

KEVIM MUNIZ VENTURA

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO EM CAMPO DE UM APLICATIVO PARA
MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADA À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA
RESIDUÁRIA DE EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO**

Botucatu

2022

KEVIM MUNIZ VENTURA

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO EM CAMPO DE UM APLICATIVO PARA
MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADA À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA
RESIDUÁRIA DE EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia (Irrigação e
Drenagem).

Orientador: Rodrigo Máximo Sánchez
Román

**Botucatu
2022**

V468d

Ventura, Kevim Muniz

Desenvolvimento e validação em campo de um aplicativo para manejo da adubação mineral associada à irrigação com água residuária de efluente de estação de tratamento de esgoto doméstico / Kevim Muniz Ventura. -- Botucatu, 2022

82 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Rodrigo Máximo Sánchez Román

1. Reúso de água. 2. Programação. 3. SODIS. 4. Irrigação localizada. 5. Horticultura Irrigada. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO EM CAMPO DE UM APLICATIVO PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADA À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

AUTOR: KEVIM MUNIZ VENTURA

ORIENTADOR: RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN (Participação Virtual)
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu UNESP

Prof. Dr. JOÃO CARLOS CURY SAAD (Participação Virtual)
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu UNESP

Prof. Dr. HÉLIO GRASSI FILHO (Participação Virtual)
Ciência Florestal Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu UNESP

Dra. ROBERTA DANIELA DA SILVA SANTOS (Participação Virtual)

Prof.^a Dr.^a PATRICIA ANGELICA ALVES MARQUES (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia de Biossistemas-ESALQ / Piracicaba/SP

Botucatu, 31 de março de 2022

AGRADECIMENTOS

A **Hekátē**, que diariamente se mostrou presente em minha vida, e durante essa jornada foi o vento me empurrando pra frente, o apoio sempre que eu caía e a mão estendida que me levantou todas as vezes. Que seu poder continue sendo o meu e o meu poder continue sendo o seu.

Ao meu noivo, **Jonas Rafael Vargas**, que desde o início dessa caminhada nenhuma vez me negou apoio, carinho e incentivo. Obrigado, amor da minha vida, por lidar com minhas crises de estresse e ansiedade. Chegar até aqui não seria possível sem você ao meu lado.

Ao meu orientador, Professor **Rodrigo Máximo Sánchez Román**, parafraseio Isaac Newton quando penso no senhor. “Se cheguei até aqui foi porque me apoiei no ombro dos gigantes”. Obrigado por acreditar em mim desde o princípio e estar presente durante esses anos de pós graduação. Digo a todos que sou extremamente privilegiado por ter um orientador como o senhor. Sua orientação foi essencial para meu desenvolvimento como pesquisador, e por isso sou eternamente grato.

A **Regiane de Carvalho Bispo**, pessoa que tenho orgulho de chamar de amiga. Você foi crucial e imprescindível para que eu chegasse até aqui. Obrigado pelos momentos felizes, e mais obrigado ainda por chorar comigo quando eu precisei. Teus conselhos, nossas conversas, nossos encontros, são momentos queridos que levarei pra toda a vida.

A minha sestra **Luiz Felipe Perdigão Alves**, uma das poucas pessoas que sabe de verdade como foi árdua a caminhada até esse momento. Dizer “sem você eu não estaria aqui”, não faz jus a sua importância na realização desta conquista. Obrigado por ser luz durante a escuridão, por me escutar quando eu precisava desabafar e por sempre estar presente.

Aos meus companheiros não humanos. **Caprio, Cosima, Ludovico, Maeve, Selina, Otávio e Tony**. Meu pequeno zoológico, essencial para manter minha sanidade até o momento.

A minha família, **Rosemary Ventura, Kleber Muniz e Maicon Muniz Ventura**, obrigado por todo o apoio que me permitiu chegar até aqui. Sem vocês esse sonho não teria sido possível.

A **Amanna Gonzaga Jacaúna**, super amiga que o gramado me proporcionou. Obrigado pela parceria. Pelos incontáveis rodízios. Pela constante companhia. Pela conexão que nos permite conversar sem usar palavras. Obrigado por ser leveza durante os momentos pesados do doutorado.

Aos colegas de pós-graduação, **João Jesus, Letícia Thália, Karl Marx, Tamires Silva, Marina Sbardella e Priscila Pegorin**. Obrigado pela parceria.

Ao grande amigo e professor que Botucatu me deu, **José Eduardo Vasconcellos**. Obrigado por muitas vezes, até sem saber, me colocar pra cima. Sua companhia foi sempre momentos de recarga quando eu estava esgotado.

Ao meu grande amigo, **Danilo Dias Pinto Santine**. Obrigado pela parceria, por todos os treinos, pelos momentos de descontração, pelos desabaços, por toda ajuda e companheirismo.

Ao técnico do laboratório de Irrigação **José Israel Ramos**, obrigado por toda ajuda durante meu experimento.

Ao **Departamento de Engenharia Rural e Socioeconômica** da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, e ao **Programa de Pós-graduação em Agronomia - Irrigação e Drenagem** pela oportunidade de realização do curso.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ)**, pela concessão da bolsa de doutorado.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão da bolsa de doutorado sanduíche (Processo nº 88887.371770/2019-00).

Aos professores **Alfonso Jose Calera Belmonte** e **José María Tarjuelo Martín-Benito**, por me receberem e orientarem durante meu período na *Universidad de Castilla-La Mancha*.

Ao professor **Tasuku Kato**, por me receber e orientar durante meu período na *Tokyo University of Agriculture and Technology*.

A **NaanDanJain Irrigation Ltd.** pelo fornecimento dos materiais de irrigação utilizados na pesquisa.

E a **todos** que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a realização do meu doutorado, deixo meus sinceros agradecimentos.

Eu sou pequeno, mas eu vou em busca
da coroa.

I'll find my own bravado.

(Ella Marija Lani Yelich-O'Connor)

RESUMO

A horticultura representa uma parcela importante na economia brasileira, sendo comumente praticada por pequenos e médios produtores, e agricultores familiares. Amplamente utilizada na produção de hortícolas, a irrigação é uma ferramenta que garante níveis de produção elevados. Entretanto, nos últimos anos o país vem sendo acometido por secas severas, desta forma é de suma importância aprimorar as técnicas de irrigação para essa nova realidade. O uso de água residuária tratada aparece como uma alternativa à água limpa, além de possuir uma carga nutricional que pode ser benéfica para o cultivo. Porém, o uso e proveito desses nutrientes da água residuária não é realizado devido à dificuldade dos cálculos de adubação considerando o reuso de água. Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver e validar um aplicativo para dispositivo móvel capaz de realizar os cálculos de adubação considerando a carga nutricional presente na água residuária utilizada na irrigação de três espécies de hortaliças, em sistemas de produção com adubação orgânica e mineral, além de comparar o efeito da utilização de um efluente secundário da estação de tratamento de esgoto tratada com sistema de desinfecção solar como fonte de irrigação em dois sistemas de produção de hortaliças, com adubação mineral e orgânica. Para isso, foram utilizadas as culturas alface, rabanete e salsinha, em duas safras. A irrigação utilizada foi gotejamento, utilizando água de abastecimento e efluente secundário da estação de tratamento de esgoto da SABESP, tratada com o sistema de desinfecção solar (SODIS). Foram analisados parâmetros biométricos das culturas, produtividade e teores nutricionais. Para avaliar o aplicativo, foram utilizados cinco tratamentos de forma a possibilitar a comparação dos resultados. Os resultados encontrados mostraram que para as culturas estudadas, com as duas fontes de adubação, orgânica e mineral, o uso do aplicativo resultou em uma economia no uso de fertilizantes, produzindo hortaliças com parâmetros biométricos equivalentes ao tratamento controle utilizando água de abastecimento e realizando os cálculos de adubação de forma manual. O aplicativo ainda facilita a aplicação de fertilizantes, pois o mesmo foi capaz de criar um calendário de aplicação, com as datas e quantidades de adubo a ser aplicado, facilitando o manejo do produtor.

Palavras-chave: reúso de água; programação; SODIS; irrigação localizada, horticultura irrigada.

ABSTRACT

Horticulture represents an important part of the Brazilian economy, is commonly practiced by small and medium producers and family farmers. Usually used in horticultural production, irrigation is a tool that guarantees high production levels. However, in recent years the country has been affected by severe droughts, so it is extremely important to improve irrigation techniques for this new reality. The use of treated wastewater appears as an alternative to clean water, in addition to having a nutritional load that can be beneficial to the crop. However, the use and benefit of these nutrients from wastewater is not carried out due to the difficulty of fertilizer calculations considering water reuse. Thus, the objective of this research was to develop and validate an application for mobile device capable of performing fertilizer calculations considering the nutritional load present in the wastewater used in the irrigation of three species of vegetables, in organic and conventional production systems, in addition, to compare the effect of using a secondary effluent from a sewage treatment plant treated with a solar disinfection system as an irrigation source in two vegetable production systems, conventional and organic. For this, lettuce, radish, and parsley were used, in two harvests at different times of the year. The irrigation used was drip irrigation, using water supply and secondary effluent from the SABESP sewage treatment plant, treated with the solar disinfection system (SODIS). Biometric parameters of crops, productivity, and nutritional contents were analyzed. To evaluate the application, five treatments were used to enable the comparison of results. The results found showed that for the crops studied, in organic and conventional production systems, the use of the application resulted in an economy in the use of fertilizers, producing vegetables with biometric parameters equivalent to the conventional treatment using clean water and performing the fertilizer fertilization calculations. manual way. The application also facilitates the application of fertilizers because it was able to create an application calendar, with the dates and quantities of fertilizer to be applied, facilitating the producer's management.

Keywords: water reuse; programming; SODIS; drip irrigation, irrigated horticulture.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA

Figura 1 - Fluxograma básico do aplicativo.	27
Figura 2 - Tela de início e menu inicial.	29
Figura 3 - Banco de dados de culturas e informações pertinentes aos cálculos de adubação	30
Figura 4 - Banco de dados de adubos comerciais mais utilizados e seus teores nutricionais.....	30
Figura 5 - Tela de adição de um novo cultivo no aplicativo.	32
Figura 6 - Tela de inclusão dos dados da análise do solo.....	33
Figura 7 - Tela para definição do tipo de adubação e fertilizantes a serem utilizados.	34
Figura 8 - Tela de seleção sobre o uso de água residuária.....	35
Figura 9 - Tela de inclusão dos dados da análise da água residuária e lâmina de irrigação.	36
Figura 10 - Resultado final apresentado em forma de calendário de aplicação.	38
Figura 11 - Relatório final de economia.....	38

CAPÍTULO 2 - VALIDAÇÃO DO APLICATIVO “RESIDUFERTI” PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA

Figura 1 - Água residuária no sistema de tratamento SODIS.....	44
Figura 2 - Radiação solar global registrada na estação meteorológica próxima à área do estudo.....	45
Figura 3 - Precipitação e evapotranspiração de referência durante o período dos experimentos.	46

Figura 4 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados na alface com adubação mineral.....	50
Figura 5 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados na alface com adubação orgânica.....	51
Figura 6 - Produtividade da alface para os diferentes tratamentos.....	52
Figura 7 - Exemplares de alface nos diferentes tratamentos com adubação orgânica.	53
Figura 8 - Exemplares de alface nos diferentes tratamentos com adubação mineral.	54
Figura 9 - Resultado da análise foliar para macro e micronutrientes da alface com adubação mineral.....	55
Figura 10 - Resultado da análise foliar para macro e micronutrientes da alface com adubação orgânica.....	56
Figura 11 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados no rabanete nos dois ciclos do experimento com adubação mineral.....	57
Figura 12 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados no rabanete nos dois ciclos do experimento com adubação orgânica.....	57
Figura 13 - Produtividade do rabanete para os diferentes tratamentos nos dois ciclos do experimento.....	58
Figura 14 - Exemplares de rabanete nos diferentes tratamentos com adubação orgânica.....	60
Figura 15 - Exemplares de rabanete nos diferentes tratamentos com adubação convencional.	61
Figura 16 - Resultado da análise do tecido vegetal para macro e micronutrientes do rabanete com adubação mineral.	63
Figura 17 - Resultado da análise do tecido vegetal para macro e micronutrientes do rabanete com adubação orgânica..	64
Figura 18 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados na salsinha nos dois ciclos do experimento com adubação mineral	65
Figura 19 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados na salsinha nos dois ciclos do experimento com adubação orgânica.....	66
Figura 20 - Produtividade da salsinha para os diferentes tratamentos nos dois ciclos do experimento.....	67

Figura 21 - Resultado da análise do tecido vegetal para macro e micronutrientes da salsinha com adubação mineral..	68
Figura 22 - Resultado da análise do tecido vegetal para macro e micronutrientes da salsinha com adubação orgânica..	69
Figura 23 - Lâmina total aplicada nos tratamentos que receberam AR nos dois ciclos do experimento..	70
Figura 24 - Nutrientes (N, P e K) presentes na água residuária.....	70
Figura 25 - Aporte nutricional fornecido pela AR e recomendação de adubação para as culturas do experimento nos dois ciclos do experimento.	71

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA

Tabela 1 - Informações referentes aos dados do aplicativo.....28

Tabela 2 - Banco de dados de adubos presentes no aplicativo.....31

CAPÍTULO 2 - VALIDAÇÃO DO APLICATIVO “RESIDUFERTI” PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA

Tabela 1 - Caracterização inicial do solo.43

Tabela 2 - Caracterização do solo no início do segundo ciclo do experimento.....43

Tabela 3 - Detalhes da condução das culturas.....47

Tabela 4 - Detalhes sobre os diferentes tratamentos do experimento.48

Tabela 5 - Resultado das análises microbiológicas da água residuária (AR) nos dois ciclos do experimento.....49

Tabela 6 - Estimativa da economia em porcentagem e reais por hectare para os macronutrientes das culturas conforme cotação realizada em Botucatu/SP em 2021 para os tratamentos com adubação convencional nos dois ciclos do experimento. .72

Tabela 7 - Estimativa da economia em porcentagem e reais por hectare das culturas conforme cotação realizada em Botucatu/SP em 2021 para os tratamentos com adubação orgânica nos dois ciclos do experimento.72

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	21
CAPÍTULO 1 - DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA.....	24
1.1 INTRODUÇÃO	24
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
1.4 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	40
CAPÍTULO 2 - VALIDAÇÃO DO APLICATIVO “RESIDUFERTI” PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA.....	42
2.1 INTRODUÇÃO	42
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
2.2.1 Tratamento da água residuária.....	44
2.2.3 Sistema de irrigação	45
2.2.4 Manejo da irrigação.....	46
2.2.5 Condução das culturas	46
2.2.6 Delineamento experimental e análise estatística.....	47
2.2.7 Variáveis analisadas	48
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
2.3.1 Tratamento da água residuária.....	49
2.3.2 Alface.....	50
2.3.4 Rabanete	57
2.3.5 Salsinha.....	64
2.3.6 Análise econômica	69
2.4 CONCLUSÃO	72
REFERÊNCIAS.....	74
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
REFERÊNCIAS	79

INTRODUÇÃO GERAL

Produzindo alimentos fundamentais para a população, a horticultura é uma atividade primordial, e no Brasil esse sistema de produção vem passando por alterações para se adaptar às modernizações de forma a garantir produtividades e qualidade elevadas. Compostas de nutrientes, fibras, vitaminas e minerais que combatem doenças e com baixo teor de calorias, as hortaliças são de suma importância na dieta do brasileiro, e são a fonte de nutrientes essenciais para a alimentação da população (BRANCO e ALCANTRA, 2012).

Localizada na região Sul e Sudeste do país, a maior parte das propriedades que tornam o Brasil destaque na horticultura é considerada de base familiar, sendo responsável pela produção de renda e emprego. No contexto atual, a produção aumentou consideravelmente sem o aumento da área cultivada, que em 2015 era cerca de 800 mil hectares (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2015).

Dados da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) mostram que o consumo de hortaliças vem aumentando, tal como os requisitos de qualidade do consumidor. Como consequência, as pesquisas e geração de tecnologias envolvendo a produção de hortaliças vem permitindo o progresso e gerando cada vez mais estímulos na diversificação e na produção de qualidade hortícola (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS, 2015).

A produção brasileira de hortaliças, também dependente da irrigação, cresce a cada ano,, e em termos de tipo de irrigação, o sistema de irrigação localizada está frequentemente ligado à produção hortícola por apresentar um melhor aproveitamento da água, assegurando maiores produtividades (TESTEZLAF e MATSURA, 2015).

A irrigação localizada baseia-se na aplicação localizada da água no solo junto as raízes das plantas, de forma que o volume de solo molhado é reduzida, assegurando menor perda por evaporação. Além disso, menor uso de mão de obra no campo, facilidade para aplicar adubos, altamente adaptável em diferentes solos e topografias, menor evaporação da água aplicada, maior aproveitamento hídrico e o auxílio no controle fitossanitário (FRIZZONE, 2015; SILVA, FOLEGATTI & DUARTE 2015).

Frente às mudanças climáticas dos últimos anos, surge a necessidade de uma alternativa de fonte hídrica para irrigação. O reúso de água na agricultura vem sendo estudado nos últimos anos como uma possibilidade de substituição da água de fontes

mais nobres. Encontra-se na literatura diversas pesquisas com esse tema, e todas evidenciam os diversos benefícios que esta prática oferece (CUBA et al., 2015; BEDBABIS et al., 2015; ALLENDE; MONAGHAN, 2015; MAKKAEW et al., 2016; GATTA et al., 2016; URBANO et al., 2017; EREGNO et al., 2017; BENEDUCE et al., 2017; LIBUTTI et al., 2018; CARVALHO et al., 2018).

Para ser utilizada na irrigação, a água de reúso deve seguir as diretrizes da Organização Mundial da Saúde em relação aos parâmetros microbiológicos da mesma (WHO, 1989). Para isso, a mesma deve sempre passar por alguma forma de tratamento visando atender essas recomendações.

Existem inúmeras formas de tratamento, uma delas utiliza a radiação ultravioleta (RUV). Esse sistema de desinfecção atua na remoção de microrganismos, como por exemplo os coliformes fecais. A RUV atua diretamente no DNA, resultando na quebra nas ligações das fitas do DNA (DANIEL e CAMPOS, 1993; SANTOS, 2019). Queluz e Sánchez-Román (2014) desenvolveram uma forma de tratamento que utiliza dessa radiação para tratar águas residuárias com o intuito de torná-las aptas para o uso na irrigação. O SODIS (*Solar Disinfection*), consiste em um reator no formato de cone invertido, pintado de cor preta.

O reúso de água na irrigação, além de ser uma alternativa para o uso de água, pode reduzir os custos da produção, principalmente os relacionados com os fertilizantes, em função da possibilidade de substituição total e/ou parcial de fertilizantes devido à carga nutricional presente neste tipo de efluente (CAPRA; SCICOLONE, 2004). A nível mundial já existem países com áreas agrícolas que utilizam efluentes tratados como fonte de irrigação, México, Chile, China, Índia, Alemanha, Israel, Espanha, França e Estados Unidos são exemplos disso (KIZILOGLU et al., 2007; GUPTA et al., 2009; QADIR et al., 2010; BICHAI et al., 2012; PERVEEN et al., 2012). Entretanto, o produtor carece de ferramentas que possibilitem a realização de cálculos visando tirar vantagem deste fato. Essa demanda pode ser facilmente suprida através do uso de tecnologias computacionais, como softwares e aplicativos para dispositivos móveis.

Dito isso, os objetivos deste trabalho foram i) desenvolver uma ferramenta simples, de baixo custo e eficaz para auxiliar a tomada de decisões de produtores rurais que desejam utilizar água residuária na propriedade e tirar o máximo de vantagem da mesma. ii) desenvolver e validar um aplicativo para dispositivo móvel capaz de realizar os cálculos de adubação considerando a carga nutricional presente

na água residuária utilizada na irrigação de hortaliças, iii) comparar o efeito da utilização de um efluente secundário da estação de tratamento de esgoto tratado com sistema de desinfecção solar como fonte de irrigação em dois sistemas de produção de hortaliças, convencional e orgânico.

