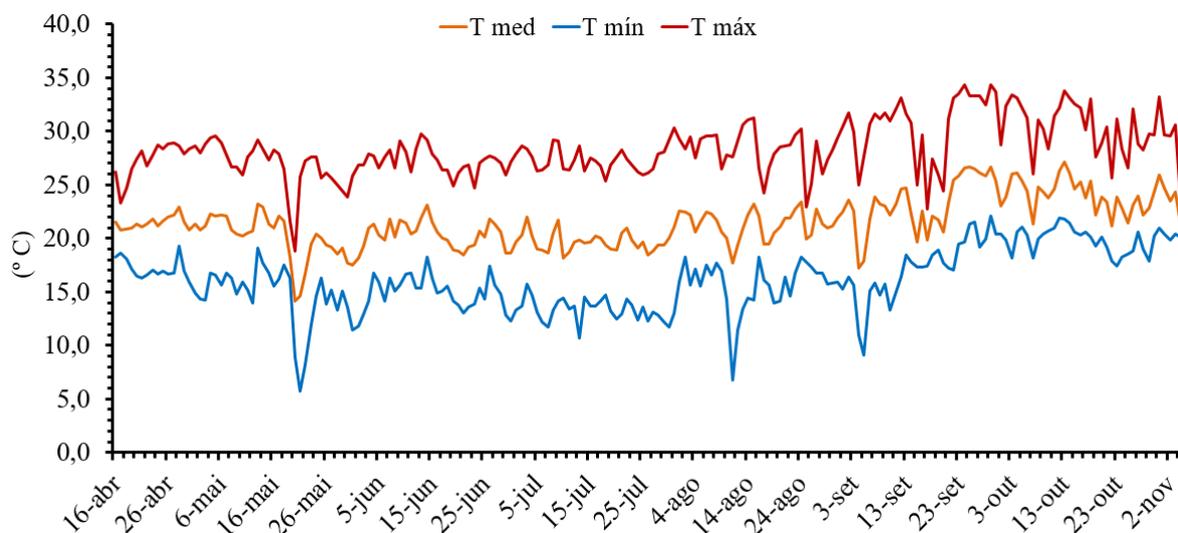
O clima predominante na região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, ou seja, clima tropical, com inverno seco e verão quente e chuvoso. A precipitação no ano de 2018 foi de 1569,1mm (INPE, 2019), distribuída irregularmente e concentrada nos meses de dezembro a março (Figura 1).

Na Figura 1, estão apresentados o comportamento da precipitação pluviométrica e da umidade relativa do ar (UR) durante o período experimental, indicando uma precipitação pluviométrica total de 412,6 mm de chuva e uma UR média de 68,7%. Já, na Figura 2, está apresentado o comportamento da temperatura, que apresentou valor médio de 21,5 °C, com temperaturas máximas de 28,4° C e mínimas de 16,1°C.



**Figura 1.** Variação da precipitação, mm, e da umidade relativa do ar mínima (UR mín) e máxima (UR máx), %, durante o período experimental.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).



**Figura 2.** Variação da temperatura média (T méd), mínima (T mín) e máxima (T máx) durante o período experimental.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

## 2.2. Construção e Implantação do Sistema TEvap

A construção do sistema de tratamento por tanque de evapotranspiração (TEvap) foi realizada no dia 16 de abril de 2018, e seguiu os critérios estabelecidos por Galbianti (2009) e Emater (2016), utilizando-se área de dois metros quadrados para cada usuário do sistema (GALBIATI, 2009; COSTA, 2014; EMATER, 2016). Assim, para uma família de quatro pessoas fixas, o tanque apresentou dois metros de largura, cinco metros de comprimento e um metro de profundidade, totalizando um volume de dez metros.



**Figura 3.** Etapas de implantação do TEVAP

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Para realização dos estudos, procedeu-se a impermeabilização das laterais e do fundo do TEvap, bem como elevação das laterais, evitando-se tanto a infiltração dos escoamentos superficiais, subterrâneos e percolações. Ao centro, foram formada uma câmara longitudinal pela colocação sucessiva e alinhadas pneus usados inteiros. A tubulação de entrada de esgoto (100mm) foi posicionada de modo a direcionar o esgoto sanitário para o interior dessa câmara. O preenchimento da escavação foi realizado colocando-se camadas sucessivas de entulho cerâmico (aproximadamente 0,45m), brita 0 (aproximadamente 0,10 m), areia lavada (aproximadamente 0,10m) e o restante, com o solo do horizonte escavado. Na saída do tanque, 0,10 m abaixo do nível do solo, colocou-se uma tubulação de 50 mm para funcionar com tubo extravasor (Figura 3).

Após a construção do tanque, na superfície, foram transplantadas mudas de três espécies de hortaliças: alface, rabanete e rúcula.

### 2.3. Custo do projeto

A construção do TEvap avaliado foi participativa e houve doações de materiais pela Prefeitura Municipal de Monte Carmelo - MG. O valor total investido na construção do sistema foi de R\$ 319,85 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Materiais utilizados para construção do TEvap e seus custos (R\$).

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Custo total	Valor investido
Tubulação 100mm	barra	1	41,90	41,90	41,90
Joelho esgoto 100mm	pç	2	2,99	5,98	5,98
Te 100mm	pç	1	6,89	6,89	6,89
Tampão 100mm	unid	1	3,79	3,79	3,79
Tampão 50mm	unid	1	2,19	2,19	2,19
Tela viveiro	mt	25	6,29	157,23	157,23
Impermeabilizante 18L	L	1	74,99	74,99	74,99
Tubulação PVC 50mm	barra	1	26,89	26,89	26,89
Cacos de telha	t	1,3	20,00	26,00	Doação
Areia/cascalho/brita	m <sup>3</sup>	6	90,00	540,00	Doação
Pneus aro 15	un	26	0,00	0,00	Doação
Mudas hortaliças	un	816	0,04	32,64*	Doação
Mão de obra (pedreiro+servente)	dia	1	220,00	220,00	Participativa
<b>Total (R\$)</b>				<b>1.138,50</b>	<b>319,85</b>

Fonte: Dados do autor (2018)

\*Fica a critério do produtor a escolha de qual tipo de planta a ser introduzida.

