



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



THIAGO ROBERTO ALVES

**ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO COMO FONTE DE ÁGUA E NUTRIENTES NO
CULTIVO SEM SOLO DO ANTÚRIO (*Anthurium andraeanum*)**

Araras
2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



THIAGO ROBERTO ALVES

**ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO COMO FONTE DE ÁGUA E NUTRIENTES NO
CULTIVO SEM SOLO DO ANTÚRIO (*Anthurium andraeanum*)**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia
Agrônoma – CCA - UFSCar para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza

Araras
2023

DEDICATÓRIA

Ao meu tio Valentim Apolinário, que desde
minha infância mostrou as belezas da natureza
através de suas histórias de vida.

AGRADECIMENTOS

A minha família, principalmente aos meus pais, Paulo e Rosália, que confiaram em minha capacidade e me apoiaram nos momentos mais difíceis. À minha irmã, Jéssica, que sempre esteve, me apoiou e incentivou a continuar em frente;

Aos meus Avós, Benedito e Leonilda, que desde pequeno me incentivaram a percorrer meus sonhos, ensinando que mesmo o caminho estando cheios de desafios, ele deve ser atravessado de cabeça erguida;

A meu tio Valentim, ao seu amor pela família, e que sempre trouxe sua vivência e experiências de vida no campo, me ensinado o que os livros não ensinam;

Aos meus amigos de graduação, que passaram junto a mim por desafios enormes durante o caminho da graduação, que no fim superamos, em especial: Guilherme Feleto, Gabriel Borghi, Murilo Biafora, Lucas Teodoro e Willian Diniz;

Ao meu professor e orientador, Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza, que me aceitou em seu grupo de pesquisa Engenharia de Água, Solo e Ambiente (EASA), proporcionando muitas experiências e aquisição de conhecimentos inestimáveis;

Ao grupo de pesquisa Engenharia de Água, Solo e Ambiente (EASA), onde pude conhecer pessoas maravilhosas e companheiras, que durante todo o percurso proporcionaram experiências de vida, conhecimentos e apoio, em especial: Amanda, Alessandra, Priscila, Juliana, Jeferson, Viviane, Mariano, Ryan e Mariana;

A FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), que financiou o projeto, proporcionando alimentar o campo das ciências agrárias com novas informações valiosas.

Gostaria de reforçar meu agradecimento a todos que participaram dessa caminhada e que de alguma forma contribuíram para meu crescimento como ser humano, e que nunca serão esquecidos.

“Nossas dúvidas são traidoras e nos fazem perder o que, com frequência, poderíamos ganhar, por simples medo de arriscar.”

(William Shakespeare)

ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO COMO FONTE DE ÁGUA E NUTRIENTES NO CULTIVO SEM SOLO DO ANTÚRIO (*Anthurium andraeanum*)

Resumo: O setor agrícola nos últimos anos vem apresentando aumento pela demanda por água e nutrientes, entretanto, as atividades humanas impactaram de forma negativa sobre a disponibilidade destes recursos na natureza, onde a distribuição natural da água que já era desproporcional no planeta Terra, tornou-se mais intensa. Uma alternativa para mitigar a baixa disponibilidade de água e fertilizantes, de forma sustentável, é a aplicação de efluente doméstico tratado, podendo atender a demanda hídrica das plantas, além de ser fonte de nutrientes e matéria orgânica. Deste modo, esse estudo objetivou avaliar os principais impactos da aplicação de efluente doméstico tratado no cultivo protegido de antúrio (*Anthurium andraeanum*). O experimento foi realizado em bancadas suspensas, onde as plantas de antúrio foram cultivadas em fibra de coco dentro de canaletas de isopor, em cultivo protegido. Os três tratamentos aplicados foram: (TRA) efluente doméstico tratado suplementado com fertilizantes minerais, (TA) água potável suplementado com fertilizantes minerais e (TR) somente efluente doméstico tratado. O experimento foi feito em delineamento em blocos casualizados, no qual os dados quantitativos foram submetidos ao teste de Tukey a 5% e teste de Shapiro-Wilk para atestar a normalidade dos dados. Os resultados coletados evidenciaram que ao aplicar apenas o efluente doméstico tratado (TR), as plantas apresentaram deficiência nutricional e baixa produtividade. Os parâmetros biométricos (comprimento da haste, espádice, espata, folha maior e número de flores) e produtividade resultantes no tratamento TRA não apresentaram diferença estatística em relação ao tratamento TA, comprovando que ao utilizar efluente doméstico tratado manteve a alta produtividade com a economia de 3,5 m³ de água potável e 21,8% de fertilizantes minerais. Mesmo com a detecção da presença de *Escherichia coli* no efluente doméstico tratado, o cultivo foi considerado seguro com a obtenção de ausência de contaminação nas plantas. Desta forma, conclui-se que a aplicação de efluente doméstico tratado como fonte alternativa e sustentável de água e fertilizantes em substrato de fibra de coco em ambiente protegido foi viável no cultivo de antúrio, sem que a segurança sanitária dos profissionais envolvidos fosse comprometida.

Palavras-chaves: *Anthurium andraeanum*, efluente doméstico tratado, fibra de coco, fertirrigação, Sumi.

TREATED DOMESTIC WASTE AS A SOURCE OF WATER AND NUTRIENTS IN THE SOIL-FREE GROWING OF ANTURIO (*Anthurium andraeanum*)

Abstract: The agricultural sector in recent years has shown an increase in demand for water and nutrients, however, human activities have impacted negatively on the availability of these resources in nature, where the natural distribution of water that was already disproportionate on planet Earth, has become more intense. An alternative to mitigate the low availability of water and fertilizers, in a sustainable way, is the application of treated domestic wastewater, which can meet the water demand of plants, besides being a source of nutrients and organic matter. Thus, this study aimed to evaluate the main impacts of the application of treated domestic wastewater in protected cultivation of anthurium (*Anthurium andraeanum*). The experiment was conducted in suspended benches, where the anthurium plants were grown in coconut fiber inside Styrofoam troughs, in protected cultivation. The three treatments applied were: (TRA) treated domestic effluent supplemented with mineral fertilizers, (TA) drinking water supplemented with mineral fertilizers and (TR) treated domestic effluent only. The experiment was performed in a randomized block design, in which quantitative data were subjected to the Tukey test at 5% and Shapiro-Wilk test to attest the normality of the data. The results collected showed that when applying only the treated domestic wastewater (TR), the plants presented nutritional deficiency and low productivity. The biometric parameters (stem length, spadix, spathe, largest leaf and number of flowers) and productivity resulting from the TRA treatment showed no statistical difference in relation to the TA treatment, proving that by using treated domestic effluent the high productivity was maintained with the economy of 3.5 m³ of drinking water and 21.8% of mineral fertilizers. Even with the detection of the presence of *Escherichia coli* in the treated domestic effluent, the cultivation was considered safe with the absence of contamination in the plants. Thus, it is concluded that the application of treated domestic wastewater as an alternative and sustainable source of water and fertilizers on coconut fiber substrate in a protected environment was feasible in anthurium cultivation, without compromising the health safety of the professionals involved.

Key-words: *Anthurium andraeanum*, treated household effluent, coconut fiber, fertigation, Sumi.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área agrícola mundial irrigada, 2018.	9
Figura 2. Esquema das bancadas suspensas de cultivo.	16
Figura 3. Ilustração esquemática da ETE instalada no campus Araras da UFSCar.	19
Figura 4. Ilustração das dimensões da espata do antúrio.	23
Figura 5. Monitoramento da CE (condutividade elétrica) do substrato de cultivo. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.	27
Figura 6. Cultivo de antúrio em sistema semi hidropônico em substrato fibra de coco, em diferentes tratamentos. (A) TR = Tratamento apenas com efluente doméstico tratado; (B) TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado com suplementação de fertilizantes minerais; (C) TA = Tratamento com água potável suplementado com fertilizantes minerais.	29
Figura 7. Monitoramento do Índice de Clorofila Falker (ICF) A e B das plantas de antúrio em cultivo protegido. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.	33
Figura 8. Coloração das folhas das plantas de antúrio em sistema semi hidropônico em substrato fibra de coco, em diferentes tratamentos. (A) TR = Tratamento apenas com efluente doméstico tratado; (B) TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado com suplementação de fertilizantes minerais; (C) TA = Tratamento com água potável suplementado com fertilizantes minerais.	35
Figura 9. Monitoramento do comprimento das hastes das plantas de antúrio em cultivo protegido. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.	37
Figura 10. Monitoramento do comprimento das folhas maiores das plantas de antúrio em cultivo protegido. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.	38
Figura 11. Monitoramento do comprimento da espádice das plantas de antúrio em cultivo protegido. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.	39
Figura 12. Monitoramento do comprimento da espata das plantas de antúrio em cultivo protegido. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.	40
Figura 13. Monitoramento da altura das plantas de antúrio em cultivo protegido. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.	41
Figura 14. Monitoramento do número de folhas por plantas de antúrio em cultivo protegido. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente	

doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.....42

Figura 15. Monitoramento do número de flores por plantas de antúrio em cultivo protegido.

TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.....44

Figura 16. Produtividade do Antúrio por tratamento (TR, TRA e TA): comparação visual. .46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios do efluente bruto (Entrada) e do efluente tratado (Saída) dos parâmetros de monitoramento e eficiência de remoção (anos de 2016 e 2017).....	19
Tabela 2. Recomendação para as concentrações básicas de sais da solução nutritiva para o cultivo de antúrio.	21
Tabela 3. Caracterizações químicas e microbiológicas do efluente tratado coletado na estação de tratamento de esgoto no CCA/UFSCar - Araras.....	25
Tabela 4. Condutividade elétrica do substrato (fibra de coco) fertirrigado – CE (dS m ⁻¹) no cultivo protegido de Antúrio.....	28
Tabela 5. Quantidade de fertilizantes minerais aplicados nos tratamentos TA e TRA em 12 meses, e economia de nutrientes.....	30
Tabela 6. Quantidade (Litros) de efluente doméstico tratado aplicado nos tratamentos TRA e TR.....	30
Tabela 7. Teores de macronutrientes foliar nos tratamentos TA, TR e TRA e os teores considerados adequados segundo o Boletim 100.	32
Tabela 8. Teores de micronutrientes foliar nos tratamentos TA, TR e TRA e os teores considerados adequados segundo o Boletim 100.	32
Tabela 9. Índice de Clorofila Falker (ICF) A e B presentes no tecido vegetal das folhas de Antúrio em cultivo protegido.	34
Tabela 10. Análises biométricas realizadas na cultura do antúrio em cultivo protegido.	36
Tabela 11. Produtividade média mensal por tratamento em sistema semi hidropônico em cultivo protegido de antúrio.....	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. Ciclo da água na natureza e crise hídrica.	5
3.2. Água e seu uso na agricultura	7
3.3. Consumo de fertilizantes minerais pela agricultura.	9
3.4. Tratamento de esgoto no Brasil	11
3.5. Mercado mundial de flores e plantas ornamentais.	12
3.6. Cultivo do <i>Anthurium andraeanum</i>	13
4. MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1. Estrutura do experimento	16
4.2. Água de reúso	18
4.3. Análise da água de reúso	20
4.4. Solução nutritiva	21
4.5. Análises biométricas do antúrio.	22
4.5.1. Altura da planta (AP).....	22
4.5.2. Número de folhas por planta (NPF)	22
4.5.3. Análise de teor de clorofila.....	22
4.5.4. Comprimento da haste das plantas	22
4.5.5. Tamanho da espata e espádice, e quantidade de flores por planta	23
4.5.6. Forma de análise dos resultados	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1. Caracterização da água de reúso	24
5.2. Condutividade elétrica no cultivo de <i>Anthurium Andraeanum</i>	27
5.3. Economia de fertilizante e água.....	29
5.4. Análise nutricional foliar do antúrio em cultivo protegido.....	31
5.5. Análise de Clorofila A e B no cultivo de antúrio	33
5.6. Parâmetros biométricos.....	35
5.6.1. Comprimento da haste	36
5.6.2. Comprimento da folha maior.....	37
5.6.3. Comprimento da espádice	38
5.6.4. Comprimento da espata	39
5.6.5. Altura das plantas	41
5.6.6. Número de folhas	42
5.6.7. Número de flores	43
5.7. Produtividade média do antúrio no período de um ano	44
6. CONCLUSÃO	47
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1. INTRODUÇÃO

Qualquer atividade exercida pelo ser humano de alguma forma requer a utilização dos recursos naturais. Por exemplo, a água é um dos elementos mais essenciais para manter um determinado ambiente, devido as atividades humanas necessitarem para movimentar os sistemas econômicos e sociais (OLIVEIRA et al., 2018). Se for utilizado de forma inadequada, causa alterações qualitativas e quantitativas, o que afeta sua disponibilidade (SOUZA et al., 2014)

Dentro da sua distribuição pelo mundo, a depender da localização, a água pode apresentar estado de abundância ou escassez, entretanto é considerada finita mesmo que seu ciclo biogeoquímico permita seu retorno para o planeta (CUNHA et al., 2017). A água estando presente em qualquer ambiente pode apresentar diferentes graus de qualidade, isso se deve a diversos fatores que interferem diretamente, sendo eles biológicos, físicos ou químicos (CARVALHO et al., 2018).

Nas últimas décadas as atividades humanas se intensificaram no Brasil em decorrência ao crescimento populacional, tais atividades necessitam de uma grande demanda por recursos naturais para que seus processos sejam completados e as necessidades humanas atendidas (MARIANI et al., 2016). Para isso a agricultura e o crescimento industrial provocaram altos índices de desmatamento, causando desequilíbrio no ciclo biogeoquímico da água, promovendo sua escassez (SANTOS, 2017).

O Brasil mesmo sendo considerado um país com abundância hídrica, a distribuição deste recurso por seu território é irregular, onde algumas regiões são altamente favorecidas, enquanto outras passam por longos períodos de secas (JUNIOR, 2020). A região sudeste é caracterizada por uma grande densidade populacional que por consequência gera muitos resíduos poluidores, impactando negativamente as poucas fontes de água, entretanto a região norte possui grande aporte hídrico, mas o potencial poluidor é baixo (MAGALHÃES et al., 2019).

A agricultura vem sendo responsável pelo consumo de aproximadamente 70% de toda a água doce presente no planeta Terra, esse valor tende a aumentar até 2050 devido ao aumento pela demanda de alimento e matéria prima para o setor agroindustrial, visando suprir as necessidades humanas (FAO AQUASTAT, 2015). Pinheiro (2016) aponta que a precipitação tende a reduzir de 20 a 30% com o desmatamento, ao mesmo momento em que Vicentin (2014) indica um aumento de 19% no consumo de água doce pela agricultura até 2050 para suprir o aumento em 70% na produção agrícola.

Os insumos utilizados nas atividades agrícolas objetivando maiores níveis de produção com qualidade do produto final, como fungicidas, inseticidas, herbicidas e fertilizantes minerais apresentam alto potencial de contaminação de reservatórios naturais de água, quando utilizados de maneira inadequada (CALDA, 2016), sendo responsável por classificar a agricultura como a maior poluidora de águas do mundo (CARVALHO et al., 2019).

A eliminação inadequada de esgoto doméstico em corpos hídricos é responsável pela contaminação dos mesmos. Uma das maneiras de mitigar esse impacto negativo é através da reutilização deste recurso em outros setores, como na agricultura (OLIVEIRA, 2019). A água oriunda de fontes sustentáveis é uma estratégia de manejo deste recurso, evitando que seu descarte inadequado cause danos ambientais, gerando economia de água potável, além de proporcionar desenvolvimento sustentável aos países que adotam essa prática (OLIVEIRA et al., 2013).

A irrigação em alguns países do mundo, incluindo o Brasil já é beneficiada pelo uso de águas residuárias, tornando esta técnica muito difundida e benéfica (MEDEIROS et al., 2020).

O esgoto doméstico passa por inúmeros processos de tratamento, originando como produto final a água residuária, que em sua composição química é encontrado nutrientes utilizados pelas plantas como fertilizantes, reduzindo assim a demanda por fertilizantes químicos minerais e seus impactos negativos no meio ambiente através do descarte ou carreamento para corpos hídricos, além de proporcionar economia de água potável (ANDRADE, 2019).

Um método de aplicação da água residuária na agricultura é através do cultivo sem solo de plantas, onde o solo que seria utilizado é trocado por um substrato substituto, como o caso da fibra de coco, sendo um meio inerte, em que toda a demanda por nutrientes do vegetal deve ser suprida por meio de uma solução nutritiva em cultivo protegido, o que reduz ou dispensa totalmente o uso de agrotóxicos, tornando o cultivo mais sustentável (SANTOS, 2018). Mesmo com a carga nutricional presente na água residuária, muitas culturas necessitam ser suplementadas aplicando fertilizantes minerais, de acordo com a recomendação da cultura, visando alta produtividade sem que ocorra deficiência ou excesso de nutrientes (LOPES et al., 2022).

O cultivo de flores se enquadra na modalidade onde a água de reúso pode ser aplicada, já que o produto final, visando a finalidade ornamental, não é destinado a alimentação humana, tendo em vista que a água residuária apresenta uma carga microbiológica que pode provocar a contaminação humana. Entretanto, existem parâmetros microbiológicos de qualidade que permitam o uso na agricultura (DEMARTELAERE et al., 2020).

O Antúrio está classificado como uma das flores mais cultivadas e comercializadas no Brasil, sendo utilizada como planta ornamental e paisagística, ou como flor de corte. Esta flor apresenta uma enorme variedade quanto a cores e longa durabilidade pós colheita, além de ser considerada pelos produtores uma cultura que se adaptou muito bem ao clima nacional, produzindo o ano todo, além da facilidade do manejo (SILVA et al., 2019).

O presente trabalho foi realizado com o intuito de esclarecer a hipótese sobre a redução da utilização de fertilizantes minerais convencionais no cultivo de antúrio ao mesmo tempo que a demanda hídrica da planta seja suprida através do uso de efluente doméstico tratado como fonte sustentável de água e nutrientes. Deste modo, objetivou esclarecer os principais impactos que a água de reúso como fonte de água e nutrientes no cultivo sem solo tem sobre a cultura do antúrio.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi avaliar os principais impactos do uso de esgoto doméstico como fonte de água e nutrientes no cultivo sem solo do Antúrio (*Anthurium andraeanum*).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Ciclo da água na natureza e crise hídrica.

Segundo Souza (2014), a humanidade demanda de recursos naturais para atender as suas necessidades básicas, entre esses recursos, a água é o principal, sendo de extrema importância para a manutenção da vida e para o desenvolvimento de setores econômicos, como o agrícola e o industrial. Entretanto, a ação antrópica de maneira inadequada provocou desequilíbrios quanto a disponibilidade do recurso hídrico e sua qualidade, de tal maneira que para determinados fins, deve ser analisada com antecedência para liberação de seu uso.

A importância desse elemento está relacionada a sua participação em processos biológicos, físicos e químicos de forma direta ou indireta, a qualidade dos processos fisiológicos na fauna e flora é afetada pela quantidade disponível e pela qualidade da mesma (LUCENA et al., 2018).