CAPÍTULO 1

DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA

1.1 INTRODUÇÃO

Com tendência de alto crescimento, a tecnologia móvel vem influenciando uma nova forma de entrega de informações através da interatividade com seus usuários. O avanço da tecnologia dos smartphones e tablets resultou em uma mudança na forma de se comunicar, nos setores de comércio, financeiro, entretenimento, entre outras indústrias (SILVA, 2014; TANAKA, 2019).

Os aplicativos acompanham a evolução dos aparelhos móveis, que atualmente possuem elevada tecnologia de processamento, tendo inclusive potência de um computador pessoal, fazendo com que seja possível coletar e processar dados em campo, poupando tempo no processo ao qual o aplicativo é destinado e assim agilizando a aplicação da ação que for determinada (AQUINO et al., 2019).

Buscando cada vez mais potencializar isso em qualquer lugar, sejam áreas urbanas ou rurais, o aplicativo móvel pode contar com um vasto banco de dados que ficará instalado na memória do aparelho, não sendo necessário o uso da internet para acesso à tais dados, o que facilita o uso do mesmo em locais distantes de áreas de cobertura de internet ou conexão limitada (OLIVEIRA, EVAGELISTA e ROMANI, 2018).

Essa evolução do hardware dos smartphones permite fornecer aos usuários instrumentos que vão além da comunicação, através do desenvolvimento de aplicativos equipados com recursos e serviços úteis a diversos tipos de usuários nas mais diversas áreas da sociedade (ALMEIDA et al., 2016; BOSOKI et al., 2017)

O uso de softwares na agricultura vem crescendo de forma a facilitar as diversas operações realizadas por agricultores, desde produção de sementes, mudas, adubação, manejo da irrigação, estimativa de produtividade, entre outros. Na literatura é possível encontrar trabalhos que utilizam softwares para auxiliar o manejo da irrigação e a tomada de decisão do produtor (GARCIA, 2021).

Simunek, Sejna e Genuchten (1999) estudaram o Hydrus-2D, que permite analisar o movimento da água no solo; Raes et al. (2008) apontam o AquaCrop como software que permite estimar a produção de culturas agrícolas com base no

suprimento de água fornecido a mesma; Queiroz, Botrel e Frizzone (2008) desenvolveram um software para aplicação, monitoramento e controle de sistemas do tipo pivô central; Albuquerque, Faria e Coelho (2011) apresentam o IrrigaFacil, ferramenta que utiliza uma série de dados climáticos históricos para gerar dados de evapotranspiração de referência (ET_c) e mostrando ao irrigante um calendário de irrigação; Fietz et al. (2011) avaliaram o software IRRIWEB que quantifica em tempo real a umidade do solo, permitindo a realização do balanço hídrico; Ventura, Alves e Sánchez-Román (2016) avaliaram a utilização do software CROPWAT-FAO em hortaliças, que através de dados da cultura, clima e solo produz um calendário de irrigação e informações relativas a evapotranspiração da cultura.

Neste cenário, a carência de ferramentas de software e a necessidade de agilizar a tomada de decisão, vê-se a necessidade de criação de aplicativos que auxiliem no manejo da aplicação de fertilizantes aliados ao uso de água residuária. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um aplicativo a fim de realizar o manejo da adubação mineral de forma facilitada com base em informações fornecidas pelo produtor (cultura, data de plantio, tipo de solo, local de plantio, entre outras), capaz de fornecer respostas considerando as características físico-químicas da água residuária utilizada na irrigação, criando um cronograma de aplicação de fertilizante considerando as fases fenológicas/necessidade da cultura aliado à frequentes análises físico-químicas da água residuária.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido na Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus Botucatu, SP. A base teórica dos cálculos e a programação foi realizada em parceria com a seção de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica do Instituto de Desenvolvimento Regional da *Universidad Castilla La Mancha*, Albacete/Espanha. O dispositivo utilizado foi um computador portátil MacBook Pro da marca Apple com microprocessador Intel Core i7 Quad-Core, 8 GB (Giga byte) de memória RAM (Random-access memory).

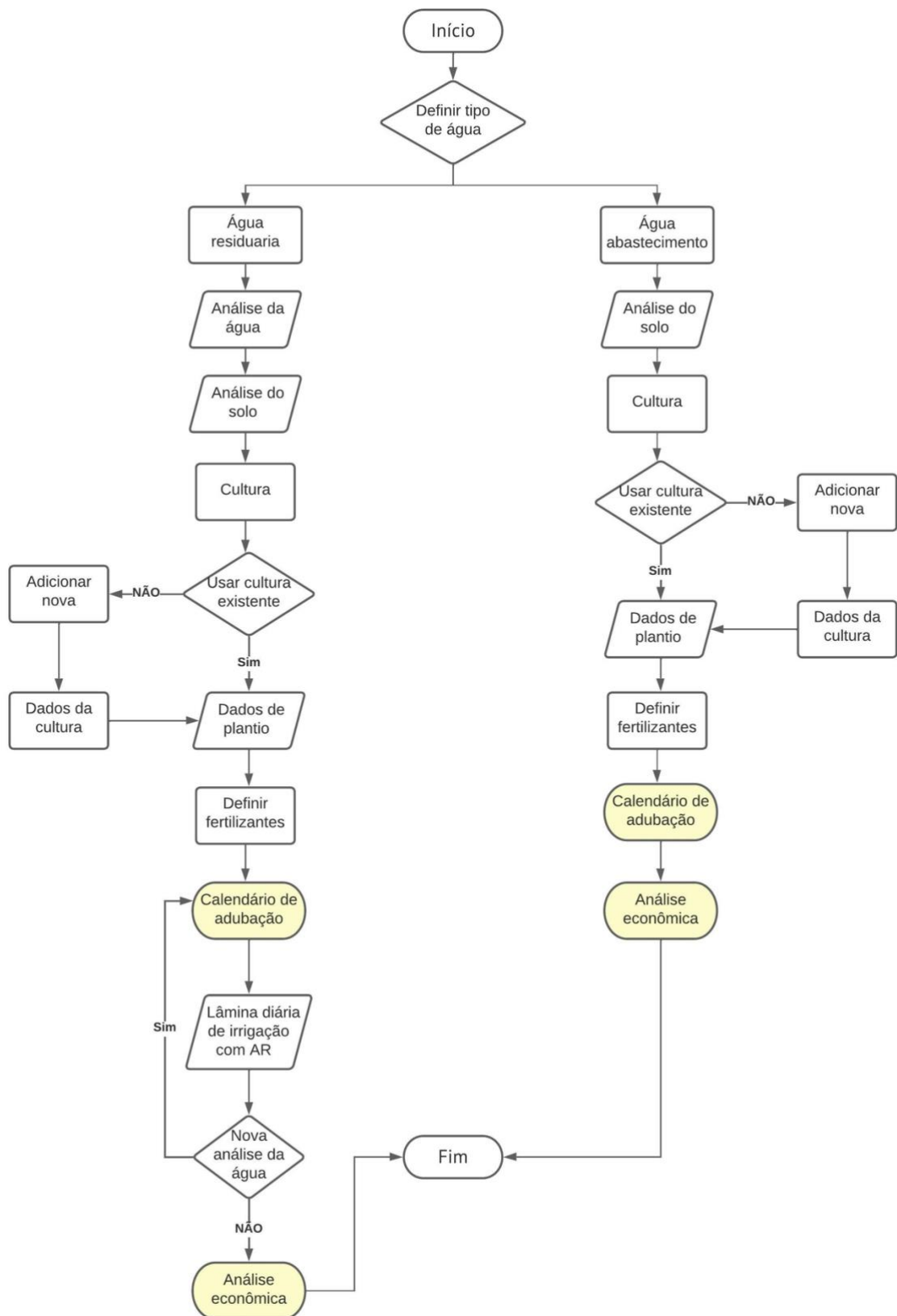
O desenvolvimento do aplicativo se deu através de um kit de desenvolvimento de software, ou *software development kit* (SDK), chamado IONIC, que consiste em um SDK de código aberto completo para o desenvolvimento de aplicativos móveis

híbridos, uma tecnologia amplamente adotada para o desenvolvimento de aplicativos móveis de plataforma cruzada e permite a criação de aplicativos na linguagem HTML (HyperText Markup Language), JavaScript e CSS (Cascading Style Sheets).

A escolha deste método se deu devido à possibilidade de utilizar somente um código-fonte, e mesmo assim disponibilizar o aplicativo em diversos sistemas operacionais (iOS, Android, Symbian, etc).

Na Figura 1 está o fluxograma utilizado para o desenvolvimento do código base do aplicativo.

Figura 1 - Fluxograma básico do aplicativo.



Fonte: Própria do autor.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão listadas as variáveis envolvidas nos cálculos realizados pelo aplicativo.

Tabela 1. Informações referentes aos dados do aplicativo.

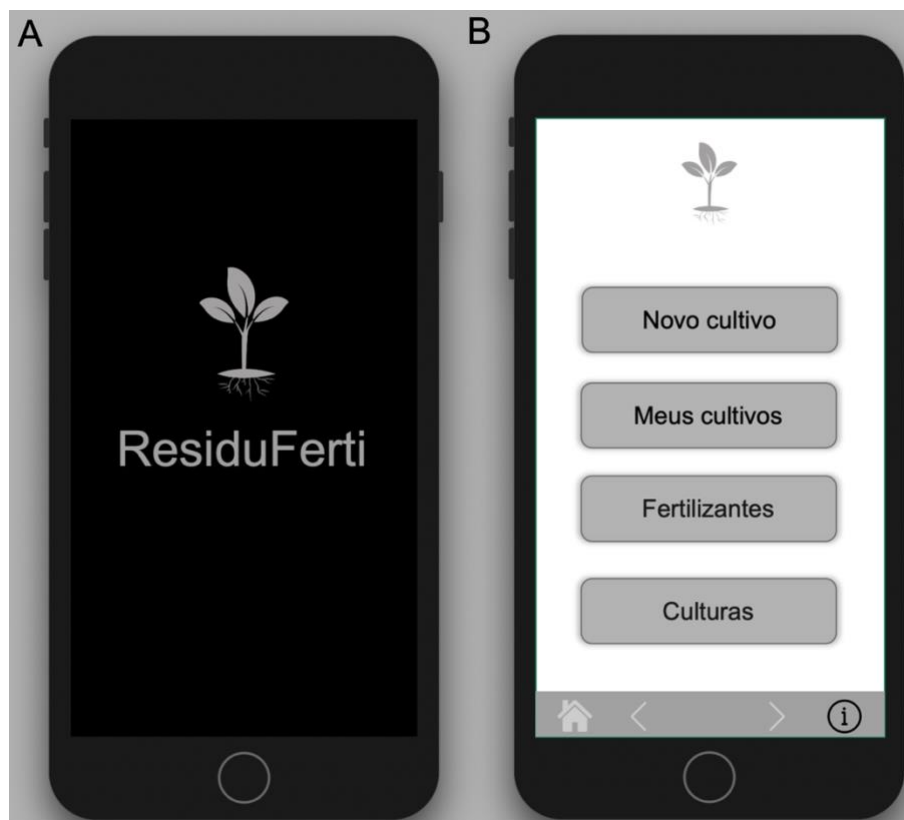
Dados do sistema	Inputs	Outputs
	Cultura	
Recomendações de adubação	Área do cultivo	Calendário de adubação
Composição e teores de nutrientes de fertilizantes comerciais	Data de plantio	
	Análise do solo	Quantidade de fertilizante a ser aplicado
Preço médio dos fertilizantes	Análise da água residuária (AR)	
	Tipo de adubação	Economia
	Fertilizantes	
	Lâmina de irrigação	

Fonte: Própria do autor.

Durante o desenvolvimento, priorizou-se a não utilizar funcionalidades como acesso a internet, imagens 3D e com alta resolução, visando que o aplicativo pudesse ser compatível com uma gama maior de dispositivos. Os requisitos mínimos do aplicativo para o funcionamento são: aparelho celular com tela do tipo touch, sistema operacional Android 5.0 ou superior, 1 GB de memória RAM, memória interna de pelo menos 8 GB.

A tela inicial conta com o nome e logo (Figura 2A). O menu inicial conta com as opções de iniciar um novo cultivo, acompanhar um cultivo existente, e as opções para observar o banco de dados do aplicativo, culturas e fertilizantes (Figura 2B).

Figura 2 - Tela de início e menu inicial.



Abaixo estão a captura de imagem das informações do banco de dados do aplicativo, na Figura 3 estão as culturas e na Figura 4 os fertilizantes. Para efeito da pesquisa atual, o sistema conta com um banco de dados com informações de somente algumas hortaliças, e suas necessidades nutricionais. O banco de dados dos fertilizantes foi construído com base nos principais adubos disponíveis e mais utilizados para hortaliças, e suas informações nutricionais foram obtidas na literatura.

Figura 3 - Banco de dados de culturas e informações pertinentes aos cálculos de adubação.

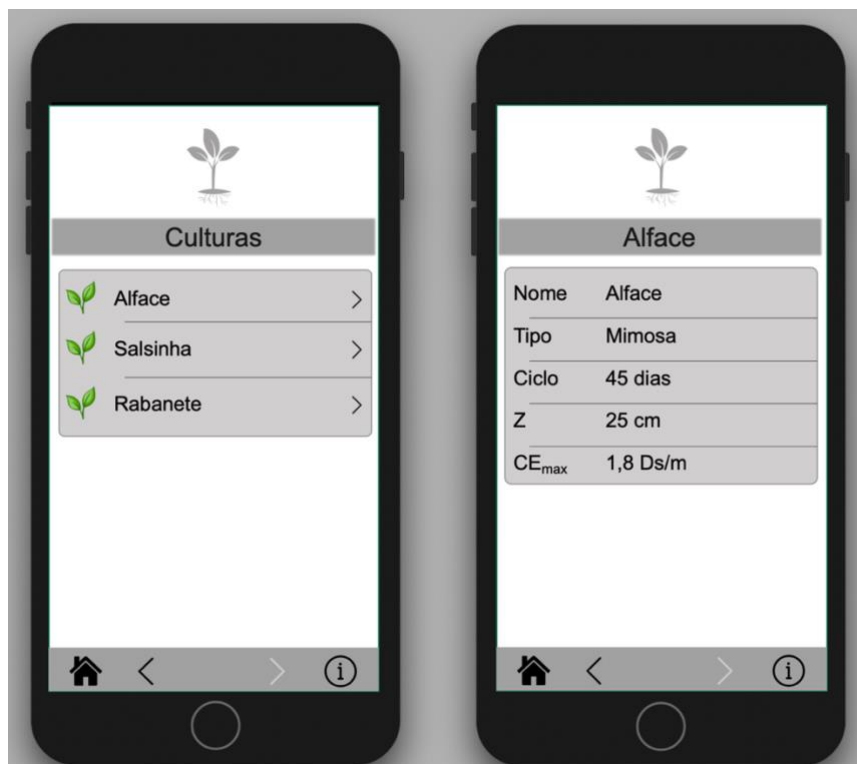


Figura 4 - Banco de dados de adubos comerciais mais utilizados e seus teores nutricionais.



O aplicativo conta com um banco de dados com os principais adubos utilizados no Brasil, e suas porcentagens dos macronutrientes (N, P e K), como pode ser observado na Tabela 2.

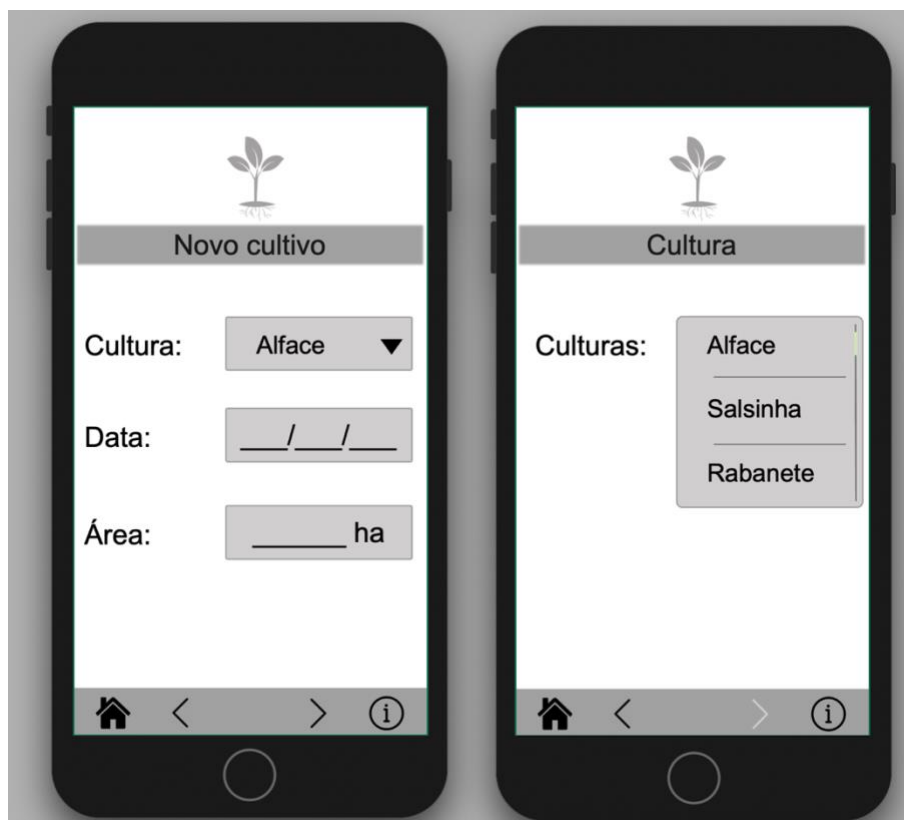
Tabela 2. Banco de dados de adubos presentes no aplicativo.

Adubo	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	----- % -----		
Cloreto de amônio	25	0	0
Nitrato de amônio	32	0	0
Nitrato de cálcio	14	0	0
Nitrato de sódio	15	0	0
Sulfato de amônio	20	0	0
Uréia	45	0	0
Fosfato natural	0	4	0
(MAP) Fosfato monoamônico	9	48	0
Fosfato natural parcialmente acidulado (clorídrico)	0	18	0
Fosfato natural parcialmente acidulado (DAP) Fosfato diamônico	0	18	0
Fosfato natural reativo	16	45	0
Fosmag	0	9	0
Superfostato simples	0	20	0
Superfosfato triplo	0	18	0
Cloreto de potássio	0	41	0
Sulfato de potássio	0	0	58
Nitrato de potássio	0	0	58
Esterco bovino curtido	13	0	44
Húmus de minhoca	2	3	3
	5	13	2

Fonte: Própria do autor.

Na Figura 5 está a captura de tela para iniciar um novo cultivo, o primeiro passo do uso do aplicativo. Na imagem mostra os primeiros dados de entrada necessários, cultura, data e área de plantio. O item cultura é inserido através da seleção em uma lista das culturas já disponíveis no banco de dados do aplicativo. Cada dado de entrada tem uma função nos cálculos, a cultura define a necessidade nutricional e consequentemente a quantidade de adubo a ser aplicado, com base na recomendação preconizada por instituições de pesquisa como Embrapa e Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) (TRANI et al., 2014; YURI et al., 2016).

Figura 5 - Tela de adição de um novo cultivo no aplicativo.



A data de plantio inserida é utilizada para definir as datas das adubações, sendo que os períodos e intervalos de adubação são definidos segundo dados da literatura (TRANI et al., 2014; YURI et al., 2016). A área de plantio define a quantidade de adubo a ser aplicada, já que as recomendações são dadas em quilograma por hectare (kg/ha), o custo e economia final dada em reais por hectare (R\$/ha).

A Figura 6 mostra o segundo passo, a inserção da análise do solo. As informações necessárias são os teores de matéria orgânica (g/dm^3), fósforo (P_{resina} - mg/dm^3) e potássio (K - mmolc/dm^3). Segundo Trani et al. (2014) a recomendação correta da adubação deve ser feita com base nos teores encontrados na análise do solo, de forma a garantir que a cultura vá receber a quantidade necessária de nutrientes para seu máximo desenvolvimento, desta forma esses valores da análise do solo são utilizados na definição da recomendação de adubação de base e de cobertura.