## 2.4. Delineamento dos experimentos

Para avaliar o desenvolvimento e qualidade das hortaliças no TEvap, foram cultivadas na superfície do tanque três espécies olerícolas com alta demanda de água e rápido desenvolvimento, sendo alface (*Lactuca sativa*), rabanete (*Raphanus sativus*) e rúcula (*Eruca vesicaria*). As três espécies são amplamente cultivadas na região pelo alto potencial olerícola, sobretudo destinado à produção orgânica no município de Monte Carmelo/MG.

O transplântio das mudas de alface foi realizado no dia 20 de setembro e sua colheita no dia 05 de novembro, 46 dias após o transplântio (DAT). Foi utilizada a cultivar Betty, do grupo das alfaces americanas (SALA e COSTA, 2012). Essa cultivar é caracterizada por folhas grandes, uniforme, com alto volume de massa, tolerante ao pendoamento precoce, tendo seu ciclo em até 70 dias (HORTICERES, 2018).

As mudas de rúcula foram transplantadas sete dias após a alface e sua colheita também foi realizada no dia 05 de novembro, 39 DAT. O cultivar empregado foi o Selecta, que possui folhas largas e compridas, levemente recortadas, de coloração verde escuro. Comprimento médio 22-25 cm e largura média 6-7 cm. Sabor levemente pujante. O ciclo varia entre 40 a 50 dias (HORTICERES, 2018).

Já no dia 04 de outubro, foi realizado o transplântio do rabanete, cultivar Coral, o qual apresenta porte alto com um sistema radicular redondo de coloração externa vermelha e polpa branca, com adaptação a temperaturas amenas e frias com um ciclo entre 30-40 dias. Devido ao ataque severo de formigas, não foi possível realizar a coleta do rabanete plantado.

A adubação de base foi realizada utilizando apenas adubo orgânico, na dose de 4 kg m<sup>-2</sup> de esterco bovino. Os tratos culturais foram realizados conforme o recomendado para cada cultura conforme Filgueira (2012) e ABCSEM (2015).

Os espaçamentos utilizados estão descritos na Tabela 2, totalizando 68 plantas por parcela (1 m<sup>2</sup>).

**Tabela 2.** Cultivares e espaçamento empregados.

<b>Espécie</b>	<b>Cultivar</b>	<b>Espaçamento</b>	<b>Plantas por parcela</b>
<b>Alface</b>	Betty	0,25 x 0,25	8
<b>Rúcula</b>	Selecta	0,10 x 0,05	30
<b>Rabanete</b>	Coral	0,15 x 0,05	30

Fonte: Dados do autor (2018).

## 2.4.1 Irrigação

Foi necessário o emprego de irrigação devido ao baixo índice pluviométrico e alta temperatura e evapotranspiração (Figura 3), sendo realizada irrigação por aspersão por meio de regador manual, utilizando água de uma nascente próxima a residência.

### 2.4.1.1. Análise da água de irrigação

Para a caracterização físico-química e microbiológica da água de irrigação foi coletada amostra de água da nascente responsável pelo fornecimento., sendo analisados pH, condutividade elétrica (CE), turbidez, oxigênio dissolvido (OD), fósforo, nitrato, nitrogênio total, coliformes totais e termotolerantes, conforme metodologias descritas em metodologias de APHA (2012).

Na Tabela 3, estão apresentados os resultados da caracterização da água de irrigação.

**Tabela 3.** Caracterização da água de irrigação.

Parâmetro	Teor	Padrão CONAMA	Unidade
pH	4,9	6,0 – 9,0	--
CE	48,1	--	µS/cm
Turbidez	34,5	≤ 40	NTU
OD	5,1	≥ 6	mg.L <sup>-1</sup>
Temperatura	26,5	--	°C
Nitrogênio total	12,7	≤ 3,7	mg.kg <sup>-1</sup>
Nitrato	12,6	≤ 10	mg.L <sup>-1</sup>
Fósforo	0,6	≤ 0,1	mg.L <sup>-1</sup>
Coliformes termotolerantes	261,3	≤ 200	NMP.100mL <sup>-1</sup>
Coliformes totais	275,5	--	NMP.100mL <sup>-1</sup>

Fonte: Dados do autor (2018) e Brasil (2005).

## 2.5. Delineamento das hortaliças

### 2.5.1. Análises agronômicas

Após o transplântio das hortaliças foi medido, semanalmente, o diâmetro da alface e altura da rúcula. Essas medidas foram utilizadas para determinar a equação de desenvolvimento da alface e rúcula (diâmetro ou altura em função do número de dias após o transplântio).

A produtividade foi calculada a partir da massa verde da subparcela no dia 05/11/2018, sendo 46 DAT para alface e 39 DAT para a rúcula e extrapolada para a área de 1 m<sup>2</sup> (kg.m<sup>-2</sup>).

### **2.5.2. Análises químicas**

Para avaliar a relação do sistema TEvap com a composição química das hortaliças, foram coletadas amostras da alface (46 DAT) e rúcula (39 DAT) no dia 05/11/2018 e determinada: % de massa seca; pH; condutividade elétrica (CE); fósforo e nitrogênio total, de acordo com as metodologias de APHA(2012).

### **2.5.3. Análises microbiológicas**

Foram realizadas as análises microbiológicas para verificação da contaminação por coliformes nas folhas de alface e rúcula.

Para determinação de coliformes totais e termotolerantes nas alfaces e rúcula foi utilizado o método de tubos múltiplos. As amostras da alface e rúcula foram separadas assepticamente, aliqüotadas em 10g de cada espécie, trituradas e homogeneizadas em liquidificador estéril, 10g da amostra com 90 mL de água peptonada 0,1%, obtendo a diluição  $10^{-1}$ , sendo em seguida preparadas às diluições  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$ .