As fontes de água presentes na natureza estão sujeitas a sofrer degradação natural e, principalmente, degradação antrópica, de acordo com o crescimento e desenvolvimento da população, a demanda pelo recurso hídrico se tornou maior, o que levou a exploração não sustentável deste recurso natural provocando também a sua escassez em determinados pontos do globo (BUZELLI, 2013).

O cenário de crise hídrica tende a piorar, a expansão populacional somada a necessidade do crescimento do setor industrial e agropecuário para suprir as necessidades alimentícias e básicas do ser humano é um fator que pressiona ao uso das fontes de recursos hídricos (CANTELLE et al., 2018).

Tundisi (2014) ressalta que a escassez do recurso hídrico pode ocorrer através de algumas atividades desempenhadas pelo ser humano, como o desmatamento da Amazônia e de matas ciliares, invasão e destruição de corpos de águas, uso indiscriminado de áreas fontes de maneira múltipla e a contaminação através do descarte incorreto de substâncias e resíduos poluentes, tanto líquidos quanto sólidos.

A Amazônia é classificada como sendo a maior floresta de clima tropical do mundo. A sua extensão atinge uma dimensão de 503.013.615 milhões de hectares (IBGE, 2021). Do total dos reservatórios de água doce do planeta, 12% estão localizados na Amazônia, sendo que 70% desse valor está depositado na bacia amazônica (OCED, 2015). Da água doce superficial distribuída pelo mundo, cerca de 12% está localizada em território brasileiro, 68% desse valor está concentrado na região Norte do país, e apenas 6% está disponível na região sudeste (RIBEIRO, 2018).

O equilíbrio do planeta que é comandado pelas dinâmicas ambientais só é possível devido a importância fundamental da Floresta Amazônica. Segundo Artaxo et al. (2014), as mudanças climáticas apresentadas no mundo, estão relacionadas ao poder que a Floresta Amazônica tem sobre a capacidade de armazenamento de carbono e atuação direta no ciclo hidrológico.

Segundo Nobre (2014), foi comprovado que a bacia Amazônica tem a capacidade diária de transpiração de cerca de 20 bilhões de metros cúbicos de água. O valor de vapor presente em uma determinada massa de ar influencia a capacidade de promover chuvas. Amorim (2017) ressalta que o valor de vapor transpirado para a atmosfera representa apenas 2% do volume atmosférico total, sendo que alterações provocadas na disponibilidade de vapor podem desencadear o desequilíbrio do tempo e do clima.

O desmatamento alterando a taxa de evapotranspiração da vegetação, provoca alterações no regime de chuvas, podendo ocasionar o aumento da sazonalidade local do clima, dessa forma ocasionando a diminuição da síntese de nuvens de chuva (SANTOS et al. 2017).

As mudanças entre os períodos de secas para os períodos chuvosos são reguladas através das funções desempenhadas pela vegetação, onde a evapotranspiração oriunda das florestas contribui para a formação das nuvens de chuvas, a porcentagem do que é evapotranspirado para a atmosfera pela vegetação e retorna para o solo em forma de precipitação é de aproximadamente 67,9% (DEBORTOLI, 2013).

De acordo com Pinheiro (2016), a densidade das florestas tem influência direta na taxa de precipitação. As florestas com menor densidade vegetal são caracterizadas com um coeficiente de reflexão maior e o solo apresenta menor potencial em reter a umidade, provocando uma queda de 20 a 30% no regime de precipitação. Pielke et al. (1998), afirma que o desmatamento impacta direta e indiretamente no regime de chuvas de modo local e regional, levando a alteração do ciclo hidrológico e o ciclo de transferência de calor por convecção quando as áreas desmatadas ficam entre um intervalo de 100.000 km² a 1.000.000 km².

Segundo Nobrega (2014) o aumento da temperatura devido ao desmatamento é responsável pelo aumento da demanda hídrica pela vegetação, combinado a diminuição da precipitação, levando as plantas ao estresse hídrico. A floresta amazônica tem a função de realizar a reciclagem da água, o que impacta diretamente sobre o regime de chuvas na região Centro-Sul do Brasil, principalmente nos meses das águas, entre outubro e fevereiro. A queda da evapotranspiração devido ao desmatamento, quando somada as consequências dos efeitos do aquecimento global, contribuem para a redução da precipitação (MARENGO et al., 2018; JUNIOR et al., 2020).

O Brasil é fortemente impactado pelos serviços ambientais fornecidos pela Floresta Amazônica (ROCHA et al., 2015), principalmente a região sudeste, naqueles relacionados ao abastecimento de água, refletindo na crise hídrica severa entre 2013 e 2015 (COELHO et al., 2015). Segundo Clement e Higuchi (2006), a taxa de precipitação na região sudeste do Brasil tem origem na região amazônica, o que representa cerca de 25% a 50% da precipitação do estado. Ferreira et al. (2017) ressaltam que a irregularidade provocada pela diminuição da precipitação ocasiona longos períodos de secas e aumento das ondas de calor.

Marengo (2014), conclui que a estiagem que atingiu São Paulo entre os anos de 2014 e 2015 foram influenciados pela baixa pluviosidade, gerando a crise hídrica do estado, o que foi agravado pelo falho gerenciamento governamental. Seguindo o mesmo raciocínio, para Jacobi et al. (2016), a crise hídrica que a região sudeste sofreu entre os anos de 2014 e 2015 foi impactante financeira e ambientalmente a ponto de forçar o setor agrícola e o setor industrial a realizar o uso inteligente e consciente desse recurso, levando-os a planejarem medidas capazes de mitigar o uso inadequado e o desperdício gerado em qualquer etapa da cadeia produtiva, promovendo o bem-estar ambiental, econômico e social.

Segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) informa que as perdas monetárias geradas pelas secas ficam entre 6 e 8 bilhões de dólares anualmente, incluindo principalmente o setor agrícola. Os períodos longos de estiagem provocam perdas impactantes para a agricultura brasileira, o que levou a comunidade científica a buscar novas alternativas como fontes de recursos hídricos destinados a suprir a demanda por alguns setores da agricultura.

Tundisi (2014) aponta que uma alternativa de fonte de água é a utilização da água de reúso, proveniente do tratamento de efluentes de redes de esgoto doméstico, sendo possível suprir a demanda hídrica de alguns setores da agricultura ao mesmo tempo que gera economia de água, desde que esteja dentro de padrões aceitáveis para uso. A utilização da água de reúso está fortemente sendo empregado em muitos países, onde utilizam águas residuárias como fonte alternativa e sustentável para ser aplicada na irrigação agrícola (URBANO et al., 2017).

3.2. Água e seu uso na agricultura

A irrigação é uma técnica onde ocorre a aplicação de água no solo de modo artificial, levando em consideração a demanda do vegetal que está sendo cultivado. A irrigação na produção de alimentos atua auxiliando no fornecimento de água nos momentos adequados e na quantidade necessária, o que leva essa prática a ser responsável por aproximadamente 40% da produção anual de alimentos (CHRISTOFIDIS, 2013).

A lâmina correta de água para que ocorra o desenvolvimento e crescimento adequado da planta e economia de água varia de acordo com a evapotranspiração, clima, textura do solo e a cultivar utilizada (NASCIMENTO et al., 2017).

Os sistemas de irrigação, independentemente de quais sejam, quando seu dimensionamento é realizado de maneira errônea, a eficiência da irrigação pode ser baixa, e o consumo de água maior que o necessário, contribuindo para o desperdício hídrico. Onde Silva et al. (2012) apontam que sistemas de irrigação otimizados e com a manutenção adequada na agricultura são técnicas de manejo que colaboram na mitigação do desperdício de água.

Pereira et al. (2016) corroboram com Silva et al. (2012) ao apontarem que análises de uniformidade de aplicação e a manutenção realizadas em campo dos sistemas de irrigação entram como medidas para a economia de água.

Devido à crescente demanda mundial por alimento e matéria prima agrícola para diversos fins, a área irrigada mundial estimada até o ano de 2050 tende a atingir uma dimensão de 3.180 bilhões de hectares. De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2022), a área agrícola irrigada até 2018 correspondia a uma dimensão de aproximados 328 milhões de hectares, desse total, 70% é representativo apenas dos países asiáticos.

De toda a área agricultável no mundo, a Índia detém o maior percentual de área irrigada, em segundo lugar é a China e os Estados Unidos em terceiro lugar, com 66 Mha, 62 Mha e 27 Mha, respectivamente (FAO, 2013). A Our World in Data (2018) organizou os dados coletados pela FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) correlacionando a área agricultável de cada um dos países do mundo com a área irrigada dos mesmos, assim calculando a taxa das áreas irrigadas de cada país (Figura 1).

De acordo com o ranking global dos dez países com maiores áreas irrigadas do mundo, o Brasil está nesta lista divulgada pela FAO (2017). Os dados liberados pela Our World in Data (2018), apontaram que do total de áreas agricultável do Brasil em 2006, 1,95% eram irrigados, esses valores passaram a ser maior em 2018, a taxa de áreas contemplada com algum método de irrigação passou para 2,91%.

Segundo dados liberados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2022) através do Atlas Irrigação, o Brasil é detentor de aproximadamente 8,2 milhões de hectares com algum método de irrigação artificial instalado, sendo 64,5% do total irrigado oriundo de mananciais, os outros 35,5% ocorre através de fertirrigação com água de reúso.

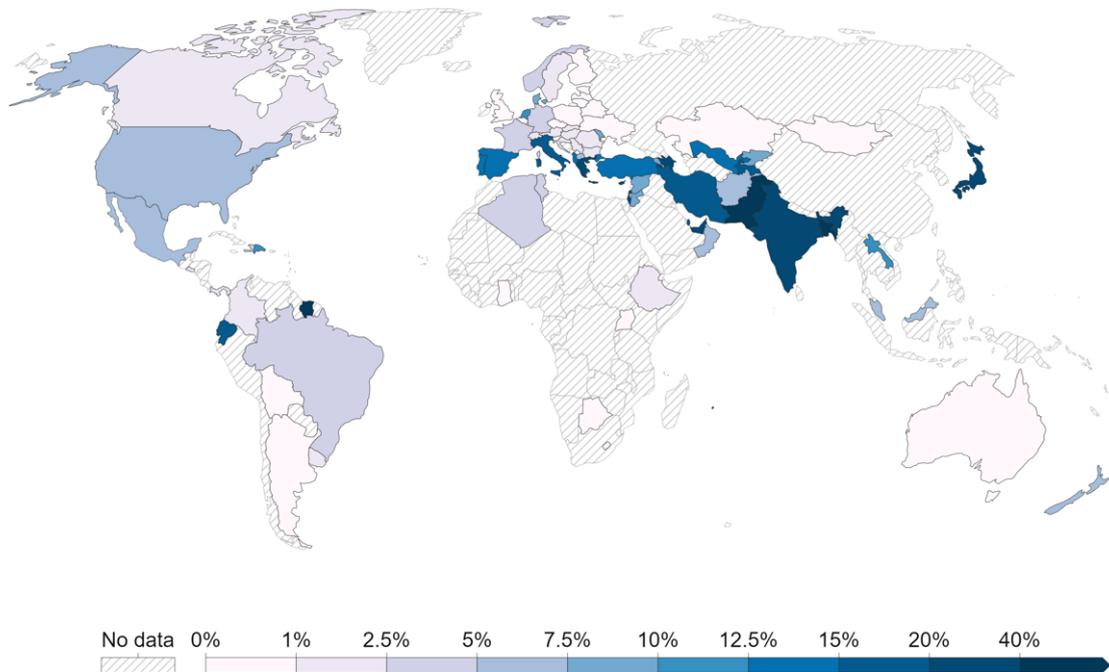


Figura 1. Área agrícola mundial irrigada, 2018.

Fonte: Our World in Data

Pasqualetto et al. (2020) aponta que no Brasil aproximadamente 55% do total de água doce livre é destinada para suprir as demandas hídricas de todos os setores das atividades agropecuárias, sendo a irrigação o qual mais consome água devido as exigências fisiológicas das plantas. A produção pecuária consome cerca de 15% e o abastecimento rural um consumo de apenas 2% da água doce disponível em território nacional.

Os dados liberados pelo Sistema de Informação Global da FAO sobre Água e Agricultura – FAO AQUASTAT (2015), apontam que a agropecuária mundial é responsável por consumir um total aproximado de 69% de toda água doce consumida anualmente, favorecendo setores da agricultura irrigada, a pecuária e a aquicultura, dados esses que corroboram com os divulgados pela *Water Assessment programme – WWAP* (2014), que aponta a agricultura como consumidora de 70% do total anual de água doce.

3.3. Consumo de fertilizantes minerais pela agricultura.

O Brasil exerce forte influência no mercado global de exportação de *commodities*, dentre elas a soja, milho, cana-de-açúcar, café, laranja, carne, arroz, celulose, entre outros, o que proporcionou ao país ser competitivo com grandes produtores agrícolas mundiais como a China, Índia, EUA e Rússia, devido a quantidade de recurso hídrico disponível, clima favorável, grandes áreas com alto potencial agrícola que permite até três safras por ano (MARTINS, 2021).

Para atingir os altos padrões exigidos pelos países que importam os produtos agrícolas brasileiros é necessário o uso de fertilizantes minerais por parte dos agricultores, visando atingir as demandas nutricionais das plantas, o que gera como consequência o aumento do custo de produção e exploração de áreas ambientais para a exploração e extração desses insumos (OLIVEIRA et al., 2019).

Os países com maiores demandas por fertilizantes minerais são a China, Índia, EUA e Brasil, de acordo com a Globalfert (2020), esses quatro países são responsáveis por consumirem aproximadamente 58% do total de fertilizantes minerais comercializados anualmente em todo o mundo.

O elevado preço destes insumos no Brasil segundo Oliveira et al. (2019) está diretamente ligado ao fato do país apresentar baixo potencial de produção de fertilizantes minerais, o que culmina na forte dependência da importação desses insumos. A Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2018), apontou que aproximadamente 70% do consumo interno de fertilizantes foi importado.

O consumo pela agricultura brasileira de fertilizantes minerais atingiu 7% do consumo global, sendo o quarto maior consumidor de N (Nitrogênio), o terceiro maior consumidor de P (Fósforo) e o segundo maior consumidor de K (Potássio) (ANDA, 2018). Os maiores estados brasileiros consumidores de fertilizantes são o Mato Grosso, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Goiás. De acordo com a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2022), as culturas que apresentam as maiores demandas por fertilizantes minerais são: soja, milho, cana-de-açúcar e café.

A forte dependência do Brasil por fertilizantes minerais foi agravada pelo conflito travado entre a Rússia e a Ucrânia que começou em 2014 e se intensificou em 2020, onde as fábricas dependem fortemente de gás natural, pois é combustível para a geração de energia elétrica. Com o aumento do preço deste insumo a energia elétrica apresentou grande aumento no seu valor, promovendo a paralização das atividades de produção na Europa devido ao elevado preço da energia elétrica (NASTARI, 2022).

Nastari (2022) ressalta que o gás natural é também matéria prima para a produção de fertilizantes nitrogenados, a alta no preço do gás natural está diretamente ligada ao aumento do preço dos fertilizantes e conseqüentemente dos produtos agrícolas.

3.4. Tratamento de esgoto no Brasil

As atividades antrópicas industriais e urbanas geram resíduos com alto potencial tóxico, responsáveis pela contaminação de corpos hídricos, sendo fontes de inóculo para a disseminação de doenças que afetam os seres humanos, estando diretamente ligados a falta de tratamento de esgoto, ou a má qualidade do mesmo quando presente (TUNDISI, 2014).

Segundo Santos e Vieira (2020) o panorama atual de saneamento básico indica que aproximadamente 83,6% da população brasileira recebe abastecimento de água para uso cotidiano, desse valor, apenas 53,2% do esgoto doméstico gerados pela população é coletado e tratado, sendo que 45,3% é qualificado como tratamento de qualidade. Entretanto, do valor total de esgoto tratado apenas 1,5% tem como finalidade o reúso.

Martínez et al. (2013) ressalta que ao aumentar a área beneficiada pelo saneamento básico, há a possibilidade em aumentar o montante de esgoto que possa ser tratado com qualidade para ser reutilizado, proporcionando maior taxa de aproveitamento do mesmo através de sua utilização em diversas atividades humanas.

Mesmo com a baixa taxa de utilização do esgoto tratado, ocorre a redução da contaminação de corpos hídricos pelo descarte direto e inadequado. conseqüentemente há a diminuição da pressão que as atividades humanas exercem sobre a fauna e a flora, além de proporcionar recursos em situações de crise hídrica (RICART e RICO, 2019).

A agricultura é fortemente favorecida quando não ocorre o descarte de substâncias poluidoras em corpos d'água, pois com a qualidade da água inferior, a produção agrícola é afetada negativamente, principalmente quando ocorre contaminação biológica através de patógenos nocivos à saúde humana, ou química, podendo contaminar o solo através de substâncias que restringiriam o crescimento e desenvolvimento de vegetais (SOUZA et al., 2011).

Schaer-Barbosa et al. (2014), discorre que a água e nutrientes provenientes do tratamento de esgoto tratado é uma fonte alternativa para uso direto na agricultura irrigada, fornecendo água nas épocas de secas e reduzindo a demanda de fertilizantes minerais devido a presença de nutrientes na água de reúso. Carvalho et al. (2018) corrobora ao afirmar que além da economia de fertilizantes minerais, o uso do esgoto é capaz de proporcionar excelente produtividade.

Cuba et al. (2015), concluiu através de um experimento com alface realizado em sistema hidropônico que o água de reúso oriunda do esgoto doméstico foi capaz de fornecer nutrientes as plantas, entretanto sintomas relacionados a deficiência nutricional foram constatados, desse modo a suplementação através de fertilizantes minerais se fez necessário.

Com o uso de efluente doméstico no cultivo de morango via hidroponia visando a economia de água potável e fonte de nutrientes, Figueiredo et al. (2021) constataram que a economia de fertilizantes minerais gerada foi de 33%.

Além do aspecto econômico proporcionado pelo uso do esgoto doméstico, o estudo microbiológico nos produtos agrícolas é necessário para realizar a detecção de contaminação por *Escherichia coli*. No experimento realizado por Cuba et al. (2015) na cultura da alface não constataram a contaminação do produto agrícola por *Escherichia coli*, entretanto Mendes et al. (2016), quando utilizaram água proveniente do tratamento de esgoto doméstico no rabanete cultivado no solo foi detectado a contaminação por *Escherichia coli* e coliformes totais, já que houve contato direto, o que tornou o produto agrícola proibido para o consumo humano.

A aplicação incorreta da água de reúso na agricultura além de causar a contaminação dos produtos agrícolas destinados ao consumo humano, pode contaminar o solo e águas superficiais e subterrâneas (RIGO, 2014).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2006) dispõe da resolução 375/06, responsável por determinar quais os critérios para a aplicação de resíduos originados do esgoto doméstico na agricultura, os procedimentos adequados para aplicação segura e contém os parâmetros químicos e biológicos aceitáveis para liberação da aplicação no campo. Neste mesmo documento, a aplicação desses resíduos é proibida no cultivo de olerícolas, raízes, tubérculos, cultivos inundados e em produtos oriundos de pastagens.