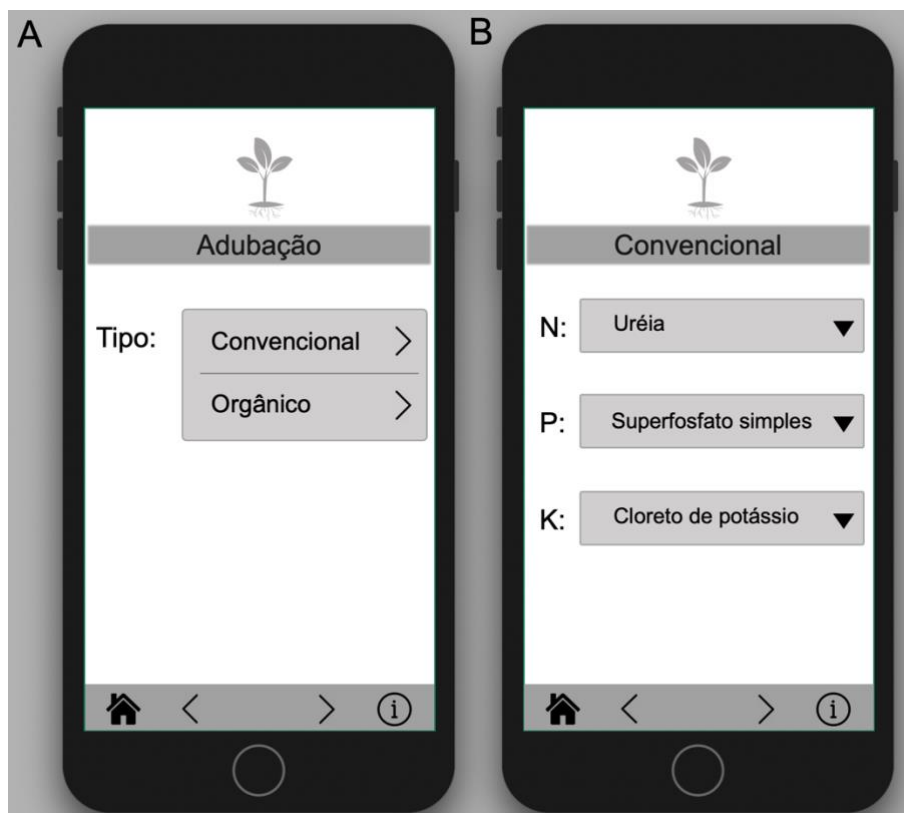
Figura 6 - Tela de inclusão dos dados da análise do solo.



The image shows a smartphone screen with a white background. At the top center is a small icon of a plant with three leaves. Below the icon is a grey rectangular bar containing the text "Análise do solo" in white. Underneath this bar are three input fields, each consisting of a label followed by a text box and a unit. The first is "MO: " followed by a text box and "g/dm³". The second is "P: " followed by a text box and "mg/dm³". The third is "K: " followed by a text box and "mmolc/dm³". At the bottom of the screen is a grey navigation bar with four icons: a home icon (house), a back arrow, a forward arrow, and an information icon (i in a circle).

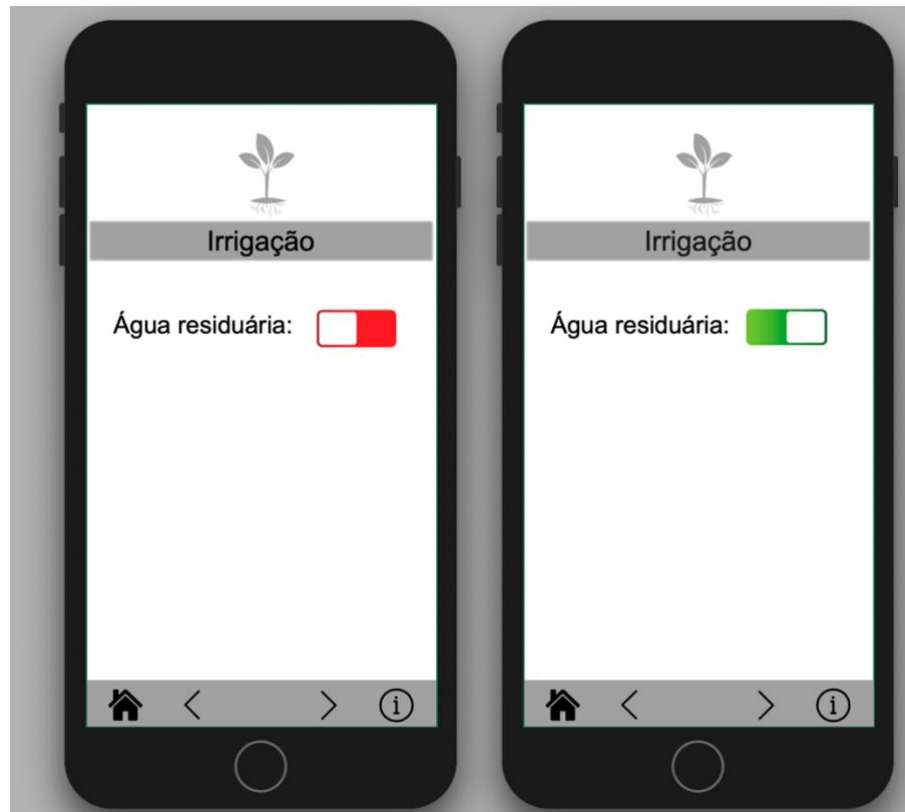
O terceiro passo é decidir o tipo de adubação que será utilizada no cultivo e os respectivos adubos. O aplicativo apresenta duas opções, adubação mineral ou orgânica (Figura 7A), e essa escolha define a lista de adubos comerciais disponíveis no banco de dados do aplicativo (Figura 7B). A escolha dos adubos está relacionada com os teores dos macronutrientes presentes nos mesmos. O banco de dados com os teores dos elementos dos principais adubos utilizados na horticultura foram definidos baseados em dados comerciais e da literatura (TRANI et al., 2014).

Figura 7 - Tela para definição do tipo de adubação e fertilizantes a serem utilizados.



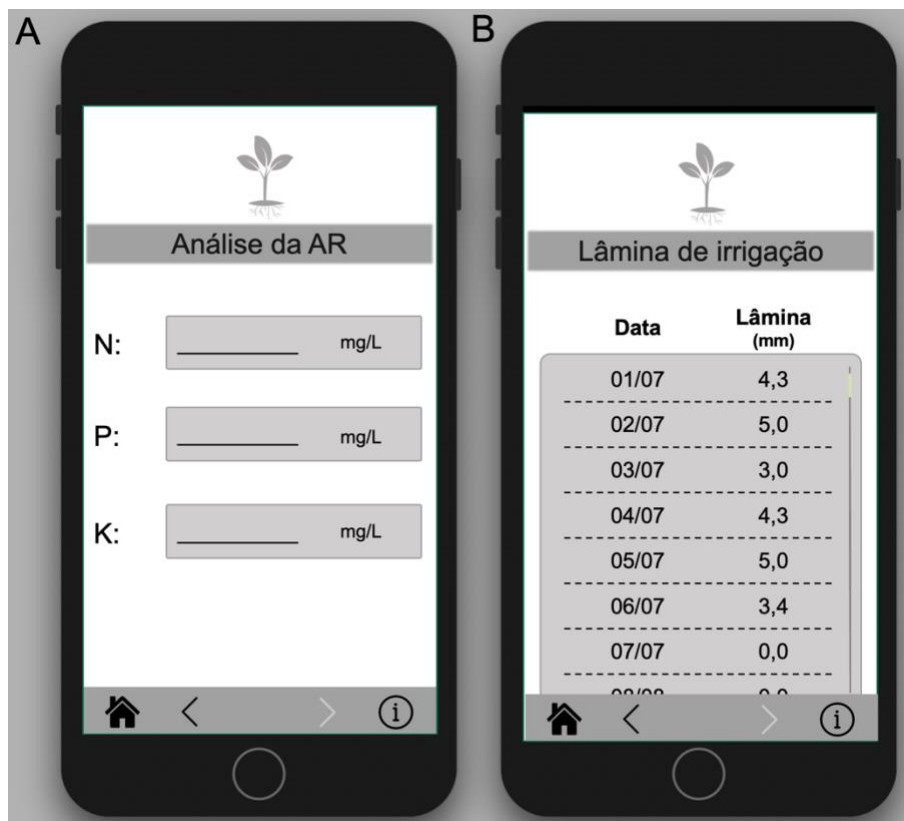
O quarto passo é definir se será utilizado água residuária na irrigação da cultura (Figura 8). Caso a resposta seja negativa, o aplicativo apresenta o resultado final de recomendação de adubação no formato de calendário, caso a resposta ao uso da AR seja positiva, condiciona os próximos passos do aplicativo.

Figura 8 - Tela de seleção sobre o uso de água residuária.



No uso de AR, o usuário deve inserir dois dados de entrada adicionais, a análise nutricional da AR (Figura 9A) e a lâmina de irrigação. A análise da água é utilizada para calcular o aporte nutricional fornecido pela irrigação, e para isso durante o ciclo o usuário deve inserir a lâmina de irrigação diária, em milímetros (mm), obtida da forma que o mesmo achar mais conveniente (Figura 9B), para que o aplicativo calcule a dose de nutrientes aplicada via irrigação.

Figura 9 - Tela de inclusão dos dados da análise da água residuária e lâmina de irrigação.



Para garantir que os dados da água residuária utilizada fossem sempre o mais precisos possíveis, foi realizada a análise físico-química a cada 10 dias, para determinação dos parâmetros nutricionais (Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre), com subsequente atualização destas informações no aplicativo. A cada atualização destes dados, o aplicativo recalculava o calendário de adubação para condizer as novas condições químicas da AR. Caso o usuário não atualize os dados da AR, o aplicativo considera as informações iniciais inseridas até o final do ciclo.

O resultado final do aplicativo é calculado conforme as Equações 1 e 2, e é apresentado no formato de calendário de adubação (Figura 10), e no caso do uso de AR, no final do ciclo a economia total ocasionada pelo aporte nutricional da irrigação (Figura 11).

Se o teor aplicado com AR for maior que a recomendação pra cultura, a economia é considerada 100%, caso o teor for menor é utilizado a equação 1 para determinar a porcentagem de economia de cada macronutriente.

$$E = \frac{AR * 100}{R} \quad (1)$$

Onde: E = Economia em %; AR = quantidade do nutriente aplicado com AR em kg/ha; e R = recomendação do nutriente para a cultura em kg/ha.

Para a determinação da economia em reais/hectare foi utilizado a equação 2.

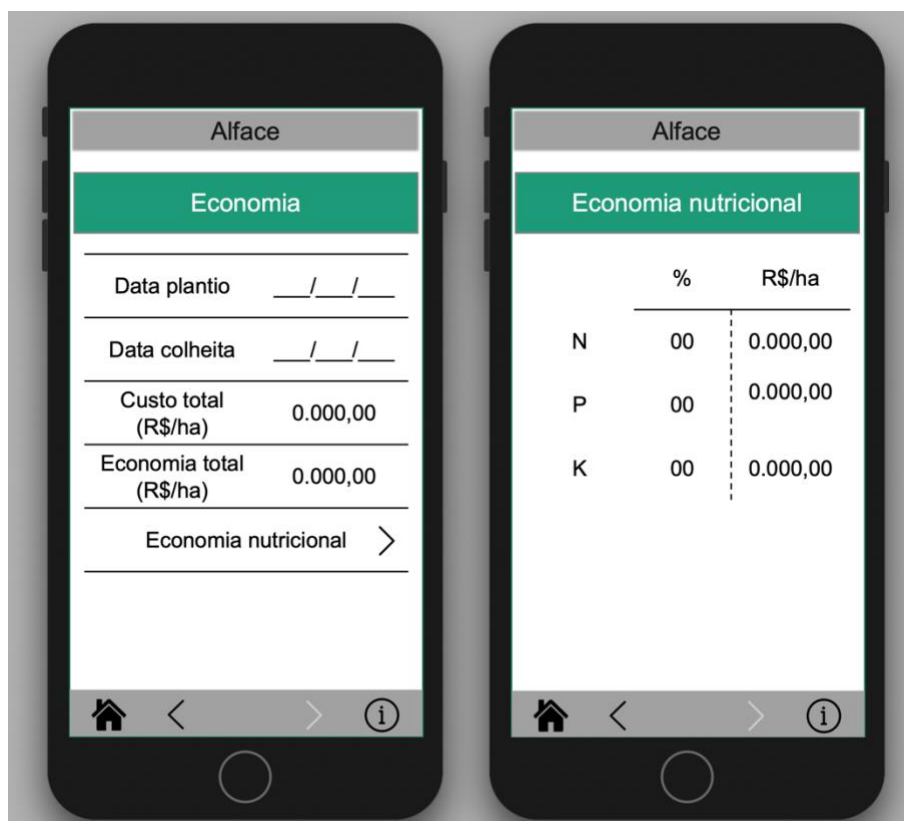
$$E = AR * P \quad (2)$$

Onde: E = Economia em R\$/ha; AR = quantidade do nutriente aplicado com AR em kg/ha; e P = preço do fertilizante em R\$/kg.

Figura 10 - Resultado final apresentado em forma de calendário de aplicação.



Figura 11 - Relatório final de economia.



1.4 CONCLUSÃO

O kit de desenvolvimento de software utilizado permitiu desenvolver o aplicativo proposto de forma fácil e eficaz, com uma interface simples que possibilita o usuário utilizá-lo de forma clara. A utilização é feita com dados simples que o produtor obtém sem muita dificuldade.

O aplicativo realiza todos os cálculos baseado na fertilidade do solo informada pelo usuário e nas recomendações para as culturas na literatura e se mostrou uma ferramenta de apoio útil para agricultores, agrônomos e técnicos agrícolas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P. E. P.; FARIA, C. M.; COELHO, E. A. **Utilização do Software Irrigafácil para Manejo de Irrigação**. 2011. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/919820/1/doc128.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2017.
- ALMEIDA, A. N.; COSTA, J. O.; GRECCO, K.; ALVES, B. Modelo computacional para manejo da fertirrigação em sistemas de microirrigação. **Geama**, S.L., v. 4, n. 1, p. 30-39, mar. 2016.
- AQUINO, J. V. et al. Aplicativo móvel para calculo de infiltração de água no solo utilizando m todo dos anéis concêntricos. Orientador: Tonny José de Araújo. 39 f. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Rondon polis-MT, 2019.
- BOSOKI, R. *et al.* OTIMIZAÇÃO ECONÔMICA NA SELEÇÃO DE FERTILIZANTES EM PROPRIEDADES RURAIS. **Global Science And Techonology**, Rio Verde, v. 10, n. 2, p. 1-12, ago. 2017.
- FIETZ, C. R. et al. IRRIWEB: FERRAMENTA PARA DEFINIR O MANEJO RACIONAL DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15., 2011, Cuiabá. **Anais...**. Cuiabá: Sebo, 2011
- GARCIA, R. B. G. **Software para fertirrigação da cultura do morangueiro**. 2021. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas de Produção na Agropecuária, Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, 2021.
- OLIVEIRA, E. de S.; EVANGELISTA, S. R. M.; ROMANI, L. A. S. Aplicativo para consulta interativa e otimizada ao Zoneamento Agrícola de Risco Climático. In: **Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: MOSTRA DE ESTAGIÁRIOS E BOLSISTAS DA EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA, 14., 2018, Campinas. Resumos expandidos... Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- QUEIROZ, T. M.; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A. DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE E HARDWARE PARA IRRIGAÇÃO DE PRECISÃO USANDO PIVÔ CENTRAL. **Eng. Agrícola**, Jaboticabal,, v. 28, n. 1, p.44-54, jan. 2008.
- RAES, D. et al. AquaCropThe FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: II. Main Algorithms and Software Description. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 101, n. 3, p.438-448, 2009. American Society of Agronomy. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2008.0140s>.
- SILVA, A. A. V. **DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES EM MEDICINA E AGRONOMIA UTILIZANDO LÓGICA FUZZY E NEURO FUZZY**. 2014. 75 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2014.

SIMUNEK, J.; SEJNA, M.; GENUCHTEN, M.T. The Hydrus-2D software package for simulating the two-dimensional movement of water, heat and multiple solutes in variably-saturated media. Version 2.0. USDA, ARS, USSSL, Riverside, USA. 1999. 227p.

TANAKA, A. H. A. **ACEITABILIDADE NO USO DE APLICATIVO MÓVEL PARA DETERMINAÇÃO DE ADUBAÇÃO E CALAGEM DE PLANTAS FRUTÍFERAS**. 2019. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Capanema, 2019.

TRANI, P.E.; PURQUIRIO, L.F.V.; FIGUEIREDO, B.G.J.; TIVELLI, S.W.; BLAT, S.F. **Calagem e adubação da alface, almeirão, agrião d'água, chicória, coentro, espinafre e rúcula**. Campinas: IAC, 2014.

VENTURA, K, M.; ALVES, D. A. S.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M. CROPWAT SOFTWARE APPLICATION FOR GROWING VEGETABLES IN BOTUCATU, SP. In: INOVAGRI, 3., 2016, Concepcion. **Proceedings**. Concepcion: Inovagri, 2016. p. 864 - 870.

YURI, J. E; MOTA, J. H; RESENDE, G. M; SOUZA, R. J. NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DA CULTURA DA ALFACE. In: PRADO, Renato de Mello; CECILIO FILHO, Arthur Bernardes (ed.). **NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS**. Jaboticabal: Funep, 2016. p. 1-12.

CAPÍTULO 2

VALIDAÇÃO DO APLICATIVO “RESIDUFERTI” PARA MANEJO DA ADUBAÇÃO MINERAL ASSOCIADO À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA

2.1 INTRODUÇÃO

A agricultura é reconhecidamente a atividade humana que possui a maior demanda por água, cerca de 60% de todo volume captado, sendo 52% destinados à irrigação (ANA, 2019).

A irrigação não deve e não pode competir com o uso da água reservada ao abastecimento doméstico, que sempre será a maior prioridade. De acordo com a Lei Federal nº 9.433/97 que implantou a Política Nacional de Recursos Hídricos, em casos de escassez hídrica, o principal uso dos recursos deve ser o consumo humano seguido pela dessedentação de animais.

Desta forma, a água para irrigação ficará cada vez mais limitada e com qualidade inferior ao recomendado, isso torna necessário uma adaptação das técnicas de irrigação às condições atuais e futuras. Neste contexto, o reuso de águas residuárias para irrigação vem se tornando uma técnica bastante estudada e recomendada em todo o mundo por diversos pesquisadores como alternativa viável para suprir as necessidades hídricas e nutricionais das plantas (CAPRA e SCICOLONE, 2004).

O Brasil representa a nona maior área irrigada do mundo (FAO, 2012), entretanto existe um grande potencial de irrigação a ser explorado (FAO, 2015), até 2014 sua área irrigada correspondia a 6,1 milhões de hectares. De acordo com os censos IBGE e ANA a irrigação cresceu no país a taxas de 4,4% e 7,3% ao ano de 1960 a 2014 (ANA, 2014).

Rica em nutrientes, a água residuária tratada oferece além do suprimento hídrico da cultura, uma parte das necessidades nutricionais das mesmas, desta forma é necessário considerar essa carga nutricional quando utilizando essa fonte de água. Vários trabalhos na literatura descrevem a possível economia de fertilizantes nesta situação, e valores de produtividade superiores quando a aplicação de fertilizantes é realizada sem considerar a água residuária.

Durante o cálculo de adubação, o teor nutricional pode ser considerado afim de promover uma economia na quantidade final de fertilizantes a ser aplicada, porém

devido a complexidade dos cálculos para o usuário, essa prática ainda não é realizada pelos produtores (SINGH; DESHBHRATAR; RAMTEKE, 2012; SOUZA et al., 2015; NASCIMENTO et al., 2019; BARROS et al., 2015; BISWAS; LONE; KIRMANI, 2018; MOJID, 2018; MEDEIROS et al., 2018; MELO et al., 2018).