Para todas as amostras analisadas, a determinação do número mais provável de coliformes pelo método dos tubos múltiplos foi realizada utilizando Caldo Lauril (fabricante Himedia), Sulfato de Sódio-CLS e Caldo Lactosado Bile Verde Brilhante-CLBVB (fabricante Alere). Para determinação de coliformes termotolerantes foi empregado Caldo E.C. Broth (fabricante Himedia). Alíquotas de 1,0 mL de cada diluição, foram transferidas para séries de três tubos contendo CLS com tubos de Durham invertidos. Os tubos foram incubados a  $35 \pm 1^\circ\text{C}$  durante 24 e 48 h, e uma alçada de cada tubo apresentando crescimento e produção de gás foi semeada em tubos contendo 10 mL de CLBVB e E.C., com tubos de Durham invertidos. Os tubos contendo CLBVB foram incubados a  $35^\circ\text{C}$  por 24 e 48 h, enquanto tubos de E.C. foram incubados por 24 e 48 h a  $45^\circ\text{C}$  em banho maria. A formação de gás nos tubos de CLBVB indicou a presença de coliformes totais e nos tubos E.C. presença de termotolerantes, sendo o resultado expresso em NMP de coliformes totais por grama de alimentos.

## **2.6 Análises estatísticas**

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados (DBC) com 4 repetições e 6 tratamentos em esquema fatorial. Os tratamentos foram: 3 posições no TEvap (inicial, final e testemunha) x 2 espécies olerícolas (alface e rúcula). O DBC foi utilizado para as variáveis agrônômicas e químicas analisadas na colheita (produtividade; massa seca; pH; condutividade

elétrica; fósforo, nitrogênio total), e tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey (5% de significância) para cada espécie olerícola.

Cada 1 m<sup>2</sup> do TEvap constituiu uma parcela, foram descartados 2 m<sup>2</sup> centrais do sistema. Fora do sistema, foram instaladas as parcelas testemunhas. Cada parcela foi subdivida em 3 subparcelas (alface, rúcula e rabanete). Entretanto, as subparcelas de rabanete foram perdidas. Assim, foram considerados, para fins estatísticos, apenas 24 subparcelas (3 posições no TEvap x 2 espécies x 4 blocos) (Figura 4).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste F, teste de Tukey e análise de regressão, através do programa SISVAR 5.0 (DEX/UFLA) (FERREIRA, 2010).

Quando o quadrado médio de tratamentos foi significativo pelo teste F (5% de probabilidade), realizou-se a análise de regressão em função do tempo após de transplante, definindo o melhor ajuste segundo a combinação de significância e maior coeficiente de determinação. Quando houve efeito da espécie, foi aplicado o teste de Tukey (5% de significância) para comparação de médias.

As médias do número mais provável (NMP) de coliformes termotolerantes e coliformes totais utilizou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema de parcelas subdivididas com duas repetições (alface e rúcula), amostrando-se 68 plantas por parcela, com um tratamento (testemunha) também com parcelas, sendo eles: T1 – início do tanque; T2 – final do tanque e T3 – testemunha (Figura 4).

As análises estatísticas também foram submetidas ao teste de médias e à análise de variância empregando o teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade com o auxílio de software estatístico SISVAR 5.0 (DEX/UFLA) (FERREIRA, 2010).



**Figura 4.** Delineamento experimental utilizado no TEvap, contendo as parcelas e subparcelas dos três cultivares transplantados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento foi desenvolvido no período de 157 a 203 dias após a instalação do sistema, época que operava dentro da sua capacidade. O volume total útil estimado do TEvap implantado é de 3.082 L, sendo 2.480 L no conjunto câmara de pneus e 602 L correspondem a água retida por capilaridade nos materiais de enchimento e substratos do tanque. Estas informações são confirmadas por Galbiati (2009), onde encontrou-se o volume útil total para um tanque de 4 m<sup>2</sup> (área superficial) de 1.233 L, dos quais, 992 L eram ocupados pela água livre e 241 L nos materiais porosos.

Bernardes (2014) relata que o tempo de detenção hidráulica (TDH) no TEvap varia de 24,5 a 90 dias, com valor médio de 50,7 dias, sendo 18,2 dias para a câmara e 32,5 dias para o filtro, para um sistema de 4 m de comprimento e dois habitantes na residência.

O custo previsto para o TEvap é de aproximadamente R\$ 1.150,00 para a região de Monte Carmelo (Tabela 1). Entretanto, a construção participativa, a utilização de materiais obtidos *in loco* e o apoio de entidades públicas minimizaram esse custo em 72%. Para a construção do sistema, foram gastos menos de trezentos e vinte reais. Assim, o sistema se demonstra viável economicamente até mesmo para comunidades rurais de baixa renda.

Na Tabela 4 pode ser analisado o custo de diferentes sistemas de tratamento de águas negras, como base os preços do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), data base outubro de 2019, desonerado, para o estado de Minas Gerais (CAIXA, 2019).

**Tabela 4.** Valores das composições para tratamento de efluentes para quatro moradores - SINAP, out/2019

<b>Código SINAPI*</b>	<b>Descrição da composição</b>	<b>Valor (R\$)</b>
98052	Tanque séptico circular, em concreto pré-moldado, diâmetro interno = 1,10 m, altura interna = 2,50 m, volume útil: 2138,2 l	984,17
98066	Tanque séptico retangular, em alvenaria com tijolos cerâmicos maciços. Dimensões: 1,0 x 2,0 x 1,4 m, volume útil: 2000 l	3.190,57
98072	Filtro anaeróbio retangular, em alvenaria com tijolos cerâmicos maciço. Dimensões: 0,8 x 1,2 x 1,67 m, volume útil: 1152 l	2.676,10
98078	Sumidouro retangular, em alvenaria com tijolos cerâmicos maciços. Dimensões: 0,8 x 1,4 x 3,0 m, área de infiltração: 13,2 m <sup>2</sup>	2.654,41

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da Caixa (2019).

\*SINAPI – Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil.

Os custos para a construção de todo o sistema TEvap quando comparado ao sistema individual de tratamento de esgoto doméstico comumente utilizado, para o mesmo número de pessoas em relação à fossa séptica (tanque séptico + sumidouro) são 68% menores, se utilizado o tanque séptico de menor valor. Já quando comparado ao sistema biodigestor (tanque séptico + filtro anaeróbico + sumidouro), que pode custar cerca de R\$ 6.300,00, mesmo utilizando a opção de menor valor nesse sistema, o TEvap custa 82% mais barato, além de ser de fácil instalação e manejo.