A água de reúso originada do tratamento de esgoto têm potencial na produção do mercado de flores, onde os produtos agrícolas são principalmente destinados para a comercialização de flores de corte para fins ornamentais e não para o consumo humano (CARVALHO et al., 2009).

3.5. Mercado mundial de flores e plantas ornamentais

A floricultura se enquadra como uma categoria dentro da horticultura, a mesma que compreende a produção de olerícolas, plantas medicinais e cogumelos, sendo a floricultura a apresentar a maior rentabilidade entre elas, colaborando com o setor econômico e social em escala global (CAMPOS, 2020).

Somente no ano de 2021, de acordo com a Word Floriculture Map (2021), o mercado mundial de flores (corte e folhagens), de material para ornamentação arquitetônica e paisagística, e de material de propagação, foram responsáveis por movimentar um montante de US\$ 90 bilhões, contando com aproximadamente 650.000 ha de área produtiva. A OEC (2020) apontou que os Estados Unidos, a Alemanha, o Reino Unido, a Holanda e a Rússia são os

principais importadores de flor de corte, movimentando US\$ 1,68 bilhão, US\$ 1,26 bilhão, US\$ 832 milhões, US\$ 830 milhões e US\$ 559 milhões, respectivamente.

Tendo em vista a demanda do mercado de flores mundial, países como a Holanda, Colômbia, Equador, Quênia e Etiópia foram os maiores exportadores de flores de corte no ano de 2020, com US\$ 4,01 bilhões, US\$ 1,42 bilhões, US\$ 835 milhões, US\$ 556 milhões e 191 milhões, respectivamente (OEC, 2020).

3.6. Cultivo do *Anthurium andraeanum*

O antúrio está entre uma das flores com maior importância para o mercado global de flores ornamentais, é uma monocotiledônea pertencente do gênero *Anthurium*, da família Araceae, onde dados recentes indicam que esta família botânica detém aproximados 117 gêneros e 3790 espécies espalhadas pelo mundo (BORA et al. 2016; MIRANDA et al. 2015; SILVA et al. 2016).

Lima et al. (2016) evidenciam que somente o gênero *Anthurium* é composto por aproximadamente 1500 espécies, e cerca de 130 estão presentes em território brasileiro (CROAT, 2015).

O antúrio apresenta características morfológicas como a presença de espata cuja função é proteger a inflorescência em espádice, suas folhagens são dispostas alternadamente, cordadas, alongadas, caídas e planas, nascendo enroladas acima do ponto vegetativo, está presente uma grande estrutura denominada estípulas permanentes com função de proteção. As hastes foliares são eretas com comprimento entre 20 a 80 cm. O limbo foliar pode ser lobado ou inteiro, ligeiramente elípticas, sagitais, com proeminentes lóbulos basais, podendo ser sobreposto, as raízes são do tipo adventícias, o caule é aéreo com a presença de internódios curtos e ereto (CASTRO et al., 2012).

A espádice, que apresenta formato cônico, cilíndrico, ereto, levemente curvado, longo ou torcido com diferentes configurações de cores, dentre elas o amarelo, rosada, branca, verde em tom claro ou colorido. A cor da espádice é um indicador importante do ponto de colheita, que de acordo com a variação da cor indica quando realizar a colheita, entretanto a coloração varia com a espécie escolhida para cultivo (CASTRO et al., 2012).

O método de produção mais utilizado atualmente para suprir a demanda em escala comercial é a micropropagação, onde as mudas são produzidas através da cultura de tecidos em laboratório, tendo as mesmas características agrônomicas da planta matriz, em grande quantidade e seguindo os protocolos para gerar plantas com alto controle fitossanitário (SILVA

et al., 2019). Há também a vantagem de produzir plantas uniformes em relação a cor, formato, tamanho, e época de florescimento da inflorescência (NUNES et al., 2015).

Após as mudas *in vitro* estarem no ponto de transplântio, elas são transferidas para condições *ex vitro* em um substrato adequado que permita a aclimação da planta ao novo ambiente (ALMEIDA, 2016).

De acordo com Santos et al. (2014), o substrato escolhido para o cultivo depende de inúmeros fatores relacionados as demandas que planta necessita, sendo físico-químicas. Entretanto deve ser fornecido a planta substratos forneçam suporte, boa capacidade de absorção fertilizante e água, ser bem drenado, resistente a compactação, inerte e resistência ao apodrecimento.

Silva et al. (2007) realizaram um experimento com *Anthurium andraeanum*, objetivando a seleção de um substrato ideal que atendesse as exigências da planta, sendo testados oito diferentes substratos (Pó de coco seco; Pó de coco seco com palha de carnaúba; Pó de coco seco com casca de arroz carbonizada; Pó de coco seco com casca de arroz carbonizada e húmus. Palha de carnaúba; Vermiculita; Substrato comercial, Substrato comercial 2), e concluíram que o substrato que continha apenas o pó de coco seco foi o que apresentou melhores resultados devido as propriedades físico-químicas do material, fator importante também a irrigação.

Durante a aclimação, a irrigação contribui para o crescimento e o desenvolvimento do *Anthurium andraeanum* por ser uma planta tropical com alta demanda hídrica (NOMURA et al., 2012).

Dentre os sistemas de irrigação disponíveis no mercado, o localizado (gotejo ou microaspersão) apresentam melhor eficiência na aplicação de água, contribuindo para a economia deste recurso, já que a água juntamente ou não com fertilizantes são aplicados diretamente no sistema radicular da planta com alta frequência em baixa quantidade, permitindo melhor controle da umidade no substrato, contribuindo para a baixa umidade da parte aérea e aumentando o controle fitossanitário de doenças e pragas (CASTRO et al., 2012).

Mesmo com a alta demanda da planta por água, a mesma não pode estar em um ambiente com excesso de umidade (CAMPOS, 2017). A condutividade elétrica ideal da solução nutritiva para o cultivo de antúrio, segundo Castro et al. (2012), fica entre 0,5 dS m⁻¹ a 1 dS m⁻¹, entretanto Panigrahi (2020) indica que o valor da CE não ultrapasse 1,25 dS m⁻¹. Eid et al. (2016) observaram em seu experimento que ao ultrapassar o valor de 1 dS m⁻¹ houve queda da produtividade no cultivo de *Anthurium andraeanum*.

A demanda hídrica no cultivo de flores e plantas ornamentais pode ser suprida através da aplicação de água de reúso oriunda do esgoto doméstico que não recebeu o adequado

tratamento para consumo humano, servindo como uma alternativa aos municípios no auxílio do tratamento do efluente doméstico, diminuindo a pressão que o meio ambiente sofre. (BIZARI et al., 2018). Entretanto, de acordo com os níveis nutricionais na água de reúso, pode ser necessário a suplementação com fertilizantes minerais, levando em consideração a demanda da planta.

No cultivo de Gladiolo, Bizari et al. (2018) constataram que o tratamento que utilizou apenas água de reúso, as plantas manifestaram graves sintomas de deficiência nutricional, devendo assim receber suplementação por adubos minerais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Estrutura do experimento

O cultivo sem solo do antúrio (*Anthurium andraeanum*) foi realizado nas instalações do Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental – DRNPA instalado no Centro de Ciências Ambientais – CCA da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, localizado no município de Araras – SP com latitude igual a 22°18'53,23" Sul e longitude igual a 47°23'00,91" Oeste.

Segundo Souza et al. (2015), o clima da região de acordo com a classificação de Koppen é a do tipo Cwa (Subtropical), onde temos duas estações bem definidas. O período de seca correspondendo o período de abril a setembro, e outra chuvosa de outubro a março, com uma precipitação média de 1300mm.

Para o cultivo, o sistema adotado foi o cultivo sem solo fertirrigado, que conta com estufa agrícola, construída em estrutura metálica do tipo teto em arco, coberta em polietileno transparente e tendo altura de 5 metros. A dimensão é igual a 20 metros de comprimento, 6,40 metros de largura e recoberta por tela plástica de retenção de luminosidade solar de 50% nas laterais e 70% no teto. O dimensionamento interno da estufa agrícola é composto por doze bancadas de cultivo, medindo três metros de comprimento cada (Figura 2).



Figura 2. Esquema das bancadas suspensas de cultivo.

Fonte: (Souza, 2019).

Em cada bancada existem quatro perfis de cultivo suspenso de material isopor, esses perfis de cultivo correspondem a canaletas para permitir o fluxo da solução nutritiva fertirrigado. A parte interior das canaletas foram cobertas por *mulching* plástico e preenchidos com substrato (fibra de coco), através das quais foram inseridas as plantas para que através de suas raízes possam absorver a solução nutritiva. O espaçamento adotado foi de 0,30 m entre perfis de cultivo, 0,25 m entre plantas e 0,70 metros entre bancadas.

Desta forma, o tamanho amostral foi de 8 plantas por canaleta, que somaram um total de 32 plantas por bancada e 384 no total. O delineamento experimental foi em blocos casualizados e distribuídos em três tratamentos, resultando em quatro bancadas com 128 plantas por tratamento.

O experimento foi iniciado em novembro de 2021 e a cultivar de antúrio escolhida foi o Antúrio Sumi, uma variedade bastante utilizada no Brasil, principalmente na região sudeste. Planta ornamental, ideal para ambientes protegidos como varandas ou jardins de inverno. Muito utilizada em decorações e arranjos florais como flor de corte. As mudas foram adquiridas em produtor certificado (VanVliet Antúrios) com 5 meses e os tratos culturais foram todos realizados, de acordo com o recomendado por Campos et al. (2017), além de podas.

Foram adotados três tratamentos, (TA) composto por água potável mais fertilizantes químicos, a quantificação dos fertilizantes foi de acordo com o proposto por (LEME, 2009; SOUZA, 2019) para o cultivo do antúrio, o segundo tratamento (TRA) água de reúso complementado com fertilizantes, após análise química da água a mesma foi complementada com fertilizantes seguindo a concentração adotada em TA e o terceiro tratamento (TR) apenas água de reúso, o qual também passou por análise química.

Cada tratamento contou com um reservatório com capacidade de 500 L para armazenamento da solução nutritiva, com sistemas de bombeamento e irrigação individualizado, pelos quais as diferentes soluções nutritivas foram aplicadas via fertirrigação.

A irrigação foi realizada por gotejamento, utilizando tubos gotejadores com emissores autocompensantes espaçados 0,25 m, vazão de 4 L h⁻¹ e pressão de serviço de 1-4 bar (autocompensante), da marca NannDanJain, modelo Clicktif. Desta maneira, em cada canaleta foi instalado um tubo gotejador com 8 emissores.

Antes de iniciar o experimento, realizou-se um teste de uniformidade de aplicação no sistema de irrigação por gotejamento, no qual mediu-se a vazão por minuto dos gotejadores com o auxílio de béquer e proveta, sendo aplicada no cálculo do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) (CUNHA et al., 2014) (Equação 1).

$$CUC = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{x}|}{n\bar{x}} \right\} \quad (1)$$

Em que,

n – número de gotejadores observados;

X_i – vazão de cada gotejador, em L h⁻¹;

\bar{x} – vazão média dos gotejadores, em L h⁻¹.

Foram instaladas 12 sondas capacitância, modelo Teros 12 – METER, com hastes de 0,055 m por tratamento para o monitoramento da umidade, condutividade elétrica e temperatura do substrato. Também, foi instalada uma estação meteorológica (ATMOS 41 – METER) dentro da estufa agrícola para coleta de informações ambientais (temperatura, umidade relativa)

O manejo do sistema de irrigação foi realizado através do monitoramento diário das sondas de capacitância com o auxílio de multiplexadores, mantendo a umidade do substrato na capacidade de campo (0,26 m³ m⁻³).

4.2. Água de reúso

A água de reúso foi captada na ETE (estação de tratamento de esgoto) da própria UFSCar, Figura 3). A ETE tem capacidade para receber e tratar 2000 L de esgoto por dia, com detenção hidráulica de 22 horas em períodos de maior fluxo, podendo chegar até 48 horas em períodos de menor fluxo (OLIVEIRA et al., 2019).

Para melhor depuração dos resíduos e maior garantia do aproveitamento de nutrientes oriundos do efluente, a ETE é dividida em três unidades, seguindo o esquema de um biofiltro. O efluente bruto é recebido em uma caixa de gordura, que retém maior parte dos sólidos presentes, então segue para um tanque séptico que através da ação gravitacional separa os sólidos restantes, os quais irão se sedimentar e passar por processo de digestão anaeróbia no fundo do tanque.

Seguindo o tratamento, o efluente segue por tubulação de PVC até o tanque de *wetlands* que é preenchido com pedras brita e conta com a presença do Papiro (*Cyperus alternifolius*), uma planta ornamental e adaptada para solos úmidos e saturados, que tem se mostrado eficiente no tratamento de efluentes domésticos. Por fim, o efluente segue em tubulação, passando através da radiação ultravioleta (UVC – dose de radiação de 0,43 mW.s.cm⁻²), responsável pela redução da carga patogênica e, então, armazenado em um tanque de equalização, onde permaneceu até ser utilizado no experimento.

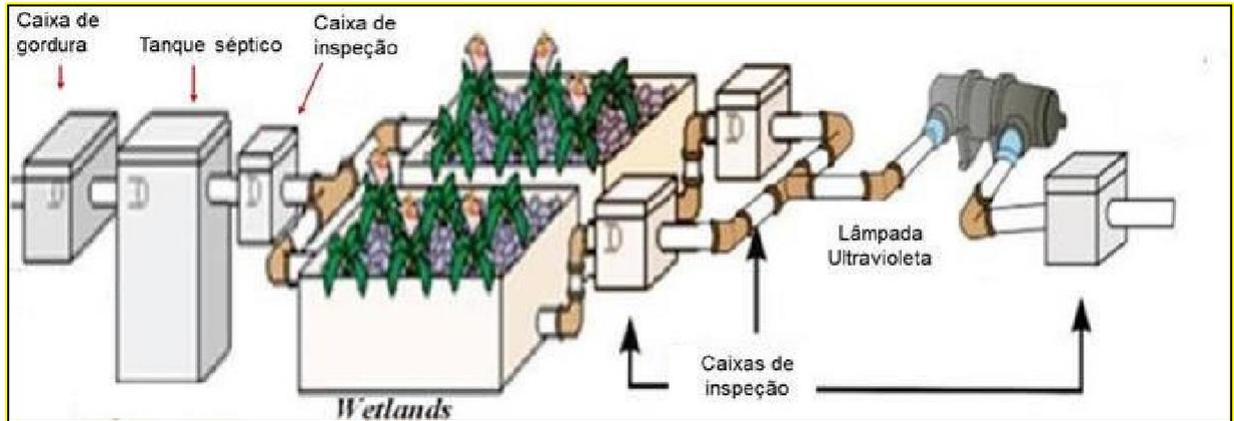


Figura 3. Ilustração esquemática da ETE instalada no *campus* Araras da UFSCar.
Fonte: (CUBA, 2015).

Vale ressaltar que todas as unidades da estação de tratamento são compostas de material impermeabilizante (polietileno), com o intuito de evitar possíveis contaminações do solo e lençol freático. A qualidade de água é caracterizada na Tabela 1 (OLIVEIRA et al., 2019).

Tabela 1. Valores médios do efluente bruto (Entrada) e do efluente tratado (Saída) dos parâmetros de monitoramento e eficiência de remoção (anos de 2016 e 2017).

Parâmetros	Unidades	Entrada	Saída	Eficiência (%)
pH		6,8	6,4	---
Turbidez	NTU	87,3	2,7	96,9*
CE	$\mu\text{S cm}^{-1}$	639,5	444	30,6*
OD	mg L^{-1}	3,3	6,5	98,5
Na	mg L^{-1}	8,2	10,3	26,7
K	mg L^{-1}	49,4	15,7	68,2*
Ca	mg L^{-1}	13,5	16,6	22,9
NT	mg L^{-1}	23,4	10,7	54,1*
PT	mg L^{-1}	5,6	3,6	36,1*
Mg	mg L^{-1}	10,3	8,8	14,6*
TOC	mg L^{-1}	60	23,6	60,6
CT	NMP 100 mL	$4,7 \times 10^7$	$8,8 \times 10^3$	99,98*
<i>E. coli</i>	NMP 100 mL	$2,6 \times 10^7$	$6,1 \times 10^2$	>99,99*

CE = condutividade elétrica; OD = oxigênio dissolvido; Na = sódio; Ca = cálcio; NT = nitrogênio total; PT = fósforo total; K = potássio; COT = carbono orgânico total; Mg = magnésio; CT = coliformes totais. *eficiência de remoção do parâmetro = quanto foi reduzido durante as Unidades de tratamento.

Fonte: Oliveira et al. (2019).

Razão de Adsorção de Sódio (RAS) do efluente final apresentou média de 0,5 ($\text{mmolc L}^{-1})^{1/2}$, onde o mínimo observado foi de 0,2 ($\text{mmolc L}^{-1})^{1/2}$ e o máximo de 2,2 ($\text{mmolc L}^{-1})^{1/2}$. Essa discrepância na RAS, pode estar associado ao aumento sazonal desproporcional do Na, Ca e Mg. A fim de não causar impactos pela aplicação do efluente, a classificação segunda

Ayers e Westcot (1999) quanto a RAS, deve ser entre 0 – 15 (mmolc L⁻¹)^{1/2}, além disso, a CE apresenta-se abaixo de 1,0 dS m⁻¹.

4.3. Análise da água de reúso

A água de reúso foi analisada em dois momentos, antes do experimento a fim de caracterizar sua qualidade bem como quantificar a concentração de fertilizantes, para subsídio no preparo do tratamento (TRA) e outra após 12 meses. Para isso foram coletadas ambas as amostras no tanque de equalização, sendo 0,5 L em recipiente esterilizado.

A amostra seguiu para o Laboratório de Física do Solo e Qualidade da Água do próprio CCA – UFSCar, na qual foram analisados os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos como pH, turbidez, condutividade elétrica, fósforo total, fósforo inorgânico, fósforo orgânico, nitrogênio total, nitrogênio Kjeldahl, nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia coli*). O restante dos parâmetros químicos como cálcio, sódio, potássio, magnésio e ferro foram analisados no Laboratório de Fertilidade do Solo.

Para determinar os teores de cálcio, sódio, potássio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, e zinco optou-se pela decomposição com mistura de ácido nítrico e ácido perclórico (mistura ácida). Para análise de fósforo total foi utilizado o método colorimétrico após digestão por persulfato.

Teores de nitrogênio total foram diferenciados através do analisador de carbono orgânico total, utilizando-se do método de quimioluminescência. Para análise microbiológica foi utilizado o método enzimático (sistema Colilert da IDEXX1). Este sistema detecta a presença simultânea de organismos termotolerantes e *E. coli*, sendo as análises foram obtidas em um prazo de 24 horas e o resultado expresso pelo do número mais provável (NMP) para uma amostra de 100 mL do efluente tratado.