O objetivo deste trabalho foi validar a campo, com diferentes espécies hortícolas, o aplicativo “ResiduFerti” desenvolvido para ser uma ferramenta que facilite o cálculo da adubação por produtores que utilizem água residuária na irrigação.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi executada na área de pesquisa do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP, campus Botucatu-SP localizado nas coordenadas 22°51'09.5"S de latitude e 48°25'49.6"W de longitude, e a 786 m de altitude, durante o período de 07/2021 a 11/2021.

O clima do local é Cwa, temperado quente (mesotérmico), úmido, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média do mês mais quente do ano é superior a 22°C e a média anual em torno de 20,5°C. A precipitação pluvial total média é de 1.428 mm (CUNHA & MARTINS, 2009).

Foram realizadas duas coletas e análise de amostras na camada 0 – 20 do solo da área experimental, a primeira (Tabela 1) antes da instalação do experimento para determinação da adubação de base, e a segunda (Tabela 2) antes do início do segundo ciclo do experimento.

Tabela 1. Caracterização inicial do solo.

pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-	g/dm ³	mg/dm ³	-----	mmolc/dm ³	-----	-----	-----	-----	%	-----	-----	mg/dm ³	-----	-----	-----
5,2	21	14	27	1,9	45	12	43	70	61	9,0	0,4	3,0	11	5,4	1,5

Fonte: Própria do autor.

Tabela 2. Caracterização do solo no início do segundo ciclo do experimento.

pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-	g/dm ³	mg/dm ³	-----	mmolc/dm ³	-----	-----	-----	-----	%	-----	-----	mg/dm ³	-----	-----	-----
5,7	34	19	19	2,4	41	16	67	75	69	13,5	0,9	3,0	9	3,4	2,1

Fonte: Própria do autor.

2.2.1 Tratamento da água residuária

Foi utilizado como água residuária (AR) o efluente secundário da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Sabesp de Botucatu/SP, transportado através de um caminhão pipa até a área experimental, onde o mesmo era armazenado em uma caixa d'água de 5000 litros.

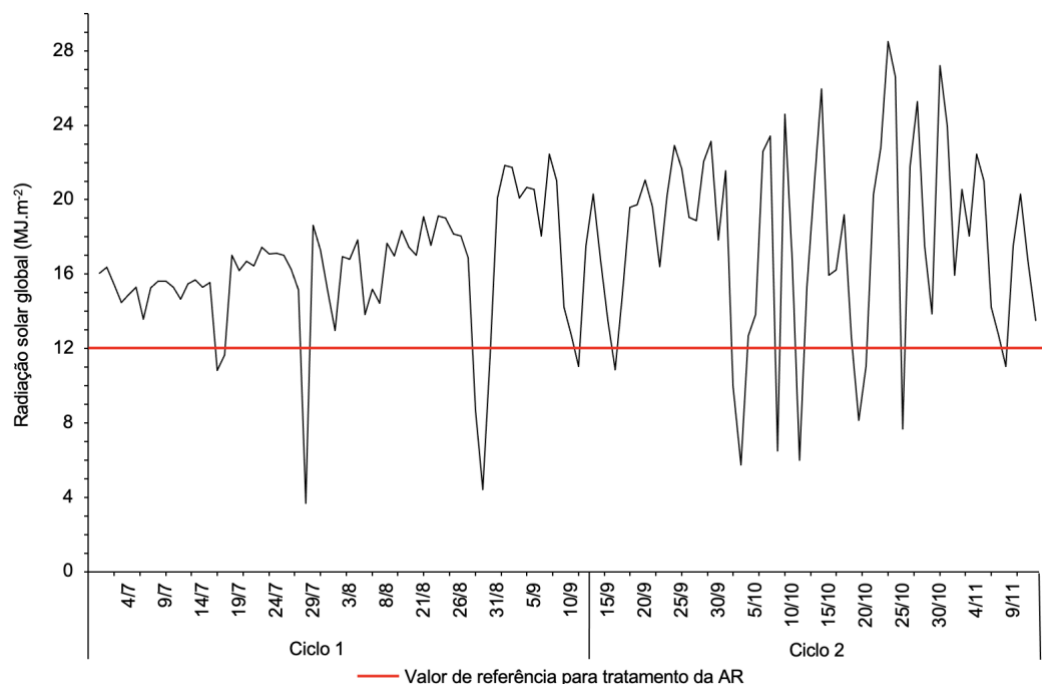
Para o tratamento da AR foi utilizado o sistema de desinfecção solar (SODIS), conforme descrito em Santos (2019) e Silva (2019) (Figura 1). O sistema consiste em um reator de concreto em formato de cone invertido, com dimensões de 1,00, 0,25 e 0,30 de raio maior, raio menor e altura, respectivamente. As paredes do reator são construídas em uma inclinação de 21,8°, conforme descrito por Queluz e Sánchez-Román (2014).

Figura 1 - Água residuária no sistema de tratamento SODIS.



Para garantir o tratamento da água, conforme Alves (2015), foi utilizada a adição de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a uma concentração de 125 mg.L^{-1} , seguida de 8 horas de exposição solar garantindo que o efluente recebesse a radiação solar necessária para o tratamento de no mínimo 12 MJ.m^2 , conforme descrito em Silva (2019). Na Figura 2 é possível observar os valores de radiação solar durante o período de tratamento.

Figura 2 - Radiação solar global registrada na estação meteorológica próxima à área do estudo.



Visando avaliar a fitossanidade das culturas recebendo a AR, foi realizado quinzenalmente o teste de coliformes totais e fecais. Para isso as amostras foram coletadas e preservadas conforme Standard Methods 1060 B, e analisadas no Laboratório de Recursos Hídricos e Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Rural e Socioeconômica da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP/Botucatu, seguindo a metodologia preconizada no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

2.2.3 Sistema de irrigação

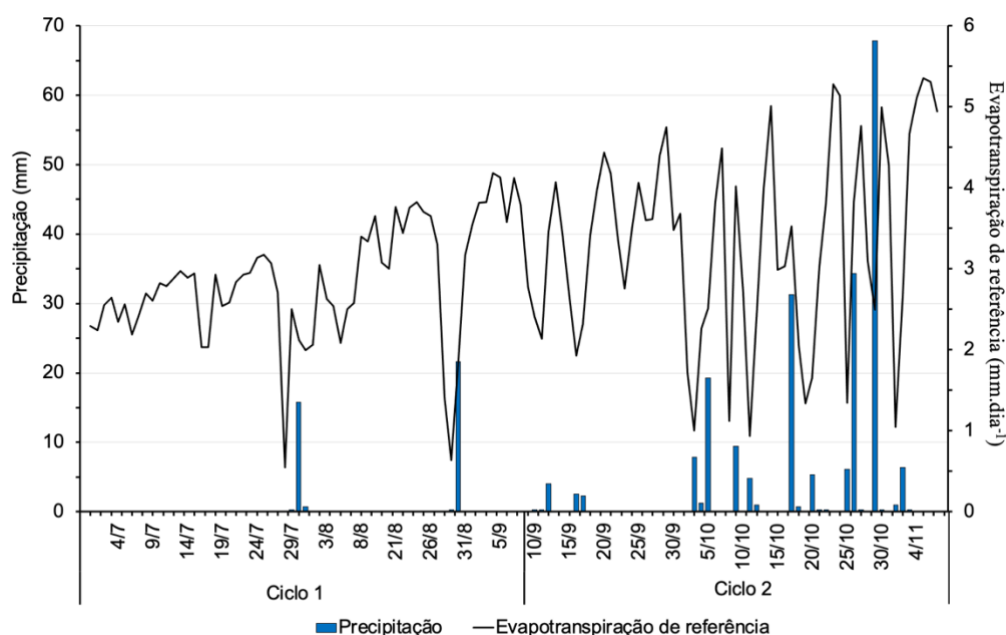
O sistema era formado por uma motobomba periférica $\frac{1}{2}$ CV, um manômetro (10 bar) e um filtro de disco Azud Modular 100 (3/4") de 120 mesh para filtragem de água. A irrigação foi realizada através de mangueira gotejadora autocompensante NaanPC, com espessura da parede 0,65 mm, diâmetro interno 16 mm, espaçamento entre emissores de 30 cm, pressão de trabalho 1,0 a 2,5 bar e vazão nominal 2,4 L h⁻¹. O sistema operava em uma pressão de 1,5 bar. Cada canteiro contava com duas linhas de gotejo espaçadas a 0,40 m, visando a formação de duas faixas molhadas.

2.2.4 Manejo da irrigação

O manejo da irrigação foi realizado via clima, com a evapotranspiração de referência (ET_o) calculada pelo método de Penman-Monteith obtida através da estação meteorológica automática da fazenda Lageado, e com a evapotranspiração da cultura (ET_c) foi calculada utilizando o coeficiente da cultura (K_c), ajustado ao estágio de desenvolvimento das plantas, de acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006), considerando 95% de eficiência do sistema em teste de uniformidade realizado com a mangueira nova.

Na Figura 3 é possível observar os valores de precipitação e evapotranspiração de referência no período dos experimentos.

Figura 3 - Precipitação e evapotranspiração de referência durante o período dos experimentos.



Para os tratamentos que receberam AR, nos dias em que o volume tratado pelo SODIS não foi suficiente para suprir a necessidade hídrica das culturas, foi utilizado água de abastecimento (AA) para completar a lâmina diária de irrigação.

2.2.5 Condução das culturas

Para validação do aplicativo, foram utilizadas três espécies hortícolas: alface (*Lactuca sativa* L.) variedade mimosa, rabanete (*Raphanus sativus* L.) variedade saxa

e salsinha (*Petroselinum crispum*), cultivadas em canteiros de 1,2 m x 2,0 m, em dois ciclos, como se observa na Tabela 1.

Tabela 3. Detalhes da condução das culturas.

Cultura	Período		Espaçamentos (metros)
	1º Ciclo	2º Ciclo	
Alface	03/07/21 a 20/08/21	08/09/21 a 20/10/21	0,25 x 0,25
Rabanete	03/07/21 a 20/08/21	08/09/21 a 09/10/21	0,10 x 0,10
Salsinha	15/07/21 a 07/09/21	08/09/21 a 01/11/21	0,30 x 0,30

Para alface e salsinha foi realizado o transplântio das mudas nos canteiros, enquanto o rabanete foi realizado semeadura direta. Os tratos culturais e fitossanitários foram realizados visando manter a área limpa de plantas daninhas invasoras e pragas e doenças.

A adubação foi realizada conforme as recomendações para as culturas (SALVADOR, ZÉRATE e VIEIRA, 2004; ALMEIDA et al., 2014; MAGALHÃES et al., 2015), respeitando os tratamentos que receberam fertilizantes químicos e orgânicos.

Para os tratamentos com adubação mineral foram utilizados uréia, cloreto de potássio, superfosfato simples e um fertilizante composto de micronutrientes. Para os tratamentos orgânicos foram utilizados esterco bovino curtido e húmus de minhoca.

2.2.6 Delineamento experimental e análise estatística

Foram realizados dois experimentos em paralelo, um com adubação orgânica e outro com adubação mineral. Na Tabela 2 é possível observar os tratamentos discriminados.

Tabela 4. Detalhes sobre os diferentes tratamentos do experimento.

Tratamento	Adubação	Tipo de água na irrigação	Descrição
T1-O T1-M	Orgânica Mineral	Água abastecimento	Adubação completa
T2-O T2-M	Orgânica Mineral	Água residuária	Adubação completa
T3-O T3-M	Orgânica Mineral	Água residuária	Uso do aplicativo
T4	-	Água residuária	Sem adubação
T5	-	Água abastecimento	Sem adubação

O tratamento 1 consiste no uso de água de abastecimento e adubação total realizada através do cálculo manual considerando as necessidades da cultura e a análise do solo. O tratamento 2 consiste no uso de AR e adubação total realizada manualmente. O tratamento 3 consiste na irrigação com AR e o uso do aplicativo, que leva em conta o aporte nutricional da AR para determinar a quantidade de fertilizante a ser aplicado. O tratamento 4 e 5, com água de abastecimento e AR, respectivamente, não receberam adubação, sendo considerado o controle negativo do experimento.

O delineamento experimental utilizado foi em faixas, com cinco tratamentos e 20 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados através do teste de Tukey a 5% de significância, através do software Minitab.

2.2.7 Variáveis analisadas

Foram avaliadas variáveis biométricas e nutricionais das culturas. As biométricas para a alface foram: massa fresca e seca (g) e circunferência da cabeça (cm); para o rabanete foram: peso do bulbo (g), circunferência do bulbo (cm) e altura da parte aérea (cm); para a salsinha foram: massa seca e fresca (g) e altura da parte aérea (cm). As variáveis nutricionais foram nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), realizados através da análise foliar. Com os dados de massa fresca e área do canteiro, foi realizado o cálculo da produtividade dada em toneladas por hectare (ton/ha).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Tratamento da água residuária

De acordo com Santos (2019) e Silva (2019), o sistema SODIS utilizado nesta pesquisa apresenta uma eficiência de tratamento de águas residuárias satisfatória. Dados das autoras comprovam que o sistema tem um potencial para redução nos teores microbiológicos da água a fim de enquadrar o efluente como apto para uso na irrigação. Na Tabela 3 é possível observar os valores de coliformes totais e fecais analisados periodicamente durante a condução dos experimentos.

Tabela 5. Resultado das análises microbiológicas da água residuária (AR) nos dois ciclos do experimento.

Experimento.

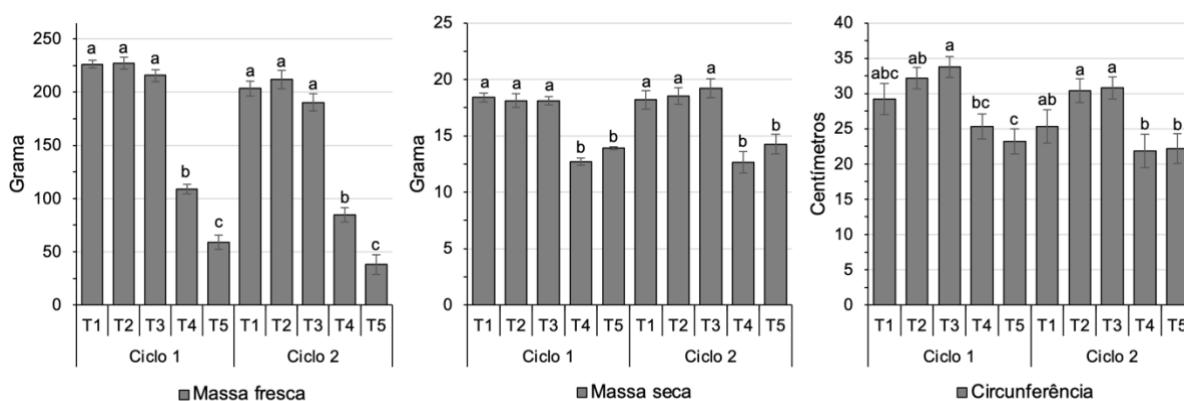
Data	AR bruta		AR tratada		
	Coliformes totais	Coliformes fecais	Coliformes totais	Coliformes fecais	
	----- NMP 100 mL ⁻¹ -----	----- NMP 100 mL ⁻¹ -----	----- NMP 100 mL ⁻¹ -----	----- NMP 100 mL ⁻¹ -----	
Ciclo 1	30/6	1,53x10 ⁸	1,29x10 ⁴	4,72x10 ¹	1,22x10 ⁰
	7/7	2,11x10 ⁸	1,62x10 ⁵	3,92x10 ⁰	2,14x10 ⁰
	14/7	1,25x10 ⁶	1,37x10 ⁴	2,91x10 ⁰	5,11x10 ⁰
	21/7	1,92x10 ⁷	1,96x10 ³	3,54x10 ¹	1,18x10 ¹
	28/7	2,27x10 ⁸	2,02x10 ⁴	5,12x10 ¹	3,62x10 ⁰
	4/8	1,65x10 ⁸	1,21x10 ⁵	4,32x10 ⁰	3,19x10 ¹
	11/8	1,42x10 ⁷	1,52x10 ⁴	4,17x10 ⁰	3,65x10 ⁰
	18/8	2,11x10 ⁷	1,12x10 ⁵	3,65x10 ¹	5,01x10 ⁰
	25/8	2,01x10 ⁸	1,39x10 ⁵	4,78x10 ⁰	1,66x10 ¹
	Máximo	2,27x10 ⁸	1,62x10 ⁵	5,12x10 ¹	3,19x10 ¹
	Mínimo	1,25x10 ⁶	1,96x10 ³	2,91x10 ⁰	1,22x10 ⁰
	Média	1,13x10 ⁸	6,64x10 ⁴	2,12x10 ¹	9,01x10 ⁰
Ciclo 2	1/9	1,79 x10 ⁷	1,91 x10 ⁴	3,41 x10 ⁰	2,43 x10 ⁰
	8/9	2,76 x10 ⁷	1,25 x10 ⁴	4,76 x10 ⁰	4,13 x10 ⁰
	15/9	2,43 x10 ⁷	1,22 x10 ⁴	1,65 x10 ⁰	6,78 x10 ⁰
	22/9	2,31 x10 ⁷	2,11 x10 ⁴	2,76 x10 ⁰	1,76 x10 ⁰
	29/9	1,31 x10 ⁷	2,91 x10 ⁴	4,13 x10 ⁰	6,32 x10 ⁰
	6/10	1,54 x10 ⁷	3,11 x10 ⁴	3,80 x10 ⁰	9,13 x10 ⁰
	13/10	4,65 x10 ⁷	1,28 x10 ⁴	6,78 x10 ⁰	2,89 x10 ⁰
	20/10	1,76 x10 ⁷	2,76 x10 ⁴	3,65 x10 ⁰	4,12 x10 ⁰
	27/10	1,95 x10 ⁷	1,95 x10 ⁴	3,97 x10 ⁰	1,16 x10 ⁰
	Máximo	4,65x10 ⁷	2,76x10 ⁵	3,97x10 ¹	2,89x10 ¹
	Mínimo	1,31x10 ⁶	2,11x10 ³	1,65x10 ⁰	4,12x10 ⁰
	Média	1,73x10 ⁷	4,60x10 ⁴	1,78x10 ¹	1,25x10 ¹

Os resultados corroboram com o apresentado por outros autores, reduzindo os níveis de coliformes totais na casa do 6,7 logs, e coliformes fecais 3,8 logs. Como a redução em até valores de 1 log significa que os valores de coliformes finais são adequados para irrigação, considerou-se o tratamento eficiente e a água apta para utilização na irrigação.

2.3.2 Alface

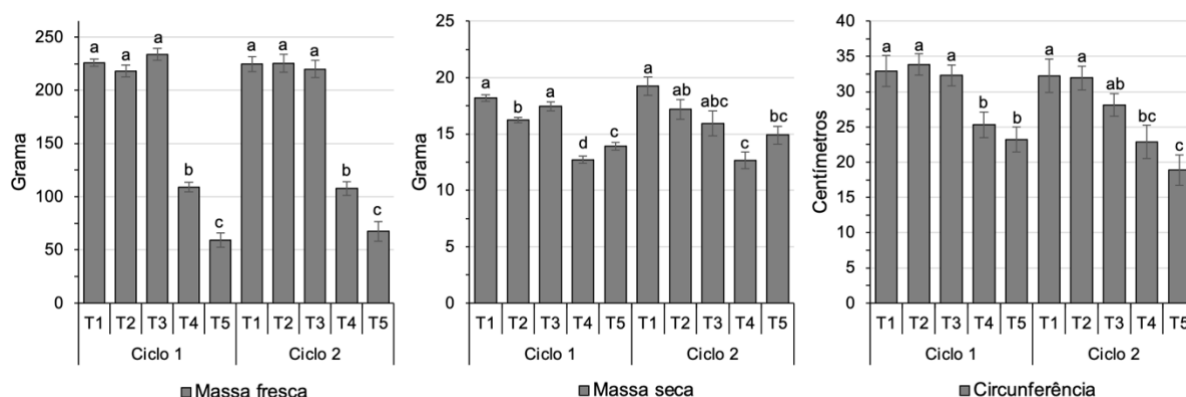
Nas Figuras 4 e 5 é possível observar os resultados dos parâmetros biométricos avaliados na cultura da alface, para os cultivos com adubação mineral e orgânica, respectivamente.