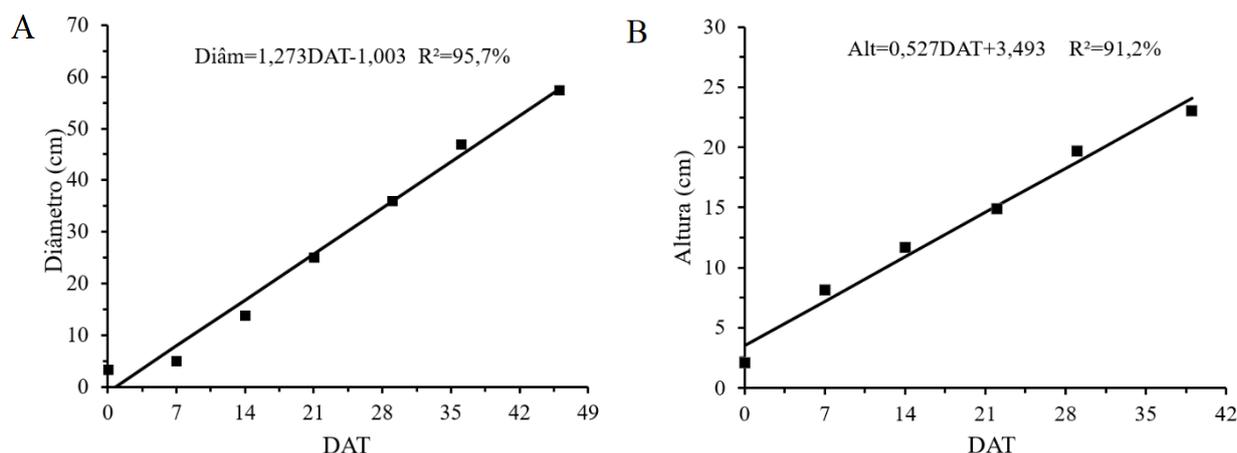
Quanto à instalação do TEvap, o mesmo se mostra menos oneroso, sendo uma boa solução para pequenos produtores que não apresentam um sistema de tratamento de esgoto em sua propriedade. Ressalta-se ainda que os valores expostos na Tabela 4, não abrangem os custos referentes ao frete e nem a instalação desses sistemas. Deste modo quando estes forem

adicionados para obtenção do valor final de implementação do Tanque, esses valores poderão subir notadamente fortificando ainda mais a ideia de o TEvap ser econômico.

Todos os sistemas citados apresentam um benefício em relação ao TEvap, devido a estes poderem receber águas cinzas (originadas de pias, tanques e chuveiros), desde que seja instalado uma caixa de gordura ao sistema, pois o TEvap é indicado apenas para águas negras, oriundas de vasos sanitários.

### 3.1 Avaliação Agronômica

Para o desenvolvimento das hortaliças, não houve interação significativa entre a posição no TEvap e o número de dias após o transplante ( $p = 0,814$  e  $p = 0,372$ , respectivamente). Foi observado efeito linear significativo no diâmetro da alface (Figura 5-A) e na altura da rúcula (Figura 5-B) em função do tempo ( $p = 0,000$ , para ambas as culturas).



**Figura 3.** A- Diâmetro médio da alface e B- altura média da rúcula em função dos dias após o transplante (DAT).

Fonte: Dados do autor (2018).

No período em que se desenvolveu o experimento, setembro a novembro as temperaturas máximas variaram de  $18,8^\circ\text{C}$  a  $34,4^\circ\text{C}$ , com média máxima de  $28,4^\circ\text{C}$  durante o período e as mínimas variaram de  $5,7$  a  $22,1^\circ\text{C}$ , com média mínima de  $16,1^\circ\text{C}$  (Figura 2).

Mesmo diante dessas condições, as duas culturas apresentaram um bom desenvolvimento, tanto no TEvap quanto no Tratamento Testemunha. No dia da colheita as culturas estavam, em média, a alface (46 DAT) com 57,5 cm de diâmetro e a rúcula (39 DAT) com 23 cm de altura.

Há relatos de desenvolvimento mais lento das culturas. Brzezinski et al. (2017) observaram que as plantas de alface americana produzidas em campo aberto aos 59 DAT

apresentavam apenas 29,2 cm. Já Oliveira et al. (2010) relataram, em sistema orgânico, alface (46 DAT) com diâmetro de 25,7 cm e a rúcula (55 DAE) com 23,9 cm de altura. Silva et al. (2016b) observaram para o mesmo cultivar de rúcula, Selecta, 12,51 cm de altura aos 35 DAT em sistema hidropônico.

No trabalho foram medidos o diâmetro de uma folha a outra, sendo assim como resultado observou-se um tamanho bem acima do considerável para os padrões comerciais. Explica-se isso já que nesse caso são descartadas as folhas nas partes mais periféricas, assim podemos considerar as alfaces do experimento numa média de 30 cm o diâmetro da alface.

De acordo com a Importadora de Sementes para Lavoura - ISLA (2001) o tamanho comercial das plantas de rúcula é em torno de 12-16 cm de altura. Assim, os resultados apresentados na Figura 6-B demonstram que a rúcula esteve no tamanho comercial dos 16 cm aos 24 DAT.

As diferentes posições no TEvap promoveram efeito estatístico significativo ( $p = 0,005$  e  $p = 0,000$ , respectivamente) no diâmetro da alface e na altura da rúcula (Tabela 5).

**Tabela 5.** Diâmetro médio de alface e altura média de rúcula (cm) cultivadas nas posições inicial, final e fora do TEvap.

Tratamento	Diâmetro	Altura
	Alface	Rúcula
Início TEvap	27,7 a	14,4 a
Final TEvap	27,6 a	13,2 b
Testemunha	25,2 b	12,2 b
CV	11,9	11,5
DP	1,155	0,899

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados do autor (2018).

A alface quando cultivada no TEvap, independente da sua posição se desenvolveu melhor que na testemunha. Já a rúcula apresentou maior crescimento na parte inicial do TEvap em relação a parte final do sistema e o Tratamento Testemunha. Isso pode ser explicado pela absorção de água e nutrientes provenientes da degradação microbiana da matéria orgânica dos efluentes.

