UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS

ELIS LEI DA SILVA

USO DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NO DESENVOLVIMENTODA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI EM AMBIENTE PROTEGIDO

SÃO CRISTÓVÃO-SE

2019

ELIS LEI DA SILVA

USO DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADONO DESENVOLVIMENTO DA CULTURADO FEIJÃO-CAUPI EM AMBIENTE PROTEGIDO

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (PRORH) da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho

SÃO CRISTÓVÃO-SE

2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Silva, Elis Lei da

S586u Uso de esgoto doméstico tratado no desenvolvimento da cultura do feijão-caupi em ambiente protegido / Elis Lei da Silva ; orientador Raimundo Rodrigues Gomes Filho. – São Cristóvão, SE, 2019.

76 f. : il.

Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, 2019.

1. Recursos hídricos. 2. Água – Reúso. 3. Águas residuais – Microbiologia. 4. Irrigação agrícola. 5. Feijão-caupi – Cultivo. I. Gomes Filho, Raimundo Rodrigues. II. Título.

CDU 556.18:628.179.2

ELIS LEI DA SILVA

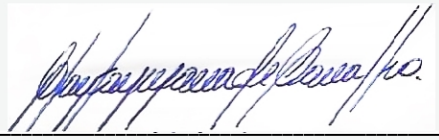
USO DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI EM AMBIENTE PROTEGIDO

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (PRORH) da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos.

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2019.

Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho

(Orientador)



Dr. Clayton Moura de Carvalho

(Membro interno)

Dra. Tatiana Pacheco Nunes
(Membro externo)

SÃO CRISTÓVÃO-SE

2019

DEDICATÓRIA

Dedico a DEUS, a minha FAMÍLIA, AMIGOS, a todos que me ajudaram de forma direta e indireta e não menos importante, a todas as pessoas que possam vir a ler este trabalho usufruindo e fazendo bom uso do seu conteúdo.

Se vós estiverdes em mim, e as minhas palavras estiverem em vós, pedireis tudo o que quiserdes, e vos será feito.

(Jesus Cristo)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente DEVO agradecer ao meu MARAVILHOSO **DEUS** por sempre me ajudar e estar presente em absolutamente todos os meus momentos de existência. OBRIGADA MEU DEUS! Em seguida, agradeço aos **MEUS PAIS**, eles que são minha base, meu alicerce, minha inspiração, meu TUDO. Com eles aprendi ter princípios, a ser forte e guerreira, respeitar e ajudar o próximo seja ele quem for, a ser humilde, honesta e a lutar pelos meus sonhos. Nesse seguimento, não poderia deixar de agradecer as minhas **IRMÃS** Gleide, Graciene e Graciele e ao meu **IRMÃO** Edson, que estiveram comigo toda vez que precisei e sempre torceram por minha vitória, OBRIGADA. Nesse contexto, é impossível não falar deles, meus **SOBRINHOS** Janbson, David Henrique, Jhon Hebert, Heitor e Eveny Natiely.

Venho agradecer ainda as minhas tias, tios, primas e primos. Aos meus **AMIGOS** e **AMIGAS** tanto da Bahia como de Sergipe que mesmo sem citar nomes sabem que são e sempre serão meus inesquecíveis e verdadeiros amigos. Em especial agradecer ao meu orientador e amigo **Prof. Dr**. **Raimundo Rodrigues Gomes Filho** que em momentos de aflição me falava: “Fique tranquila, vai dá certo!”

Ao meu GRANDE amigo **Ezio dos Santos Pinto Junior** que tanto colaborou para a realização desse trabalho. Gostaria também de agradecer ao grupo de graduandos em Engenharia Agrícola (**Darlan, Débora, Leno, Elber e Ketylen**) que foram FANTÁSTICOS ao me auxiliar do início ao fim da pesquisa. Não menos importante, agradecer a professora **Dra.Tatiana Pacheco Nunes** que DEMAIS contribuiu para meu crescimento acadêmico e para a realização de todas as análises microbiológicas, ao Prof. Dr. Gregório GuiradaFaccioli e Jonatan Mikhail, a professora Regina e Cida, dona Marluce, Samuel Barreto, Simone Feitosa, Silvaneide Lobo, Isaac Leal, Fabiano, Leina, Lúcio, Givaldo, Grasiella, Celeste, Idamar, Kairon e Everton.

Gratificação à Universidade Federal de Sergipe por meio do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos que me proporcionou ensinamentos e oportunidades de crescer como pessoa e profissional. Por fim, agradeço a CAPES pelo apoio financeiro durante a realização desta pesquisa.

Obrigada!

RESUMO

O uso da água na irrigação das culturas sem o manejo adequado tem ocasionado desperdícios de um recurso que tem se tornado cada vez mais escasso em muitas regiões do mundo. O aumento populacional tem acarretado em um maior consumo de água e consequentemente na elevação do esgoto doméstico gerado, o qual muitas vezes retorna ao ambiente com tratamento inadequado. A utilização de um manejo adequado da irrigação e de esgotos domésticos tratados tem sido alternativa para amenizar os desperdícios e disponibilizar uma maior parcela de água de boa qualidade para abastecimento das populações. Dessa forma, o reúso de esgoto doméstico tratado na agricultura irrigada é uma alternativa para que o montante requisitado pelo setor seja contemplado sem prejudicar o abastecimento público e a dessedentação de animais, os quais são usos prioritários, além de evitar possíveis contaminações dos mananciais. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e produção de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) irrigado com diferentes lâminas e concentrações de esgoto doméstico tratado. O experimento foi realizado em Delineamento de Blocos Casualizados (DBC) em esquema fatorial 3 x 4 cultivado em ambiente protegido localizado na Universidade Federal de Sergipe. A cultura foi submetida a três concentrações de esgoto (0, 50 e 100%); quatro lâminas de irrigação correspondentes a 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura (ETc) e quatro repetições, totalizando 48 vasos. Para o controle de irrigação foi utilizada uma estação meteorológica automática instalada no ambiente protegido. As lâminas de irrigação correspondentes a 150% da ETc quando aplicadas com 100% esgoto doméstico tratado proporcionaram maiores altura das plantas e diâmetros caulinares, porém não resultaram em maiores números de folhas e sistema radicular. A salinidade do solo afetou a produção do feijão. Os teores de coliformes termotolerantes do esgoto doméstico tratado utilizado na irrigação do feijão estavam fora dos padrões preconizados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA e Organização Mundial da Saúde - OMS para água de irrigação.

Palavras-chave: Análise microbiológica; Evapotranspiração da cultura; *Vigna unguiculata* (L.) Walp*;*Reúso.

ABSTRACT

The use of water in irrigating crops without proper management has led to waste of a resource that has become increasingly scarce in many regions of the world. The increase in population has led to a higher consumption of water and consequently to the increase of the generated domestic effluent, which often returns to the environment with inadequate treatment. The use of adequate management of irrigation and treated domestic effluents has been an alternative to reduce waste and provide a greater share of good quality water to supply populations. Thus, the reuse of domestic effluent treated in irrigated agriculture is an alternative so that the amount requested by the sector is contemplated without prejudice to the public supply and the watering of animals, which are priority uses, besides avoiding possible contamination of the water sources. In this context, the objective of this work was to evaluate the growth and production of cowpea (*Vigna unguiculata (L.)* Walp.) with different irrigation depthsand concentrations of treated domestic effluent. The experiment was conducted in a randomized block design (DBC) in a 3 x 4 factorial scheme grown in a protected environment located at the Federal University of Sergipe. The culture was submitted to three concentrations of effluent (0, 50 and 100%); four irrigation slides corresponding to 75, 100, 125 and 150% of crop evapotranspiration (ETc) and four replications, totalizing 48 vessels. For irrigation control, an automatic meteorological station installed in the protected environment was used. The irrigation slides corresponding to 150% of ETc when applied with 100% treated domestic effluent provided higher plant height and shoot diameters, but did not result in larger leaf numbers and root system. Soil salinity affected bean production. The thermotolerant coliform contents of the treated domestic effluent used in the irrigation of the beans were outside the standards recommended by the National Council for the Environment - CONAMA and the World Health Organization - WHO for irrigation water.

Keywords: Microbiological analysis; Evapotranspiration of the crop; *Vigna unguiculata (L.*) Walp; Reused.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ambiente protegido onde foi desenvolvido o experimento.....34
Figura 2- Estação de Tratamento de Esgoto-UFS.....35
Figura 3- Tanque reator aeróbio da ETE-UFS..... 35
Figura 4- Esquema Experimental.....36
Figura 5- Coleta de esgotodoméstico tratado na ETE-UFS.....37
Figura 6- Armazenamento de esgoto doméstico tratado em recipientes no ambiente protegido.....37
Figura 7- Aplicação de lâmina de irrigação.....38
Figura 8- Retirada de raízes da pimenta biquinho e plantas espontâneas.....38
Figura 9- Saturação dos solos.....39
Figura 10- Solo seco e homogeneizado (A). Solo em vasos C2 e C3 (B).....39
Figura 11- Solo seco, homogeneizado e peneirado (A). Solo nos vasos testemunha-C1 (B)...40
Figura 12- Distribuição do calcário no vaso (A) e saturação do solo (B).....40
Figura 13- Plantio do feijão-caupi nos vasos.....41
Figura 14- Desbaste do feijão-caupi.....41
Figura 15- Adubação de cobertura.....42
Figura 16- Presença de cochonilha.....42
Figura 17- Planta afetada pelo oídio.....43
Figura 18- Medição da altura da planta.....44
Figura 19- Avaliação do diâmetro caulinar da planta.....45
Figura 20- Medição do sistema radicular.....45
Figura 21- Análise água DESO (A) e esgoto doméstico tratado(B).....46
Figura 22- Leitura dos parâmetros físico-químicos dos tratamentos.....46
Figura 23- Coliformes Termotolerantes.....48
Figura 24- Mesófilos.....48
Figura 25- Bolores e Leveduras.....49
Figura 26- Meios de enriquecimento seletivo para análise de *Salmonella.*.....50
Figura 27- Resultado de análise em meios seletivo diferencial.....50
Figura 28- Identificação bioquímica (TSI-A) e (LIA-B).....50
Figura 29- Coleta de solo para análise química.....51
Figura 30- Amostras compostas levadas para o ITPS.....51