Figura 4 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados na alface com adubação mineral.



Valores seguidos por letras iguais dentro do mesmo ciclo, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=20). T1 = AA + adubação completa; T2 = AR + adubação completa; T3 = AR + uso do aplicativo; T4 = AR sem adubação; T5 = AA sem adubação.

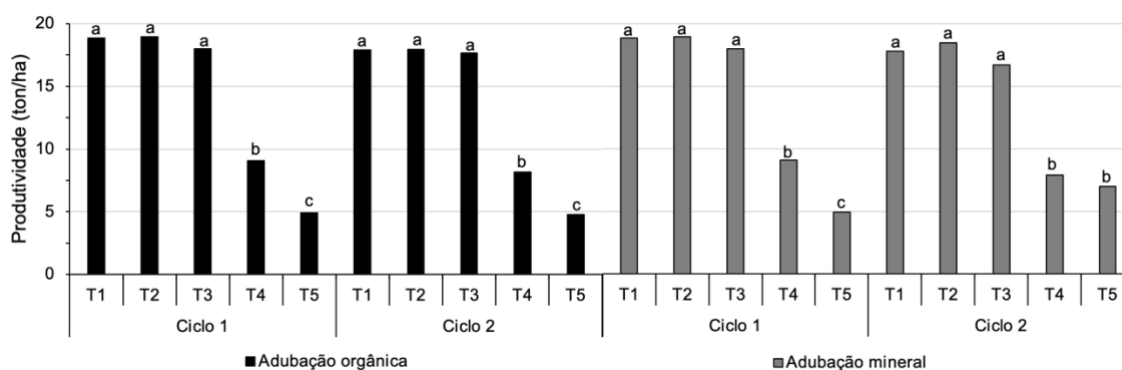
Figura 5 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados na alface com adubação orgânica.



Valores seguidos por letras iguais dentro do mesmo ciclo, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=20). T1 = AA + adubação completa; T2 = AR + adubação completa; T3 = AR + uso do aplicativo; T4 = AR sem adubação; T5 = AA sem adubação.

Os parâmetros massa fresca e seca apresentaram o mesmo padrão entre os sistemas de cultivo, os tratamentos sem adubação apresentaram os piores valores, evidenciando assim que somente a água residuária ou a água de abastecimento não é suficiente para suprir as necessidades nutricionais da cultura. É possível observar ainda que o T5 apresentou a menor média entre os tratamentos, isso se explica devido ao fato que o T4 ainda tem um pequeno aporte nutricional proveniente da água residuária. De acordo com a comparação das médias, não houve diferença estatística entre T1, T2 e T3, nos dois sistemas de cultivo.

Com relação a produtividade (Figura 6), os valores encontrados no T1, T2 e T3, estão em concordância com a literatura (DAMERUM et al., 2021; FERREIRA et al., 2021; LIMA et al., 2021; TAVARES et al., 2005), entretanto o T4 e T5 ficaram abaixo da média encontrada pelos outros autores. Porém esses valores estão em concordância com as produtividades encontradas por Tavares et al. (2005) e Lajus (2021), nos tratamentos sem adubação.

Figura 6 - Produtividade da alface para os diferentes tratamentos.

Valores seguidos por letras iguais dentro do mesmo ciclo, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($n=5$). T1 = AA + adubação completa; T2 = AR + adubação completa; T3 = AR + uso do aplicativo; T4 = AR sem adubação; T5 = AA sem adubação.

Comercialmente, o T4 e T5 não produziram alfaces dentro do padrão do consumidor, devido a falta de nutrientes necessários para seu crescimento e desenvolvimento. Almeida et al. (2011) realizou um trabalho onde o cultivo de alface foi submetido a diferentes tratamentos com soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. Os autores apontam que a omissão dos macronutrientes, N, P e K afetaram as variáveis de produção devido a alterações morfológicas, gerando prejuízos no produto final.

Considerando os resultados das comparações de médias para o parâmetro circunferência, para o sistema orgânico não houve diferença entre o T1, T2 e T3, esses resultados podem ser observados visualmente nos exemplares da Figura 7. Para a adubação mineral, o T3 apresentou a maior média, porém estatisticamente semelhante ao T1 e T2, como pode ser visto na Figura 8. De acordo com Yuri et al. (2015), o parâmetro circunferência é de suma importância no cultivo da alface, já que é um dos parâmetros chave que os consumidores observam na hora da compra.

Figura 7 - Exemplares de alface nos diferentes tratamentos com adubação orgânica.

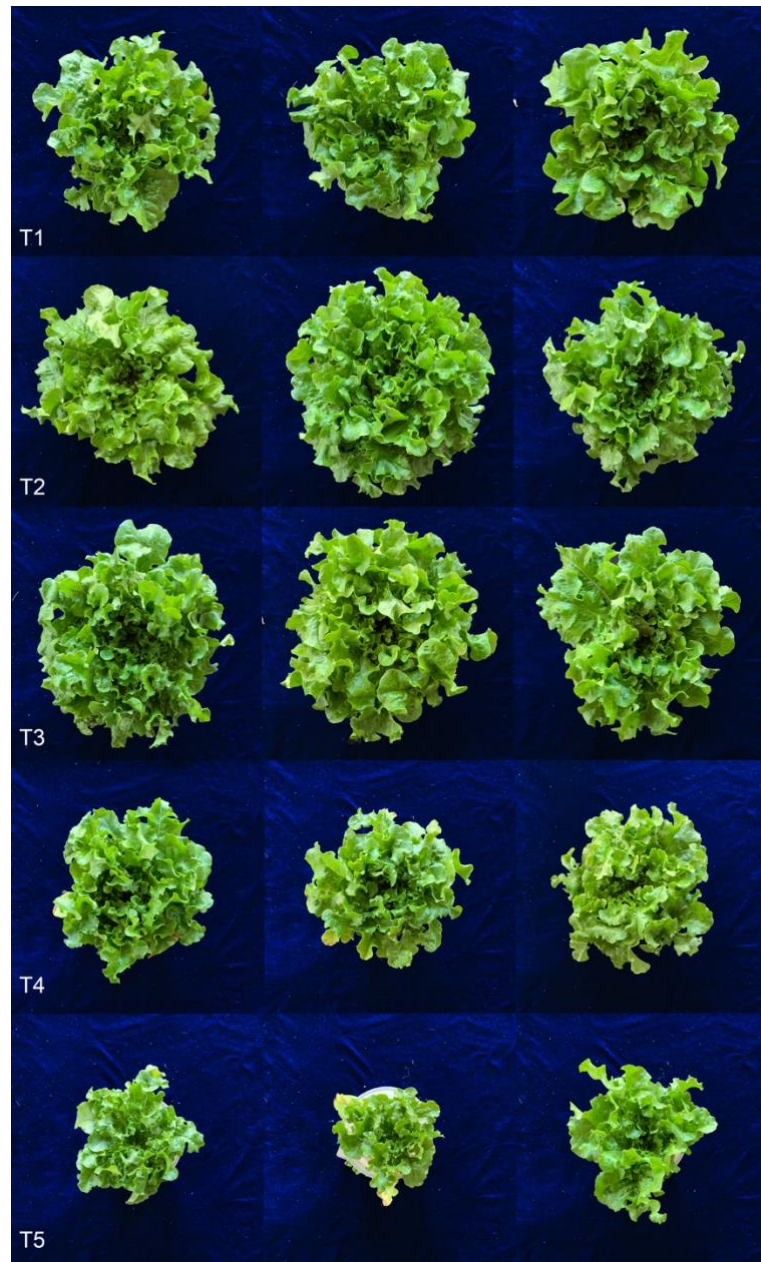
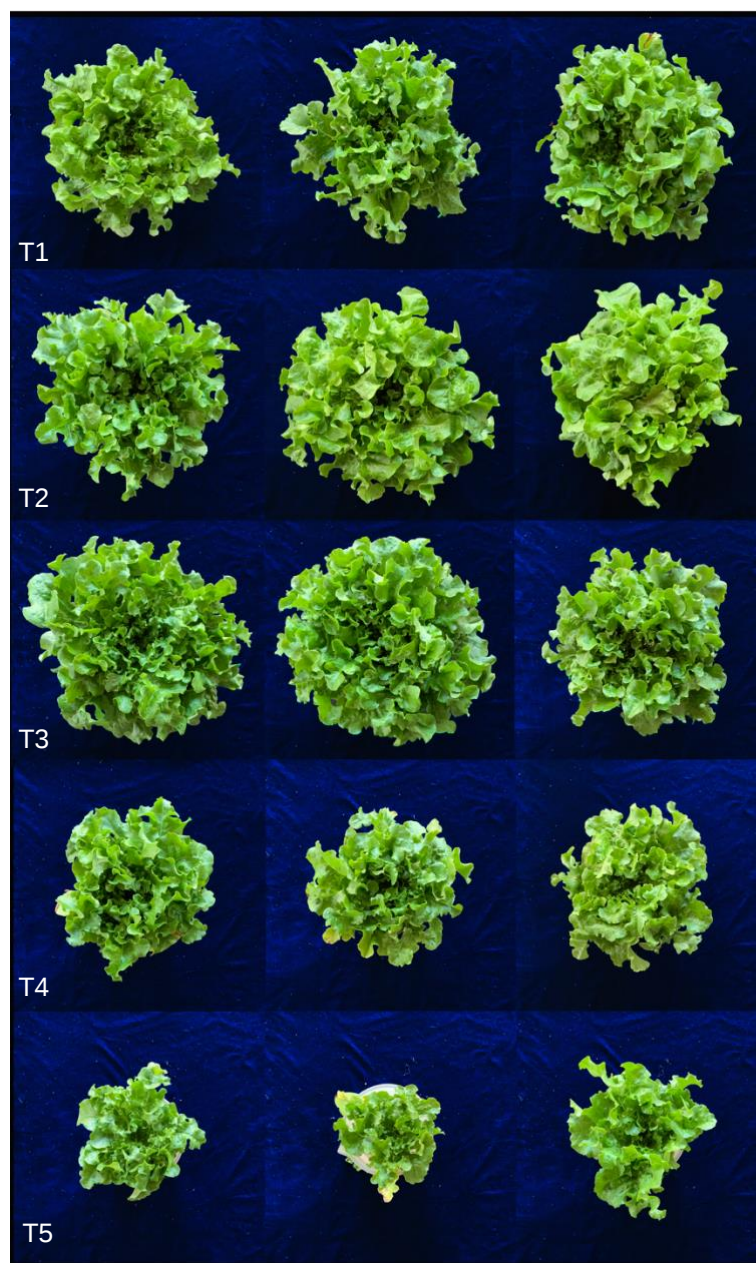


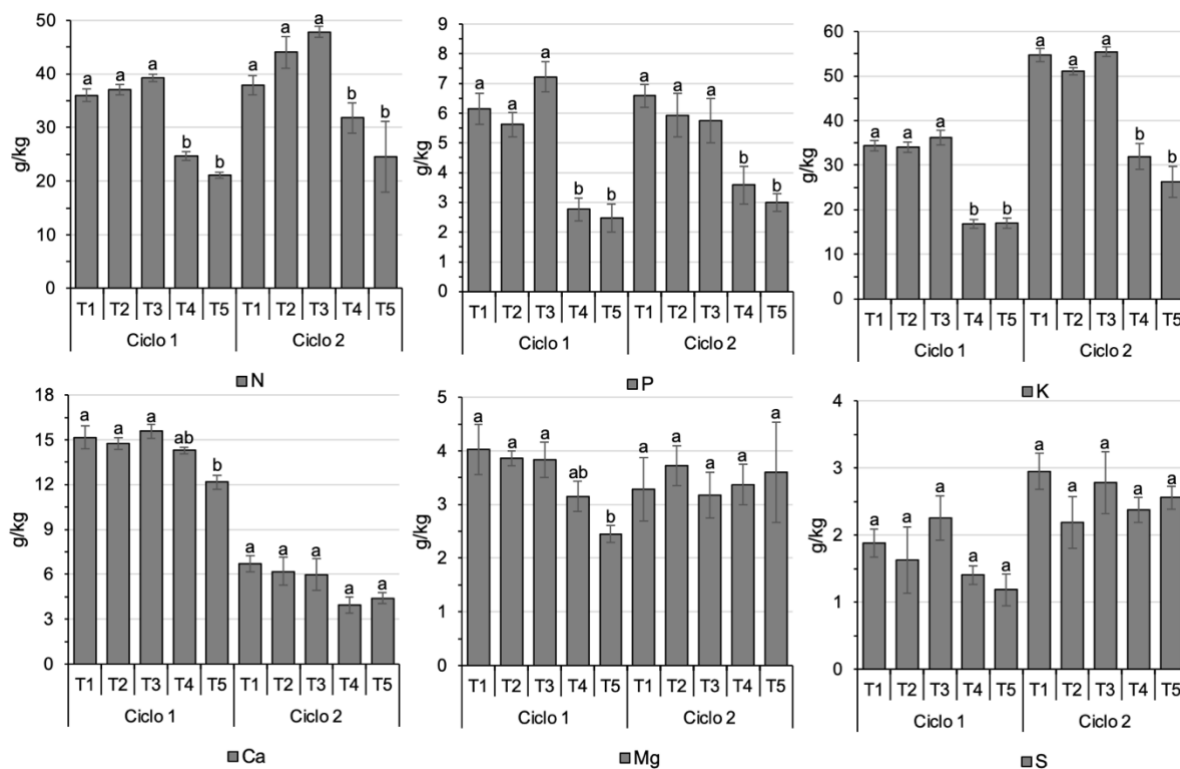
Figura 8 - Exemplares de alface nos diferentes tratamentos com adubação mineral.



Em relação aos teores nutricionais, os tratamentos T4 e T5 mesmo sem receber adubação complementar não apresentaram sinais visuais de deficiência nutricional, sendo o único revés a limitação no desenvolvimento. Apesar de não terem demonstrado os sinais, a análise foliar destes tratamentos (Figura 9 e 10) mostra que os teores de macronutrientes das mesmas estão abaixo do recomendado pra cultura, segundo os parâmetros descritos em Trani e Raij (1997).

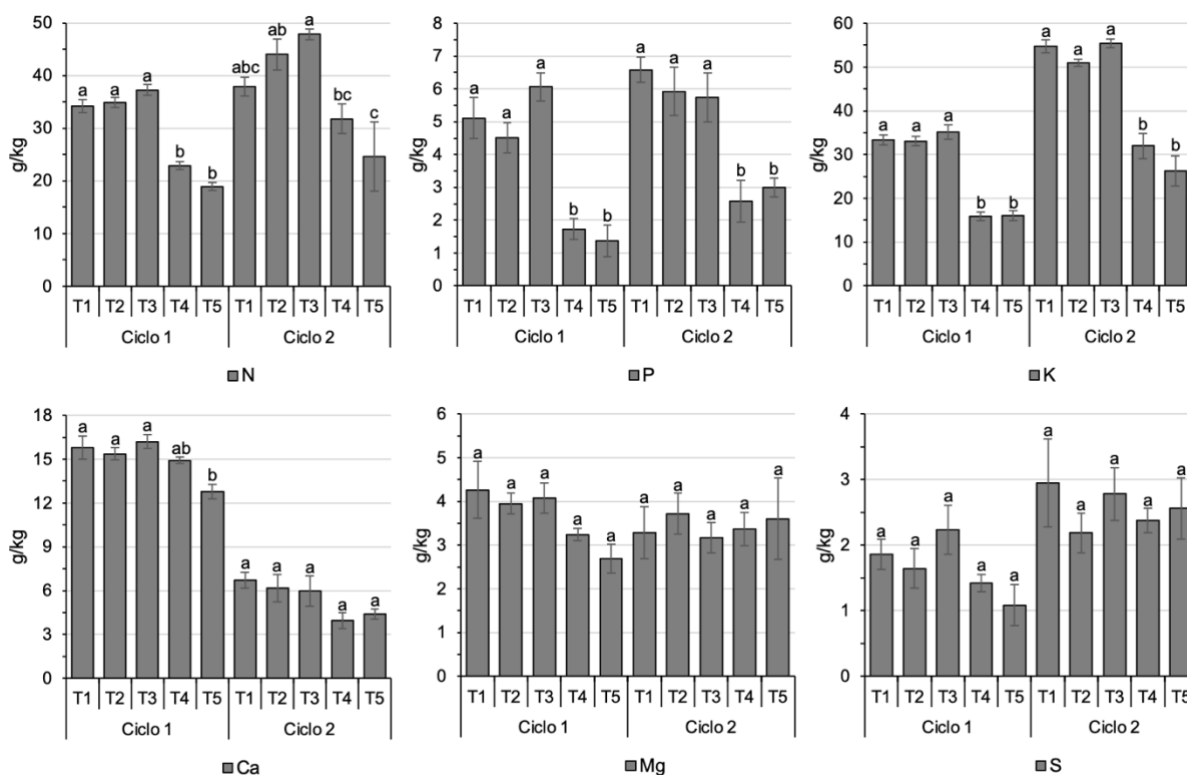
Os teores de macronutrientes para o T1, T2 e T3, não diferiram entre si estatisticamente em nenhum dos tipos de adubação, e segundo Trani e Raji (1997) os tratamentos apresentaram valores dentro do recomendado para a alface.

Figura 9 - Resultado da análise foliar para macro e micronutrientes da alface com adubação mineral.



Valores seguidos por letras iguais dentro do mesmo tratamento, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=5). T1 = AA + adubação completa; T2 = AR + adubação completa; T3 = AR + uso do aplicativo; T4 = AR sem adubação; T5 = AA sem adubação.

Figura 10 - Resultado da análise foliar para macro e micronutrientes da alface com adubação orgânica.



Valores seguidos por letras iguais dentro do mesmo tratamento, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($n=5$). T1 = AA + adubação completa; T2 = AR + adubação completa; T3 = AR + uso do aplicativo; T4 = AR sem adubação; T5 = AA sem adubação.

Considerando a análise das médias para o elemento cálcio, não houve diferença estatística entre os tratamentos nos dois sistemas de produção. Segundo Alvarenga et al. (2003) e Sandri, Matsura e Testezlaf (2006), plantas de alface com até 15 g.Kg^{-1} de cálcio são consideradas bem nutridas. Os autores ainda apontam que teores no solo acima de 2 cmol.dm^{-3} são suficientes para suprir a necessidade da cultura. Apesar de ter diferença estatística entre os tratamentos, nenhum pode ser considerado como apresentando deficiência de Ca.

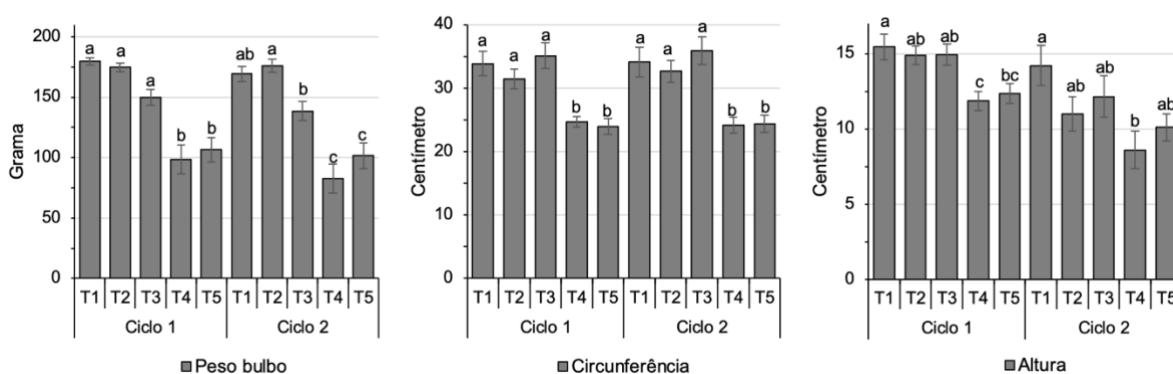
Para o magnésio, na adubação mineral não houve diferença estatística entre os tratamentos, enquanto no sistema orgânico o T5 apresentou a menor média, com diferença estatística dos tratamentos com adubação. Para ambos os sistemas de adubação, os tratamentos sem adubação (T4 e T5) são considerados como deficientes em magnésio, de acordo com os parâmetros de análise foliar descritos por Trani e Raji (1997), que reiteram que plantas de alface devem dispor de no mínimo $3,5 \text{ g.Kg}^{-1}$ de Mg.