Para indicar a presença de microrganismos, o teste baseia-se na técnica do substrato definido, onde o substrato nitrofenil-β-D-galactopiranosídeo é degradado por uma enzima, a β-D-galactosidase e produz o nitrofenol, substância de cor amarela e que indica a presença de termotolerantes. Enquanto para *E. coli*, o teste possui o substrato β-D glucuronídeo, degradado pela enzima β-glucuronidase, que resulta no 4-metil-umbeliferona, este de coloração amarelo fluorescente.

Para a quantificação do NMP de microrganismos pelo método do Colilert, utiliza-se da cartela Quanti-tray, onde após selagem e incubação a 35 °C por período de 24 horas faz-se a contagem dos cubos (amarelos para termotolerantes e amarelo fluorescente utilizando luz ultravioleta de 365 nm para *E. coli*) (IDEXX, 2005).

As análises físicas e químicas da água foram realizadas sempre que houvesse a necessidade de se preparar um novo recipiente de solução a ser fertirrigada, pois poderia haver variação nas concentrações de nutrientes, sendo assim a complementação com os fertilizantes se seu de forma adequada. Enquanto as análises microbiológicas, foram realizadas apenas uma vez, já que estas não interferem no cultivo. Todas as análises foram realizadas de acordo com a metodologia Standard Methods for the Examination of water and wastewater (APHA, 2012).

4.4. Solução nutritiva

Os preparos das soluções nutritivas dos tratamentos TA e TRA foram feitos com base na recomendação de LEME (2009) e SOUZA (2019) para a cultura do antúrio. Sendo que a solução necessária para o seu cultivo é apresentada na Tabela 2. A adição dos fertilizantes no TRA foi feita de acordo com as análises da água de reúso, descontando os teores de nutrientes já presentes no efluente e adequando a solução.

Tabela 2. Recomendação para as concentrações básicas de sais da solução nutritiva para o cultivo de antúrio.

Nutrientes	Concentração	
	mmol L ⁻¹	mg L ⁻¹
Macronutrientes		
N – NO ₃	6,5	91
N – NH ₄	1,0	14
N – Total	7,5	105
S – SO ₄	1,5	48
P – H ₂ PO ₄	1,0	31
K	4,5	176
Ca	1,5	60
Mg	10	24
Micronutrientes	μmol L ⁻¹	mg L ⁻¹
B	20,0	0,22
Cu	0,5	0,03
Fe	15,0	0,84
Mn	3,0	0,16
Mo	0,5	0,05
Zn	3,0	0,20

Fonte: LEME, 2009; SOUZA, 2019.

Com o propósito de manter as condições ideais para o desenvolvimento das plantas, o pH e condutividade elétrica da solução nutritiva foram monitorados diariamente para que correções fossem feitas nesse parâmetro, caso necessário. O pH foi corrigido no momento do

preparo da solução nutritiva, afim de permanecer em uma faixa entre 5,5 e 6,0 (TOMBOLATO et al., 2004).

4.5. Análises biométricas do antúrio

As características biométricas foram avaliadas em 16 flores de cada tratamento, sendo escolhidas as quatro plantas centrais das bancadas, excluindo as de bordadura. As análises foram realizadas de acordo com o preconizado por (LEME, 2009; TOMBOLATO et al., 2004). Os parâmetros referentes a altura da planta (AP), número de folhas por planta (NPF), comprimento da haste das plantas (CH), comprimento da espata (CES), comprimento da espádice (CEPD), número de flores por planta (NFL), comprimento do maior limbo foliar (CFM) e produtividade em número de flores por planta foram realizadas durante 12 meses de experimento, entre janeiro de 2022 a dezembro de 2022. As avaliações foram:

4.5.1. Altura da planta

A altura da planta (AP) foi medida pegando-se a distância do colo da planta ao ponto mais alto da folha maior, com o auxílio de uma trena.

4.5.2. Número de folhas por planta

Foram contabilizadas o número de folhas por planta para comparar entre os tratamentos qual apresentou o maior número de emissão de folhas, desse modo, foi possível avaliar a influência que cada tratamento tem sobre a produção de novas folhas.

4.5.3. Análise de teor de clorofila

Além disso, foram realizadas medições de teores de clorofila a e b mensalmente durante 6 meses, entre setembro de 2022 a fevereiro de 2023, em folhas maduras e não em folhas novas, pois as análises realizadas em tecidos jovens podem estar sobre alta influência da adubação mineral inicial ou não estar com a clorofila estabilizada, podendo fornecer resultados errados (FALKER, 2008).

Utilizando o clorofilometro Falker, as análises foram realizadas na porção intermediária do limbo foliar da maior folha e madura, nas mesmas plantas (as mesmas plantas utilizadas para as avaliações biométricas).

4.5.4. Comprimento da haste das plantas

Foi medido o comprimento da haste da planta tomando como base a distância entre o colo da planta e a base da espata, que através da média de seus comprimentos foi possível enquadrar as plantas no padrão holandês de comercialização do antúrio.

O critério de classificação para o comprimento de haste foi segundo o padrão holandês de classificação de antúrio para largura de espata e comprimento de haste: tamanho 6 (largura da espata (e) de 60 mm - 75 mm e haste (h) com 250 mm de comprimento); tamanho 7,5 (e= 75 mm - 90 mm e h= 300 mm); tamanho 9 (e= 90 mm - 110 mm e h= 350 mm); tamanho 11 (e= 110 mm - 130 mm e h= 400 mm); tamanho 13 (e= 130 mm - 150 mm e h= 450 mm); tamanho 15 (e= 150 mm - 180 mm e h= 500 mm); tamanho 18 (e= 180 mm - 250 mm e h= 500 mm); e tamanho 25 (e= >250 mm e h= 500 mm) (VAN HERK et al., 1998).

4.5.5. Tamanho da espata e espádice e quantidade de flores por planta

Para a avaliação do tamanho da espata, foi traçada por uma linha imaginária do ponto de inserção da espádice à ponta da espata, separando-a em lóbulo direito e esquerdo, tendo assim, o tamanho da flor baseado nas dimensões de comprimento em diagonal da espata. O comprimento da espádice foi medido desde a sua base até o seu ponto superior (Figura 4).

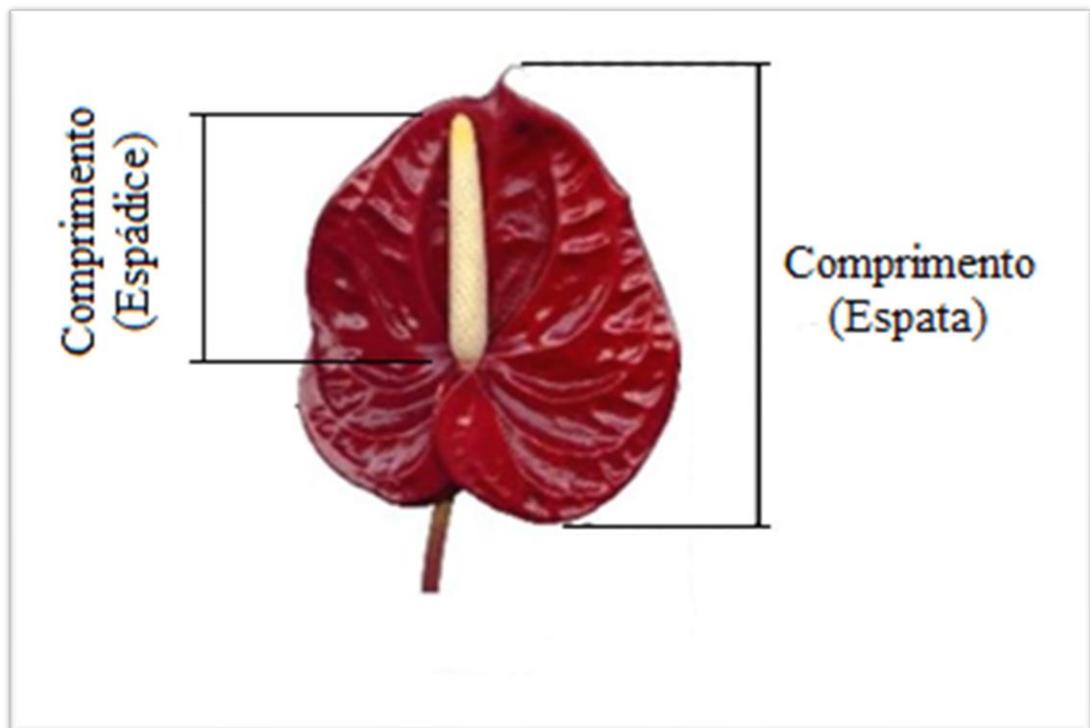


Figura 4. Ilustração das dimensões da espata do antúrio.
Fonte: (LEME, 2009).

Com os dados obtidos, foi realizado a classificação da flor seguindo-se o critério de classificação por tamanho, segundo o padrão holandês de classificação de antúrio para comprimento de espata: tamanho 6 (largura da espata (e) de 60 mm - 75 mm); tamanho 7,5 (e= 75 mm - 90 mm); tamanho 9 (e= 90 mm - 110 mm); tamanho 11 (e= 110 mm - 130 mm);

tamanho 13 (e=130 mm – 150 mm); tamanho 15 (e= 150 mm - 180 mm); tamanho 18 (e= 180 mm - 250 mm); e tamanho 25 (e= >250 mm) (VAN HERK et al., 1998).

As flores foram colhidas no ponto de corte para comercialização com espádice 50% na cor branco e 50% na cor amarelo-claro, que caracteriza a coloração típica da cultivar, e espádice bem desenvolvida. O comprimento da inflorescência (espádice) e todos critérios importantes para classificação dos antúrios de corte em relação a qualidade das hastes obtidas foram comparadas aos padrões comerciais. Como forma de avaliar a qualidade, os dados obtidos dos experimentos foram comparados a classificação padrão utilizado pelo sistema Veiling de classificação e comercialização de flores. Essas medidas foram obtidas de todas as flores nas bancadas, sendo a média da parcela a média aritmética desses valores.

4.5.6. Forma de análise dos resultados

Os resultados foram analisados estatisticamente através do R CORE TEAM software, onde os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) a fim de verificar quais tratamentos apresentaram diferença significativa quanto as características biométricas (quantitativas) realizadas nas plantas.

Posteriormente para realizar comparações pareadas das médias dos tratamentos foi aplicado o teste de Tukey a 5 % de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Os gráficos foram gerados através do software SIGMAPLOT através das médias mensais de cada tratamento, objetivando construir uma curva para analisar o crescimento e desenvolvimento das plantas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização da água de reúso

Através de análises laboratoriais foram adquiridos os valores médios de duas caracterizações da água de reúso oriundas da ETE instalada no *Campus* da UFSCar – CCA em Araras/SP (Tabela 3), onde foi possível observar que no efluente tratado há a presença de nutrientes, entretanto, as concentrações observadas são inferiores a demandada pelo Antúrio, segundo Leme (2009) e Souza et al. (2019), necessitando de suplementação com fertilizantes minerais.

Tabela 3. Caracterizações químicas e microbiológicas do efluente tratado coletado na estação de tratamento de esgoto no CCA/UFSCar - Araras

Parâmetros	Unidades	Caracterização 1 – janeiro 2022	Caracterização 2 – janeiro 2023
pH		7,5	7,17
Turbidez	NTU	7,5	1,14
CE	$\mu\text{S cm}^{-1}$	0,691	0,611
PT	mg L^{-1}	2,7	2,3
Fe	mg L^{-1}	1,16	0,22
Mg	mg L^{-1}	20,0	15,67
Ca	mg L^{-1}	113,25	147,33
Na	mg L^{-1}	66,7	48,70
K	mg L^{-1}	14,25	13,26
RAS		1,14	1,018
CT	NMP 100 mL	---	---
<i>Escherichia coli</i>	NMP 100 mL	$2,21 \times 10^{-3}$	$2,21 \times 10^{-3}$

CE = condutividade elétrica; pH = potencial hidrogeniônico Na = sódio; Ca = cálcio; PT = fósforo total; K = potássio; Mg = magnésio; Fe = Ferro; RAS = Razão de Absorção de Sódio; CT = coliformes totais. *eficiência de remoção do parâmetro = quanto foi reduzido durante as Unidades de tratamento.

Durante todo o processo do tratamento do esgoto coletado, o mesmo passa por etapas necessárias para a síntese de um produto final, sendo ele a água de reúso com potencial nutricional. Entretanto, esses processos, somado com a origem do material utilizado na ETE são fatores que influenciam diretamente na concentração dos nutrientes minerais presentes no produto final (FIGUEIREDO et al., 2021).

A caracterização 1 e 2 foram realizadas em dois momentos diferentes, onde a caracterização 1 realizada em janeiro de 2022 diretamente no tanque de equalização, ou seja, no esgoto doméstico tratado que passou por todo os processos da ETE e que depois ficou armazenado para uso no cultivo de antúrio. Nesse momento, o esgoto utilizado era fornecido pela própria UFSCar/CCA. Já a caracterização 2 também foi realizada diretamente no tanque de equalização em janeiro de 2023, onde o esgoto utilizado na ETE também fornecido pela própria UFSCar/CCA.

A caracterização 2 apresentou valores inferiores em comparação a caracterização 1, segundo a Tabela 3, para os parâmetros pH, CE, Turbidez, PT, Fe, Mg, Na, K e RAS. O valor referente o cálcio apresentou valor superior na caracterização 2. Em ambas as caracterizações da água de reúso, o objetivo foi quantificar a concentração de nutrientes minerais presentes para realizar a suplementação com fertilizantes minerais, utilizando as doses adequadas para evitar fitotoxicidade e desperdício de insumos ou a deficiência nutricional.

De acordo com Oliveira et al. (2019), o esgoto bruto utilizado na ETE do *Campus* da UFSCar – Araras/SP tem sua composição caracterizada por macronutrientes em concentrações muito baixas, entretanto, quando é analisado o produto referente a segunda etapa do processo de tratamento do esgoto, foi constatada a eficiência na remoção de nutrientes como nitrogênio total (NT), fósforo total (PT) e potássio (K).

Uma etapa utilizada em sistemas de tratamento são os tanques *Wetlands*, sendo que não apresentam a capacidade de remoção de alguns macronutrientes como o Ca e o Mg, o que teria um impacto positivo, já que as concentrações de saída seriam maiores, necessitando assim de uma complementação menor desses dois macronutrientes. Esses tanques são responsáveis por reter quantidades consideráveis de macronutrientes, caso os tanques *Wetlands* estivessem ausentes na estação de tratamento presente na UFSCar – Araras/SP, as concentrações de nutrientes obtidas na saída não seriam necessárias para o cultivo Antúrio.

As duas caracterizações apontaram valores inferiores ao recomendado para CE, estando com 0,691 dSm⁻¹ para a caracterização 1 e 0,611 dSm⁻¹ para a caracterização 2 (Tabela 3). Segundo Silva et al. (2021), em seu experimento, após o esgoto doméstico passar por todas as etapas de tratamento, a condutividade elétrica ficou entre um intervalo de 1,3 a 1,4 dSm⁻¹, o que é considerado um valor adequado quando se trata de soluções nutritivas para o uso agrícola, levando em consideração que para o cultivo de antúrio, o valor de 1 dSm⁻¹ já é considerado ideal por Eid et al (2016).

Os valores de pH obtidos foram de 7,5 para a caracterização 1 e 7,17 para a caracterização 2, foram valores que estavam muito acima do recomendado para o cultivo de antúrio. Segundo Tombolato et al. (2004), para que o antúrio se desenvolva adequadamente, o pH deve ser monitorado e seu valor mantido numa faixa de 5,5 a 6,0, o que foi possível realizando a aplicação de ácido fosfórico nos tanques que apresentavam pH acima do considerado ideal.

Quando o pH ultrapassa o valor de 7,0 pode ocorrer na solução nutritiva a precipitação de algumas substâncias devido a interação entre os fertilizantes com as condições do ambiente, como o pH (ANTUNES et al., 2016). Entretanto, ao preparar as soluções nutritivas dos

tratamentos em seus respectivos reservatórios, não foi constatada a presença da precipitação dessas substâncias.

O uso de efluente doméstico tratado não é aplicado somente na agricultura, outras modalidades de irrigação, como a paisagística, por exemplo, também podem se beneficiar desse recurso (SILVA, 2017). Entretanto, um parâmetro importante é a turbidez, que para fins de aplicação paisagística, industrial e comercial, esse valor não pode ser maior que 2 NTU, segundo a resolução Nº 01 de 2020 da SIS/SIMA (Secretários de Estado da Saúde e de Infraestrutura e Meio Ambiente), entretanto o valor de 7,5 NTU ficou muito acima do máximo permitido. Mas para a agricultura não foram encontrados valores mínimo e máximo permitido.

5.2. Condutividade elétrica no cultivo de *Anthurium Andraeanum*

Nas bancadas de cultivo sem solo onde foram cultivadas as plantas de Antúrio, eram realizadas a medição da condutividade elétrica da solução nutritiva através de sondas inseridas no substrato (fibra de coco). Obtiveram os valores diários, que em seguida foram utilizados para calcular os valores médios semanais da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva aplicada nos tratamentos TRA, TA e TR.

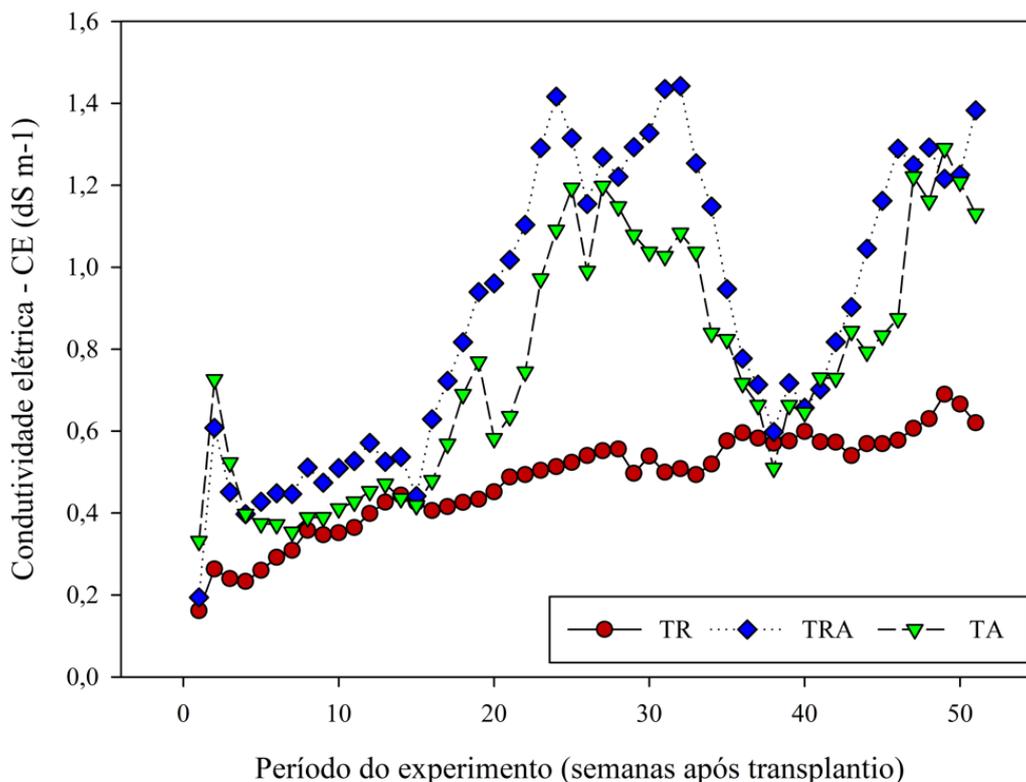


Figura 5. Monitoramento da CE (condutividade elétrica) do substrato de cultivo. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.