Figura 31- Interação entre os fatores lâmina de irrigação e concentração de esgoto doméstico tratado para a variável altura da cultura do feijão-caupi.....55
Figura 32- Interação entre os fatores lâmina de irrigação e concentração de esgoto doméstico tratado para a variável diâmetro caulinar da cultura do feijão-caupi.....57
Figura 33-Interação entre os fatores lâmina de irrigação e concentração de esgoto doméstico tratado para a variável número de folhas da cultura do feijão-caupi.....59
Figura 34-Interação entre os fatores lâmina de irrigação e concentração de esgoto doméstico tratado para a variável sistema radicular da cultura do feijão-caupi.....60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de reúso, usos, padrão de qualidade e tratamento pela NBR 13.696/97.....25
Tabela 2 - Classe e concentrações de parâmetros para irrigação pela Resolução nº 357/2005.....26
Tabela 3 - Recomendações da OMS sobre qualidade microbiológica para uso de esgoto na agricultura.....26
Tabela 4- RESUMO da ANOVA para as variáveis altura (cm), diâmetro caulinar- DC (mm), número de folhas (NF) e sistema radicular(cm).....51
Tabela 5-Teste de Tukey para a variável diâmetro caulinar em função das lâminas e das concentrações de esgoto doméstico tratado utilizadas nas irrigações do feijão-caupi.....53
Tabela 6-Teste de Tukey para a variável número de folhas em função das lâminas e das concentrações de esgoto doméstico tratado utilizadas nas irrigações do feijão-caupi.....55
Tabela 7-**V**alores médios dos parâmetros físico-químicos avaliados nasconcentrações utilizadas na irrigação do feijão-caupi e no solo.....58
Tabela 8-Análise microbiológica da água DESO.....61
Tabela 9-Análise microbiológica do esgoto doméstico tratado.....61
Tabela 10- Qualidade microbiológica do feijão-caupi irrigado com diferentes concentrações de esgoto doméstico tratado e diferentes níveis de lâminas de irrigação.....62
Tabela 11-Valores referentes as análises química do solo durante o experimento do feijão-caupi a fim de avaliar a influência do uso de esgoto sobre diferentes parâmetros do solo....63

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1- Cálculo para aplicação de calagem.....40
Equação 2- Penman-Monteith.....43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO ---- 15

2 OBJETIVOS ---- 17

2.1 Objetivo Geral ---- **17**

2.2 Objetivos Específicos ---- **17**

3 REFERENCIAL TEÓRICO ---- 18

3.1 Reúso da Água ---- **18**

3.1.1 Importância da Água ---- 18

3.1.2 Qualidade da Água ---- 19

3.1.3 Escassez Hídrica ---- 19

3.1.4 Disponibilidade e Demanda Hídrica ---- 20

3.1.5 Classificação e Formas de Reúso ---- 21

3.1.6 O Reúso de Água no Mundo ---- 22

3.1.7 Legislação Brasileira para Reúso e Tratamento Recomendado ---- 23

3.1.8 Benefícios e Possíveis Desvantagens do Reúso na Agricultura ---- 27

3.1.9 Reúso na Irrigação e Sensibilidade Populacional ---- 28

3.2 Aspectos microbiológicos ---- **30**

3.3 Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) ---- **33**

4 MATERIAL E MÉTODOS ---- 35

4.1 Local de condução do experimento ---- **35**

4.2 Material vegetal ---- **36**

4.3 Descrição experimental ---- **37**

4.4 Plantio e condução da cultura ---- **42**

4.5 Pragas e doenças ---- **43**

4.6 Manejo da irrigação ---- **44**

4.7 Variáveis analisadas ---- **45**

4.7.1 Análise Agronômica ---- 45

4.7.2 Análise microbiológica da água da DESO e do esgoto doméstico tratado ---- 47

4.7.3 Parâmetros físico-químicos dos tratamentos estudados ---- 47

4.7.4 Qualidade microbiológica do feijão-caupi ---- 48

4.8 Preparo das amostras ---- 48

4.8.1 Enumeração de coliformes termotolerantes ---- 48

4.8.2 Enumeração de mesófilos ---- 49

4.8.3 Enumeração de bolores e leveduras ---- 50

4.8.4 Pesquisa de *Salmonella* sp ---- 50

4.9 Análise do Solo ---- 51

4.10 Análise Estatística ---- 53

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO ---- 54

5.1 Análise das características agronômicas do feijão-caupi ---- 54

5.1.1 Altura ---- 54

5.1.2 Diâmetro Caulinar ---- 55

5.1.3 Número de Folhas ---- 58

5.1.4 Profundidade do Sistema Radicular ---- 59

5.2 Análise físico-química das concentrações utilizadas na irrigação do feijão-caupi e no solo - 60

5.2.1 Condutividade elétrica das concentrações ---- 61

5.2.2 Oxigênio Dissolvido ---- 62

5.2.3 pH ---- 62

5.2.4 Temperatura ---- 62

5.2.5 Condutividade elétrica do solo ---- 63

5.3 Análise microbiológica da água ---- 63

5.4 Qualidade microbiológica do feijão-caupi ---- 64

5.5 Análise química do solo ---- 66

6. CONCLUSÃO ---- 69

7. REFERÊNCIAS ---- 70

1 INTRODUÇÃO

Ao decorrer dos últimos 50 anos, a expansão populacional mundial e o crescimento do desenvolvimento industrial, econômico e tecnológico têm contribuído cada vez mais para a degradação dos recursos hídricos e as poucas fontes disponíveis de água doce do mundo estão sendo comprometidas ou correndo sério risco (MACHADO, 2004).

A água é um elemento vital a todos os seres vivos, porém encontra-se dividida de forma desigual pela superfície terrestre. Mesmo que localizado em um país com disponibilidade de água per capita elevada, o nordeste brasileiro, situado em regiões áridas e semiáridas, possui longos períodos de estiagem com forte incidência solar, o que eleva a evaporação e reduz a quantidade de água acessível. Assim, a água se mostra como um elemento limitante ao desenvolvimento urbano nessa região.

A agricultura tem sido responsável por grande parcela da água utilizada, tornando necessária a implantação de sistemas de irrigação eficientes, além da utilização de métodos que quantifiquem as necessidades hídricas das culturas, para que não haja desperdício. A agricultura irrigada representa o maior consumidor de água dentre os diversos usuários finais deste recurso natural, chegando a totalizar 80% do consumo em muitos países (DANTAS, 2015).

Dentre os fatores agravantes para degradação dos recursos hídricos, encontra-se a produção agrícola, com uso de agrotóxicos e irrigação, indústrias e mineradoras, com a contaminação por metais pesados, infraestrutura hídrica, com as alterações das características do ecossistema e lançamento direto de esgoto doméstico, responsáveis pela contaminação com coliformes e outras bactérias nas águas. Além de todos os problemas citados, a má gestão dos recursos hídricos conjunto à falta de educação ambiental da sociedade acarretou situações de escassez em áreas que possuíam um quadro hídrico confortável (SANTOS, 2017).

O estado de Sergipe corresponde, em área, a 0,12% do território nacional e possui uma área irrigada de 25.602 ha, representando 0,4% do total do país. Dentre os usos consuntivos, a irrigação é a que possui maior montante retirado, 48%, que equivale, em termos de vazão outorgada, a 44% do total do estado (ANA, 2013).

Dessa forma, é necessária a criação de sistema que contenha informações quali-quantitativas a respeito de cada bacia hidrográfica e da região em estudo para que medidas sejam tomadas de forma racional, a fim de que se consiga economizar água de melhor qualidade para usos nobres, como abastecimento público e dessedentação animal, assegurando-a para futuras gerações. Levando em consideração às soluções ambientalmente

sustentáveis, como é o caso do reúso da água ou utilização de esgoto tratado e também dos fertilizantes orgânicos e aliando-as a alimentação do Nordeste do Brasil, esta pesquisa torna-se bastante relevante. Essa tentativa de sustentabilidade da agricultura com a qualidade dos produtos, agredindo cada vez menos um dos nossos bens de produção que é o solo, deve ser estimulada.

Nesse contexto, os esgotos tratados vêm sendo utilizados cada vez mais para a irrigação de diversas espécies vegetais. Já existem pesquisas referentes ao tema, como o executado por Santos (2017) para alface baba de verão; Silva (2018) para a cultura do feijão BRS pontal; e Feitosa (2018) para a cultura da pimenta biquinho.

Associada a importância do uso de águas residuárias na agricultura destaca-se também o feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão-macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) que representa alimento essencial para as populações de baixa renda da região do Nordeste do Brasil e corresponde a 9,5% da área cultivada no país.

No Estado de Sergipe, o cultivo do feijão-caupi ainda é limitado a pequenas propriedades concentradas na região dos Tabuleiros Costeiros. Seu consumo se dá principalmente na forma de feijão verde e, em menor proporção, como grãos secos (BRASIL, 2002). Porém, diante de sua relevante resistência à deficiência hídrica, da grande carga de nutrientes que possui e ainda da facilidade de propagação de sementes e ciclo reprodutivo curto, pode ser facilmente utilizado como alternativa nos planos de agricultura familiar, já que se estima no Brasil, que o mercado consumidor de caupi seja de 29 milhões de pessoas (FERREIRA et al., 2002).

A vulnerabilidade dos sistemas de produção existentes se liga à presença das secas periódicas que limita no tempo os ganhos obtidos nos anos de chuvas mais regulares, se fazendo necessária, dessa forma, a realização de irrigação para manutenção do seu rendimento. A prática de irrigação com águas de qualidade inferior pode ser uma alternativa viável a cultura do feijão-caupi, haja vista que a cultura tolera condutividade elétrica de até 3,3 dS m^{-1}, na água de irrigação (PRAZERES et al., 2015).

De acordo com o exposto acima, o objetivo desta pesquisa foio reúso de esgoto doméstico tratado, como fonte hídrica e nutricional, para irrigação do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), comparando o desenvolvimento desta cultura com a parcela irrigada com água oriunda da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), e verificar ao final do experimento a possibilidade da substituição da fonte de água de melhor qualidade por uma inferior sem que apresente contaminação e/ou perda de produção.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estudar o desenvolvimento do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), ao longo do seu ciclo quando submetido a diferentes concentrações de esgoto doméstico tratado e lâminas de irrigação, com a finalidade de estabelecer um manejo adequado da irrigação desta cultura.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito do esgoto doméstico tratado nas características agronômicas da cultura: altura, diâmetro caulinar, número de folhas e sistema radicular da planta;
- Avaliar o efeito do esgoto doméstico tratado na qualidade microbiológica dos grãos quanto a população de coliformes termotolerantes, mesófilos, bolores e leveduras e *Salmonella;*
- Analisar a qualidade microbiológica do esgoto doméstico tratado e da água DESO quanto a população de coliformes totais e termotolerantes;
- Avaliar parâmetros físico-químicos: condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH e temperatura no esgoto doméstico tratado utilizado no cultivo do feijão-caupi.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Reúso da Água

3.1.1 Importância da Água

A água ocupa aproximadamente 70% da superfície da Terra e é a principal responsável pela existência de vida no nosso planeta. Além disso, é primordial para várias atividades antrópicas, como a agricultura e diversos processos industriais (CASTRO, 2012).