Para o teor de enxofre não houve diferença estatística entre os tratamentos, em nenhum dos tipos de adubação. Segundo Sandri, Matsura e Testezlaf (2006), para plantas bem nutridas o teor de S deve ser maior que $1,5 \text{ g.Kg}^{-1}$. Considerando essa diretriz, os tratamentos T4 e T5 são considerados deficientes, enquanto T1, T2 e T3 apresentam a concentração adequada deste micronutriente.

2.3.4 Rabanete

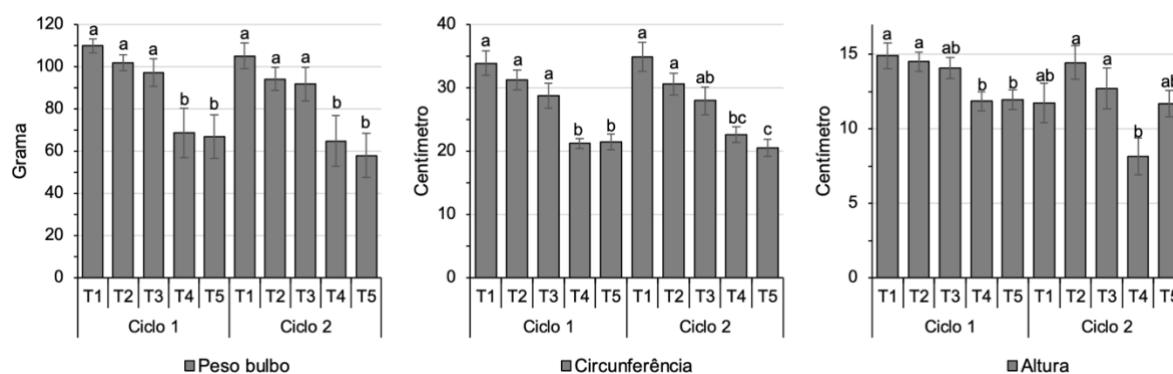
Nas Figuras 11 e 12 é possível observar os resultados dos parâmetros biométricos avaliados na cultura do rabanete, com adubação mineral e orgânica respectivamente.

Figura 11 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados no rabanete nos dois ciclos do experimento com adubação mineral.



Valores seguidos por letras iguais dentro do mesmo ciclo, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($n=20$). T1 = AA + adubação completa; T2 = AR + adubação completa; T3 = AR + uso do aplicativo; T4 = AR sem adubação; T5 = AA sem adubação.

Figura 12 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados no rabanete nos dois ciclos do experimento com adubação orgânica.



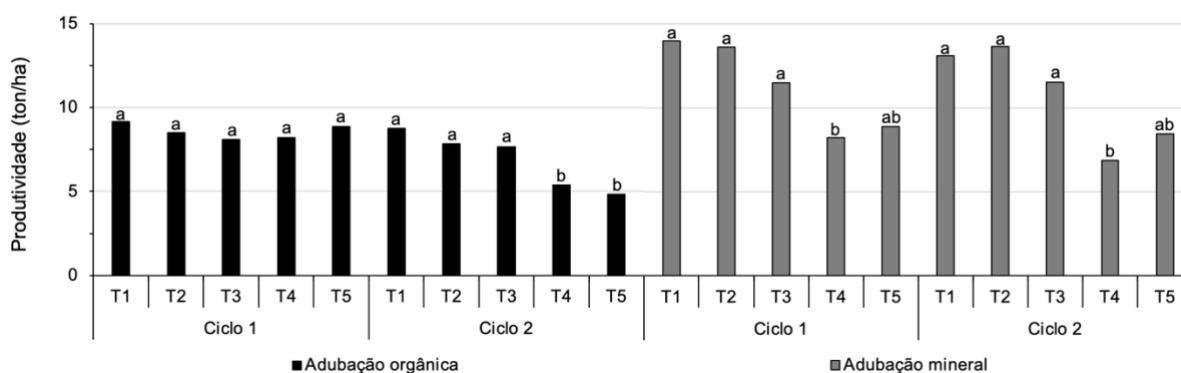
Valores seguidos por letras iguais dentro do mesmo ciclo, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($n=20$). T1 = AA + adubação completa; T2 = AR + adubação completa; T3 = AR + uso do aplicativo; T4 = AR sem adubação; T5 = AA sem adubação.

Os parâmetros peso e circunferência do bulbo apresentaram o mesmo padrão entre os dois sistemas de cultivo, sendo que os tratamentos sem adubação exibiram os menores valores, evidenciando que somente a água residuária ou a água de abastecimento é não suficiente para suprir totalmente as necessidades nutricionais da cultura. De acordo com a comparação das médias, não houve diferença estatística entre T1, T2 e T3, nos dois sistemas de cultivo para esses parâmetros.

Em relação a parte aérea, os tratamentos T1, T2 e T3 são estatisticamente iguais, e para o sistema orgânico o T4 teve a menor média, enquanto no tratamento com adubação mineral os dois tratamentos sem adubação, independente da fonte de água, apresentaram médias estatisticamente iguais.

Para os tratamentos com adubação mineral, no tocante a produtividade (Figura 13), as médias encontradas no T1, T2 e T3, são similares às encontradas na literatura (SILVA, 2020; TRINIDADE, 2020; ALMEIDA et al., 2021; MARCATTO, 2021; NASCIMENTO, 2021), contudo o T4 e T5 ficaram abaixo da média encontrada pelos outros autores. Almeida et al. (2021) e Nascimento (2021) apresentam médias similares as encontradas no T4 e T5 em tratamentos sem adubação. Para o sistema orgânico, os níveis de produtividade não variaram entre os tratamentos.

Figura 13 - Produtividade do rabanete para os diferentes tratamentos nos dois ciclos do experimento.



Valores seguidos por letras iguais dentro do mesmo ciclo, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=5). T1 = AA + adubação completa; T2 = AR + adubação completa; T3 = AR + uso do aplicativo; T4 = AR sem adubação; T5 = AA sem adubação.

Em termos comerciais, o T5 foi o único a produzir rabanetes fora do padrão do consumidor, devido a falta de nutrientes necessários para seu crescimento e desenvolvimento. Considerando os resultados das comparações de médias para o parâmetro circunferência do bulbo, para o tratamento com adubação mineral não

houve diferença entre o T1, T2 e T3, esses resultados podem ser observados visualmente nos exemplares da Figura 14. Apesar do T4 ser menor estatisticamente dos T1, T2 e T3, ele ainda produziu rabanetes que teriam certa aceitação no mercado. Para o sistema orgânico, os T1, T2 e T3 apresentaram médias de circunferência do bulbo iguais, e isso pode ser observado na Figura 15.

Figura 14 - Exemplares de rabanete nos diferentes tratamentos com adubação orgânica.

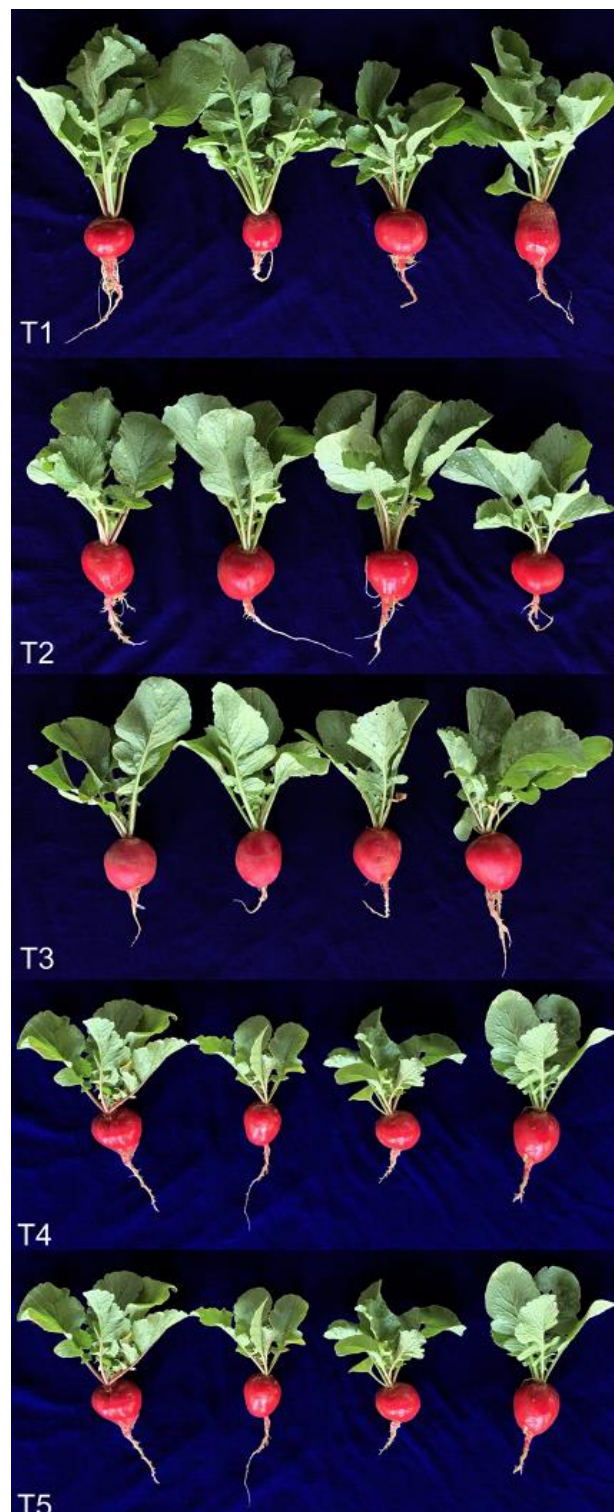
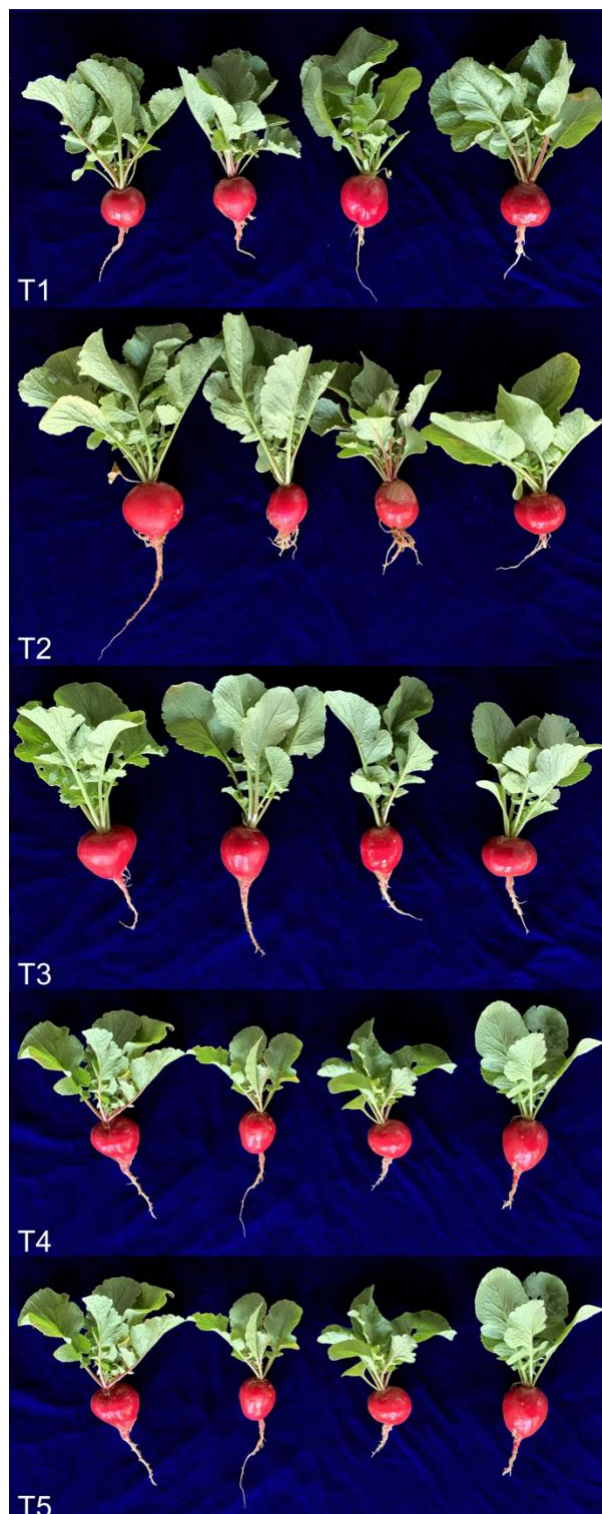


Figura 15 - Exemplares de rabanete nos diferentes tratamentos com adubação mineral.



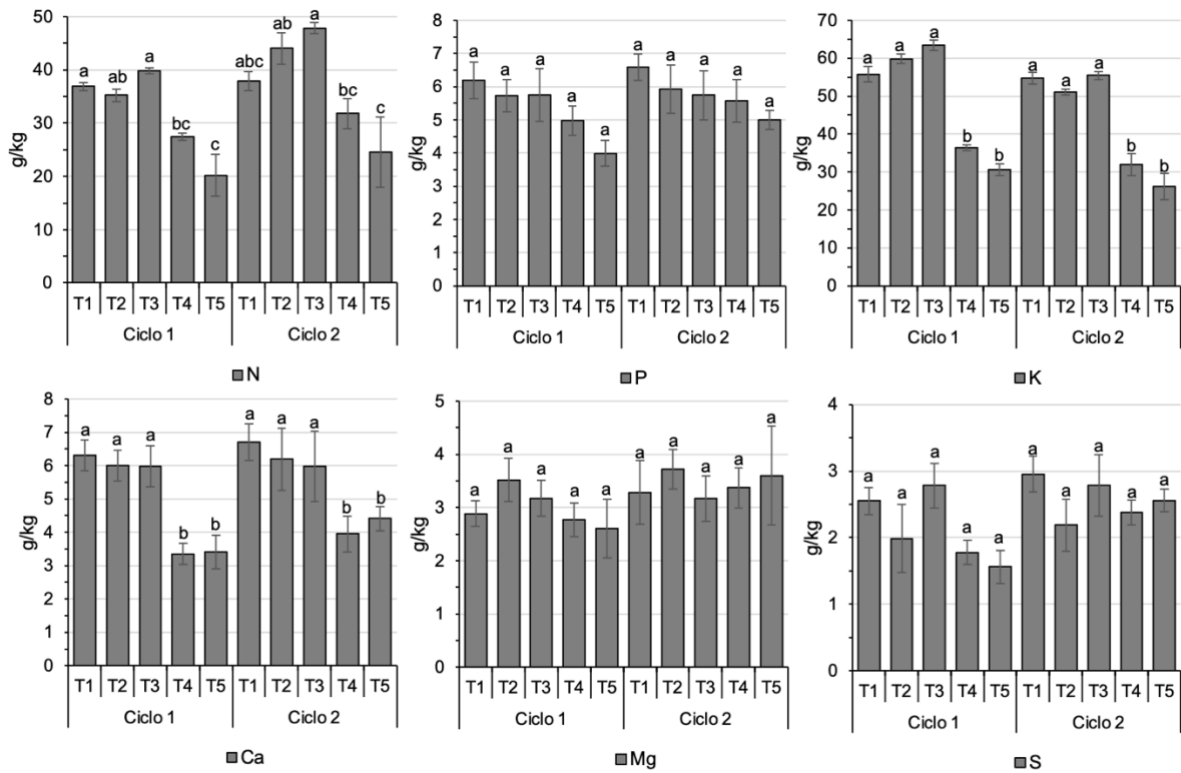
As Figura 16 e 17 mostram os resultados das análises do tecido vegetal para a cultura do rabanete, e podemos observar que para o fósforo, não houve diferença estatística entre os tratamentos em ambos os sistemas de produção. Considerando que a cultura é altamente exigente em fósforo, a maior parte da fonte de P foi

proveniente da adubação complementar, uma vez que a AR utilizada apresenta doses baixas deste nutriente. Segundo Oliveira (2010) a cultura apresenta uma resposta positiva à adubação fosfatada, seja a fonte orgânica ou mineral.

O nitrogênio é um nutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, e está diretamente ligado à produção de massa verde. Os teores de N tiveram o mesmo comportamento entre o sistema orgânico e mineral. Considerando a relação deste nutriente com a parte aérea da cultura, os tratamentos com maior altura da parte aérea também apresentaram maiores índices deste nutriente, resultado que corrobora o descrito por Caetano et al. (2015).

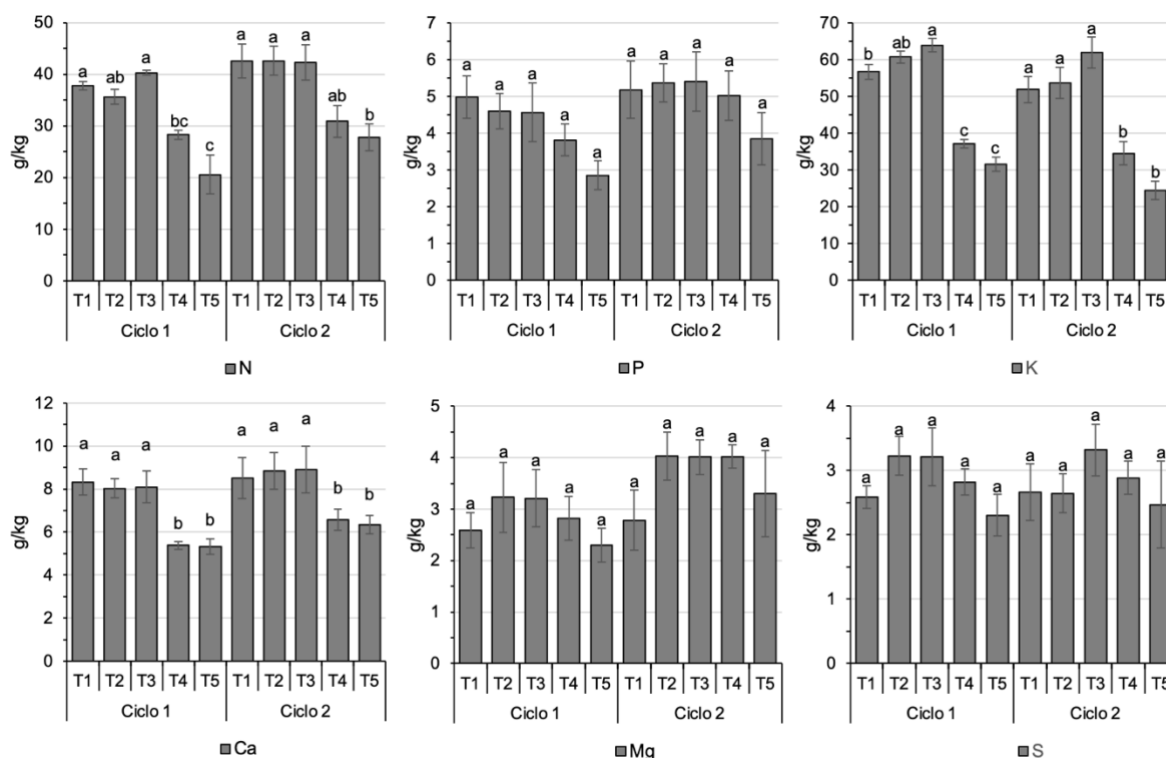
Para o potássio, na adubação mineral, os tratamentos que não receberam adubação complementar apresentaram as menores médias para esse nutriente, diferindo estatisticamente dos T1, T2 e T3. Para os tratamentos orgânicos, o T3 apresentou a maior média. Maia et al. (2011) analisou a produção do rabanete com diferentes fontes de adubação potássica e encontrou que a cultura responde de forma uniforme entre os diferentes adubos utilizados, o que explica os níveis de produtividade alcançados nos diferentes sistemas de produção.

Figura 16 - Resultado da análise do tecido vegetal para macro e micronutrientes do rabanete com adubação mineral.