Fonte: Dados do experimento.

De acordo com a Figura 5, o tratamento TRA e TA tiveram maior variação nos valores de condutividade elétrica monitorados semanalmente, onde os valores de CE ultrapassaram $1,4 \text{ dS m}^{-1}$. Observando o tratamento TR na Figura 5, os valores da condutividade elétrica durante as semanas de experimento variaram menos em relação ao tratamento TRA e TA, não ultrapassando o valor de $0,7 \text{ dS m}^{-1}$. Essas variações na condutividade elétrica são naturais e influenciadas pelos estádios de desenvolvimento das plantas (GONÇALVES et al., 2016).

Segundo Carballo-Méndez et al. (2023), durante todo o período de cultivo de alguma cultura agrícola é essencial que seja realizado a medição da condutividade elétrica (CE), caso os valores não estejam alinhados ao recomendado, estando acima ou abaixo, tanto o crescimento quanto o desenvolvimento da planta podem ser afetados negativamente, o que impactará na produtividade final. Valores de CE abaixo do recomendado pode provocar deficiência nutricional as plantas, e acima do recomendado pode transformar o substrato em um ambiente de estresse salino (DING et al., 2018).

De acordo com a os dados apresentados na Tabela 4, os tratamentos TRA, TA e TR, apresentaram os valores médios para condutividade elétrica de $0,932 \text{ dS m}^{-1}$, $0,798 \text{ dS m}^{-1}$ e $0,488 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente. Os tratamentos diferenciaram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%, onde o tratamento TRA foi o que apresentou maior valor para CE, seguido pelo TA e TR.

Tabela 4. Condutividade elétrica do substrato (fibra de coco) fertirrigado – CE (dS m^{-1}) no cultivo protegido de Antúrio.

Tratamentos	Condutividade elétrica - CE (dS m^{-1})
TRA	0,932 a
TA	0,798 b
TR	0,488 c
ANOVA	
p-valor	$6,78 \text{ e}^{-13*}$
C.V. (%)	39,51
Shapiro-wilk	
p-valor	$5,81 \text{ e}^{-13}$

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. TRA = efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TA = água potável + fertilizantes minerais; TR = apenas efluente doméstico tratado;

Fonte: Dados do experimento.

No cultivo de antúrio, Castro et al. (2012) e Eid et al. (2016) recomendam que o valor da condutividade elétrica não ultrapasse o valor de 1 dS m^{-1} , o que pode prejudicar o crescimento e desenvolvimento da cultura.

Os limites expostos por Castro et al. (2012) e Eid et al. (2016) em comparação a Tabela 4, apontam que os tratamentos TRA ($0,932 \text{ dS m}^{-1}$) e TA ($0,798 \text{ dS m}^{-1}$) ficaram dentro do limite que é considerado ideal, onde o crescimento e desenvolvimento não sofreram devido a deficiência ou excesso de nutrientes. O tratamento TR apresentou valor de condutividade elétrica abaixo do limite mínimo de $0,50 \text{ dS m}^{-1}$ apresentado por Castro et al. (2012), onde foi possível observar plantas que apresentaram menor porte (Figura 6A).



Figura 6. Cultivo de antúrio em sistema semi hidropônico em substrato fibra de coco, em diferentes tratamentos. (A) TR = Tratamento apenas com efluente doméstico tratado; (B) TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado com suplementação de fertilizantes minerais; (C) TA = Tratamento com água potável suplementado com fertilizantes minerais.

Fonte: Autoria própria.

Nas semanas onde o monitoramento da condutividade elétrica apontava valores acima dos limites considerados ideais, era aplicado apenas água potável, com o intuito de diminuir concentração de sais presentes na fibra de coco e conseqüentemente a condutividade elétrica até atingir o valor onde poderia recomeçar a aplicação da solução nutritiva, em todos os tratamentos.

O cultivo de antúrio fertirrigado apenas com efluente doméstico tratado, assim como realizado no tratamento TR (Figura 6A), a cultura sofreria com deficiência nutricional, já que a solução nutritiva não foi capaz de fornecer todos os nutrientes necessários para que as plantas tenham crescimento e desenvolvimento adequados, o que não ocorreu com os tratamentos TRA e TA, onde visivelmente através da Figura 6B e 6C, é possível notar essa diferença contrastante.

5.3. Economia de fertilizante e água

No cultivo de Antúrio, através da Tabela 5, constatou que mesmo seguindo as recomendações para o antúrio, os fertilizantes minerais MAP, Sulfato de potássio e ureia tiveram para o tratamento TRA um aumento considerável na aplicação em relação ao TA,

entretanto, mesmo com esse aumento, foi possível gerar uma economia na aplicação de fertilizantes minerais de aproximadamente 21,82% no tratamento TRA.

Tabela 5. Quantidade de fertilizantes minerais aplicados nos tratamentos TA e TRA em 12 meses, e quantidade (%) economizada de fertilizantes.

Fertilizantes minerais	Quantidade aplicada (g)		Economia de nutrientes (%)
	TA	TRA	
Nitrato de cálcio	2292	1860	18,85
Nitrato de potássio	1118	1044	6,62
MAP	96	240	150*
MKP	180	---	100
Sulfato de potássio	72	216	200*
Sulfato de magnésio	1368	540	60,53
Ureia	---	60	100*
Conmicros STD	108	108	0
Quelato de ferro (6%)	108	108	0
Total	5342	4176	21,82

Tratamentos: TA (água potável + fertilizantes minerais), TRA (esgoto doméstico tratado + fertilizantes minerais). * = elevação no consumo de fertilizantes minerais; --- = sem aplicação de fertilizantes minerais. MAP =; MKP =. **Fonte:** Dados do experimento.

O método utilizado para a aplicação de solução nutritiva no substrato foi o gotejo superficial através de mangueiras rígidas com emissores, essa técnica de aplicação além de direcionar a solução nutritiva para a região das raízes, proporciona maior eficiência no uso de água e fertilizantes, sendo considerada a mais eficiente no quesito de economia de água em relação a outros métodos de irrigação segundo Prates et al. (2022), proporcionando maior economia no cultivo do antúrio.

Tabela 6. Quantidade (Litros) de efluente doméstico tratado aplicado nos tratamentos TRA e TR

Tratamento	Total de efluente doméstico tratado utilizado (litros)
TRA	3532,8
TR	3072,0

Tratamentos: TR (água de reúso), TRA (esgoto doméstico tratado + fertilizantes minerais). **Fonte:** Dados do experimento.

Observando a Tabela 6, no período de cultivo de um ano do Antúrio para o tratamento TRA, possibilitou calcular os 3532,8 litros de água potável economizados e para o tratamento TR, calculou a economia de 3072 litros de água potável.

No tratamento TRA, cada planta consumiu no período de 12 meses, aproximadamente 27,6 litros de efluente doméstico tratado. O tratamento TR, cada planta consumiu aproximadamente 24 litros de efluente doméstico tratado. Esse valor inferior do tratamento TR foi devido a menor taxa de evapotranspiração pelas plantas desse tratamento, já que o seu tamanho é inferior ao tratamento TRA.

Segundo Ribeiro et al. (2022), no momento em que o efluente doméstico é lançado em próximo a corpos de água, ocorre a contaminação do mesmo, aumentando os níveis de nutrientes e agentes patogênicos causadores de doenças em seres humanos. Com o uso de 6604,8 litros de efluente tratado no cultivo de antúrio, foi possível reduzir a quantidade descartada indevidamente em corpos d'água, reduzindo níveis de contaminação e promovendo cultivos agrícolas mais sustentáveis.

5.4. Análise nutricional foliar do antúrio em cultivo protegido

A análise foliar trata-se de um método empregado para determinar a quantidade de nutrientes presentes no tecido vegetal, sendo que as folhas são os órgãos mais sensíveis a alteração nutricional do meio, deste modo, é possível analisar se o vegetal e o meio de cultivo estão com os teores de nutrientes adequados (SILVA., 2017).

De acordo com Siqueira et al. (2022), são muitos os fatores capazes de interferir na absorção de nutrientes pelas plantas, mesmo que a quantidade de nutrientes disponíveis no meio onde está sendo cultivada seja adequada ao vegetal, a capacidade de absorção e sua velocidade podem estar comprometidas. Assim, a análise foliar colabora para identificar o que está ocorrendo. Os resultados obtidos através das análises foram comparados com os valores ideais para a cultura do antúrio, de acordo com o Boletim 100 (RAIJ et al., 1997).

Tabela 7. Teores de macronutrientes foliar nos tratamentos TA, TR e TRA e os teores considerados adequados segundo o Boletim 100.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	g/Kg					
TA	19,5	3,0	37,2	12,5	4,6	3,3
TR	14,4	2,2	28,1	11,8	6,5	1,0
TRA	18,2	3,0	34,2	10,4	3,9	2,2
Boletim 100	16 – 30	2 – 7	10 – 35	12 – 20	5 – 10	1,6 – 7,5

Tratamentos: TRA = efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TA = água potável + fertilizantes minerais; TR = apenas efluente doméstico tratado;

Fonte: Dados do experimento.

De acordo com a Tabela 7, os teores de macronutrientes no tratamento TA em comparação aos valores adequados representados pelo boletim 100, o N, P, Ca e S estão dentro do intervalo adequado, o K está acima do recomendado e o Mg está abaixo. No tratamento TRA, os macronutrientes N, P, K e S, apresentaram teores adequados, o Ca e o Mg estão abaixo dos valores adequados. No tratamento TR, os macronutrientes N, P, Ca e S, estão abaixo dos teores adequados, o K e o Mg estão apresentaram valores adequados.

Tabela 8. Teores de micronutrientes foliar nos tratamentos TA, TR e TRA e os teores considerados adequados segundo o Boletim 100.

Tratamento	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	ppm				
TA	43,7	7,0	163,3	75,0	27,3
TR	41,0	4,0	194,0	42,0	24,0
TRA	47,7	5,7	156,0	45,0	29,7
Boletim 100	25 – 75	6 – 30	50 – 300	50 – 200	-

Tratamentos: TRA = efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TA = água potável + fertilizantes minerais; TR = apenas efluente doméstico tratado.

Fonte: Dados do experimento.

Segundo a Tabela 8, os teores de micronutrientes no tratamento TA em comparação aos valores adequados representados pelo Boletim 100, todos estão dentro do intervalo adequado, entretanto o Boletim 100 não apresenta valor de referência para o Zn. No tratamento TRA, os micronutrientes B e Fe apresentaram teores adequados, o Cu e o Mn estão abaixo dos valores adequados. No tratamento TR, os micronutrientes B e Fe, apresentaram teores adequados, o Cu e o Mn estão abaixo valores adequados.

5.5. Análise de Clorofila A e B no cultivo de antúrio

As medições realizadas mensalmente com o auxílio do Clorofilog Falker apontaram que o Índice de Clorofila Falker nas plantas de antúrios nos diferentes tratamentos apresentou variações durante o período do experimento. O tratamento TRA e TA foram os que apresentaram maiores níveis de Clorofila A e B presentes nas folhas no decorrer dos meses. O tratamento TR onde foi aplicado somente água de reúso apresentou níveis de Clorofila A e B inferiores aos outros dois tratamentos (Figura 7).

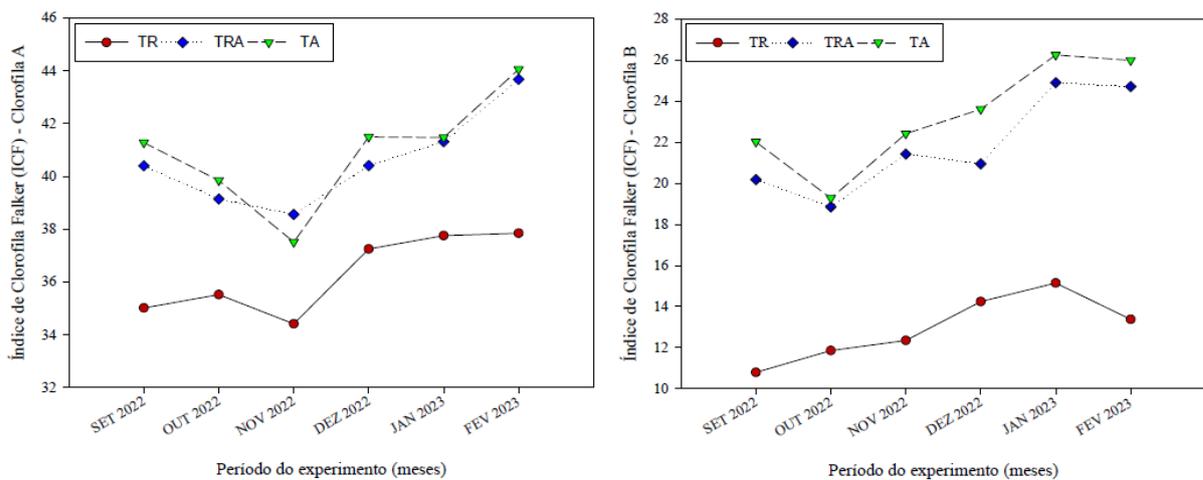


Figura 7. Monitoramento do Índice de Clorofila Falker (ICF) A e B das plantas de antúrio em cultivo protegido. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.

Fonte: Dados do experimento.

A deficiência de N (Nitrogênio) ou excesso em culturas agrícolas é responsável por acarretar em queda de produtividade. Desta maneira, um método de quantificar o teor de N, de maneira indireta é utilizando o Clorofilog FALKER, que mede o teor de clorofila sem danificar a planta (RIGON et al., 2017).

Segundo Neto et al. (2017), a clorofila A é considerada a mais importante dentre os pigmentos verdes presentes nas plantas, sendo uma das responsáveis pela realização da fotossíntese, ela impacta negativamente na produção vegetal e na coloração do tecido caso seus níveis fiquem abaixo do adequado.

Em cultivos em que ocorrem estresses abióticos como a baixa fertilidade, as plantas apresentam sinais de deficiência nutricional e conseqüentemente baixos níveis de clorofila, já que a molécula da clorofila apresenta N e Mg em sua estrutura molecular (SALES, 2021). Em situações com elevada aplicação de nutrientes em solução nutritiva, a salinidade passa a ser outro fator limitante a produção de clorofila, diminuindo seu teor no tecido vegetal (FREIRE et al., 2013).

Nos tratamentos TRA e TA, os Índices de Clorofila Falker para clorofila A foram de 40,58 e 40,94, respectivamente, e para clorofila B foram de 21,83 e 23,26, respectivamente (Tabela 9), já que foram complementados com fertilizantes minerais, sendo que não houve diferença significativa entre eles, desse modo, tanto o tratamento TRA e TA são considerados os melhores em relação ao tratamento TR, onde as plantas não apresentaram sintomas de deficiências nutricionais.

O tratamento TR foi o que apresentou o pior resultado, com Índice de Clorofila Falker (Tabela 9) para clorofila A de 36,30, e para clorofila B de 12,96, havendo diferença significativa em relação aos tratamentos TRA e TA, onde constatou que sem a complementação de fertilizantes minerais, as plantas apresentaram sintomas de deficiência nutricional, o que impactou diretamente no teor de clorofila presentes no tecido vegetal para clorofila A e B.

Tabela 9. Índice de Clorofila Falker (ICF) A e B presentes no tecido vegetal das folhas de Antúrio em cultivo protegido.

Tratamentos	ICF A	ICF B
TA	40,94 a	23,26 a
TRA	40,58 a	21,83 a
TR	36,30 b	12,96 b
ANOVA		
p-valor	0,000015	0,0000069
C.V. (%)	1,2	4,64
Shapiro-wilk		
p-valor	0,9651298	0,304389

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. TRA = efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TA = água potável + fertilizantes minerais; TR = apenas efluente doméstico tratado.

Fonte: Dados do experimento.

A molécula de clorofila tem em sua estrutura molecular, complexos oriundos da porfirina, que por sua vez apresenta o magnésio como átomo central fazendo ligação com 4 átomos de nitrogênio (TAIZ et al., 2017).

Ao observar a Figura 8A, o tratamento TR apresenta clorose generalizada nos limbo foliares mais velhos do antúrio, esse sintoma está relacionado a deficiência de nitrogênio, que segundo a Tabela 7, aponta que o teor de nitrogênio está abaixo do recomendado pelo Boletim 100. Assim, ocorre a quebra das proteínas presentes nos cloroplastos e conseqüentemente o

mesmo sofre colapso impedindo a produção de clorofila, o que promove os baixos níveis de clorofila na planta, provocando o amarelecimento das folhas (COELHO et al., 2012).



Figura 8. Coloração das folhas das plantas de antúrio em sistema semi hidropônico em substrato fibra de coco, em diferentes tratamentos. (A) TR = Tratamento apenas com efluente doméstico tratado; (B) TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado com suplementação de fertilizantes minerais; (C) TA = Tratamento com água potável suplementado com fertilizantes minerais.

Fonte: Autoria própria.

Com a ausência de N e Mg, conseqüentemente ocorre queda na produção de pigmentos fotossintetizantes, o que compromete o pleno desenvolvimento da planta (SANTOS et al., 2019). As plantas do tratamento TR que apresentaram baixo Índice de Clorofila Falker A e B em relação aos tratamentos TRA e TR, evidenciando deficiência nutricional, tiveram como consequência outros sintomas morfológicos, como menor número de folhas, plantas com porte inferior, e conseqüentemente baixo valor de mercado. A produtividade é impactada pela deficiência nutricional, apresentando valor inferior em relação a plantas bem nutridas.

5.6. Parâmetros biométricos

A Tabela 10 demonstra estatisticamente todos os parâmetros biométricos tratados de acordo com o teste de Tukey a 5%. Dentre todos os parâmetros analisados, os tratamentos TRA e TA, onde a solução nutritiva foi preparada de acordo com a recomendação de Leme (2009) e Souza (2019), não apresentaram diferença significativa, entretanto o tratamento TR foi inferior. A baixa condutividade elétrica indica a baixa fertilidade da solução nutritiva, que segundo Taiz et al. (2017), afirma que a deficiência nutricional provoca desordens fisiológicas e morfológicas.

Tabela 10. Análises biométricas realizadas na cultura do antúrio em cultivo protegido.