Segundo a ANA (2015), o Brasil se encontra em uma situação hídrica confortável, detendo 13% da água doce do mundo. No entanto, esta água não está distribuída uniformemente no planeta, e esse fato, associado ao crescimento populacional e desenvolvimento urbano, gerou, além de desperdícios, a degradação dos corpos hídricos levando o país a um quadro de penúria hídrica. A maior parte de água do planeta está situada em regiões com carência de água. Assim sendo, atualmente cabe desenvolver, em caráter de urgência, tecnologias que permitam a melhoria da captação, do armazenamento e da preservação da água e de seus mananciais.

Ainda segundo Castro (2012), nas regiões áridas e semiáridas, a água é fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Porém, mesmo regiões com recursos hídricos abundantes podem ter dificuldades em atender às demandas nos períodos mais secos, caso exista excesso de usuários ou degradação de mananciais em decorrência de poluição. Neste caso, restrições na oferta e decorrentes competições entre usuários e conflitos de usos podem afetar o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida da população.

O crescimento populacional, a necessidade de produção de alimentos e o desenvolvimento industrial realmente podem gerar sérios problemas no abastecimento de água nos próximos anos, caso a gestão de recursos hídricos não seja praticada de forma plena. Nessa circunstância, é preciso integrar a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) com as demais políticas públicas. É fundamental definir as prioridades de uso da água, levando-se em consideração as necessidades básicas do País e as especificidades de cada região.

Nesse contexto, cabe ressaltar também que embora a preocupação inicial seja avaliar a quantidade de água à disposição, como expresso anteriormente, um dos grandes desafios mundiais na atualidade é o atendimento à demanda por água de boa qualidade (GRASSI, 2001).

Estima-se que por volta de 2050, mais de 4 bilhões de pessoas (quase metade da população mundial) estarão vivendo em países com carência crônica de água (CLARKE e

KING, 2005) e, segundo a Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância), hoje, menos da metade da população mundial tem acesso à água potável.

3.1.2 Qualidade da Água

A qualidade da água pode ser determinada como um conjunto de características físicas, químicas ou biológicas que ela apresenta, em função do seu uso. Os padrões de classificação mais usados pretendem classificar a água de acordo com a sua potabilidade, a segurança que apresenta para o ser humano e para o bem estar dos ecossistemas. É fundamental que os recursos hídricos apresentem condições físicas e químicas adequadas para a sua utilização pelos organismos (MOTA, 2018).

Os recursos hídricos são de extrema importância para a vida na Terra, e, embora seja um recurso renovável, é finito, e sua qualidade vem sendo rapidamente deteriorada, especialmente ao longo das últimas décadas (TUNDISI, 2003). Conforme o mesmo autor, a qualidade da água é afetada por uma série de fatores externos, tanto naturais quanto antrópicos, os quais incluem a hidrografia, o clima, a geologia, os usos do solo, a modificação da cobertura vegetal, o lançamento de esgotos, tratados e não tratados e a urbanização.

No Brasil, os registros do Sistema Único de Saúde (SUS) mostram que 80% das internações hospitalares do país são devidas a doenças de veiculação hídrica, ou seja, doenças que ocorrem devido a qualidade imprópria da água para consumo humano (MERTEN e MINELLA, 2002).

Para que a água destinada ao consumo humano seja adequada à manutenção da saúde, são estabelecidos pelos órgãos competentes padrões de potabilidade, que representam as quantidades limítrofes dos diversos elementos que podem ser tolerados nas águas de abastecimento público (CAMPOS et al., 2003).

De acordo com Almeida (2010), os principais parâmetros a serem avaliados na qualidade da água para irrigação contemplam os parâmetros físico-químicos e biológicos como pH, temperatura, condutividade elétrica, alcalinidade, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos totais, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais e fecais, entre outros, que definem sua adequação ou não para o uso.

3.1.3 Escassez Hídrica

A escassez da água do planeta vem provocando debates e pesquisas na busca de alternativas para o enfrentamento ou mitigação do problema. Conforme Rijsberman (2006), a conclusão de diversos estudos aponta que dois terços da população mundial serão afetados pela escassez de água nas próximas décadas. Associa-se a este fator que a escassez de água é

acompanhada por uma deterioração de sua condição de qualidade devido à poluição e à degradação ambiental.

Nesse contexto, o receio com relação ao futuro a nível qualitativo e quantitativo do recurso água tem se tornado uma temática cada vez mais debatida e destacada junto às autoridades responsáveis, tanto a nível mundial, federal como regional, com a definição de normas que buscam a preservação dos recursos disponíveis pela classe científica que procura soluções técnicas e por diferentes setores da sociedade empenhados nos mesmos objetivos (RAMOS, 2007).

Além da escassez hídrica, que é grave em diversas regiões, deve-se considerar a questão da poluição concentrada e difusa de corpos hídricos. Processos de eutrofização, metais pesados, acidificação, poluentes orgânicos e outros efluentes tóxicos degradam os corpos hídricos de áreas densamente povoadas, comprometendo a qualidade da água (BERNARDI, 2003). De acordo com Duarte (2006), a escassez gradativa de água faz com que muitos países recorram ao emprego de diversas tecnologias para a obtenção de outras fontes desse recurso, como por exemplo, a dessalinização das águas e o tratamento de esgotos utilizados para o reúso em diversas atividades, principalmente, para irrigação e recarga de aquíferos.

Todos esses fatores, alertam estudiosos, para uma futura crise em todo o mundo em relação à escassez hídrica, sendo que a falta da mesma pode acarretar sérios problemas e o principal seria uma provável crise alimentar, pois com o crescente aumento populacional, a demanda por alimento tende a aumentar, além de que, a falta de água causaria uma provável extinção de várias espécies de flora e fauna nativa e também afetaria significativamente na saúde e economia (SILVA, 2018).

3.1.4 Disponibilidade e Demanda Hídrica

A Lei 9.433/97 (Lei das Águas) traz como um dos seus fundamentos o uso prioritário da água para abastecimento humano e dessedentação de animais em caso de escassez (BRASIL, 1997a). A demanda mundial para a produção de alimentos aumenta progressivamente a taxas muito altas. Porém, mesmo não se enquadrando como prioridade, está diretamente relacionada à disponibilidade de água e, segundo a literatura, a agricultura é responsável por aproximadamente 75% da água consumida mundialmente. O uso industrial corresponde a 22% e o doméstico a 8%.

A falta de políticas governamentais é a principal causa para devastação da agricultura e consequente declínio socioeconômico, ocasionado pela seca na região semiárida brasileira. Ainda para os mesmos autores, a solução para este problema é se espelhar em ações

realizadas em locais de climas similares (SANTOS et al., 2013). Silva et al.(2014) asseguram que as características dessa região se apresentam como um impasse para o seu desenvolvimento.

Por vez, Schaer-Barbosa et al. (2014)reconhecem que a falta de água tem auxiliado a implementação de projetos de desenvolvimento no semiárido. Desse modo, dentre as opções para se economizar a água e evitar que montantes despoluídos desse recurso sejam contaminados, encontra-se o reúso de água, que é definido, conforme a Resolução nº 54 de 2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, como a utilização de água de esgotos líquidos, tratados ou não, de edificações, indústrias, setores agropecuários ou agroindustriais.

3.1.5 Classificação e Formas de Reúso

A Organização Mundial de Saúde (WHO, 1973) classifica o reúso em reúso indireto, que é quando as águas já utilizadas, seja pelas indústrias ou uso doméstico, são lançadas em águas superficiais ou subterrâneas e em seguida reutilizadas de forma diluída; reúso direto, referente à utilização planejada das águas residuais tratadas para alguma atividade, como irrigação ou recreação e em reúso de água na indústria (reciclagem), quando é realizado na própria indústria, visando a conservação e o controle da poluição.

A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (1992) categoriza o reúso em: potável (direto) e não potável (indireto).

As formas potenciais de reúso existentes são dependentes de fatores socioeconômico e culturais, de decisões políticas, esquemas institucionais e disponibilidade técnica. São consideradas mais significativas as formas de reúso urbano, industrial, agrícola e associado à recarga de aquíferos (HESPANHOL, 2003a).

- Uso Urbano: classificado em uso potável e não potável. Para o primeiro caso, o recomendado é que se utilize o reúso indireto, onde a água reutilizada é lançada anteriormente em um afluente para diluição; e que o esgoto seja apenas de origem doméstica. A segunda condição apresenta menores riscos à saúde humana e é representado pela irrigação de parques, campo de futebol, universidades e jardins públicos; reserva de proteção contra incêndio; descarga sanitária; sistemas decorativos aquáticos e utilização na construção civil.

- Uso Industrial: geralmente está associado as torres de resfriamento, devido à grande demanda requerida para esta finalidade. Outra forma de reúso na indústria é por meio da reciclagem, em que a água residuária, gerada no

processo industrial, é empregada no mesmo processo onde foi produzida, ou então em etapas seguintes.

- Recarga Artificial de Aquífero: praticada por meio de poços de injeção ou por infiltração superficial em bacias ou canais de infiltração. Os principais objetivos desse tipo de reúso são: tratamento complementar do esgoto, aumento da disponibilidade de água em aquíferos e prevenção da intrusão salina.

- Uso para fins Agrícolas: esta finalidade de reúso mostra-se prioritária para promoção e institucionalização, uma vez que este é o setor responsável por consumir a maior parcela de água mundial. Pode ser utilizado desde a irrigação de pastos e árvores como em culturas a serem ingeridas cruas, para isso, é necessário que se utilize de tratamento adequado da água residuária para cada tipo de cultivo (HESPANHOL, 2003b).

Qualquer que seja a forma de reúso empregada é fundamental observar que os princípios básicos que devem orientar essa prática são: preservação da saúde dos usuários e do meio ambiente, atendimento consistente às exigências de qualidade, relacionadas ao uso pretendido e proteção dos materiais e equipamentos utilizados nos sistemas de reúso (HESPANHOL, 2002).

3.1.6 O Reúso de Água no Mundo

Embora só mais recentemente o meio técnico e o público em geral fale ou ouça falar, o reúso da água vem sendo praticado no mundo desde os primórdios da humanidade até os dias atuais. Philippi Júnior e Boranga (2003) relatam que o termo água de reúso começou a ter maior constância na sociedade na década de 80, à medida que a água proveniente de abastecimento se tornou mais dispendiosa, refletindo no valor dos produtos finais fabricados. Contudo, a literatura faz menção desta técnica desde a Grécia Antiga, com disposição de esgoto e uso deste na irrigação. Asano (2002) menciona a utilização dessa técnica para irrigação de cultura cítrica na Tunísia em 1962 e recarga de água subterrânea na Califórnia no mesmo ano. O mesmo autor ainda descreve o caso da Namíbia, em 1968, que utilizou do reúso para elevar o abastecimento de água potável.