Valores seguidos por letras iguais dentro do mesmo tratamento, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=5). T1 = AA + adubação completa; T2 = AR + adubação completa; T3 = AR + uso do aplicativo; T4 = AR sem adubação; T5 = AA sem adubação.

Figura 17 - Resultado da análise do tecido vegetal para macro e micronutrientes do rabanete com adubação orgânica.



Valores seguidos por letras iguais dentro do mesmo tratamento, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=5). T1 = AA + adubação completa; T2 = AR + adubação completa; T3 = AR + uso do aplicativo; T4 = AR sem adubação; T5 = AA sem adubação.

Para os micronutrientes, o único elemento que apresentou diferença estatística foi o cálcio, em ambos os sistemas de produção. Segundo Lopes (2008) e Bonfim-Silva (2015) a cultura do rabanete apresenta uma exigência elevada de cálcio, por isso os tratamentos T4 e T5 que não recebem adubação complementar apresentaram os menores teores no tecido vegetal, de forma que a concentração presente no solo no momento da semeadura não foi suficiente para suprir as necessidades da cultura.

2.3.5 Salsinha

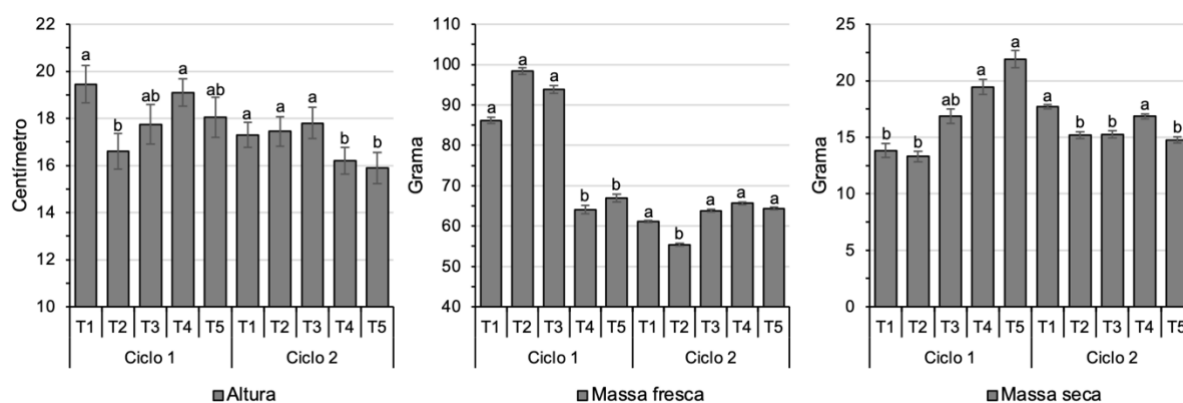
Nas figuras 18 e 19 é possível observar os resultados dos parâmetros biométricos avaliados na cultura da salsinha, em ambos os sistemas de adubação utilizados. No geral, os tratamentos que não receberam adubação apresentaram os menores parâmetros de massa fresca e altura, em ambos os sistemas.

Como a venda desta cultura é realizada in natura, a massa fresca e altura são parâmetros importantes a serem analisados. Em relação ao parâmetro massa fresca

no tratamento com adubação mineral houve uma diferença entre os ciclos, onde os T4 e T5 apresentaram médias significativamente iguais ao tratamento controle (T1), fato que pode ser explicado com a diferença da análise do solo no início dos experimentos. No início do ciclo 2 a análise do solo apresentou resultados mais elevados, o que pode ter influenciado no desenvolvimento das plantas nos tratamentos sem adubação. Entretanto o parâmetro massa fresca no sistema orgânico apresentou o mesmo padrão de resposta entre os tratamentos.

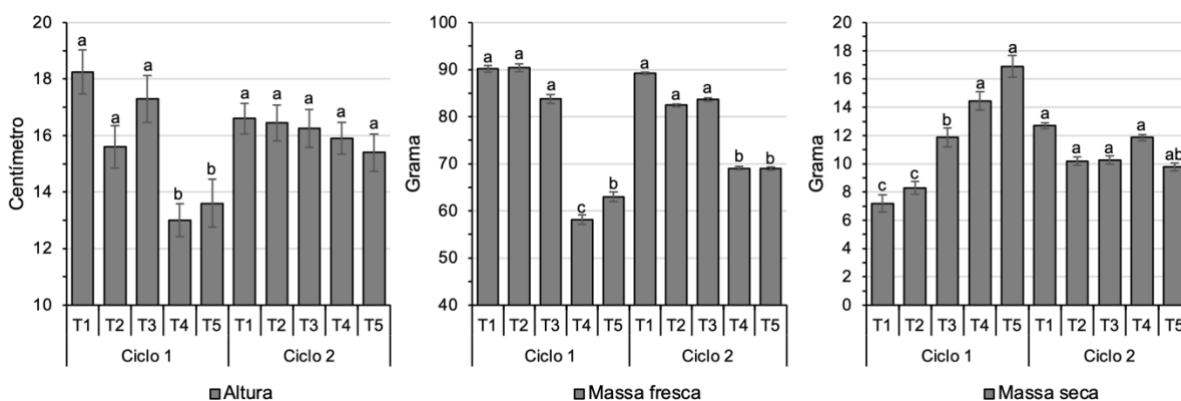
No parâmetro massa seca, em ambos os tipos de adubação os tratamentos, os tratamentos sem adubação (T4 e T5) apresentaram as maiores médias, em ambos os ciclos, fato que permite afirmar que essas plantas possuíam uma maior quantidade de água em sua estrutura.

Figura 18 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados na salsinha nos dois ciclos do experimento com adubação mineral



Valores seguidos por letras iguais dentro do mesmo ciclo, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=20). T1 = AA + adubação completa; T2 = AR + adubação completa; T3 = AR + uso do aplicativo; T4 = AR sem adubação; T5 = AA sem adubação.

Figura 19 - Resultado dos parâmetros biométricos avaliados na salsinha nos dois ciclos do experimento com adubação orgânica.

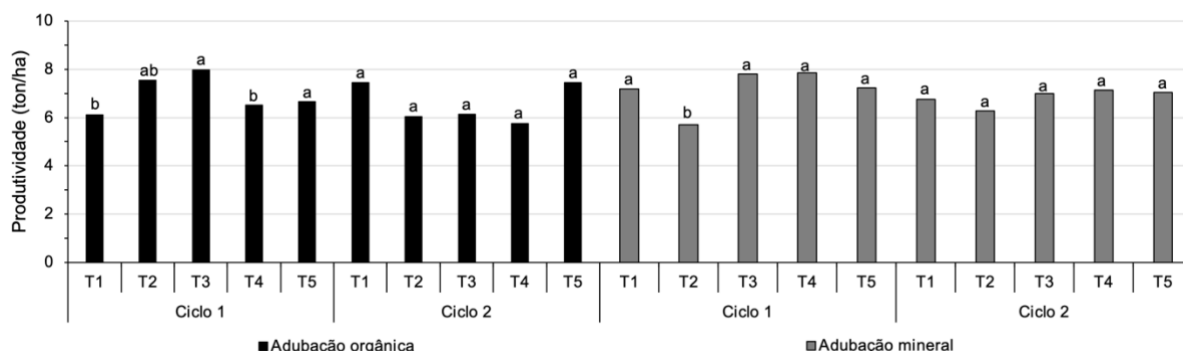


Valores seguidos por letras iguais dentro do mesmo ciclo, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=20). T1 = AA + adubação completa; T2 = AR + adubação completa; T3 = AR + uso do aplicativo; T4 = AR sem adubação; T5 = AA sem adubação.

Com relação a produtividade (Figura 20), no sistema orgânico e mineral o tratamento utilizando o aplicativo apresentou as maiores médias em ambos os ciclos. Na literatura os valores de produtividade da salsinha variam de 70 a 150 g/planta, sendo que plantas dentro desse intervalo são consideradas adequadas para comercialização e bem aceitas pelos consumidores (HEREDITA et al., 2008; ALMEIDA 2012; ZÁRATE et al., 2020; ESCOBAR et al., 2010; SILVA et al., 2010; FREIRE, 2021).

Segundo Costa (2017) e Freire (2021), a salsinha é uma cultura de baixa exigência nutricional e de fácil cultivo. Os tratamentos sem adubação (T4 e T5) apresentaram médias consideradas adequadas para a cultura, significativamente iguais ao tratamento controle e ao tratamento com o aplicativo, esse fato se explica pela salsa ser uma cultura de baixa exigência de cultivo, logo os teores nutricionais presentes no solo podem ter sido suficientes para garantir os níveis de produção máximo esperado pela cultura em um sistema irrigado.

Figura 20 - Produtividade da salsinha para os diferentes tratamentos nos dois ciclos do experimento.

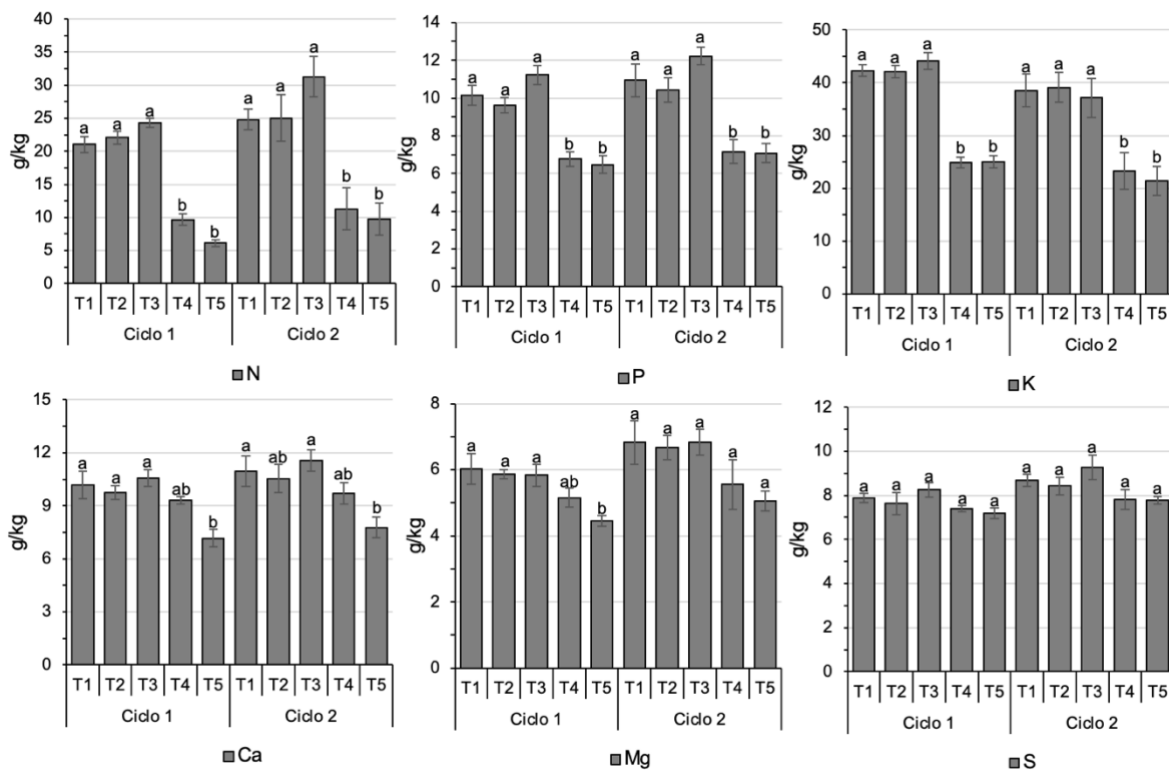


Valores seguidos por letras iguais dentro do mesmo ciclo, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($n=5$). T1 = AA + adubação completa; T2 = AR + adubação completa; T3 = AR + uso do aplicativo; T4 = AR sem adubação; T5 = AA sem adubação.

Nas figuras 21 e 22 são observados os teores nutricionais do tecido vegetal. Em relação ao teor de nitrogênio, em ambos os tipos de adubação os tratamentos T4 e T5 apresentaram médias inferiores aos demais tratamentos. Esse nutriente está ligado ao desenvolvimento do tecido vegetal das plantas (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000) o que explica a menor massa fresca encontrada.

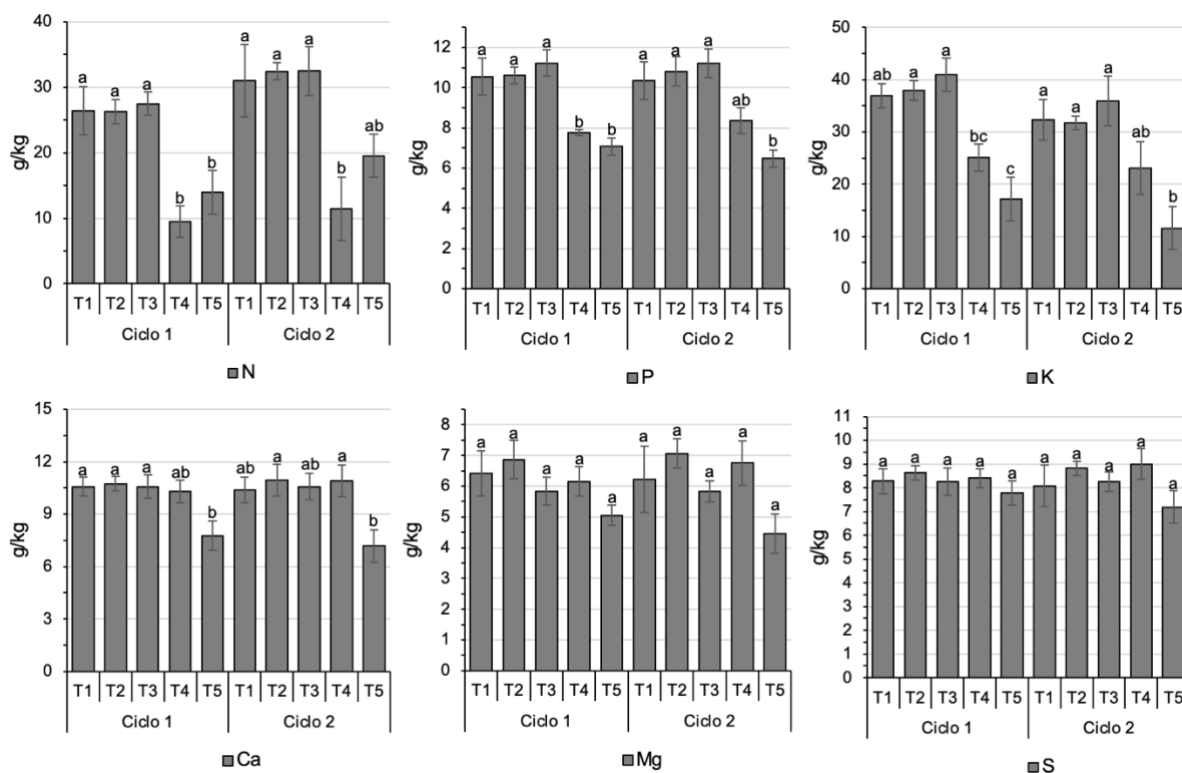
Os teores de fósforo e potássio foram superiores nos tratamentos T1, T2 e T3, e apesar das médias do T4 e T5 serem significativamente menores em ambos os tipos de adubação e nos dois ciclos, as plantas não apresentaram sinais de deficiência no campo, uma vez que segundo a literatura os valores encontrados nesses tratamentos são considerados aceitáveis para a cultura no momento da colheita (COSTA, 2017).

Figura 21 - Resultado da análise do tecido vegetal para macro e micronutrientes da salsinha com adubação mineral.



Valores seguidos por letras iguais dentro do mesmo tratamento, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=5). T1 = AA + adubação completa; T2 = AR + adubação completa; T3 = AR + uso do aplicativo; T4 = AR sem adubação; T5 = AA sem adubação.

Figura 22 - Resultado da análise do tecido vegetal para macro e micronutrientes da com adubação orgânica.



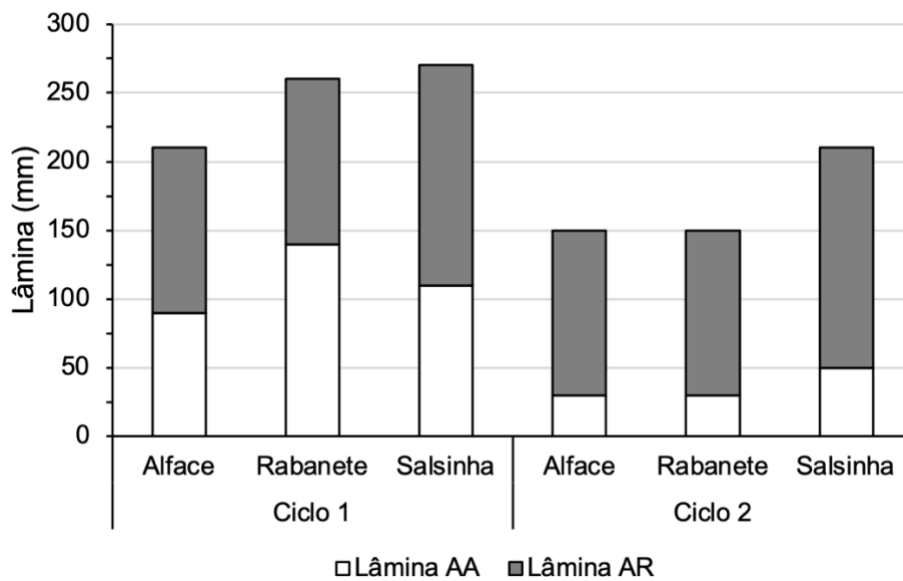
Valores seguidos por letras iguais dentro do mesmo tratamento, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (n=5). T1 = AA + adubação completa; T2 = AR + adubação completa; T3 = AR + uso do aplicativo; T4 = AR sem adubação; T5 = AA sem adubação.

2.3.6 Análise econômica

Considerando o uso do aplicativo, o passo final realizado é a análise econômica do uso da AR. Nesse item o aplicativo faz um balanço financeiro da adubação e retorna ao usuário a economia gerada ao utilizar a AR e considerar sua carga nutricional. Essa análise é mostrada ao usuário como economia em reais/ha para cada um dos macronutrientes, e leva em consideração os preços médios dos fertilizantes na localidade do cultivo.

A análise considera a lâmina de irrigação aplicada (Figura 23), e com essa informação foi possível calcular quanto de cada nutriente foi aplicado com a irrigação.

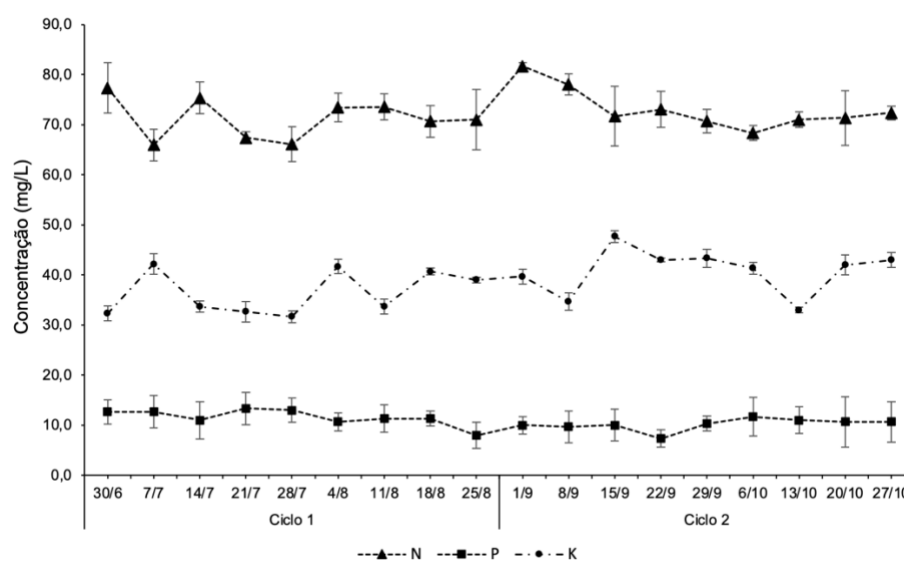
Figura 23 - Lâmina total aplicada nos tratamentos que receberam AR nos dois ciclos do experimento.