Entretanto, o melhor desenvolvimento na parte inicial do TEvap não refletiu significativamente na produtividade de alface ( $p = 0,096$ ) e rúcula ( $p = 0,510$ ) (Tabela 6).

**Tabela 6.** Produtividade de alface e rúcula (Kg.m<sup>-2</sup>) cultivadas nas posições inicial, final e fora do TEvap.

Tratamento	Alface	Rúcula
Início TEvap	3,5	4,3
Final TEvap	3,5	4,3
Testemunha	2,8	4,5
CV	13,8	5,3
DP	0,33	0,094

As médias não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.  
Fonte: Dados do autor (2018).

Apesar das produtividades na parte inicial do TEvap, final e fora dele serem estaticamente iguais. Contudo matematicamente, observa-se um ganho médio de produtividade da alface em 20% nos cultivos no TEvap em relação à testemunha. Já para rúcula, os ganhos foram mínimos, menos de 5%.

Assim, a produtividade no sistema TEvap é equivalente ou até maior quando comparado ao sistema convencional de cultivo. Portanto, os resultados mostram a viabilidade do cultivo de alface e rúcula no sistema.

Os resultados da produtividade de alface e rúcula na presente pesquisa foram superiores aos encontrados por Oliveira et al. (2010) e Nunes et al. (2017). Foram similares a diversas pesquisas já realizadas (RESENDE et al., 2005; SANTANA et al., 2012; MELO et al., 2018; PEREIRA et al. 2019).

Não houve diferença significativa, pelo teste F, para os parâmetros químicos avaliados (Tabela 7).

### 3.2. Composição químicas das hortaliças

**Tabela 7.** Composição química de alface e rúcula cultivadas nas posições inicial, final e fora do TEvap.

Tratamento	Matéria Seca		pH		CE		Fósforo		Nitrogênio total	
	%		-		mS.cm <sup>-1</sup>		mg.L <sup>-1</sup>		mg.L <sup>-1</sup>	
	Alface	Rúcula	Alface	Rúcula	Alface	Rúcula	Alface	Rúcula	Alface	Rúcula
Início TEvap	4,9	9,8	6,1	6,5	530,1	2044,8	0,057	0,048	6,2	7,8
Final TEvap	5,1	10,5	6,1	6,4	597,0	1363,0	0,048	0,070	7,3	6,0
Testemunha	4,0	8,3	5,9	6,6	430,1	1644,0	0,067	0,052	5,6	7,9
CV	15,7	23,3	3,4	2,9	25,2	24,5	56,8	44,1	17,2	15,7
DP	0,47	0,91	0,09	0,08	68,58	279,7	0,007	0,001	0,70	0,87

As médias não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados do autor (2018).

No período de funcionamento do TEvap, o sistema não proporcionou alteração no teor de matéria seca, pH, condutividade elétrica (CE), e no teor nutricional (fósforo e nitrogênio total) da alface e rúcula. Sendo que da alface o valor de fósforo recomendado é de 19 mg/100g e da rúcula 25 mg/100g (TACO, 2014). Portanto, nessa fase de funcionamento, o cultivo no TEvap, independentemente da posição no sistema, manteve as características químicas do alimento, o que permite a produção das hortaliças cultivadas sem prejuízos na qualidade sensorial e nutricional.

A composição química das plantas pode ser alterada com a utilização de matéria orgânica, dependendo entre outros fatores, da fertilidade do solo, das características do material orgânico e da quantidade (OLIVEIRA et al., 2018). De acordo com este autor supracitado, os esgotos sanitários domésticos apresentam alta concentração de minerais (5-25 mg L<sup>-1</sup> de fósforo e 35-70 mg<sup>-1</sup> L de nitrogênio total) e pH próximo ao neutro (6,7-7,5).

Não foi possível localizar na literatura recomendação de teores adequados para as folhas de rúcula. Por esse motivo, fez-se uso de dados fornecidos por Fonseca (2013) para rabanete, pelo fato de ser uma cultura da mesma família botânica e também por esta olerícola ter sido utilizada no experimento. Neste caso, os teores adequados são: nitrogênio 30 a 60 g kg<sup>-1</sup> e fósforo 3 a 7 g kg<sup>-1</sup>.

Também não foi encontrado nenhuma análise quanto a condutividade elétrica na parte vegetal das hortaliças, porém afirma-se que a condutividade elétrica mede a concentração de sais dissolvidos tanto na água, no solo e nas plantas. Quando os nutrientes são consumidos pelas plantas, o valor da condutividade elétrica fica baixo. Ocorre perda de água por evapotranspiração, a concentração de sais aumenta e, conseqüentemente, a condutividade elétrica se eleva. Os principais sais que contribuem para a condutividade sobretudo na água são os sais de potássio, sódio, cálcio, magnésio na forma de sulfatos, cloretos, carbonatos e bicarbonatos (CPT, 2019).

Para *Eucalyptus grandis*, Silva et al. (2008) observaram que as concentrações foliares de todos os nutrientes de plantas tratadas com lodo de esgoto granulado mantiveram-se dentro dos limites observados usualmente nas plantações comerciais, não havendo sinais de desequilíbrio nutricional. Houve ainda incremento na concentração de fósforo. Entretanto, fazem necessários estudos da composição química de hortaliças em sistemas TEvap.

### **3.3 Avaliação microbiológica**

O número mais provável (NMP) de coliformes termotolerantes em todas as amostras de alface e rúcula foram iguais ao de coliformes totais, assim todos os coliformes presentes nas

amostras são termotolerantes. Houve interação significativa pelo teste F ( $p = 0,040$ ) entre as posições no TEvap e as espécies cultivadas para todos os teores de coliformes termotolerantes (Tabela 8).

**Tabela 8.** Número mais provável (NMP.g<sup>-1</sup>) de coliformes termotolerantes em hortaliças cultivadas em função da posição no TEvap.

Tratamento	Espécie	
	Alface	Rúcula
Início TEvap	1100,0 bA	780,0 bB
Final TEvap	115,5 aA	305,0 aA
Testemunha	150,0 aA	150,0 aA
CV	41,9	34,7
DP	456,1	268,03

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Dados do autor (2018).