Para o Banco Mundial, o reúso de água em nações Árabes tem crescido dramaticamente. Localizados em regiões frequentemente áridas e escassas em água, estes países têm tratado até 55% da sua água de esgoto e reutilizando-a na agricultura, irrigação, refrigeração industrial e proteção ambiental. Em alguns países, já utiliza o reúso para o reabastecimento de aquíferos.

Um grande exemplo é a pequena nação árida de Israel – um dos líderes em reúso de água no mundo. Hoje, o tratamento do esgoto é responsável por abastecer cerca de um quarto da demanda por água do país, ficando atrás apenas da água obtida por desalinização. Além do reaproveitamento da água, Israel também tem apostado em sistemas de captura do metano proveniente da decomposição de matéria orgânica para fins de geração de energia. O Egito possui um balanço hídrico negativo, porém utiliza 25% mais água do que possui devido a prática do reúso (BARNES, 2014).

O México, que possui dificuldades com disponibilidade hídrica devido ao clima e à contaminação, utiliza essa técnica para irrigação do Vale do Mezquital desde o final do século XIX (SANTOS et al., 2013). O Brasil, em contrapartida, ao ser comparado com os países acima supracitados, está em processo de implantação do reúso de esgotos domésticos. Há relatos de reúso na agroindústria canavieira e também em centros de pesquisa que já se apropriam desse procedimento para avaliar o seu potencial em agriculturas irrigadas.

No entanto, como indutores do início do processo de regulamentação, grupos de trabalho e técnicos do setor discutem e avaliam em diversos encontros e seminários nacionais e internacionais a questão, estimulando para a institucionalização da reciclagem e reúso sempre que possível, para a promoção do tratamento e disposição de esgotos, evitando a poluição ambiental. Assim sendo, destaca-se também a necessidade de regulamentação e uso de instrumentos econômicos para o controle da qualidade da água, com o propósito de aumentar a eficiência, reduzindo assim os custos sociais e gerando meios fiscais para o financiamento de ações de proteção ao meio ambiente (BERNARDI, 2003).

Todavia, nota-se que o mundo está acordado para o fato de que sistemas para gerenciamento sustentável da água serão em breve parte substancial do nosso estilo de vida.

3.1.7 Legislação Brasileira para Reúso e Tratamento Recomendado

A Lei nº 9.433/97, conhecida como Lei das Águas, apresenta fundamentação legal para a racionalização do uso da água e requisitos jurídicos para o reúso de água, como alternativa viável na preservação e conservação ambiental. A Lei tem como um de seus objetivos "garantir a atual e futuras gerações a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vista ao desenvolvimento sustentável". Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o qual possui como uma das suas diretrizes gerais a integração dos recursos hídricos com o meio ambiente. Além disto, essa Lei estabelece que a água é um bem de domínio público; que é um recurso natural limitado e dotado de valor econômico; e que a gestão desta deve proporcionar os usos

múltiplos. Além de instituir a cobrança dos recursos hídricos a fim de estimular a racionalização deste (BRASIL, 1997b).

Conforme analisam Paschoalato et al. (2004), tal legislação, ao instituir os fundamentos da gestão dos recursos hídricos, abriu uma brecha para a prática do reúso, como uma forma de utilização racional da água e preservação ambiental, que associado à aplicação de tecnologia específica, diminuiriam o problema da escassez hídrica.

A Agenda 21 brasileira (2004) traz, como estratégias, o reúso de água, objetivando a eliminação da poluição causada pelo lançamento de esgoto urbano nos corpos hídricos e também visando a prevenção de escassez de água nos mananciais.

A Resolução n° 54, criada em 2005, estabeleceu modalidades, diretrizes e critérios gerais para o reúso direto não potável. Afirma que programas de capacitação, mobilização social e informação quanto à sustentabilidade do reúso, especialmente os aspectos sociais e ambientais, deverão ser incentivados e promovidos (BRASIL, 2005).

Em 16 de dezembro de 2010, a Resolução nº 121 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH estabelece diretrizes e critérios para o reúso na modalidade agrícola e florestal. Dentre as determinações desta, estão que as características biológicas da água e físico-químicas como pH, deverão atender o limite mínimo da legislação vigente (Lei nº 9.433/97); assim como as concentrações de substâncias químicas do solo são os valores de prevenção que contam na legislação pertinente. Confirma ainda que o reúso para fins agrícola e florestal não deve colocar o meio ambiente ou a saúde pública em risco (BRASIL, 2010).

Todavia, ainda não existe no Brasil uma legislação que regulamente os parâmetros gerais do reúso sendo necessário adotar os critérios estabelecidos pela NBR 13.696 de 1997, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Classes de reúso, usos, padrão de qualidade e tratamento pela NBR 13.696/97

Classe	Uso	Padrão	Tratamento
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, incluindo chafariz.	• Turbidez < 5 UNT; • Coliforme fecal < 200 NMP/100 mL; • Sólidos dissolvidos totais < 200 mg L^{-1}	Tratamento aeróbio seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração.
Classe 2	Lavagens de pisos, irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.	• Turbidez < 5 UNT; • Coliforme fecal < 500 NMP/100 mL; • Cloro residual > 0,5 mg L^{-1}	Tratamento biológico aeróbio seguido de filtração de areia e desinfecção.
Classe 3	Reúso nas descargas dos vasos sanitários.	• Turbidez < 10 UNT; • Coliformes fecais < 500 NMP/100 mL.	Cloração ou ainda tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfeção.
Classe 4	Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	• Coliforme fecal <5.000 NMP/100 mL; • Oxigênio dissolvido > 2,0 mg L^{-1}.	Para essa classe, a Norma não especifica o tratamento, apenas chama atenção para que as aplicações sejam interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Fonte: Adaptado da NBR 13.696/97

A Resolução nº 357/2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), classifica as águas doces, Tabela 2, de forma que, na ausência de leis mais específicas para utilização de águas residuária na agricultura, sirva para nortear os padrões de qualidade necessários para irrigação. Outra recomendação a ser seguida, uma vez que o Brasil não possui uma legislação própria para reúso agrícola, é a disponibilizada pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 1989), Tabela 3.

Tabela 2 - Classe e concentrações de parâmetros para irrigação pela Resolução nº 357/2005

Classe	Uso	Concentrações
Classe 1	Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.	• Sólidos dissolvidos totais ≤ 500 mg/L; • Turbidez ≤ 40 UNT; • 6,0 < pH <9,0; • Coliformes fecais ≤ 200/100mL.
Classe 2	Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.	• Sólidos dissolvidos totais ≤ 500 mg/L; • Turbidez ≤ 100 UNT; • 6,0 < pH <9,0; • Coliformes fecais ≤ 1.000/100mL.
Classe 3	Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	• Sólidos dissolvidos totais ≤ 500 mg/L; • Turbidez ≤ 100 UNT; • 6,0 < pH <9,0; • Coliformes fecais ≤ 4.000/100mL.

Fonte: Adaptado da Resolução nº357/2005

Tabela 3 - Recomendações da OMS sobre qualidade microbiológica para uso de esgoto na agricultura

Grupo	Reúso	Grupo Exposto	Nematóides intestinais	Coliformes fecais	Tratamento esperado
A	Irrigação de culturas consumidas crus, campos desportivos, parques públicos.	Trabalhador, consumidor e público	≤ 1	≤ 1.000	Uma série de lagoa de estabilização.
B	Irrigação de culturas de cereais, plantas forrageiras, pastagens e árvores.	Trabalhador	≤ 1	Nenhum padrão recomendado	Retenção em lagoas de estabilização por 8-10 dias.
C	Irrigação de culturas da categoria B, se não ocorre exposição dos trabalhadores e do público.	Nenhum	Não se aplica	Não se aplica	Pré-tratamento exigido pela irrigação, mas não menos que sedimentação primária.

Fonte: Adaptado OMS, 1989

3.1.8 Benefícios e Possíveis Desvantagens do Reúso na Agricultura

Ao reduzir o consumo da água de boa qualidade, Hespanhol (2003) atribui ao reúso benefícios econômicos, devido à possibilidade de expandir a área cultivada, aumentando assim a produção; ambientais e à saúde pública, em virtude da não descarga desse efluente em águas superficiais ou subterrâneas, preservando, dessa maneira, o meio ambiente e evitando a contaminação da população. Ramos (2007) elucida também a redução do uso de fertilizantes e o direcionamento da água de qualidade para fins mais nobres. Para mais, Gloaguen et al. (2007) relatam sobre a autodepuração, proporcionado pelos processos físicos, químicos e biológicos, que o efluente sofre ao ser aplicado no solo.

Apesar de todas as vantagens elencadas para o uso de esgotos na agricultura, existem alguns pontos negativos que precisam ser discutidos, como os destacados por Mota e Von Sperling (2009) informando que, mesmo com tantas vantagens, o reúso agrícola apresenta também aspectos negativos em relação ao solo e seu sistema dinâmico. Dessa forma, a interação esgoto-solo deve ser monitorada continuamente, para que os impactos sejam bem conhecidos e que o manejo seja realizado de maneira adequada e sustentável.

Para Capra e Scicolone (2007) a transmissão de doenças provocadas pela irrigação pode ocorrer devido aos seguintes aspectos: grau de tratamento dos esgotos, tipo de cultura, práticas de colheita utilizadas, grau de contato com o esgoto e o método de irrigação, sendo o último muito importante para a redução dos riscos potenciais. Essa técnica, portanto, deve ser utilizada com cautela, uma vez que o conhecimento sobre possíveis contaminações acarretadas por organismos patogênicos e também pela presença de metais pesados ainda não possuem estudos suficientes (SILVA et al., 2014).

Em vista disso, a aplicação da irrigação deve seguir algumas indicações, levando em consideração o potencial de produção da cultura, condições locais de clima, pluviosidade, solo e método de irrigação (USEPA, 2012).