Tratamento	CH (cm)	CFM (cm)	CEPD (cm)	CES (cm)	AP (cm)	NFP	NFL
TRA	33,72 a	26,10 a	5,86 a	11,23 a	41,71 a	14,34 a	2,80 a
TA	32,27 a	25,82 a	5,82 a	10,98 a	39,79 a	14,75 a	2,77 a
TR	26,40 b	18,05 b	4,90 b	8,24 b	32,43 b	12,08 a	2,04 b
ANOVA							
p-valor	1,43x10 ⁻³	6x10 ⁻⁶	5,4x10 ⁻⁶	1x10 ⁻⁶	4,6x10 ⁻⁴	0,055	0,002
C.V. (%)	5,18	3,09	1,51	1,83	4,3	9,5	7,69
Shapiro-Wilk							
P-valor	0,489	0,337	0,582	0,658	0,163	0,087	0,946

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. TRA = efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TA = água potável + fertilizantes minerais; TR = apenas efluente doméstico tratado. CH = comprimento da haste da planta (cm); CFM = comprimento da folha maior (cm); CEPD = comprimento da espádice (cm); CES = comprimento da espata (cm); AP = altura da planta (cm); NFP = número de folhas por planta; NFL = número de flores por planta.

Fonte: Dados do experimento.

5.6.1. Comprimento da haste

Ao analisar a Tabela 10, estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, constatou que o tratamento TRA, apresentou média de 33,72 centímetros para comprimento de haste, não deferindo do tratamento TA, que obteve média de 32,27 centímetros. Entretanto, o tratamento TR deferiu estatisticamente dos tratamentos TRA e TA com média de 26,40 centímetros para o comprimento de haste das plantas, apresentando assim desempenho inferior. O coeficiente de variação entre os tratamentos foi de $\pm 5,18\%$, e com 0,489 no teste de Shapiro-wilk, podendo concluir que os resíduos são considerados normais.

Segundo com a classificação Holandesa, os tratamentos TRA e TR que apresentaram média de 33,72 e 32,27 centímetros, respectivamente, para o comprimento da haste, são enquadrados como tamanho 7,5, ou seja, nessa classificação as hastes de antúrio podem ter o comprimento de 301 mm até 350 mm. O tratamento TR, que apresentou comprimento da haste inferior aos tratamentos TRA e TA, com 26,40 centímetros, é classificado como tamanho 6, onde o comprimento da haste do antúrio é de 251 mm até 300 mm.

De acordo com os valores expressos ao longo do período de um ano na Figura 9, constatou que o desenvolvimento e crescimento das plantas em relação ao comprimento da

haste para os tratamentos TRA e TA foram semelhantes, apresentando em ambos maiores picos de crescimento no mês de novembro de 2022. Entretanto, o tratamento TR teve desempenho inferior de acordo com a curva de comprimento da haste, demonstrando ser menor aos tratamentos TRA e TA, onde no mês de julho de 2022, teve queda no comprimento da haste em relação aos outros dois tratamentos.

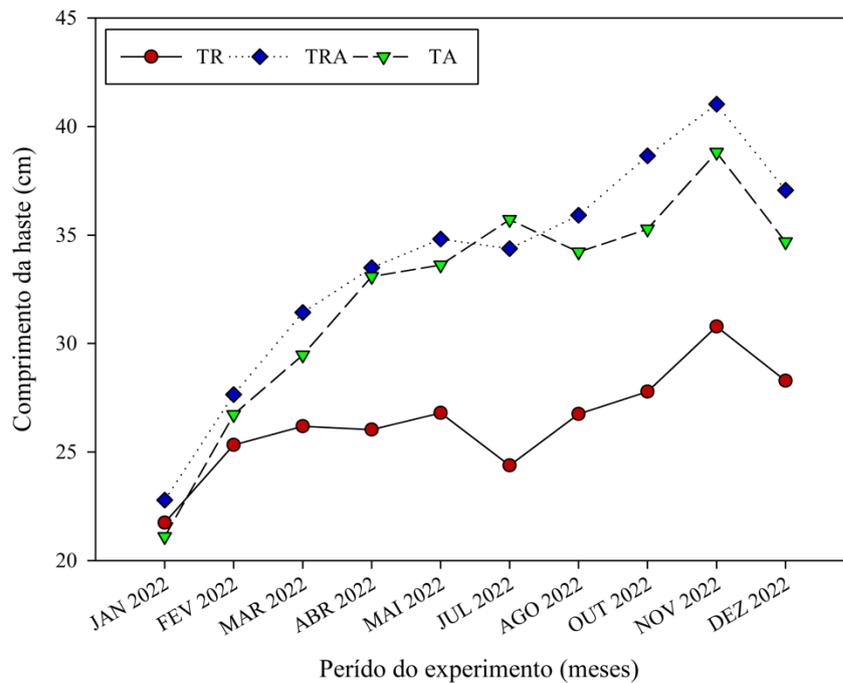


Figura 9. Monitoramento do comprimento das hastes das plantas de antúrio em cultivo protegido. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.

Fonte: Dados do experimento.

Camacho et al. (2014), constataram que ao omitir a aplicação de alguns nutrientes na cultura da Castanha do Maranhão as plantas apresentaram caule com tamanho inferior em comparação com plantas que foram devidamente suplementadas. Castro et al. (2012), afirmam que a deficiência de potássio promove hastes com tamanho reduzido, entretanto, a análise foliar da Tabela 7, aponta que o teor de K está adequado para o cultivo do antúrio.

5.6.2. Comprimento da folha maior

Ao analisar a Tabela 10, estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, constatou que o tratamento TRA, apresentando média de 26,10 centímetros de comprimento médio para maior folha, não deferiu do tratamento TA, que obteve média de 25,82 centímetros. Entretanto, o tratamento TR deferiu estatisticamente dos tratamentos TRA e TA com média de 18,05 centímetros para o comprimento da maior folha, apresentando assim desempenho inferior. O coeficiente de variação entre os tratamentos foi de $\pm 3,09\%$, e com p-valor de 0,337 no teste de Shapiro-wilk, podendo concluir que os resíduos são considerados normais.

De acordo com os valores expressos ao longo do período de um ano na Figura 10, constatou que o desenvolvimento das plantas em relação ao comprimento das folhas maiores nos tratamentos TRA e TA foram semelhantes, onde o maior pico de crescimento ocorreu no mês de novembro para TRA e em agosto para TA em 2022. Entretanto, o tratamento TR teve desempenho inferior de acordo com a curva de comprimento da maior folha, demonstrando ser menor aos tratamentos TRA e TA, onde no mês de agosto de 2022, teve queda em relação aos outros dois tratamentos.

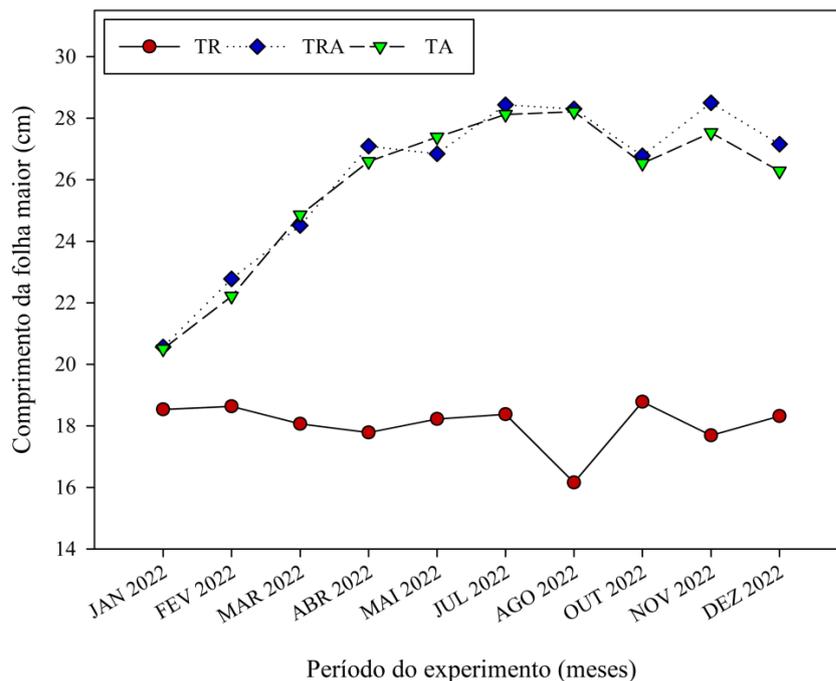


Figura 10. Monitoramento do comprimento das folhas maiores das plantas de antúrio em cultivo protegido. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.

Fonte: Dados do experimento.

Segundo Salvador et al. (1999), no cultivo de mudas de goiabeiras, plantas com sintomas de deficiência de Mn, por um intervalo de tempo apresentaram desenvolvimento normal, mas em certo ponto começaram a apresentar sintomas como emissão de folhas com tamanho reduzido. O tratamento TR apresentou deficiência de Mn, onde as plantas demonstraram limbos foliares menores. Castro et al. (2012) apontam que a deficiência de nitrogênio também promove o aparecimento de folhas menores.

5.6.3. Comprimento da espádice

Ao analisar a Tabela 10, estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, constatou que o tratamento TRA, apresentando média de 5,86 centímetros de comprimento para a espádice, não deferiu do tratamento TA, que obteve média de 5,82 centímetros, onde foram

os melhores tratamentos. Entretanto, o tratamento TR deferiu estatisticamente dos tratamentos TRA e TA com média de 4,90 centímetros para o comprimento médio da espádice, apresentando assim desempenho inferior. O coeficiente de variação entre os tratamentos foi de $\pm 1,51\%$, e com p-valor de 0,582 no teste de Shapiro-wilk, podendo concluir que os resíduos são considerados normais.

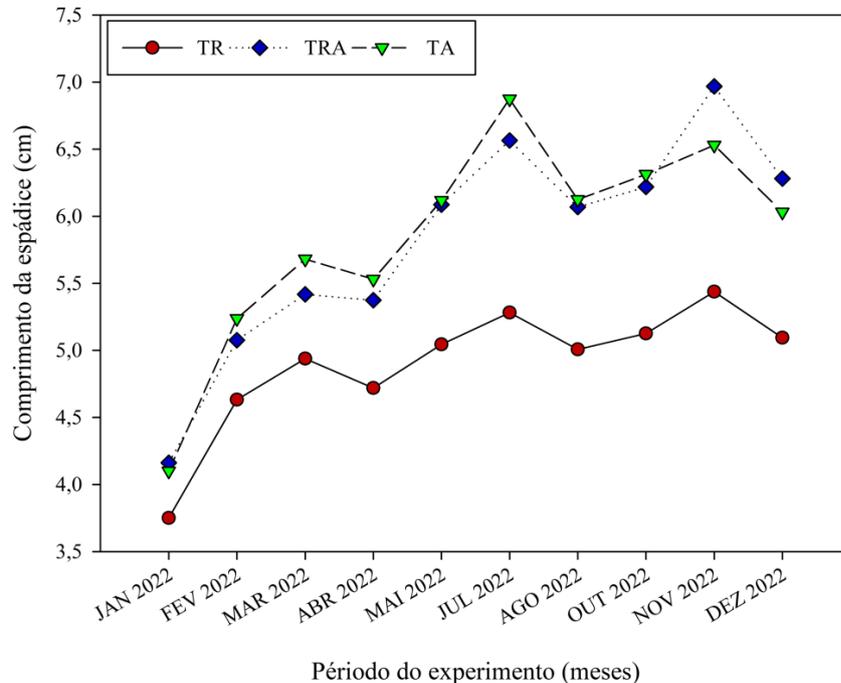


Figura 11. Monitoramento do comprimento da espádice das plantas de antúrio em cultivo protegido. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.

Fonte: Dados do experimento.

De acordo com os valores expressos ao longo do período de um ano na Figura 11, constatou que o desenvolvimento das plantas em relação ao comprimento da espádice nos tratamentos TRA e TA foram semelhantes, apresentando o maior pico de crescimento no mês de novembro para TRA e em julho para TA em 2022. Entretanto, o tratamento TR teve desempenho inferior de acordo com a curva de comprimento da espádice, demonstrando ser menor aos tratamentos TRA e TA, onde no mês de novembro de 2022, teve o melhor desempenho.

Segundo Leme (2004), ao analisar o tamanho da espádice em flores de antúrio da variedade IAC Eidibel, elas apresentaram comprimento médio de aproximadamente 6,6 centímetros, onde os melhores tratamentos TRA e TA ficaram abaixo desse valor.

5.6.4. Comprimento da espata

Ao analisar a Tabela 10, estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, constatou que o tratamento TRA, apresentando média de 11,23 centímetros para o comprimento

da espata, não deferiu do tratamento TA, que obteve média de 10,98 centímetros. Entretanto, o tratamento TR deferiu estatisticamente dos tratamentos TRA e TA com média de 8,24 centímetros, apresentando assim desempenho inferior. O coeficiente de variação entre os tratamentos foi de $\pm 1,83\%$, e com p-valor de 0,658 no teste de Shapiro-wilk, podendo concluir que os resíduos são considerados normais.

Segundo com a classificação Holandesa, os tratamentos TRA e TR que apresentaram comprimento médio 11,23 e 10,98 centímetros, respectivamente, para o comprimento da espata, são enquadrados como tamanho 9 e 11, respectivamente, ou seja, nessa classificação as espatas de antúrio no tratamento TRA pode ter o comprimento médio de 11 a 13 cm, o tratamento TA pode ter comprimento médio de 9 a 11 cm. O tratamento TR, que apresentou comprimento médio da espata inferior aos tratamentos TRA e TA, com 8,24 centímetros, é classificado como tamanho 7,5, onde o comprimento da espata do antúrio fica entre 7,5 e 9 cm.

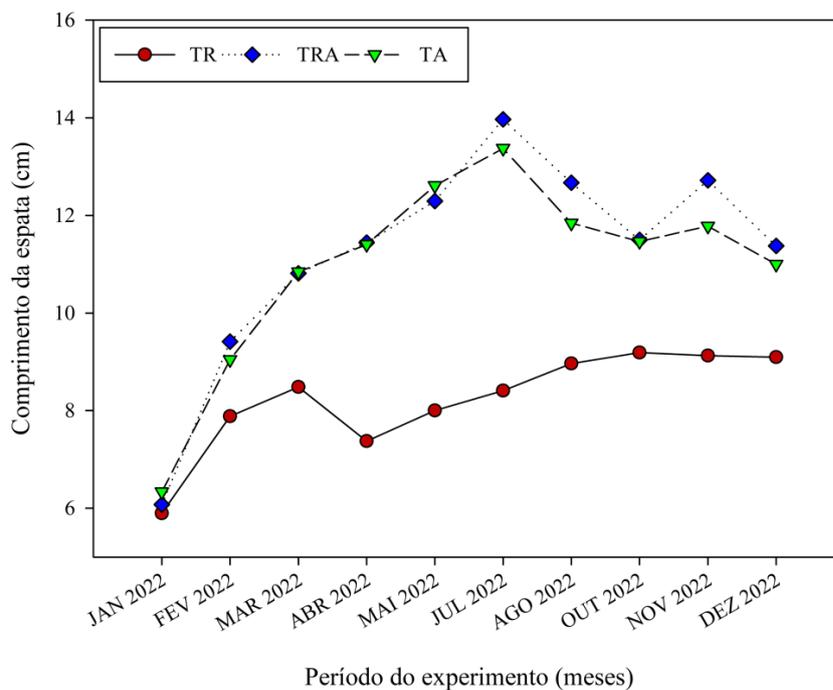


Figura 12. Monitoramento do comprimento da espata das plantas de antúrio em cultivo protegido. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.

Fonte: Dados do experimento.

Segundo os valores expressos ao longo do período de um ano na Figura 12, constatou que o desenvolvimento das plantas em relação ao comprimento da espata nos tratamentos TRA e TA foram semelhantes, apresentando o maior pico de crescimento no mês de julho para TRA e TA em 2022. Entretanto, o tratamento TR teve desempenho inferior de acordo com a curva de comprimento da espátice, demonstrando ser menor aos tratamentos TRA e TA, onde no mês de abril de 2022, obteve queda no comprimento da espata.

De acordo com Fava e Camili (2014), no experimento com diversas cultivares de antúrio, a cultivar IAC Eidibel apresentou valor médio para o comprimento da espata de 9,7 centímetros, entretanto, os tratamentos TRA e TA apresentaram valores superiores.

5.6.5. Altura das plantas

Ao analisar a Tabela 10, estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, constatou que o tratamento TRA, apresentando média de 41,71 centímetros para altura da planta, não deferiu do tratamento TA, que obteve média de 39,79, sendo os melhores tratamentos. Entretanto, o tratamento TR deferiu estatisticamente dos tratamentos TRA e TA com média de 32,43 centímetros, apresentando assim desempenho inferior. O coeficiente de variação entre os tratamentos foi de $\pm 4,6\%$, e com p-valor de 0,163 no teste de Shapiro-wilk, podendo concluir que os resíduos são considerados normais.

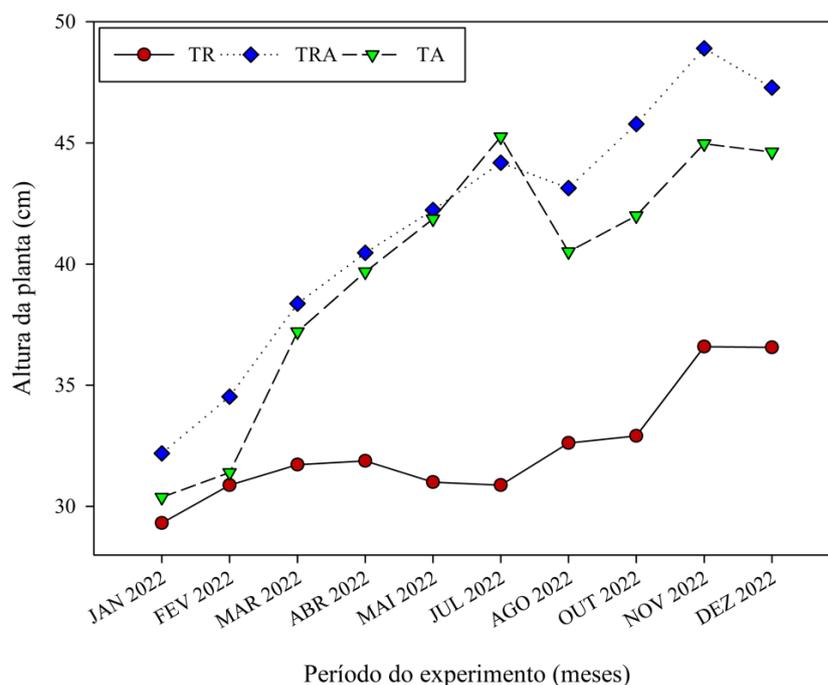


Figura 13. Monitoramento da altura das plantas de antúrio em cultivo protegido. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.