Para ambas as espécies estudadas o teor de contaminação foi maior no início do TEvap. Não houve diferença significativa na contaminação entre os cultivos no final do TEvap e a testemunha, demonstrando a eficiência do sistema no tratamento do esgoto doméstico e redução na contaminação de vegetais. Tal redução total de coliformes era esperada, uma vez ao longo do sistema ocorre a redução do nível de material orgânico. Vilar et al. (2019) comprovaram a eficácia do que o sistema de tratamento TEvap na redução de coliformes. Eles observaram a redução de 99,993% dos coliformes no efluente final (150 no efluente bruto da suinocultura para  $11 \times 10^{-3}$  coliformes fecais/100 mL).

As duas culturas diferenciaram quanto a contaminação por coliformes apenas no início do TEvap, onde a alface apresentou maior NMP de coliformes. Portanto, se for cultivar as hortaliças deve-se dar preferência a parte final do sistema, onde a alface apresentou menor nível de contaminação em relação a rúcula.

A Resolução RDC nº 12 de 2001, prevê o limite de tolerância de coliformes a termotolerantes de  $10^2$  NMPg<sup>-1</sup> por amostra (BRASIL, 2001). A Tabela 9 apresenta a condição de contaminação das amostras avaliadas.

**Tabela 9.** Contaminação da alface e rúcula coliformes termotolerantes em função da posição no TEvap.

Espécie	Tratamento	Combinação de tubos	NMP.g <sup>-1</sup>	Intervalo de confiança (95%)		Condição
				Mínimo	Máximo	
Alface	Início TEvap	3-3-3	>1100	420	-	Inadequado
Alface	Início TEvap	3-3-3	>1100	420	-	Inadequado
Alface	Início TEvap	3-3-3	>1100	420	-	Inadequado
Alface	Início TEvap	3-3-3	>1100	420	-	Inadequado
Alface	Final TEvap	3-2-2	210	40	430	Inadequado
Alface	Final TEvap	2-2-0	21	4,5	42	Adequado
Alface	Final TEvap	3-2-2	210	40	430	Inadequado
Alface	Final TEvap	2-2-0	21	4,5	42	Adequado
Alface	Testemunha	3-2-1	150	37	420	Inadequado
Alface	Testemunha	3-2-1	150	37	420	Inadequado
Alface	Testemunha	3-2-1	150	37	420	Inadequado
Alface	Testemunha	3-2-1	150	37	420	Inadequado
Rúcula	Início TEvap	3-3-2	1100	180	4100	Inadequado
Rúcula	Início TEvap	3-3-1	460	90	2000	Inadequado
Rúcula	Início TEvap	3-3-2	1100	180	4100	Inadequado
Rúcula	Início TEvap	3-3-1	460	90	2000	Inadequado
Rúcula	Final TEvap	3-2-1	150	37	420	Inadequado
Rúcula	Final TEvap	3-3-1	460	90	2000	Inadequado
Rúcula	Final TEvap	3-2-1	150	37	420	Inadequado
Rúcula	Final TEvap	3-3-1	460	90	2000	Inadequado
Rúcula	Testemunha	3-2-1	150	37	420	Inadequado
Rúcula	Testemunha	3-2-1	150	37	420	Inadequado
Rúcula	Testemunha	3-2-1	150	37	420	Inadequado
Rúcula	Testemunha	3-2-1	150	37	420	Inadequado

Fonte: Dados do autor (2018).

Observou-se que 100% das hortaliças cultivadas na parte inicial do TEvap apresentaram níveis de contaminação de coliformes termotolerantes inadequados para o consumo humano (Tabela 09). Na parte final do TEvap, 50% das amostras de alface estavam adequadas para o consumo, enquanto todas as amostras de rúcula estavam inadequadas.

Tonetti *et al* (2018) relata estudos, que mostram alguns alimentos e folhas que crescem no TEvap, destaque para bananas e taiobas, estes não sofreram nenhum tipo de contaminação por bactérias e outros micro-organismos e, portanto, são seguros para o consumo humano. No entanto alerta que não é recomendado o consumo de raízes (ex: inhame ou gengibre) ou frutos colhidos do chão do TEvap.

Entretanto as duas espécies cultivadas fora do TEvap, testemunha, apresentaram 100% das amostras inadequadas ao consumo humano. Assim, a fonte de contaminação encontrada nos tratamentos cultivados no TEvap não foi exclusivamente a água residuária presente nele.

Constatou-se que água de irrigação utilizadas no experimento estavam contaminadas por coliformes termotolerantes, apresentando 261,3 e 275,5 NMP 100 mL<sup>-1</sup> de coliformes termotolerantes e totais, respectivamente (Tabela 3). Assim apresenta-se em desacordo com a legislação, pois a norma do CONAMA nº 357 (2005) estabelece o limite de tolerância 200 NMP 100 mL<sup>-1</sup> para coliformes fecais em água de irrigação de hortaliças consumidas cruas.

Observa-se no trabalho que a amostra de nitrato se apresentou acima do estabelecido pelo CONAMA, o mesmo é tóxico aos seres humanos. O nitrato juntamente com o fósforo na água torna-se um contaminante. Entre as fontes de fósforo destacam-se os esgotos domésticos, da própria matéria fecal. Estes dois nutrientes em excesso causam um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática (ANA,2008).

A água de irrigação foi possivelmente o principal veículo de contaminação das hortaliças. Vários estudos no Brasil têm identificado hortaliças com elevado grau de contaminação por coliformes transmitidos pela água de irrigação. Souto (2005), Abreu et al. (2010), Araújo et al. (2015) e Silva et al. (2016a), demonstraram que a água de irrigação foi o foco de contaminação das hortaliças avaliadas. Esses estudos também observaram elevado percentual de contaminação microbiológica, com índices de coliformes fecais inaceitáveis pela legislação vigente para coliformes totais quanto para coliformes termotolerantes.