Santos et al. (2006) indicaram que as substâncias que se encontram no esgoto afetam o sistema do solo quando são utilizados como fonte de irrigação. Dentre elas, o nitrogênio orgânico, parte mais abundante em esgotos domésticos, tem a capacidade de mineralizar após o processo microbiológico de hidrólise enzimática, liberando para o solo íons inorgânicos, principalmente amônia e nitrato, este último apresenta grande mobilidade no solo, podendo lixiviar e atingir águas subterrâneas. Além do nitrogênio, o fósforo é um nutriente presente em quantidades elevadas nos esgotos domésticos. Quando adicionado ao solo, esse nutriente pode causar efeitos adversos nas plantas nas quais, os efeitos negativos são principalmente causados pelo balanço nutricional alterado, pois o excesso de fósforo influencia na redução de

outros nutrientes como zinco, ferro e cobre, provocando uma redução na produtividade da cultura.

A OMS (WHO, 2006) traz recomendações para a utilização segura da água residuária na agricultura e também na aquicultura. De acordo com esta organização, nas regiões que possuem condições precárias de saneamento e as águas residuárias não tratadas são amplamente utilizadas na agricultura, ocorre alta incidência de infecções por protozoários e vírus, além disso, parasitas intestinais representam riscos de saúde mais frequentemente encontrados. Outros patógenos relacionados com excrementos também podem representar riscos para a saúde, ocasionando altos índices de diarreia, ou ainda doenças infecciosas, como a febre tifoide e cólera.

Já os países onde elevados padrões de higiene e saneamento prevalecem, e os processos de tratamento são bem geridos, doenças virais oferecem maiores riscos de saúde do que outros patógenos. Isto se relaciona não só pelo fato dos vírus serem de difícil remoção por meio de processos de tratamento de esgoto, mas também por causa da resistência de alguns vírus no meio ambiente e a sua infecciosidade em baixas concentrações. Além disso, as pessoas que vivem nesses países, muitas vezes não têm nenhuma exposição prévia a patógenos virais e, portanto, não têm imunidade adquirida e são mais vulneráveis à infecção viral e doença (WHO, 2006). Ainda em conformidade com a Organização Mundial de Saúde, a lagoa de estabilização é uma opção para o tratamento das águas residuárias, pois possui alta capacidade de remoção de microrganismos.

Carvalho et al. (2013) lembram que para que o reúso na agricultura seja satisfatório, é necessária uma escolha apropriada do sistema de irrigação, bem como o correto manuseio deste; restrição do tipo de cultura a ser irrigada; cuidados na colheita e transporte; e também a existência de um tratamento eficiente do esgoto utilizado.

3.1.9 Reúso na Irrigação e Sensibilidade Populacional

O rápido crescimento populacional é o fator responsável pela necessidade do incremento da produção agrícola e consequente aumento da geração de alimentos. A Declaração Universal dos Direitos Humanos de 1948 garante a todos o direito de um padrão de vida que assegure saúde e bem-estar a si e seus familiares, incluindo a alimentação. Segundo a FAO (2012), a segurança alimentar é alcançada quando todas as pessoas, em todos os momentos, têm acesso físico, social e econômico a uma alimentação suficiente, segura e nutritiva.

Tester e Langridge (2010)avaliando a Declaração da Cúpula Mundial sobre Segurança Alimentar, ocorrida em 2009, que estimou que a população mundial em 2050 será superior a 9 bilhões e, em consequência a isso, será necessário que a produção agrícola se eleve em 70%, afirmam que será preciso um acréscimo de 38% sobre a média histórica e que esse aumento exige mudanças substanciais nos processos agronômicos e de melhoramento das culturas.

Santos (2014) afirma que o consumo de água para irrigação modifica de acordo com o método utilizado, a natureza do solo, a necessidade hídrica da cultura, além do índice de evapotranspiração da região. Já Campos et al. (2015) asseguram que a escassez de água em regiões áridas e semiáridas tem se tornado cada vez mais recorrente, principalmente em países em desenvolvimento e áreas rurais. Nesse contexto, Silva et al.(2014) lembram das características peculiares do semiárido, o qual possui secas prolongadas e chuvas irregulares. Além disso, conforme os autores, o uso da água residuária na agricultura se mostra como uma alternativa válida, uma vez que disponibiliza água necessária para o incremento da produção agrícola, além de reduzir as pressões de demanda nos mananciais.

É primordial salientar, que o esgoto doméstico, em geral, possui em sua composição 99,9% de água. O 0,1% remanescente na sua grande maioria é constituído de sólidos orgânicos (aproximadamente 70%) e inorgânicos (aproximadamente 30%) (VON SPERLING, 2005). Ademais, esse esgoto possui elevados teores de macro e micronutrientes, os quais servem de suprimentos nutricionais para as plantas.

Diversos trabalhos realizados demonstram a viabilidade do uso dessa técnica, como por exemplo, os realizados por Rebouças et al. (2010) e Oliveira et al. (2012), que constataram que na ausência de adubação, o esgoto tratado conseguiu suprir as necessidades nutricionais do feijão-caupi, e de mudas de pimenta malagueta e pimenta tequila sunrise. Souza et al. (2010)observaram acréscimo no crescimento do girassol ao utilizar esgoto doméstico; e Dantas et al. (2014) concluíram que a utilização da água residuária na cultura do rabanete era viável, uma vez que os valores de patógenos se mostraram aceitáveis pela Resolução Anvisa nº 12.

A irrigação é a forma mais eficiente de fornecimento de água para a agricultura, uma vez que elimina os prejuízos ocasionados pela sazonalidade nos empreendimentos agrícolas (DORIA et al., 2015).

A irrigação de água residuária se mostra mais eficiente pela técnica de gotejamento, já que é aplicado diretamente na zona radicular da planta, reduzindo a quantidade de água utilizada e energia, além de apresentar menor risco de contaminação para a cultura (BRAUER et al., 2011). Um sistema bem projetado pode apresentar índice de uniformidade de aplicação

de água superior a 90%, porém algumas condições, como por exemplo, o entupimento de emissores pode afetar essa uniformidade (VALE et al., 2015). Ainda para esses autores o entupimento pode ser um fator limitante para a utilização da água residuária e está relacionado diretamente com a qualidade do esgoto aplicado.

Mancuso e Santos (2003) afirmam que o principal fator que define o sucesso ou fracasso do programa de reúso é a aprovação pública. Para Blum (2003), a aceitação da água de reúso pelos usuários depende de duas condições: que essa água consiga atender a qualidade exigida pelo uso a que foi destinado e que não apresente nenhum atributo negativo, como aspecto e odor. O autor ainda afirma que a água não deve apresentar substâncias que transmita odor ou sabor aos alimentos produzidos.

Nesse sentido, a implementação de programa de educação ambiental que vise alertar os usuários sobre a necessidade de fontes complementares de água e também da existência dessas fontes, além de mostrar garantias dos processos de recuperação da água de reúso, é de extrema importância para a aceitação da população (MANCUSO; SANTOS, 2003).

3.2 Aspectos microbiológicos

Os microrganismos podem desempenhar papéis muito importantes nos alimentos, sendo possíveis algumas classificações, dependendo do tipo de interação existente entre microrganismo e alimento. Nesse contexto, existem os microrganismos que alteram os alimentos podendo causar alterações químicas prejudiciais, resultando na "deterioração microbiana". Esta resulta em alterações de cor, odor, sabor, textura e aspecto do alimento. Não menos importante, existem os microrganismos causadores de doenças que podem apresentar risco a saúde os chamados microrganismos patogênicos, podendo afetar tanto o homem como os animais. As características das doenças que esses microrganismos causam dependem de uma série de fatores inerentes ao alimento, ao microrganismo em questão e ao indivíduo a ser afetado. Os microrganismos patogênicos podem chegar ao alimento por várias vias, sempre refletindo condições precárias de higiene durante a produção, armazenamento, distribuição ou manuseio (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

De acordo com D'Aguila et al. (2000), os principais agentes biológicos achados nas águas contaminadas são as bactérias patogênicas, os vírus e os parasitas. As bactérias patogênicas descobertas na água e/ou alimentos constituem uma das principais fontes de mortalidade em nosso meio. As mesmas são as responsáveis pelos inúmeros casos de enterites, diarreias infantis e doenças epidêmicas (como a febre tifóide), com resultados

frequentemente letais. Os vírus mais normalmente encontrados nas águas contaminadas por dejetos humanos, entre outros, são os da poliomielite e da hepatite infecciosa.

As águas residuárias podem carregar em suas composições diversos agentes patogênicos,mas, segundo Carvalho et al. (2013), o risco real de um indivíduo ser contaminado depende da combinação de uma série de fatores como resistência dos microrganismos ao tratamento do esgoto, as condições ambientais do local, o número de dose infectante e a patogenicidade dos agentes infecciosos, a vulnerabilidade e grau de imunidade do hospedeiro e o grau de exposição humana aos focos de transmissão.

De acordo com Paganini (1997), a existência de inúmeros tipos de microrganismos presentes nas águas residuárias, dificulta o isolamento e a identificação dos patogênicos, visto que a maioria não é numerosa o suficiente para a identificação em pequenas amostras. Por essa razão, existem os microrganismos indicadores de contaminação fecal, por serem de fácil detecção e indicarem a presença de material fecal, sendo utilizado para tanto, um subgrupo dos coliformes totais, denominados coliformes termotolerantes, ou seja, fermentam na presença de lactose com produção de gás e ácido à temperatura de incubação igual a 44,5 ºC em 24 h.

No Brasil, a Resolução RDC nº. 12, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (ANVISA) de 02 de janeiro de 2001, que regula os padrões microbiológicos sanitários para alimentos, determina o valor máximo de 10^3 NMP g^{-1} para coliformes termotolerantes a 45°C e ausência de *Salmonella*sp/25g.

O microrganismo mais importante desse grupo dos coliformes termotolerantesé a *Escherichia coli*, que faz parte exclusiva do intestino do homem e animais de sangue quente. Indicam uma possível presença de microrganismos patogênicos. Como são expelidos em grandes quantidades nas fezes (> 10^6UFC g^{-1}) e por terem resistência semelhante aos patógenos entéricos, sua presença indica que houve contaminação fecal no alimento, e que, por isso, existe a possibilidade de haver patógenos, como *Salmonella*.Segundo Di Bernardo et al. (2002), essa bactéria dispõe grande importância para determinar a avaliação da efetividade de tratamento de esgoto, visto que o organismo aponta a presença fecal.

Como microrganismos importantes na indicação da qualidade microbiológica ou vida útil dos alimentos, têm-se as bactérias mesófilas e bolores e leveduras. O grupo de bactérias mesófilas incluem microrganismos capazes de se multiplicarem numa faixa de temperatura entre 10 e 45 ºC, tendo uma temperatura ótima de crescimento em torno de 30 ºC e, desse modo, encontrando nas temperaturas ambientes de países de clima tropical, condições ótimas para o seu metabolismo.