AA = água de abastecimento; AR = água residuária.

Em relação aos nutrientes na AR, é conhecido que existe uma variação natural da concentração num período de tempo, por isso o aplicativo permite ao usuário inserir dados da análise de água atualizados, e com isso manter as informações referentes aos nutrientes aplicados sempre acurada. As análises dos macronutrientes foram feitas semanalmente, e os resultados podem ser observados na Figura 24.

Figura 24 – Nutrientes (N, P e K) presentes na água residuária.

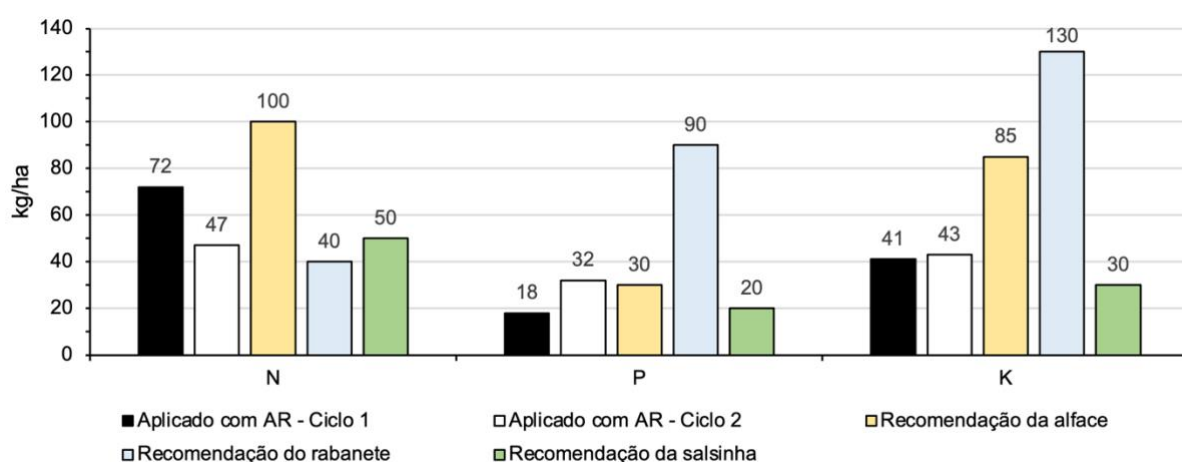


AA = água de abastecimento; AR = água residuária.

Pela diferença entre a quantidade de nutriente aplicada via AR, e a recomendação para as culturas, o aplicativo calculou a quantia de adubo, orgânico ou mineral que foi aplicado.

Na Figura 25 é possível observar o aporte nutricional fornecido pela AR nas diferentes culturas. Verificou-se que a AR utilizada supria algumas necessidades em sua totalidade, como foi o caso dos teores de N para o rabanete e K para a alface.

Figura 25 - Aporte nutricional fornecido pela AR e recomendação de adubação para as culturas do experimento nos dois ciclos do experimento.



Considerando o nitrogênio na cultura do rabanete, a AR forneceu mais do que a recomendação da cultura em ambos os ciclos. Segundo Aquino et al. (2006) e Pedó et al. (2014), a deficiência deste nutriente no solo afeta negativamente o crescimento das plantas, entretanto doses elevadas resultam num crescimento excessivo da parte aérea e consequente translocação de assimilados das raízes, reduzindo assim a produtividade. Os dados obtidos corroboram com os autores, já que o T3 apresentou o menor valor de produtividade no ciclo 1 recebendo quase o dobro da recomendação de nitrogênio para a cultura. Conhecer os teores nutricionais da AR utilizada é de suma importância uma vez que pode ocorrer o estresse por excesso de alguns elementos (SILVA et al., 2010; SACOMORI et al., 2016)

Naturalmente a produção de hortaliças é uma atividade considerada de alto rendimento, principalmente quando tratamos de cultivos com algum diferencial sustentável, como o reuso de água, devido ao seu valor agregado. De acordo com Pompermayer e Pereira Lima (2003) nos últimos anos a produção agrícola tem buscado cada vez mais otimizar os lucros do produtor, e para isso é necessário avaliar

as diversas variáveis que envolvem o cultivo, desde os insumos até os serviços utilizados no processo produtivo e buscar aonde é possível aprimorar (SOUZA e GARCIA, 2013).

Considerando os dois ciclos completos das culturas, houve uma economia considerável utilizando o aplicativo e o seu modelo de cálculo. Nas Tabelas 6 e 7 é possível observar a economia em porcentagem de cada macronutriente e em reais por hectare para as diferentes culturas, nos dois tipos de adubação, nos dois ciclos.

Tabela 6. Estimativa da economia em porcentagem e reais por hectare para os macronutrientes das culturas conforme cotação realizada em Botucatu/SP em 2021 para os tratamentos com adubação mineral nos dois ciclos do experimento.

Culturas		Economia						Total R\$/ha
		%			R\$/ha			
		N	P	K	N	P	K	
Ciclo 1	Alface	72	60	49	864	158	451	1473
	Rabanete	100	20	32	480	158	451	1089
	Salsinha	100	90	100	600	158	330	1088
Ciclo 2	Alface	47	100	51	564	264	473	1301
	Rabanete	100	36	33	480	282	473	1235
	Salsinha	94	100	100	564	176	330	1070

Tabela 7. Estimativa da economia em porcentagem e reais por hectare das culturas conforme cotação realizada em Botucatu/SP em 2021 para os tratamentos com adubação orgânica nos dois ciclos do experimento.

Culturas		Economia			
		%			R\$/ha Esterco bovino curtido
		N	P	K	
Ciclo 1	Alface	72	60	49	1250
	Rabanete	100	20	32	800
	Salsinha	100	90	100	1300
Ciclo 2	Alface	47	100	51	1670
	Rabanete	100	36	33	800
	Salsinha	94	100	100	750

2.4 CONCLUSÃO

Com os resultados dos experimentos é evidente que o uso do aplicativo desenvolvido apresenta grande potencial para uso na produção de hortaliças com irrigação utilizando água residuária.

Os resultados das análises realizadas, nutricionais e biométricas, mostram que o tratamento utilizando o aplicativo e seu modelo de cálculo alcançou resultados satisfatórios equivalente ao tratamento com água de abastecimento e adubação calculada manualmente da forma tradicional.

Considerando que o custo com fertilizantes representa cerca de 35% do custo total de produção, o aplicativo pode ser uma solução para os produtores que desejem produzir hortaliças de forma mais sustentável, reduzindo o custo de produção através da irrigação com água de reuso, de forma moderna, facilitada e eficaz.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2018**: informe anual. Brasília-DF: Agência Nacional de Águas, 2018. 72 p. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em: 08 Setembro 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS -ANA; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil - 2014**: relatório síntese. Brasília - DF: Agência Nacional de Águas, 2016. 33 p. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/ProjetoPivos.pdf>>. Acesso em: 01 Setembro 2019.
- AQUINO, L. A.; PUIATTI, M.; PEREIRA, P. R. G.; PEREIRA, F. H. F.; LADEIRA, I. R.; CASTRO, M. R. S. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 24, n. 2, p. 199-203, 2006.
- ALMEIDA, T. B. F; PRADO, R. M; CORREIA, M. A. R; PUGA, A. P; BARBOSA, J. C. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes doi: 10.5007/2175-7925.2011v24n2p27. **Biotemas**, [S.L.], v. 24, n. 2, p. 1-15, 3 jun. 2011. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2011v24n2p27>.
- ALMEIDA, I. L. **Caracterização de consumidores, tendência de mercado e estratégias para o crescimento do segmento de hortaliças no Distrito Federal e entorno**. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado) – Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília, 2012
- ALVARENGA, M.A.R.; SILVA, E.C. da; SOUZA, R.J. ; CARVALHO, J.G. Teores e acúmulo de macronutrientes em alface americana, em função da aplicação de nitrogênio no solo e de cálcio via foliar. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v.27, p.1569-75, dez., 2003. Edição Especial.
- ALVES, T. R. **Eficiência de um sistema de desinfecção solar de águas residuárias domésticas com adição de diferentes doses de peróxido de hidrogênio**. 2015. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Agronomia, Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2015.
- AMERICAN PUBLIC HEATH ASSOCIATION – APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington DC, 22 th. ed., 2012.
- BARROS, F. M; MARTINEZ, M. A; NEVES, J. C. L; MATOS, A. T; SILVA, D. D. Características químicas do solo influenciado pela adição de água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.47-51, 2005.
- BERNARDO, S; SOARES, A. A; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed.Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2006. 625p.

BONFIM-SILVA, E. M; CLÁUDIO, A. A; RÊGO, V. M; SILVÉRIO, A. T. CARACTERÍSTICAS PRODUTIVA DO RABANETE SUBMETIDO A DOSES DE CINZA VEGETAL. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 421-431, jan. 2015.

BREDEMEIER, C; MUNDSTOCK, C. M. REGULAÇÃO DA ABSORÇÃO E ASSIMILAÇÃO DO NITROGÊNIO NAS PLANTAS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, jan. 2000.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural water management**, v. 68, n. 2, p. 135-149, 2004.

COSTA, M. T. S. **ENSAIO DE COMPETIÇÃO ENTRE CULTIVARES DE SALSA (*Petroselinum crispum*) EM AMBIENTE ABERTO**. 2017. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2017.

CUNHA, A. R; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p.1-11, Jan. 2009.

DAMERUM, A; SMITH, H. K; CLARKSON, G; TRUCO, M. J; MICHELMORE, R. W; TAYLOR, G. The genetic basis of water-use efficiency and yield in lettuce. **Bmc Plant Biology**, [S.L.], v. 21, n. 1, p. 1-15, 27 maio 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12870-021-02987-7>.

ESCOBAR, A. C. N; NASCIMENTO, A. L; GOMES, J.G; BORBA, R. V; ALVES, C. C; COSTA, C. A. Avaliação da produtividade de três cultivares de salsa em função de diferentes substratos. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 2671-2676, 2010.

FREIRE, J. S. **Adubação Orgânica no Cultivo da Salsa**. 2021. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara, 2021.

HENZ, G. P; ALCÂNTRA, F. A de. **Hortas: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2009.

HEREDIA Z. N. A. et al. Produção e renda bruta de cebolinha e de salsa em cultivo solteiro e consorciado. **Hortic. Bras.**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 574-577, 2008.

LAJUS, C. R. Qualitative and quantitative aspects of lettuce varieties submitted to rock powder concentrations in organic cultivation. **Brazilian Journal Of Development**, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 494-512, maio 2021.

LOPES, M. A. J. B. M. Incorporação de lodo de esgoto e seus efeitos sobre alguns atributos do solo cultivado com rabanete (*Raphalus sativa* L.). Dissertação (mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco Programa de Pós- Graduação em Desenvolvimento em Processos Ambientais. Recife. 2008.

MAIA, P. M. E. DESENVOLVIMENTO E QUALIDADE DO RABANETE SOB DIFERENTES FONTES DE POTÁSSIO. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 1, p. 148-153, jan. 2011.

MARCATTO, G. Z. **MANEJO DA ADUBAÇÃO COM ESTERCO BOVINO NA CULTURA DE RABANETE**. 2021. 31 f. Monografia - Curso de Eng Agrônômica, UFSCAR, ARARAS, 2021.

MEDEIROS, A. S. et al. CRESCIMENTO E ALOCAÇÃO DE FITOMASSA DO QUIABEIRO SUBMETIDO À DOSES DE NITROGÊNIO E IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, [s.l.], v. 12, n. 3, p.2621-2631, 6 ago. 2018. INOVAGRI. <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v12n300775>.

MELO, G. G. et al. INFLUÊNCIA DE DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA SOBRE A PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE ALFACE. **Revista Saúde e Ciência Online**, S.l., v. 7, n. 2, p.502-512, ago. 2018.

MOJID, M. A; BISWAS, S. K; WYSEURE, G. C. L. Interaction effects of irrigation by municipal wastewater and inorganic fertilisers on wheat cultivation in Bangladesh. **Field Crops Research**, Maryland, v. 134, p. 45-50, 2012.

NASCIMENTO, A. F. **Diversidade de insetos e produtividade em cultivo solteiro e consorciado de brócolis e rabanete com e sem bordadura de manjeriço, como estratégia de produção alternativa sustentável**. 2021. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tec Ambiental, Unisc., Santa Cruz do Sul, 2021.

NASCIMENTO, J. S. et al. Avaliação do crescimento, desenvolvimento e produção do algodão irrigado com água de esgotos sanitários tratados. *Agropecuária Científica no Semiárido: Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Campina Grande*, v. 2, n. 14, p.331-338, 2018.

OLIVEIRA, F. R. A. Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 47, p. 519-526, dez. 2010.

PEDÓ, T. ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE PLANTAS DE RABANETE SUBMETIDAS A DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 1-7, fev. 2014.

POMPERMAYER, C. B; PERREIRA LIMA, J. E. Gestão de custos. 2003. Disponível em: < <http://www.unifae.br/publicacoes/pdf/financas/4.pdf> >. Acesso em: 25 set. 2021.

QUELUZ, J.G.T.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R.M. Efficiency of domestic wastewater solar disinfection in reactors with different colors. **Water Utility Journal**, v.7, n.1, p. 35-44, 2014.

SANDRI, D; MATSURA, E. E; TESTEZLAF, R. TEORES DE NUTRIENTES NA ALFACE IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA APLICADA POR SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 45-57, abr. 2006.

SANTOS, R. D. S. **REÚSO DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA NO CULTIVO DE HORTALIÇAS**. 2019. 132 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia (Irrigação e Drenagem), Unesp, Botucatu, 2019.

SILVA, T. L. **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA DE BAIXO CUSTO DE TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA PARA FINS DE REÚSO AGRÍCOLA EM COMUNIDADES RURAIS E POPULAÇÕES TRADICIONAIS**. 2019. 111 f.

Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia (Irrigação e Drenagem), Unesp, Botucatu, 2019.

SILVA, F. A. M; VILAS-BOAS, R. L; SILVA, R. B. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, p.131-137, 2010.

SINGH, P. K; DESHBHRATAR, P. B; RAMTEKE, D. S. Effects of sewage wastewater irrigation on soil properties, crop yield and environment. **Agricultural Water Management**, v. 103, p. 100-104, 2012.

SOUZA, D.P; QUELUZ, J.G.T; SILVA, A.O; SÁNCHEZ-ROMÁN, R.M. Influência da fertirrigação por sulco utilizando água residuária e diferentes níveis de adubação na produtividade do feijoeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 2, p. 348-362, março - junho, 2015.

SOUZA, J. L; GARCIA, R. D. C. **Custos e rentabilidades na produção de hortaliças orgânicas e convencionais no Estado do Espírito Santo**. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), v.3, n.1, p.11-24, Julho, 2013.

TAVARES, T. L; KÖNIG, A; CEBALLOS, B. S. O; AZEVEDO, M. R. Q. A. Efeitos da adubação do solo e da irrigação sobre os componentes de produção da alface. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, p. 231-235, jan. 2005

TRANI, P. E; RAIJ, B. Hortaliças. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, (Boletim Técnico, 100), cap. 18, 1997. p. 157-185.

YURI, J. E. et al. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 127-130, 2015.

ZARATE, N. A. H; VIEIRA, M.C; WEISMANN, M; LOURENÇÃO, A.L.F. Produção de cebolinha e de salsa em cultivo solteiro e consorciado. In: 42º Congresso Brasileiro de Olericultura/11º Congresso Latino-Americano de Horticultura, 2002, Uberlândia. Horticultura Brasileira: **Resumos expandidos e palestras**. Uberlândia: Promoções & Cia, 2020. v. 20. p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do aplicativo trouxe resultados satisfatórios no cultivo de hortaliças utilizando água residuária na irrigação, com adubação orgânica e mineral.

Com o modelo de cálculo utilizado pelo aplicativo desenvolvido nesta pesquisa foi possível produzir hortaliças utilizando água residuária na irrigação e reduzindo os custos com fertilizante com base nos teores nutricionais do efluente tratado.

O desenvolvimento de ferramentas que facilitem o uso da água residuária na irrigação, e a existência de sistemas simples de tratamento da água, remanesce para que o Brasil se torne usuário ávido desta técnica de produção, além da necessidade de uma legislação federal que permita a comercialização de hortaliças produzidas com água de reuso, fomentando cada vez mais a busca por uma agricultura sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALLENDE, A; MONAGHAN, J. Irrigation water quality for leafy crops: a perspective of risks and potential solutions. **International journal of environmental research and public health**, v. 12, n. 7, p. 7457-7477, 2015.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS. 2015. Brazilian Vegetable Yearbook. Santa Cruz do Sul: Gazeta. 66p.
- BEDBABIS, S; TRIGUI, D; AHMED, C. B; CLODOVEO, M. L; CAMPOSEO, S; VIVALDI, G. A; ROUINA, B. B. Long-terms effects of irrigation with treated municipal wastewater on soil, yield and olive oil quality. **Agricultural Water Management**, v. 160, p. 14-21, 2015.
- BENEDUCE, L; GATTA, G; BEVILACQUA, A; LIBUTTI, A; TARANTINO, E; BELLUCCI, M; TROIANO, E; SPANO, G. Impact of the reusing of food manufacturing wastewater for irrigation in a closed system on the microbiological quality of the food crops. **International Journal of Food Microbiology**, v. 260, n. 1, p. 51-58, 2017.
- BRANCO, M. C; ALCÂNTRA, F. A. **Hortas Comunitárias: experiências do Brasil e dos Estados Unidos**. Brasília: 2012.
- CAPRA, A; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural water management**, v. 68, n. 2, p. 135-149, 2004.
- 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.
- 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. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n. 3, 2015.
- DANIEL, L.A; CAMPOS, J.R. Metodologia simplificada para determinação de parâmetros cinéticos de desinfecção com radiação ultravioleta. In: **Seminário Internacional - Desinfecção de Águas de Abastecimento e Residuárias em Países em Desenvolvimento**, 1993, Belo Horizonte, Brasil. Anais. Belo Horizonte: Ed. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES – Seção Minas Gerais, 1993. p.229-245.
- EREGNO, F; MOGES, M; HEISTAD, A. Treated greywater reuse for hydroponic lettuce production in a green wall system: quantitative health risk assessment. **Water**, v. 9, n. 7, p. 454, 2017.
- FRIZZONE, J. A. **IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Folegatti/leb1571/Irrigacao_localizada.pdf>. Acesso em: 06 out. 2015.

GATTA, G; LIBUTTI, A; BENEDUCE, L; GAGLIARDI, A; DISCIGLIO, G; LONIGRO, A; TARANTINO, E. Reuse of treated municipal wastewater for globe artichoke irrigation: Assessment of effects on morpho-quantitative parameters and microbial safety of yield. **Scientia Horticulturae**, v. 213, p. 55-65, 2016.

LIBUTTI, A; GATTA, G; GAGLIARDI, A; VERGINE, P; POLLICE, A; BENEDUCE, L; DISCIGLIO, G; TARANTINO, E. Agro-industrial wastewater reuse for irrigation of a vegetable crop succession under Mediterranean conditions. **Agricultural Water Management**, v. 196, n. 1, p. 1-14, 2018.

MAKKAEW, P; MILLER, M; FALLOWFIELD, H. J; CROMAR, N. J. Microbial risk in wastewater irrigated lettuce: comparing *Escherichia coli* contamination from an experimental site with a laboratory approach. **Water Science and Technology**, v. 74, n. 3, p. 749-755, 2016.

QUELUZ, J.G.T; SÁNCHEZ-ROMÁN, R.M. Efficiency of domestic wastewater solar disinfection in reactors with different colors. **Water Utility Journal**, v.7, n.1, p. 35-44, 2014.

SILVA, V. P. da; FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, S. N. **IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO E LOCALIZADA**. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/curso1.htm>>. Acesso em: 13 set. 2015.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E. **Engenharia de Irrigação: tubulações e acessórios**. 1. ed. Campinas, SP: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 2015. v. 1. 153p .

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.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater: Wastewater use in agriculture**. 2. ed. Switzerland: Who Library Cataloguing, 2006.