Fonte: Dados do experimento

Segundo os valores expressos ao longo do período de um ano na Figura 13, constatou que o desenvolvimento das plantas em relação a altura das plantas nos tratamentos TRA e TA foram semelhantes, apresentando o maior pico de crescimento no mês de julho para TA e em novembro para TRA em 2022. Entretanto, o tratamento TR teve desempenho inferior de acordo com a curva de comprimento da altura da planta, demonstrando ser menor aos tratamentos TRA e TA, onde no mês de maio e julho de 2022, obteve queda na altura das plantas.

Segundo Gondim et al. (2016), no cultivo de milho, ao constatar a deficiência nutricional, nas situações onde o N foi abaixo do recomendado, esse nutriente foi o mais limitante para a altura das plantas, sendo que os baixos valores de fósforo também contribuíram para esse sintoma.

Os teores de N e P constatado na análise foliar do antúrio na Tabela 7 nos tratamentos TRA e TA estão dentro do que é considerado adequado, entretanto, no tratamento TR, o teor de nitrogênio estava abaixo do recomendado, sendo limitante para a altura das plantas. Mas em todos os tratamentos o teor de P foi adequado, desse modo, esse nutriente não foi limitante.

5.6.6. Número de folhas

Ao analisar a Tabela 10, estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, constatou que os tratamentos TRA, TA e TR apresentando média de 14,34, 14,75 e 12,08, respectivamente, para número de folhas, não deferindo entre si. Assim, constatou que o desempenho para ambos os tratamentos foi igual. O coeficiente de variação entre os tratamentos foi de $\pm 9,5\%$, e com 0,48 p-valor de 0,087 no teste de Shapiro-wilk, podendo concluir que os resíduos são considerados normais.

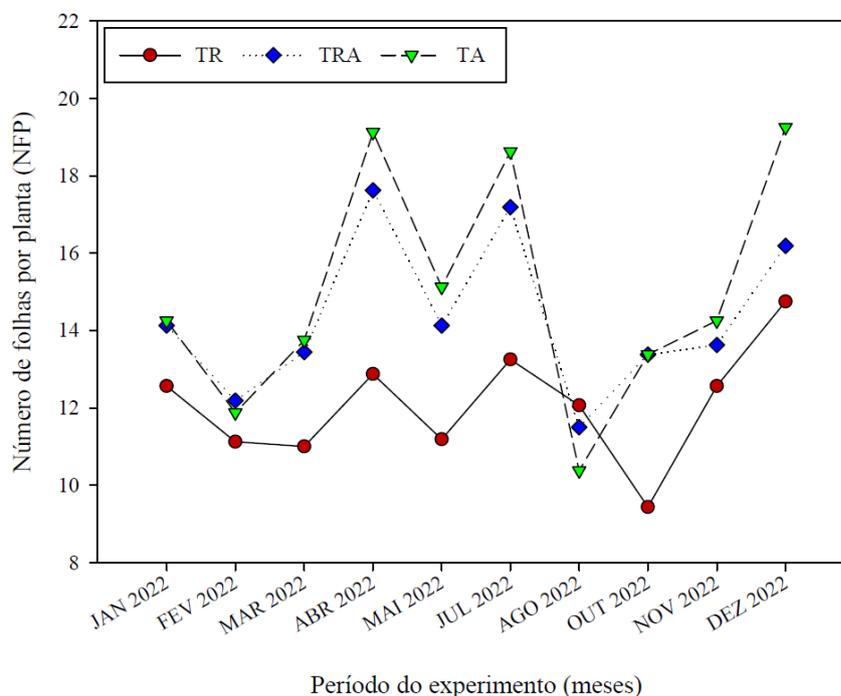


Figura 14. Monitoramento do número de folhas por plantas de antúrio em cultivo protegido. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.

Fonte: Dados do experimento.

Segundo os valores expressos ao longo do período de um ano na Figura 14, constatou que o desenvolvimento das plantas em relação ao número de folhas nos tratamentos TRA e TA

foram semelhantes, apresentando o maior pico de crescimento nos meses de abril, julho e dezembro para TRA e TA em 2022. O tratamento TR ao longo do ano apresentou a curva de número de folha inferior aos outros dois tratamentos, mas estatisticamente não houve diferença, entretanto os picos de maior número de folhas ocorreram no mesmo período. A queda no número de folhas por planta em todos os tratamentos no mês de agosto de 2022 ocorreu devido a poda para remover o excesso de folhas.

De acordo com Silva et al. (2019), o número médio de folhas por planta de antúrio em seu experimento foi de 10. Mesmo não apresentando diferença estatística para o número de folhas por plantas nos tratamentos TRA, TA e TR, as plantas do tratamento TR apresentaram porte inferior em relação as plantas dos demais tratamentos.

5.6.7. Número de flores

No cultivo do Antúrio, pode ser anualizado o número de flores por planta e a produtividade. O número de flores por planta é a quantidade presente nas plantas, estando ou não no ponto de colheita. Já a produtividade leva em consideração apenas os valores das flores maduras, as que estavam no ponto de colheita, sendo que foram colhidas nos mesmos dias das outras análises biométricas.

Ao analisar a Tabela 10, estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, constatou que o tratamento TRA, apresentando média de 2,80 flores por planta, não deferiu do tratamento TA, que obteve média de 2,77. Entretanto, o tratamento TR deferiu estatisticamente dos tratamentos TRA e TA com média de 2,04 flores por planta, apresentando assim desempenho inferior. O coeficiente de variação entre os tratamentos foi de 7,69%, e com 0,946 no teste de Shapiro-wilk, podendo concluir que os resíduos são considerados normais.

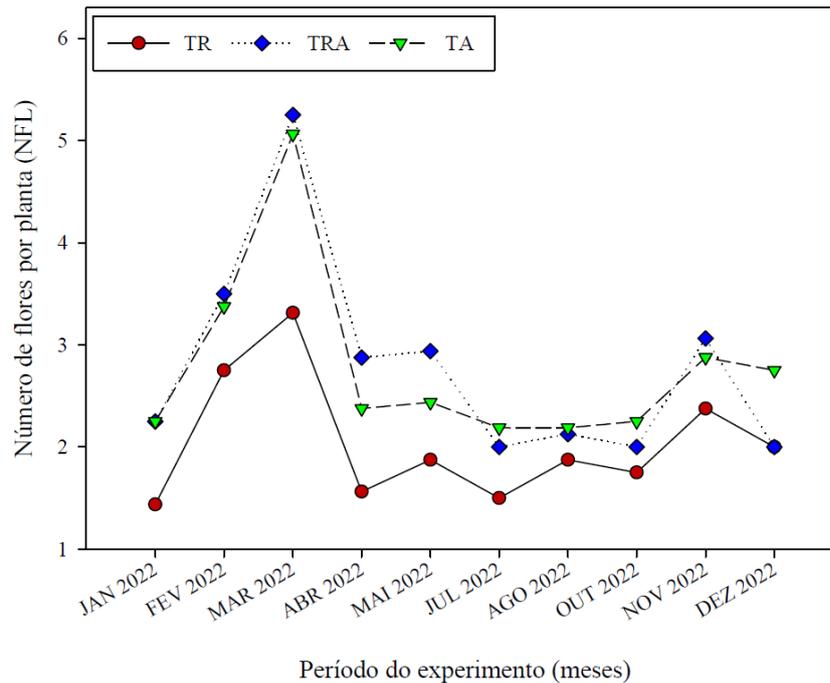


Figura 15. Monitoramento do número de flores por plantas de antúrio em cultivo protegido. TA = Tratamento com água potável + fertilizantes minerais; TRA = Tratamento com efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TR = Tratamento contendo somente efluente doméstico tratado.

Fonte: Dados do experimento.

Segundo os valores expressos ao longo do período de um ano na Figura 15, constatou que o número de flores nos tratamentos TRA, TA foram semelhantes, apresentando o maior pico no mês de março de 2022, sendo os tratamentos com melhor desempenho. O tratamento TR ao longo do ano apresentou curva do número de flores inferior aos outros dois tratamentos, apresentando desempenho inferior, entretanto o pico de número de flores por planta ocorreu também no mês de março de 2022.

De acordo com Castro et al. 2012, no cultivo de antúrio em canteiro, as plantas da variedade IAC Eidibel, apresentou uma média de número de flores por planta de 6,41. Outras variedades como a IAC Cananeia, IAC Luau e IAC Jureia, apresentaram valores médios de 5,44, 6,00 e 5,92, respectivamente, para número de flores por planta. Em comparação, os tratamentos TRA e TA, que foram os melhores, apresentaram valor inferior as variedades citadas.

5.7. Produtividade média do antúrio no período de um ano

Ao analisar a Tabela 11, estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, constatou que o tratamento TRA, apresentou média de produtividade de 52,5 flores por bancada, contendo 32 plantas, não deferiu do tratamento TA, que obteve média de 52,4 flores por bancada. Entretanto, o tratamento TR deferiu estatisticamente dos tratamentos TRA e TA com média de produtividade de 33,3 flores por bancada, apresentando assim desempenho

inferior. O coeficiente de variação entre os tratamentos foi de $\pm 3,46\%$, e com p-valor de 0,633 no teste de Shapiro-wilk, podendo concluir que os resíduos são considerados normais.

Tabela 11. Produtividade média mensal por tratamento em sistema sem solo em cultivo protegido de antúrio.

Tratamentos	Produtividade (flores)
TRA	52,5 a
TA	52,4 a
TR	33,3 b
ANOVA	
p-valor	0
C.V. (%)	3,46
Shapiro-wilk	
p-valor	0,633

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. TRA = efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais; TA = água potável + fertilizantes minerais; TR = apenas efluente doméstico tratado.

Fonte: Dados do experimento.

A baixa produtividade encontrada no tratamento TR está relacionada a nutrição da planta. Onde a carência N foi responsável pela diminuição da quantidade de flores emitidas na cultura do pimentão (SILVA, 2013). A carência de Fe e Mn, caracteriza a produção de flores com baixa qualidade de mercado, como flores menores e menor tempo de prateleira (PINHO et al., 2012).

Castro et al. (2012) afirmam que as plantas de antúrio dentro de um período de 11 meses, foram capazes de produzir em média 6,41 flores por planta para a variedade IAC Eidibel. Cada tratamento (TRA, TA e TR) contam com 32 plantas por bancada, dividindo a produtividade pelo número de plantas, obteve uma média mensal para a produtividade de 1,64, 1,63 e 1,04, flores por planta para os tratamentos TRA, TA e TR, respectivamente. Ao multiplicar as médias mensais dos tratamentos TRA, TA e TR pelo período de 10 meses, cada planta produziu 16,40, 16,30 e 10,4 flores por planta, respectivamente. A Figura 16 ilustra a produtividade por tratamento, foto capturada após a colheita.



Figura 16. Produtividade do Antúrio por tratamento (TR, TRA e TA): comparação visual.
Fonte: Amanda Gasparini.

Ao comparar os dados obtido no experimento com os dados de Castro et al. (2012), constatou que a produtividade do antúrio em sistema sem solo apresentou resultados superiores ao cultivo convencional de antúrio em canteiro.

6. CONCLUSÃO

Os tratamentos TRA (efluente doméstico tratado + fertilizantes minerais) e TA (água potável + fertilizantes minerais), apresentaram as maiores médias referente aos parâmetros biométricos, como, comprimento da haste, espádice, espata, folha maior e número de flores.

O tratamento TRA impactou positivamente as plantas, onde as mesmas atingiram os parâmetros biométricos exigidos pelo padrão holandês, economia de fertilizantes minerais sem apresentar deficiência nutricional e alta economia de água potável.

O tratamento TR, somente com aplicação de efluente doméstico tratado, impactou negativamente as plantas, apresentando baixa produtividade, porte reduzido e severos sintomas de deficiências nutricionais.

O tratamento TRA apresentou produtividade média superior ao cultivo convencional de antúrio em canteiro no período de 12 meses.

As plantas de antúrio não apresentaram contaminação por *Escherichia coli*, mesmo que no efluente doméstico tratado foi constatada a sua presença, considerando o cultivo seguro, sem comprometer a segurança sanitária dos envolvidos.

O tamanho e qualidade das flores do tratamento TRA e TA foram superiores ao tratamento TR, sendo destinada a consumidores finais distintos.

O cultivo de antúrio com efluente doméstico tratado foi considerado sustentável devido a economia de água potável e fertilizantes minerais, e seguro, entretanto, estudos científicos sobre o assunto são escassos, sendo necessário o desenvolvimento de novos experimentos a respeito, possibilitando maior difusão e sustentabilidade dentro da cadeia produtiva de antúrio.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. - 2. ed. -- Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <
https://biblioteca.ana.gov.br/asp/download.asp?codigo=148256&tipo_midia=2&iIndexSrv=1&iUsuario=0&obra=88090&tipo=1&iBanner=0&iIdioma=0>. Acesso em: 10 jan. 2023.

ALMEIDA, L. V. S.; OLIVEIRA, V. J. S.; JACOBI, C. C. B.; ALMEIDA, W. A. B. As plantas medicinais e a micropropagação como ferramenta para sua expansão e utilização. **Textura**, v. 9, n. 16, p. 01-15, 2016.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22^a ed. 2012

AMORIM, T. X. Impactos do desmatamento progressivo da Amazônia na precipitação do Brasil. 2017.

ANDRADE, T.C.O. Análise de viabilidade econômica do uso de água residuária aplicada em culturas agrícolas. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2019.

ANTUNES, L. E. C.; JUNIOR, C. R.; SCHWENGBER, J. E. Morangueiro. Embrapa Clima Temperado-Livro técnico (INFOTECA-E) 1^a ed. 2016. Disponível em: <
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1092843>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). Estatísticas. Disponível em: < <http://anda.org.br> >. Acesso em: 10 de jan. 2023.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água para irrigação. **Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba**, 1999.

AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. 13.ed. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 2010. 332 p.

BIZARI, D. R.; BATTIBUGLI, J. V. F.; CARDOSO, J. C.; SOUZA, C. F. Água de reúso no cultivo de gladiolo em sistema hidropônico. **Irriga**, v. 23, n. 2, p. 286-297, 2018.

BORA, D.; MEHMUD, S.; DAS, K. K.; BHARALI, B.; DAS, D.; HATIMURIA, R.; RAIDONGIA, L. Credibility of medico-ethnobotanical uses of members of Aroid family in Assam. **International Journal of Herbal Medicine**, v. 4, n. 3, p. 09-14, 2016.

BRASIL. Secretários de Estado da Saúde e de Infraestrutura e Meio Ambiente (SES/SIMA). Resolução N° 01, 13/02/2020. Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, p. 186-205, 2013.

CALDA, S. A. B; SAMUDIO, E. M. M. *Água de reúso para fins industriais estudo de caso. 2016.*

CAMACHO, M. A.; CAMARA, A. P; ZARDIN, A. R. Diagnose visual de deficiência de nutrientes em mudas de *Bombacopsis glabra*. **Cerne**, v. 20, p. 427-431, 2014.

CAMPOS, A. S.; BOMFIN, G. V.; CARVALHO, A. C. P. P.; AZEVEDO, B. M.; TANIGUCHI, C. A. K. Doses of Osmocote® in the acclimatization of micropropagated plantlets of *Anthurium maricense*. **Revista Agro@mbiente on-line**, v. 13, p. 14-23, 2019.

CAMPOS, A. S. Lâmina e frequência de irrigação, substrato e adubação na aclimatização de mudas micropropagadas de antúrio (*anthurium maricense*). 2017.

CANTELE, T. D.; LIMA, E. C. L.; BORGES, L. A. C. Panorama dos recursos hídricos no mundo e no Brasil. **Revista em agronegócio e meio ambiente**, v. 11, n. 4, p. 1259-1282, 2018.

CARVALHO, O.; OLIVEIRA, L.S.; CRUZ, G. Environmental impacts generated by modernization in the world agricultural system. *Revista SODEBRAS*, v.4, n.160-1705, p.3-05, 2019.

CARVALHO, R. S. C.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Influence of the use of wastewater on nutrient absorption and production of lettuce grown in a hydroponic system. **Agricultural Water Management**, v. 203, p. 311-321, 2018.

CARVALHO, A. C. P. P.; TOMBOLATO, A. F. C.; CASTRO, A. C. R. Micropropagação de antúrio. 2009.

CASTRO, A. C. R.; TERAÓ, D.; CARVALHO, A. C. P. P.; LOGES, V. Antúrio. 2012.

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 115-127, 2013.

CLEMENT, C. R.; HIGUCHI, N. A floresta amazônica e o futuro do Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 58, n. 3, p. 44-49, 2006.

COELHO, C. A. S.; CARDOSO, D. H. F.; FIRPO, M. A. F. Precipitation diagnostics of an exceptionally dry event in São Paulo, Brazil. **Theoretical and applied climatology**, v. 125, p. 769-784, 2016.

COELHO, V. A. T.; RODAS, C. L.; COELHO, L. C.; CARVALHO, J. G.; ALMEIRA, E. F. A.; FIGUEIREDO, M. A. Caracterização de sintomas visuais de deficiências de

macronutrientes e boro em plantas de gengibre ornamental. **Ornamental Horticulture**, v. 18, n. 1, p. 47-55, 2012.

CROAT, T. B. A review of studies of Neotropical Araceae. **Aroideana**, v. 38, n. 1, p. 44-54, 2015.

CUBA, R. S.; CARMO, J. R.; SOUZA, C. F.; BASTOS, R. G. Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, p. 574-586, 2015.

CUNHA R. A.; BRAGA, B.; GALIZIA T.J. Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, uso e conservação. Escrituras Editora e Distribuidora de Livros Ltda., 2017.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. F.; SANTOS, C. C. Coeficientes de uniformidade em sistema de irrigação por gotejamento. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, v.8, n.6, p.444-454, 2014.

DEBORTOLI, N. S. O regime de chuvas na Amazônia Meridional e sua relação com o desmatamento. 2013.

DEMARTELAERE, A. C. F.; SILVA, T. B. M.; PRESTON, H. A. F.; FRREIRA, A. S.; RODRIGUES, A. L. S.; FEITOSA, S. S.; PRESTON, W.; MEDEIROS, D. C.; ROSADO, A. K. H. B.; SILVA, R. M.; BENJAMIM, R. F. O cultivo hidropônico de alface com água de reuso. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 90206-90224, 2020.

DING, X.; JIANG, Y.; ZHAO, H.; GUO, D.; HE, L.; LIU, F. Electrical conductivity of nutrient solution influenced photosynthesis, quality, and antioxidant enzyme activity of pakchoi (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis*) in a hydroponic system. **PloS one**, v. 13, n. 8, p. e0202090, 2018.

EID, G. M.; ALBATAL, N.; HADDAD, S. Effect of electrical conductivity (EC) on the growth and flower production of Anthurium (*Anthurium andraeanum*). **International Journal of Horticulture**, v. 6, 2016.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. Como o índice ICF é calculado? Disponível em: < <https://www.falker.com.br/base/article/AA-00299/41/Clorofila/clorofiLOGCFL1030/Como-o-ndice-ICF-calculado.html> >. Acesso em: 08 de fev. de 2023.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of the World’s Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at breaking point. Main report. Rome. 2022. Disponível em: < <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb9910en> >.