A *Salmonella* é um gênero da família Enterobacteriaceae, bactérias Gram -negativas, apresentando-se na forma de bastonetes curtos e possui uma estrutura complexa de lipopolissacarídeos (LPS). Multiplica-se em temperaturas entre 7 ºC e 49,5 ºC, sendo 37 ºC a temperatura ótima para seu desenvolvimento. Entre esses microrganismos, a *Salmonella* é tida como a principal agente de doenças de origem alimentar em várias partes do mundo (WHO, 2006), inclusive no Brasil. De acordo com Silva et al. (2010), a *Salmonella* é uma bactéria de ampla ocorrência em animais e, no ambiente, as principais fontes são a água, o solo, as fezes de animais, os insetos etc. A doença geralmente é contraída através do consumo de alimentos contaminados de origem animal, principalmente a carne bovina, a carne de aves, os ovos e o leite, mas também por vegetais contaminados com esterco que podem acarretar na transmissão.

Conforme com Silva et al. (2010), os bolores e leveduras formam um grande grupo de microrganismos originários, na sua maior parte, do solo ou do ar. Pode-se destacar a versatilidade dos bolores, pela capacidade de assimilar qualquer fonte de carbono derivada de alimentos, sendo as leveduras mais exigentes que os bolores. Tanto os bolores como as leveduras possuem alta resistência a condições adversas de pH ácido e atividade de água baixa. A temperatura ótima da maioria dos fungos está entre 25 a 28 ^{o}C, não se desenvolvendo nas temperaturas mesófilas (35-37 ^{o}C) e raramente nas temperaturas termotolerantes (45 ^{o}C).

ParaFranco e Landgraf (1996), a análise microbiológica é essencial para se conhecer as condições de higiene em que o alimento foi processado, os riscos que podem oferecer à saúde do consumidor e se o alimento terá ou não a vida útil pretendida. Também se torna indispensável verificar se os padrões de especificações microbiológicos para alimentos nacionais ou internacionais estão sendo atendidos adequadamente. Entretanto, vale a pena se atentar a importância de se utilizar métodos que sejam aprovados por órgãos reguladores. Seu objetivoé a identificação ou a enumeração de microrganismos vivos. Os ensaios utilizados podem ser qualitativos, que verificam a presença ou ausência dos microrganismos alvo em uma dada quantidade de amostra, sem a quantificação, e os ensaios quantitativos, que determinam a quantidade do(s) microrganismo(s) alvo na amostra, geralmente por unidade de massa ou volume (SILVA et al., 2010).

Tal qual Pelczar et al. (1997), o tipo de alimento analisado define o procedimento a ser empregado e o propósito da análise e essa escolha também pode ser determinada pela suspeita de um microrganismo ser suspeito de estar causando uma enfermidade. Os métodos rápidos são utilizados apenas para controle, onde os resultados negativos prevalecem e os positivos

são considerados presuntivos e confirmados por métodos padrões. Esses podem ser por contagem em placas e por número mais provável (NMP). Por contagem em placas é um método geral, que pode ser utilizado para contagem de grandes grupos microbianos, como aeróbios mesófilos, bolores e leveduras, variando-se do tipo de meio, a temperatura e o tempo de incubação. A relação da contagem é feita entre o número de unidades formadoras de colônias (UFC), que podem tanto ser células individuais com o agrupamentos característicos de certos microrganismos, por mililitro ou gramas de amostra.

3.3 Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), também conhecido como feijão-de-corda e feijão macassar, constitui-se na principal cultura de subsistência das regiões Norte e Nordeste do Brasil. A produção de feijão-caupi se concentra nas regiões Nordeste (1,2 milhão de hectares) e Norte (55,8 mil hectares); no entanto, essa cultura está conquistando espaço na região Centro Oeste, em virtude do desenvolvimento de cultivares com características que favorecem o cultivo mecanizado (SILVA et al., 2010). Ocorrem três safras, a primeira conhecida como safra das águas, concentra-se nos meses de agosto a novembro, a segunda safra, a safra da seca, nos meses de dezembro a abril, e a terceira que ocorre sobre irrigação no período de abril a julho. Seu ciclo é de 65 a 75 dias após a semeadura. A produtividade varia de 800 a 1600 kg ha^{-1}. As exigências hídricas do feijoeiro, para obtenção do máximo rendimento, variam em torno de 300 mm a 400 mm durante o ciclo da cultura, dependendo das condições edafoclimáticas locais (DOOREMBOS; KASSAM, 2000).

A variedade BRS Itaim é indicada para cultivo na região Norte nos estados de Roraima, Pará e Tocantins; na região Nordeste no Piauí, Maranhão e Sergipe; e na região Centro-Oeste em Mato Grosso. Também muito consumida no Sul e Sudoeste dos Estados Unidos e na Europa (EMBRAPA, 2009). A cultura apresenta grande importância na alimentação das populações que vivem nessas regiões, principalmente as mais carentes, pois fornece um alimento rico em proteínas, vitaminas, minerais e representa uma importante fonte nutricional na alimentação dos brasileiros, agregando importância econômica e social na sua cadeia produtiva e comercial. Portanto, é um dos principais componentes da dieta alimentar, gerando emprego e renda, tanto na zona rural, quanto na zona urbana (LIMA et al. 2007). Além da sua utilização na alimentação humana, o feijão-caupi pode ser utilizado na alimentação animal, como forragem, e ainda como adubo verde e cobertura do solo (ANDRADE JÚNIOR et al., 2003).

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) possui uma grande variabilidade genética que o torna versátil, sendo usado para várias finalidades e em diversos sistemas de produção. Tem uma grande capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, adaptando-se bem a diferentes condições ambientais. O caupi contém os dez aminoácidos essenciais ao ser humano e tem excelente valor calórico. Com essas características, é uma espécie de grande valor atual e estratégico (FREIRE FILHO et al., 2005).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de condução do experimento

O experimento foi realizado em ambiente protegido, Figura 1, localizado no Departamento de Engenharia Agronômica (DEA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), situada no município de São Cristóvão, Região Nordeste do Brasil e posicionado no setor leste do estado de Sergipe.

Figura 1-Ambiente protegido onde foi desenvolvido o experimento

Fonte: Elis Silva (2018)

Segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), esse município limita-se ao norte com a cidade de Nossa Senhora do Socorro, a sul e oeste com Itaporanga D'Ajuda e a leste com a capital do estado, Aracaju. A sede do município está inserida nas coordenadas geográficas 11°01'03" Sul e 37°12'00" Leste e a uma altitude de 30 metros. O clima é úmido e subúmido, com temperatura e precipitação média anual de, respectivamente, 25,2 ºC e 1.331,4 mm.

Para o referido experimento foram utilizados água de abastecimento da DESO (Companhia de Saneamento de Sergipe) e esgoto doméstico tratado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da própria UFS. A ETE, Figura 2, é encarregada pelo tratamento de todo o esgoto produzido dentro da própria universidade e é alimentada pelo esgoto sanitário em dois pontos, sendo o primeiro por estação elevatória e o outro por gravidade. Em ambos os pontos, o esgoto chega à unidade de pré-tratamento, composto por grade e caixa de areia, sendo então encaminhado aos demais tanques de tratamento.

Figura 2- Estação de Tratamento de Esgoto-UFS

Fonte: Elis Silva (2018)

O esgoto doméstico tratado utilizado foi do tanque reator aeróbio, Figura 3, considerado intermediário, logo o mais adequado para o uso, já que o primeiro reator continha alta carga de matéria orgânica podendo causar danos a cultura e o terceiro por conta da adição de cloro.

Figura 3- Tanque reator aeróbio da ETE-UFS

Fonte: Elis Silva (2018)

4.2 Material vegetal

No presente estudo foi utilizada a cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), pertencente à família da Fabaceae. Seu bom desenvolvimento ocorre na faixa de

temperatura de 18 a 34 ^{0}C. A temperatura base, abaixo da qual cessa o crescimento, varia com o estádio fenológico.

Foi utilizada a variedade BRS Itaim do grupo comercial fradinho de porte ereto com ciclo de 60 a 65 dias após a semeadura.

A aplicação de água foi feita uma vez ao dia, nos horários de temperatura mais amena (EMBRAPA, 2007). Foram realizadas durante o ciclo, algumas práticas de manejo de plantas invasoras, pois estas acabam se tornando concorrentes do feijão por água e nutrientes.

4.3 Descrição experimental

A pesquisa foi concebida em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 3 x 4. As parcelas foram constituídas de três concentrações distintas de esgoto doméstico tratado, quatro lâminas de irrigação e quatro repetições, totalizando desta forma, 48 plantas, Figura 4.

Figura 4- Esquema Experimental

L1C1 = Lâmina 75% da ETc e 100% de água da DESO; L1C2= Lâmina 75% da ETc e 50% da água DESO + 50% esgoto; L1C3 = Lâmina 75% da ETc e 100% de esgoto; L2C1 = Lâmina 100% da ETc e 100% da água DESO; L2C2 = Lâmina 100% da ETc e 50% de esgoto + 50% de água da DESO; L2C3 = Lâmina 100% da ETc e 100% de esgoto; L3C1 = Lâmina 125% da ETc e 100% de água da DESO; L3C2 = Lâmina 125% da ETc e 50% de esgoto + 50% de água da DESO; L3C3 = Lâmina 125% da ETc e 100% de esgoto; L4C1 = Lâmina 150% da ETc e 100% de água da DESO; L4C2 = Lâmina 150% da ETc e 50% de esgoto + 50% de água da DESO; L4C3 = Lâmina 150% da ETc e 100% de esgoto.

As concentrações de esgoto doméstico tratado foram: C1 (100% de água de abastecimento da DESO), C2 (50% de esgoto tratado + 50% de água de abastecimento da DESO) e C3 (100% de esgoto tratado).

As lâminas de irrigação foram: L1 (75% da ETc), L2 (100% da ETc), L3 (125% da ETc) e L4 (150% da ETc).

O esgoto doméstico tratado foi coletado semanalmente, Figura 5, na própria Estação de Tratamento de Esgoto da UFS e, em seguida, acondicionada em bobona com capacidade de 10 L, como pode ser observado na Figura 6.

Figura 5- Coleta de esgoto doméstico tratado na ETE-UFS

Fonte: Elis Silva (2018)

Figura 6-Armazenamento de esgoto doméstico tratadoem recipientes no ambiente protegido

Fonte: Elis Silva (2018)

Aágua da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) foi coletada através de uma torneira localizada dentro do ambiente protegido. Esta era transferida diariamente de um becker plástico com capacidade de 450 mL para uma proveta graduada de 600 mL, com a finalidade de aplicação desta água no experimento, Figura 7.