Em circunstâncias ideais, a água potável não deve conter microrganismos patogênicos e nem bactérias indicadoras de contaminação fecal. Normalmente a qualidade microbiológica da água potável é avaliada de forma indireta por meio de indicadores de contaminação por coliformes. A quantidade destes microrganismos indica o grau de contaminação, e conseqüentemente o risco potencial quanto à presença de patógenos. Logo deve atentar que durante a irrigação nas lavouras e hortas, principalmente por aspersão, onde molha a planta toda, estes organismos são depositados nos frutos, folhas e caules das plantas (MAROUELLI et al., 2014).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a execução do trabalho observou-se que a cartilha ofertada aos produtores rurais pela EMATER, mostrou-se bastante eficiente, porém, recomenda-se a todos os interessados em instalar o sistema TEvap em suas propriedades, que solicitem o auxílio de um técnico da EMATER para que este possa dar orientações durante a sua construção, para que o projeto seja executado com sucesso.

As hortaliças cultivadas ao longo do Tanque de Evapotranspiração (TEvap), no primeiro ano de funcionamento, tiveram bom desenvolvimento e mantiveram a composição química e produtividade das cultivadas fora do sistema (testemunha). Contudo são escassos os trabalhos com a associação do TEvap e a produção de alimentos, sobretudo as olerícolas.

A parte final do TEvap proporcionou menor contaminação por coliformes termotolerantes que a parte inicial e não diferiu do cultivo fora do sistema. Assim, o sistema TEvap é eficiente para tratamento de esgoto doméstico, porém obter alimentos seguros nele, deve ser observada a qualidade dos demais agentes passíveis de contaminação, como a água de irrigação.

O TEvap se mostra como uma metodologia de desenvolvimento sustentável para a promoção da inclusão da promoção socio-produtiva. Ele está focado na resolução de problemas como o da preservação do meio ambiente e a manutenção do solo e de recursos hídricos.

Recomenda-se na construção do TEvap sua completa impermeabilização, como foi demonstrado neste trabalho. A construção do TEvap de forma participativa, com envolvimento de vários atores sociais, se torna fundamental para o baixo custo de implantação.

Novas pesquisas devem ser realizadas, uma vez que o TEvap é um sistema recente implantado no Brasil, deve se adequar à realidade local onde a tecnologia social será implementada para que se tenha uma solução efetiva dos problemas citados ao longo dessa pesquisa.

## 5. REFERÊNCIAS

ABCSEM. **Manual Técnico Cultivo de Hortaliças 2015**. 3ª Edição. 2015. 100 p.

ABREU, I. M. O.; JUNQUEIRA, A. M. R.; PEIXOTO, J. R.; OLIVEIRA, S. A. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 108-118, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA - **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA), 2008**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 01 de nov de 2019.

APHA (American Public Health Association); AWWA (American Water Works Association); WEF (Water Environment Federation). **“Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”**, 21th edition, APHA, Washington - DC, USA, 2012.

ARAUJO, F. V. de; VIEIRA, L.; JAYME, A.; MIRANDA, M.; CONCEIÇÃO NUNES, M.; CORTÊS, M. Avaliação da qualidade da água utilizada para irrigação na bacia do Córrego Sujo, Teresópolis, RJ. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 23, n. 4, 2015.

BERNARDES, F.S. Avaliação do tratamento domiciliar de águas negras por um Tanque de Evapotranspiração (TEVAP). **Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - 7ª Edição nº 007 Vol.01/2014 Julho/2014**. Disponível em:< <https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=avaliacao-do-tratamento-domiciliar-de-aguas-negras-por-um-tanque-de-evapotranspiracao-TEVAP-114161310.pdf>>. Acesso em: 05 de jan. 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, v. 139, n. 7-E, 2001.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Classifica as águas doces, salobras e salinas e especifica os parâmetros e limites associados aos níveis de qualidade requeridos para seu aproveitamento. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 de março 2005.

BRZEZINSKI, C.R.; ABATI, J.; GELLER, A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C. Produção de cultivares de alface americana sob dois sistemas de cultivo. **Rev. Ceres**. Vol. 64, n.1, p. 83-89, 2017.

CAIXA. Relatório de Insumos e Composições – OUT/19 - COM DESONERAÇÃO. 2019. Disponível em: [http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_648](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648). Acesso em: 21 nov. 2019.

COSTA, A. P. **Estudo de tecnologias sociais visando o tratamento do esgoto doméstico de unidade unifamiliar – Assentamento Nova São Carlos – São Carlos/SP**. 2014. 60 p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.

CPT. Silvana Teixeira. **Solução Nutritiva. Como Medir a Condutividade Elétrica da Água.** Disponível em: <https://www.cpt.com.br/cursos-agricultura-hidroponia/artigos/solucao-nutritiva-como-medir-a-condutividade-eletrica-da-agua>. Viçosa, 2019. Acesso em: 05 de nov. 2019.

EMATER - EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Tanque de evapotranspiração para o tratamento de efluentes do vaso sanitário.** 2016. 11p.

Disponível em:

[http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/DETEC\\_Ambientaltvap\\_com\\_defluvio.pdf](http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/DETEC_Ambientaltvap_com_defluvio.pdf)  
Acesso em: 08 de jan. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR—programa estatístico.** Versão 4.2, p. 109-141, 2010.

FONSECA, J. O. G **Desempenho agrônomo de alface e rúcula em função de doses de composto fermentado em condições de cultivo protegido, sob manejo orgânico em Nova Friburgo, RJ** - 2013. 61 f. Rural do Rio. Disponível em:

<http://cursos.ufrrj.br/posgraduacao/ppgao/files/2016/04/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Jovelina-Olga-Gomes-da-Fonseca.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de oliveira: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 3. ed. 412p. Viçosa: UFV, 2012.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS. 2009.

Disponível em:

<http://repositorio.cbc.ufms.br:8080/jspui/bitstream/123456789/1163/2/Adriana%20Farina%20Galbiati.pdf>. Acesso em: 20 de set. 2019.

HORTICERES. Produtos folhosas. 2018. Disponível em:

<https://www.horticeres.com.br/produtos/folhosas>. Acesso em: 21 out. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Banco de Dados Agregados (PNAD). 2016. Disponível em:

<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1956#resultado>. Acesso em 20 nov. 2019.

INPE. Banco de dados meteorológicos. 2019. Disponível em:

<http://bancodedados.cptec.inpe.br/downloadBDM/>. Acesso em 20 ago. 2019.

ISLA. Catálogo 2001/2002. Porto Alegre: Isla Sementes, 2001. 74p.