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. Agricultura irrigada sustentável no Brasil: identificação de áreas prioritárias. Brasília DF, 2017. 243 f. Disponível em: < <https://www.fao.org/3/i7251o/i7251o.pdf> >. Acesso em: 10 jan. 2023.

FAO AQUASTAT. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - Sistema de Informação Global sobre Água e Agricultura, 2015. Disponível em: < http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm >. Acesso em: 07 de jan. 2023.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. World land and Water prospects. Rome: Land and Water Development Division, 2013.

FAVA, C. L. F.; CAMILI, E. C. Produção de cultivares de *Anthurium andraeanum* nas condições de Acorizal-MT. **Ornamental Horticulture**, v. 20, n. 2, p. 179-184, 2014.

FEARNSIDE, P. M. A. Floresta Amazônica nas mudanças Globais–Manaus. **Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA)**, v. 134, 2003.

FERREIRA, P. S.; GOMES, V. P.; GALVÍNIO, J. D.; SANTOS, A. M.; SOUZA, W. M. Avaliação da tendência espaço-temporal da precipitação pluviométrica em uma região semiárida do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, 2017.

FIGUEIREDO, C. G.; SALA, F. C.; SOUZA, C. F. Esgoto doméstico tratado como fonte de nutrientes para morango sob cultivo hidropônico. **Revista internacional de Reciclagem de Resíduos Orgânicos na Agricultura**, v. 10, n. 4, p. 353-362, 2021.

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; NASCIMENTO, R.; REBEQUI, A. M. Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro irrigado com águas salinas e biofertilizante. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 57-70, 2013.

GANTAIT, S.; MANDAL, N. Tissue culture of *Anthurium andraeanum*: a significant review and future prospective. **International Journal of Botany**, v. 6, n. 3, p. 207-219, 2010.

GLOBALFERT. China, Índia e Estados Unidos e Brasil concentram 58% da demanda global de fertilizantes. Boletins. 2020. Disponível em < <https://www.globalfert.com.br/boletins/china--india-estados-unidos-e-brasil-concentram-58-da-demanda-global-de-fertilizantes/> >. Acesso em: 10 de jan. 2023.

GONÇALVES, M. A.; VIGNOLO, G. K.; ANTUNES, L. E. C.; REISSER, J. C. Produção de morango fora do solo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 32p, 2016.

GONDIM, A. R. O.; PRADO, R. M.; FONSECA, I. M.; ALVES, A. U. Crescimento inicial do milho cultivar brs 1030 sob omissão de nutrientes em solução nutritiva. **Revista Ceres**, v. 63, p. 706-714, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Amazônia Legal. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html#:~:text=A%20Amaz%C3%B4nia%20Legal%20apresenta%20uma,%2C93%25%20do%20territ%C3%B3rio%20brasileiro> >. Acesso em: 05 de jan. 2023.

IDEXX Laboratories Inc. Cartilha explicativa do método Colilert, Tecnologia do substrato definido. Disponível em: < <https://idexxcom-iveb02da1e51e754c9cb292133b-9c56c33.aldryn->

media.com/filer_public/d5/f8/d5f81805-8ceb-4893-b0b7-8b95db8ffab/colilert-en.pdf >. Acesso em: 05 de jan. 2023.

JACOBI, P. R.; EMPINOTTI, V. L.; SCHMIDT, L. Escassez hídrica e direitos humanos. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, p. 00-00, 2016.

JUNIOR, C. H. L. S.; CELENTANO, D.; ROUSSEAU, G. X.; MOURA, E. G.; VARGA, I. V. D.; MARTINEZ, C.; MARTINS, M. B. Amazon Forest on the edge of collapse in the Maranhão State, Brazil. **Land Use Policy**, v. 97, p. 104806, 2020.

LEME, J. M. RESFRIAMENTO E CONSERVAÇÃO DE ANTÚRIO 'IAC EIDIBEL', Campinas, SP, 2004.

LEME, J.M. Qualidade do antúrio 'IAC Eidibel' em cultivo hidropônico com fibra de coco. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, 2009.

LIMA, J. D.; ZANETTI, S.; NOMURA, E. S.; FUZITANI, E. J.; ROZANE, D. E.; IORI, P. Growth and yield of anthurium in response to sawdust mulching. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 440-446, 2016.

LOPES, M. V. S. S. Esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo em substrato do morangueiro. 2022.

LUCENA, R. L.; JÚNIOR, J. B. C.; STEINKE, E. T. Comportamento Hidroclimatológico do Estado do Rio Grande do Norte e do Município de Caicó. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 485-496, 2018.

JÚNIOR, R. F. O. Análise dos atributos quali-quantitativos da água em microbacia perene do semiárido brasileiro. 2020.

MAGALHÃES, A.S.; DOMINGUES, E.P.; CIASCA, B.S. Uso da água no Brasil e sua relação com condicionantes econômicos: análise a partir de simulações com um modelo de equilíbrio geral. Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.

MAIRA, O.; ALEXANDER, M.; VARGAS, T. E. Micropropagation and organogenesis of *Anthurium andraeanum* Lind cv Rubrun. In: **Protocols for In Vitro Propagation of Ornamental Plants**. Humana Press, 2010. p. 3-14.

MARENGO, J. A.; JUNIOR, C. M. S.; THONICKE, K.; BURTON, C.; HALLADAY, K.; BETTS, R. A.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R. Changes in climate and land use over the Amazon region: current and future variability and trends. **Frontiers in Earth Science**, v. 6, p. 228, 2018.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. Crise hídrica em São Paulo em 2014: seca e desmatamento. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 19, n. 3, p. 485-494, 2015.

MARIANI, L.; GUARENCHI, M. M.; MITO, J. Y. L.; CAVALIERO, C. K. N.; GALVÃO, R. R. A. Análise de oportunidades e desafios para o Nexo Água-Energia. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 37, 2016.

MARTINEZ, S.; SUAY, R.; MORENO, J.; SEGURA, M. L. Reuse of tertiary municipal wastewater effluent for irrigation of Cucumis melo L. **Irrigation Science**, v. 31, n. 4, p. 661-672, 2013.

MARTINS, G. 2021. Diagnóstico sobre sistemas de dados agrícolas do Brasil para um sistema nacional de avaliação de danos e perdas por desastres na agricultura. Brasília, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura **FAO**, p. 93, 2021.

MEDEIROS, L. C.; SANTOS, J. S.; LIMA, V. L. A.; NASCIMENTO, M. T. C. C.; MEDEIROS, M. R. J. C. Morfometria de girassóis irrigados com água residuária e adubado com diferentes doses de nitrogênio. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 14936-14950, 2020.

MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L. Cultivo de flores com o uso de água residuária e suplementação mineral. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 1071-1080, 2010.

MENDES, P. E. F.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Efluente tratado na agricultura: aspectos agronômicos e sanitários no cultivo do rabanete. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 10, n. 1, p. 428-438, 2016.

MENDEZ, F. J. C.; URRESTARAZU, M. ORTIZ, J. C. R.; MORALES, I. Condutividade elétrica da solução nutritiva na propagação vegetativa de pimentão e tomate. **Ciencia rural**, v. 53, n. 2, p. 4, 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO No 375, DE 29 DE AGOSTO DE 2006**. [S. l.], 29 ago. 2006. Disponível em: <
https://incaper.es.gov.br/Media/incaper/PDF/legislacao_biosolido/res_conama37506-1.pdf. >
Acesso em: 14 jan. 2023.

MIRANDA, J. A. L.; ROCHA, J. A.; ARAÚJO, K. M.; QUELEMES, P. V.; MAYO, S. J.; ANDRADE, I. M. Atividade antibacteriana de extratos de folhas de *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott (Araceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 1142-1149, 2015.

NASCIMENTO, V. F.; FEITOSA, E. O.; SOARES, J. I. Uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por aspersão via pivô central. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 4, p. 65-69, 2017.

NASTARI, P. M. A crise na Ucrânia e a dependência da importação de fertilizantes. **AgroANALYSIS**, v. 42, n. 5, p. 16-17, 2022.

NETO, F. J. D.; TECCHIO, M. A.; JUNIOR, A. P.; VEDOATO, B. T. F.; LIMA, ROBERTO, S. R. Effect of ABA on colour of berries, anthocyanin accumulation and total phenolic compounds of Rubi'table grape ('Vitis vinifera'). **Australian journal of crop science**, v. 11, n. 2, p. 199-205, 2017.

NOBRE, A. D. O futuro climático da Amazônia. Relatório de Avaliação Científica. 2014. Disponível em: < <http://www.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2014/11/Futuro-Climatico-daAmazonia.pdf> >. Acesso em: 05 de jan. 2023.

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; ARTAXO, P. Understanding the climate of Amazonia: Progress from LBA. **Amazonia and Global Change**, v. 186, p. 145-147, 2009.

NÓBREGA, R. S. Impactos do desmatamento e de mudanças climáticas nos recursos hídricos na Amazônia ocidental utilizando o modelo SLURP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, p. 111-120, 2014.

NOMURA, E. S.; FUZITANI, E. J.; DAMATTO JÚNIOR, E. R. Cultivo do antúrio. **Revista Pesquisa e Tecnologia**, v. 9, n. 9, 2012.

NUNES, R. C. A.; VIANA, R. S.; NETO, N. B. M.. Atividade enzimática da superóxido dismutase em resposta aos fitorreguladores auxina e citocinina em *Gerbera sp.* **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 83-89, 2015.

OCDE, 2015, Governança dos Recursos Hídricos no Brasil. Disponível em: < <https://www.oecd.org/fr/gov/governanca-dos-recursos-hidricos-no-brasil-9789264238169-pt.htm> >. Acesso em 04 fev. 2023.

OLIVEIRA, A.A.S.; BASTOS, R.G.; SOUZA, C.F. Adaptation of domestic effluent for agricultural reuse by biological, physical treatment and disinfection by ultraviolet radiation. **Revista Ambiente e Água**, v. 14, p. 1-10, 2019.

OLIVEIRA, M. P.; MALAGOLLI, G. A.; CELLA, D. Mercado de fertilizantes: dependência de importações do Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 489-498, 2019.

OLIVEIRA, T. S. R. **Estudo sobre a Prática do Reúso de Águas Residuais Urbanas Tratadas e Proposta Metodológica de Avaliação de Riscos Aplicada na Irrigação**. 2019.

OLIVEIRA, L.F.; OLIVEIRA, B.O.S.; LIMA, L.B. Avaliação da qualidade da água de três córregos na área urbana de Humaitá-AM. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 3, p. 25-33, 2018.

OLIVEIRA, N. M.; SILVA, M. P.; CARNEIRO, V. A. Reúso da água: um novo paradigma de sustentabilidade. 2013.

OUR WORLD IN DATA. **Agricultural irrigated land (% of total agricultural land)**. [S. l.], 2018. Disponível em: < <https://ourworldindata.org/grapher/agricultural-land-irrigation?tab=table> >. Acesso em: 14 jan. 2023.

OUR WORLD IN DATA. **Share of agricultural land which is irrigated, 2018**. [S. l.], 2018. Disponível em: < <https://ourworldindata.org/grapher/agricultural-land-irrigation> >. Acesso em: 14 jan. 2023.

PANIGRAHI, S. Cultivation of Anthurium in Polyhouse. 2020.

PASQUALETTO, T. L. L.; PASQUALETTO, A.; PASQUALETTO, A. G. N. Análise da disponibilidade e demanda de recursos hídricos no Brasil. **Trabalho Inscrito na Categoria de Artigo Completo ISBN-978-65-86753-02-8. XVI Fórum Ambiental**, p. 2088-2113, 2020.

PEREIRA, L. R.; SOUZA, J. M.; RAFAEL, A. M.; CRUZ, E. A.; TEIXEIRA, A. G.; REIS, E. F. Uniformidade e eficiência de aplicação de água em um sistema de irrigação por aspersão em pastagem. **Agrarian**, v. 9, n. 32, p. 156-161, 2016.

PIELKE, R. A.; AVISSAR, S. R.; RAUPACH, M.; DOLMAN, A. J.; ZENG, X.; DENNING, A. S. Interactions between the atmosphere and terrestrial ecosystems: influence on weather and climate. **Global change biology**, v. 4, n. 5, p. 461-475, 1998.

PINHEIRO, J. R. Efeito da urbanização na Amazônia Meridional sobre o balanço de energia e a evapotranspiração por sensoriamento remoto. 2016.

PINHO, P. J.; FRAZAO, J. E. M.; SOUZA, G. A.; CARVALHO, J. G.; BASTOS, A. R. R.; OLIVEIRA, N. P. Sintomas visuais de deficiências simples e múltiplas de micronutrientes em Antúrio. **Revista brasileira de horticultura ornamental**, v. 18, n. 1, 2012.

PRATES, R. T. C. Modelagem espacial no sistema de irrigação por gotejamento. 2022.

RIBEIRO, N. U. F.; BEGA, J. M. M.; ZAMBRANO, K. T.; PINHEIRO, J. H. P. A.; CARVALHO, S. L. Qualidade da água do rio Paraná em região de balneabilidade: discussão sobre os impactos potenciais do lançamento de efluentes provenientes de tratamento secundário. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, p. 445-455, 2022.

RIBEIRO, S. L. Considerações iniciais sobre a segurança hídrica do Brasil. *Revista Brasileira de Estudos de Defesa*, v. 4, n. 1, 2018.

RICART, S.; RICO, A. M. Assessing technical and social driving factors of water reuse in agriculture: A review on risks, regulation and the yuck factor. **Agricultural Water Management**, v. 217, p. 426-439, 2019.

RIGO, M. M.; RAMOS, R. R.; CERQUEIRA, A. A.; SOUZA, P. S. A.; MARQUES, M. R. C. Destinação e reúso na agricultura do lodo de esgoto derivado do tratamento de águas residuárias domésticas no Brasil. **Gaia Scientia**, v. 8, n. 1, p. 174-186, 2014.

RIGON, C. A. G.; ZANATTA, M. M.; SILVESTRE, L. O.; BORDIN, R.; SORIANI, H. H.; SILVA, V. R.; TOMM, G. O. Determinação de clorofilas em canola através de método não destrutivo. 2017.

ROCHA, V. M.; CORREIA, F. W. S.; FONSECA, P. A. M. Reciclagem de precipitação na Amazônia: Um estudo de revisão. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 30, p. 59-70, 2015.

SALES, A. C. Silício mitiga estresse por deficiência nutricional em plantas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). 2021.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Sintomas visuais de deficiência de micronutrientes e composição mineral de folhas em mudas de goiabeira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 34, p. 1655-1662, 1999.

SANTOS, A. S. P.; VIEIRA, J. M. P. Reúso de água para o desenvolvimento sustentável: Aspectos de regulamentação no Brasil e em Portugal. 2020.

SANTOS, E. O. Avaliação do Índice de Estado Trófico e carga de nutrientes no rio Paraíba do Meio durante o ano hidrológico de 2013. 2020.

SANTOS, P. L. F.; CASTILHO, R. M. M.; GAZOLA, R. P. D. Pigmentos fotossintéticos e sua correlação com nitrogênio e magnésio foliar em grama bermuda cultivada em substratos. **Acta Iguazu**, v. 8, n. 1, p. 92-101, 2019.

SANTOS, A.A. Sistema de cultivo hidropônico. **SIMTEC**, v. 4, n. 1, p. 14, 2018. Disponível em: <<http://simtec.fatectq.edu.br/index.php/simtec/article/view/298>>. Acesso em: 09 jun. 2018.

SANTOS, T. O.; FILHO, V. S. A.; ROCHA, V. M.; MENEZES, J. S. Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 11, n. 2, p. 157-181, 2017.

SCHAER-BARBOSA, M.; SANTOS, M. E. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, p. 17-32, 2014.

SILVA, V. F.; SOUSA, J. T.; VIEIRA, F. F.; SANTOS, K. D. Tratamento anaeróbio de esgoto doméstico para fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 186-190, 2021.

SILVA, C. F. B. CARVALHO, A. C. P. P.; CASTRO, A. C. R.; TANIGUCHI, C. A. K.; DIAS-PINI, N. S.; MIRANDA, F. R.; PASTORI, P. L.; ALVES, F. H. N. S.; CAMPOS, A. S. Produção de Antúrio para Folhagem em Vaso. 2019.

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

SILVA, J. I. M.; SOUZA, M. C. S.; SOARES, M. L. C.; COSTA, R. C.; NUNEZ, C. V. Óleos essenciais das raízes das espécies de *Philodendron maximum*, *P. solimoesense* e *P. goeldii* (Araceae). **Revista Fitos**, v. 10, n. 1, p. 1-93, 2016.

SILVA, A. Z. Sintomas de deficiências de macronutrientes em pimentão. 2013.

SILVA, L. P.; SILVA, M. M.; CORREA, M. M.; SOUZA, F. C. D.; SILVA, E. F. F. Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 480-486, 2012.

SILVA, J. V., HERNANDEZ, F. F. F.; BEZERRA, F. C.; DINIZ, D. J. N.; Aclimatização " ex vitro" de mudas de antúrio em diferentes substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 2, p. 188-191, 2007.

SIQUEIRA, M. T. L.; COSTA, M. G.; SOUZA, A. E. S.; FERREIRA, E. V. O.; GURGEL, F. L. Análise foliar em pomar de laranja'pera'em combinação com diferentes porta-enxertos, 2022.

SOUSA, F. C. F. Reúso de água na agroindústria como estratégia de convivência no semiárido paraibano. 2018.

SOUZA, C.F.; BASTOS, R.G.; GOMES, M.P.M.; PULSCHEN, A.A. Eficiência de estação de tratamento de esgoto doméstico visando reúso agrícola. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 10, n. 3, p. 587-597, 2015.

SOUZA, J.R.; MORAES, M.E.B.; SONODA, S.L.; SANTOS, H.C.R.G. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil. **REDE-Revista Eletrônica do Prodema**, v. 8, n. 01, 2014.

SOUZA, J. A. A.; BATISTA, R. O.; RAMOS, M. M.; SOARES, A. A. Contaminação microbiológica do perfil do solo com esgoto sanitário. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 1, p. 5-8, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fundamentos de Fisiologia Vegetal-6**. Artmed Editora, 2021.

TOMBOLATO, A. F. C. **Cultivo comercial de plantas ornamentais**. Instituto Agronômico, 2004.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro. **Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências**, v. 76, 2014.

URBANO, V. R.; MENDONÇA, T.G.; BASTOS, R.G.; SOUZA, C.F. Effects of treated wastewater irrigation on soil properties and lettuce yield. *Agricultural water management*, v. 181, p. 108-115, 2017.

VAN HERK, M. V. *et al.* Cultivation Guide Anthurium: global know-how for growers around the Globe. 1st. ed. Holanda: Anthura B.V., 1998. 140 p.

VAN RAIJ, B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas: IAC, 1996.

VICENTIN, T. A. Acionamento de dois sistemas de bombeamento alimentados por uma central de microgeração fotovoltaica. 2014.

WWAP (*Programa de Avaliação Mundial da Água*). 2012. Relatório 4 das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Mundial da Água: Gerenciando a Água sob Incerteza e Risco. Paris, UNESCO.