Figura 7- Aplicação de lâmina de irrigação

Fonte: Elis Silva (2018)

O solo utilizado oriundo do Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe é classificado como ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, que se caracteriza como profundo a pouco profundo; moderadamente a bem drenado; textura muito variável, mas com predomínio de textura média na superfície, e argilosa, em subsuperfície; e apresenta porosidade total baixa a média (EMBRAPA, 2006). O solo foi utilizado anteriormente em experimento com cultivo da pimenta biquinho (*Capsicum chinense*).

Foi realizada a retirada de plantas espontâneas e sobras de raízes da cultura anterior na maioria dos vasos, além da lavagem de todos os solos dos 48 vasos devido a observação da presença de sais. Nas Figuras 8 e 9 podem ser observadas a limpeza dos vasos e a saturação do solo.

Figura 8-Retirada de raízes da pimenta biquinho e plantas espontâneas

Fonte: Elis Silva (2018)

Figura 9- Saturação dos solos

Fonte: Elis Silva (2018

Após saturados, todos os solos dos 48 vasos foram colocados para secar, em seguida homogeneizados, pesados, Figura 10, e antes de serem colocados nos 32 vasos os quais receberam as concentrações do tratamento C2 (50% de água da DESO + 50% de esgoto) e tratamento C3 (100% de esgoto), foi retirada uma alíquota de aproximadamente 1000 g para a primeira análise química do solo, referente aos tratamentos acima citados.

Figura 10- Solo seco e homogeneizado (A). Solo em vasos C2 e C3 (B)

Fonte: Elis Silva (2018)

Para os vasos restantes (16) que receberam concentração do tratamento testemunha C1 (100% de água da DESO), foi utilizado um novo solo do Campus Rural, porém da mesma classificação (ARGISSOLO VERMELHO AMARELO), o qual precisou passar pelo processo de homogeneização, peneiragem e pesagem, Figura 11, onde antes de ser acondicionado aos vasos, também foi realizada a retirada de uma alíquota de aproximadamente 1000 g para também fazer a primeira análise química do solo pelo laboratório de ensaio acreditado pela norma ABNT NBR ISSO/IEC 17025:2005 do ITPS (Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe), referente ao tratamento C1.

Figura 11- Solo seco, homogeneizado e peneirado (A). Solo nos vasos testemunha-C1(B)

Fonte: Elis Silva (2018)

Posteriormente a obtenção do resultado da análise química do solo, foi realizado o cálculo para a calagem do mesmo. A equação utilizada para este experimento foi relacionada ao teor de Ca^{2+} e Mg^{2+} (Equação 1).

$$NC = 2\,x\,[2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]\,x\,f \qquad (1)$$

em que:

NC – necessidade de calcário;

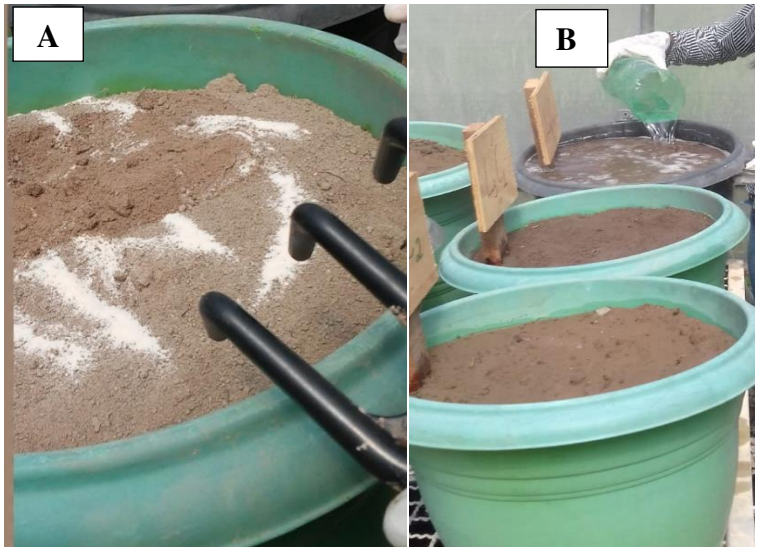
Ca^{2+} – teor de cálcio encontrado na análise química do solo;

Mg^{2+} – teor de magnésio encontrado na análise química do solo;

f – fator de correção do PRNT do calcário (f = 100/PRNT).

A calagem foi feita de acordo com o recomendado pela análise química, adicionando o calcário em todo o volume de solo, Figura 12, realizando, em seguida, a saturação deste até ser observada a percolação da água.

Figura 12- Distribuiçãodo calcário no vaso (A) e saturação do solo (B)



Fonte: Elis Silva (2018)

4.4 Plantio e condução da cultura

No dia 9 de julho de 2018, foi realizado o plantio, Figura 13, feito diretamente em vasos com capacidade de 21 L e diâmetro de 30 cm, organizados em bancadas de metal de 2,0 x 1,0 x 0,8 m e contendo em cada um desses 15 kg de solo.

Figura 13- Plantio do feijão-caupi nos vasos

Fonte: Elis Silva (2018)

Em cada vaso foram colocadas quatro sementes, estas tiveram início a emergência aos 5 dias após a semeadura.O desbaste, Figura 14,foi feito deixando apenas a planta mais vigorosa por vaso. No dia 23 de julho de 2018, (09 dias após a emergência), foi realizada a adubação de cobertura, Figura 15, aplicando 200 mg/vaso de superfosfato simples em todos os tratamentos.

Figura 14- Desbaste do feijão-caupi

Fonte: Elis Silva (2018)

Figura 15- Adubação de cobertura

Fonte: Elis Silva (2018)

Durante a emergência e estabilidade da cultura foi utilizada apenas água de abastecimento da DESO, introduzindo, desse modo, o esgoto doméstico tratado a partir da segunda fase fenológica da planta, ou seja, momento em que a planta já conseguia se adaptar as condições com diferentes lâminas de irrigação. No dia posterior a adubação de cobertura foi iniciada a diferenciação dos tratamentos utilizados na cultura.

4.5 Pragas e doenças

Observou-se na cultura do feijão-caupi a presença de cochonilha em plantas L3C1, Figura 16. As mesmas foram retiradas manualmente e pulverizadas com leite de vaca cru. Além desta, foi notada a doença oídio, Figura 17, que teve como forma de controle pulverizações nas plantas afetadas, com 50% de leite de vaca cru diluído em 50% de água conforme o recomendado por Bettiol (2004), para o combate do oídio.

Figura 16- Presença de cochonilha

Fonte: Elis Silva (2018)

Figura 17- Planta afetada pelo oídio

Fonte: Elis Silva (2018)

4.6 Manejo da irrigação

A aplicação de água nos vasos foi realizada através da proveta graduada, sendo aplicada vagarosamente, para evitar ao máximo o contato do esgoto com o feijão. As lâminas de irrigação foram aplicadas nos tratamentos de forma a repor a evapotranspiração da cultura.

O manejo da irrigação foi feito com informações obtidas da estação meteorológica automática, instalada no ambiente protegido antes da instalação do experimento. A demanda evapotranspirométrica de referência no ambiente protegido foi calculada diariamente, usando-se o método padrão FAO 56 Penman-Monteith (equação 2).

$$ETo = \frac{0{,}408\Delta(Rn-G)+\gamma\frac{900}{T+273}U_2(e_s-e_a)}{\Delta+\gamma(1+0{,}34U_2)} \quad (2)$$

em que:

ETo = Evapotranspiração de referência, mm.dia^{-1};

Δ = inclinação da curva de pressão de vapor de saturação, kPa.ºC^{-1};

Rn = saldo de radiação na superfície, MJ.m^2.dia^{-1};

G = fluxo de calor no solo, MJ.m^2.dia^{-1};

γ = constante psicométrica, kPa.ºC^{-1};

T = temperatura do ar medida a dois metros de altura, ºC;

U2 = velocidade do vento medida a dois metros de altura, m.s^{-1};

es = pressão de saturação do vapor d'água, kPa;

ea = pressão do vapor d'água atual, kPa.

Em relação as variáveis necessárias para o método FAO 56 (temperatura, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento), estas foram adquiridas diariamente através da estação meteorológica automática. Para a estimativa da evapotranspiração da cultura (ETpc),

aplicou o produto da evapotranspiração de referência (ETo), este sendo multiplicado pelo coeficiente de cultura (Kc), que foram de: 0,68, 1,02, 1,06 e 0,60.

4.7 Variáveis analisadas

Foram realizadas análises referentes as características agronômicas, microbiológicas da cultura e dos tratamentos, físico-químicas, bem como do solo.

4.7.1 Análise Agronômica

Em relação às características fisiológicas da planta, foram estudados:

- Altura da planta (AP) em cm a cada 16 dias, determinada a partir do solo até a dominância apical, utilizando uma trena (Figura 18);

Figura 18- Medição da altura da planta

Fonte: Elis Silva (2018)

- Diâmetro caulinar (DC) em mm a cada 16 dias, com auxílio de um paquímetro digital, característica avaliada apenas em função das lâminas de reposição da ETc (Figura 19);

Figura 19- Avaliação do diâmetro caulinar da planta

Fonte: Elis Silva (2018)

- Sistema radicular da planta em cm, determinado com o auxílio de uma régua e ao término do ciclo da cultura (Figura 20).

Figura 20- Medição do sistema radicular

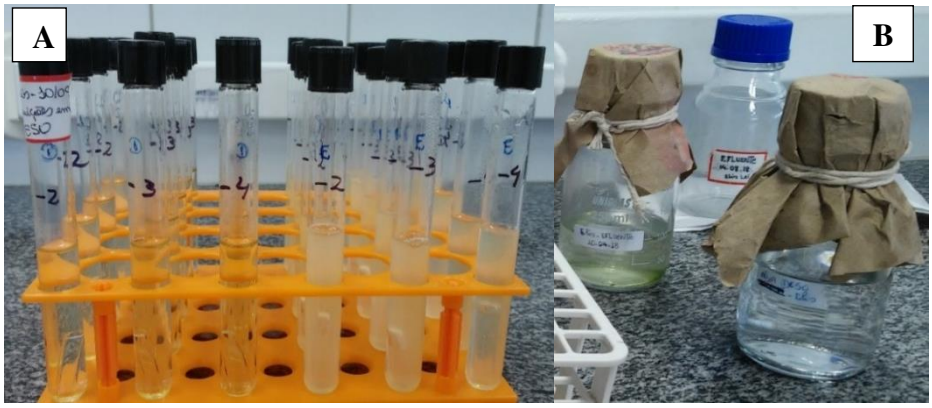
Fonte: Elis Silva (2018)

- Número de folhas (NF) em unidade a cada 16 dias, determinada através da contagem individual do número de folhas por planta.