MANDAI, P. Modelo descritivo da implantação do sistema de tratamento de águas negras por evapotranspiração. Associação Novo Encanto de Desenvolvimento Ecológico - ANEDE.

**Monitoria Canário Verde**, Brasília. Relatório técnico. 2006.

MELO, G. G., SILVA, M. D. F., COSTA, D. S., CARVALHO, I. D. E., DE SALES NETO, J. M., BRAZ, L. C. C., ... & CARVALHO FILHO, J. L. S. Influência de diferentes níveis de adubação nitrogenada sobre a produtividade de cultivares de alface. **Revista Saúde & Ciência Online**. Vol. 7, n.2, p.276-285, 2018.

MAROUELLI, W. A.; MALDONADE, I. R.; BRAGA, M. B.; SILVA, H. R. da. **Qualidade e segurança sanitária da água para fins de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2014.

NUNES, K. G.; COSTA, R. N. T.; JÚNIOR, J. A. H. C.; DE ARAÚJO, D. F. Comportamento da alface-americana sob diferentes doses de composto orgânico e lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 167-176, 2017.

OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. C. M.; MARQUES, V. B.; FRANÇA, A. C. **Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação**. **Revista Hortic. bras.**, v. 28, n. 1, jan.- mar. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v28n1/a07v28n1>. Acessado em: 04 nov. 2019.

OLIVEIRA, G. D. de; PEREIRA, I. A.; SOARES, A. F. S.; RAMOS, G. M. P. D. Tratamento Domiciliar de águas negras: tanque de evapotranspiração. **Revista Petra**, v. 4, n. 2, 2018. Disponível em: <https://www.metodista.br/revistas/revistas-izabela/index.php/ptr/article/view/1871>. Acessado em: 20 nov. 2019.

PAMPLONA S & VENTURI M. (2004) Esgoto à flor da terra. **Permacultura Brasil**. Soluções ecológicas. V16.

PAULO, L. P.; BERNARDES, F. S. **Estudo de tanque de evapotranspiração para o tratamento domiciliar de águas negras**. Belo Horizonte: UFMG, 2004. 10 p.

PEREIRA, F. T.; OLIVEIRA, J. B. de, MUNIZ, P. H. P. C.; PEIXOTO, G. H. S., GUIMARÃES, R. R.; CARVALHO, D. D. C. Promoção do crescimento e da produtividade de alface pelo emprego de cepas comerciais de *Trichoderma* spp. **Horticultura Brasileira**, vol. 37, n. 01, 2019.

RESENDE, G.M.; ALVARENGA, M.A.R.; YURI, J.E.; MOTA, J. H.; SOUZA, R.J.; RODRIGUES JÚNIOR, J.C. Produtividade e qualidade pós-colheita da alface americana em função de doses de nitrogênio e molibdênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.976-981, 2005.

SALA, F.C.; COSTA, C.P. da. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**. Vol. 30, n.2, p.187-194, 2012.

SANTANA, C. T. C. de, SANTI, A., DALLACORT, R., SANTOS, M. L., & DE MENEZES, C. B.. Desempenho de cultivares de alface americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro. **Revista Ciência Agronômica**, vol.43, n.1, p. 22-29, 2012.

SANTOS, R. S. da S., DIAS, N. da S., DUARTE, S. N., LIMA, C. J. G. de S., FERNANDES, C. dos S., MIRANDA, J. H. de. Cultivo da rúcula em substrato de fibra de coco sob solução

nutritiva salina. *Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas*, v. 27, n. 1, p. 12-21, 2018.

SCHERER, K.; GRANADA, C. E.; STULP, S; SPEROTTO, R. A. Avaliação bacteriológica e físico-química de águas de irrigação, solo e alface (*Lactuca sativa* L.). **Rev. Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 3, p. 665-675, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980993X2016000300665&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980993X2016000300665&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em: 21 Nov. 2019. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1829>.

SILVA, B.A. **Determinação de condicionantes para uso do tanque de evapotranspiração como elemento de saneamento rural em Minas Gerais**. Monografia. Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ :48 f., 2016a.

SILVA, J. L. da; SILVA, E. S. B. da; KOLLESKA, L. Respostas produtivas de cultivares de rúcula em sistema hidropônico. **Campo Digital**, v. 11, n. 1, 2016b.

SILVA, P. H. M. da; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J. L. de M; STAPE, J. L. Volume de madeira e concentração foliar de nutrientes em parcelas experimentais de *Eucalyptus grandis* fertilizadas com lodos de esgoto úmido e seco. **Revista Árvore**, vol. 32, n.5, p. 845-854, 2008.

SOUTO, R. A. Avaliação sanitária da água de irrigação e de alfaces (*Lactuca sativa* L.) produzidas no município de Lagoa Seca, Paraíba. Paraíba, 2005. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

SOUZA, O. B.; SATIRO, A.; MARTINS, B.; PRADO, C. Tratamento de água negra domiciliar através de bananeiras por tanque de evapotranspiração. **Atas de Saúde Ambiental-ASA**, v. 6, p. 235-248, 2018.

SOUZA, O. B.; SILVA, E. É.; SANAVRIA, A.; VITA, G. F.; MARINO, T. B. Análise da Banana Pacovan Ken Cultivada em Tanque de Evapotranspiração e seu efluente. **Ciência & Desenvolvimento-Revista Eletrônica da FAINOR**, v. 12, n. 2, 2019.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl. - Campinas: NEPAUNICAMP, 2014.161 p.

TONETTI, A. L., *et al.* **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Cartilha, e-book. Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018.

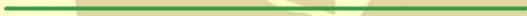
VALERIANO, T. T. B.; SANTANA, M. J.; MACHADO, L. J. M.; OLIVEIRA, A. F. Alface americana cultivada em ambiente protegido submetida a doses de potássio e lâminas de irrigação. **IRRIGA**, v. 21, n. 3, p. 620-630, 2016.

VILAR, J. B. B., DOS SANTOS, V. S., DUARTE, A. E.; SANAVRIA, A. Eficiência de um filtro de remediação (TEVAP) na remoção de poluentes em efluentes suínos. **Vigilância Sanitária Em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia**, v. 7, n. 2, p. 94-101, 2019.



**INSTITUTO  
FEDERAL**

Goiano



Campus  
Urutaí