4.7.2 Análise microbiológica da água da DESO e do esgoto doméstico tratado

Para realização das análises, as amostras de água DESO e do esgoto doméstico tratado, Figura 21, foram coletadas no período de 18/06/2018 a 13/09/2018.

Figura 21- Análise água DESO (A) e esgoto doméstico tratado(B).



Fonte: Elis Silva (2018)

A fim de consecução das características microbiológicas, foram feitas análises referentes a coliformes totais e termotolerantes (NMP/100mL). As análises foram efetuadas no Laboratório de Biotecnologia do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFS.

4.7.3 Parâmetros físico-químicos dos tratamentos estudados

A aquisição dos dados de Condutividade elétrica (CE), Oxigênio Dissolvido (OD), pH e Temperatura, Figura 22, foi obtida diariamente com o uso do Lovibond® Senso Direct 150, um kit de análise que portava os mencionados sensores, durante todo o ciclo da cultura.

Figura 22- Leitura dos parâmetros físico-químicos dos tratamentos

Fonte: Elis Silva (2018)

Para obtenção dos dados de CE era colocada a sonda de condutividade no equipamento, conectando-o através da “Sonda Plug”, e a outra extremidade ficava imersa na solução, até cobrir o sensor. Com o Senso Direct 150 ligado, pressionava-se o botão “Mode” até que

aparecesse os valores referentes a CE no display. Então, quando o valor se estabilizava, realizava-se a coleta dos dados.

Foi realizada a leitura para os demais parâmetros. A calibração dos sensores e a obtenção dos dados seguia a recomendação do fabricante, uma vez que, juntamente com o kit tinha o manual de instruções.

4.7.4 Qualidade microbiológica do feijão-caupi

As metodologias para as análises microbiológicas de amostras do feijão-caupi foram realizadas de acordo com as descritas no Compendium of methods for the microbiological examination of foods (DOWNES e ITO, 2001).

A qualidade microbiológica dos grãos foi analisada a fim de observar se houve contaminação destes pelo esgoto doméstico tratado utilizado na irrigação da cultura. A avaliação levou em consideração a população de coliformes termotolerantes (NMP g^{-1}), mesófilos (UFC g^{-1}) e bolores e leveduras (UFC g^{-1}) e *Salmonella* sp. As análises foram realizadas no Laboratório de Biotecnologia do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Sergipe.

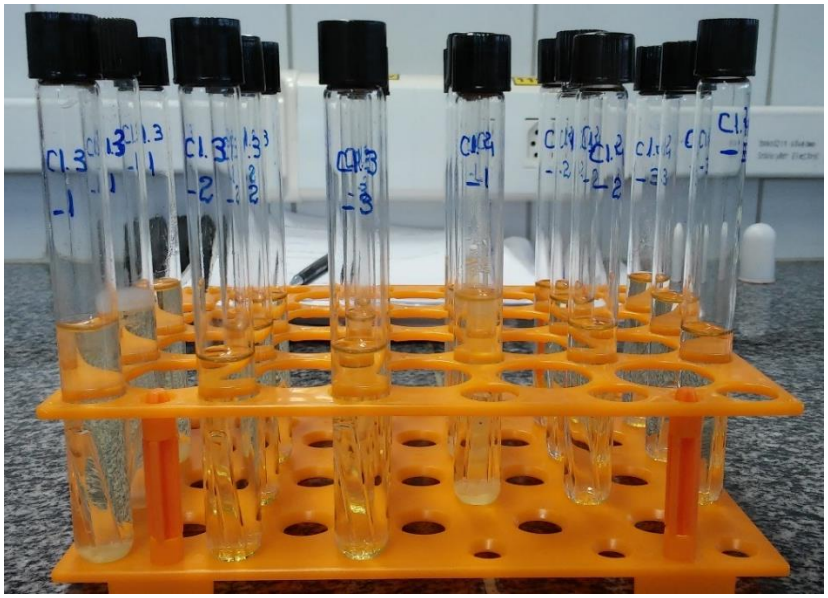
4.8 Preparo das amostras

Foram pesadas 25g de cada amostra, totalizando 10 amostras referentes aos 12 tratamentos utilizados. As amostras foram transferidas assepticamente para saquinhos plásticos totalmente estéreis contendo 225 mL de água peptonada e em seguida foram preparadas diluições decimais até 10^{-6} em água peptonada 0,1%. Foram feitas duplicatas de cada amostra.

4.8.1 Enumeração de coliformes termotolerantes

Para a análise de coliformes termotolerantes, Figura 23, alíquotas de 1 mL de cada diluição (10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}) foram inoculadas em séries de três tubos contendo 9 mL de Caldo Lactosado e posteriormente, os tubos foram incubados a 35°C por 48 horas em B.O.D. Após esse período os tubos positivos (turvação e formação de gás), seguiram para os testes confirmativos. Com auxílio de uma alça de níquel cromo, uma alíquota foi retirada de cada tubo positivo de Caldo Lactosado e transferido para o Caldo *E.C* (EC – Oxoid), esses tubos foram incubados a 45ºC por 24 horas em banho-maria. Os tubos que apresentavam turbidez e produção de gás foram considerados positivos e os valores de NMP g^{-1} foram calculados utilizando a tabela de NMP (Número Mais Provável) para três séries de três tubos conforme Swanson et al. (2001).

Figura 23- Coliformes Termotolerantes

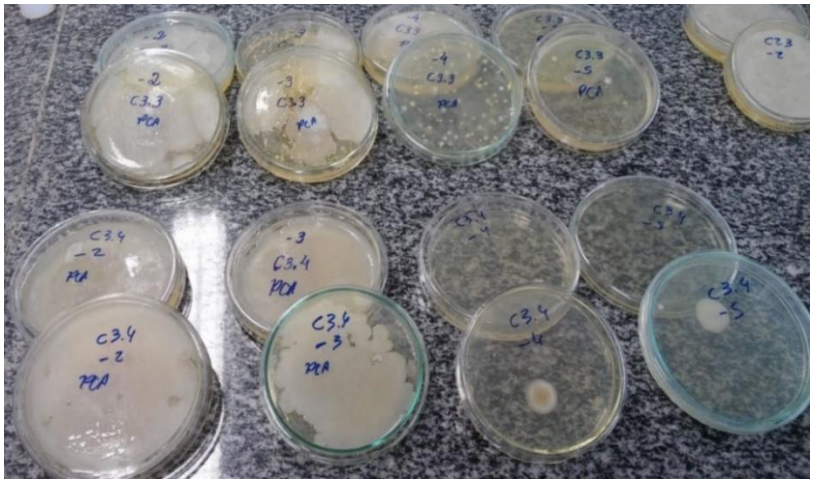


Fonte: Elis Silva (2018)

4.8.2 Enumeração de mesófilos

Em relação à enumeração de mesófilos, Figura 24, a partir de cada diluição selecionada (10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}) semeou-se 1 mL em placas de Petri estéreis sobre a qual foi adicionado ágar padrão de contagem (PCA-Oxoid). Após a completa homogeneização e solidificação do meio, as placas foram invertidas e incubadas a 35- 37ºC em B.O.D por 48 horas. As placas contendo entre 25 e 250 colônias foram contadas. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama de alimento (UFC g^{-1}).

Figura 24-Mesófilos

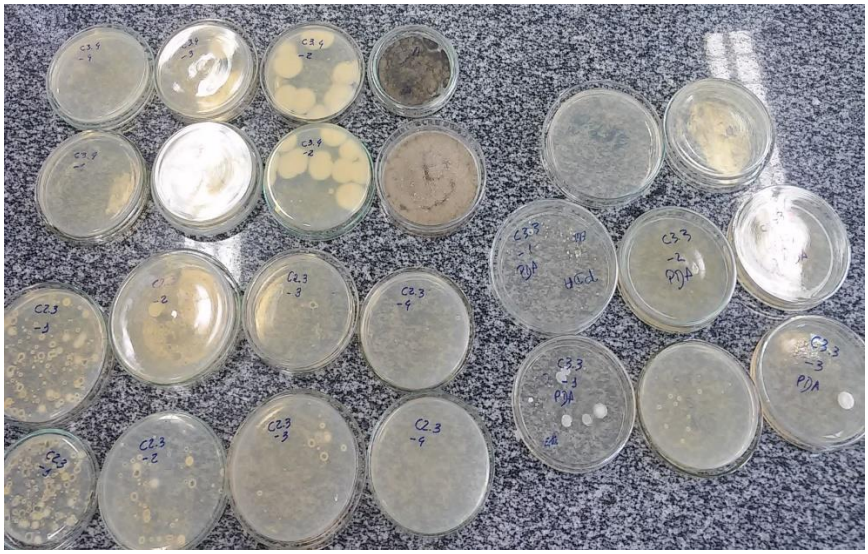


Fonte: Elis Silva (2018)

4.8.3 Enumeração de bolores e leveduras

Para a enumeração de bolores e leveduras, Figura 25, foram utilizadas as diluições (10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}), sendo que 0,1 mL de cada diluição foram semeados em placas contendo meio Potato Dextrose Agar (PDA-Oxoid), e com auxílio de alça de Drisgalski, homogeneizadas sobre a superfície do meio. As placas foram incubadas em temperatura ambiente (25 ºC) e as colônias enumeradas após 3 dias.As placas contendo entre 15 e 150 colônias foram contadas e os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama de alimento.

Figura 25-Bolores e Leveduras

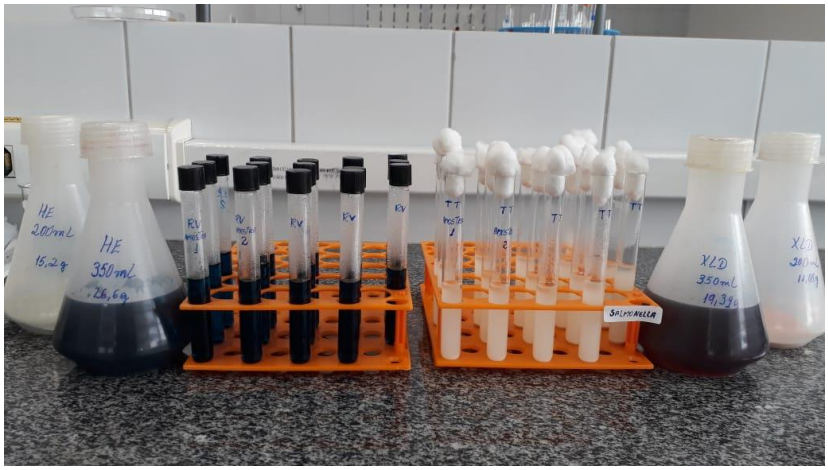


Fonte: Elis Silva (2018)

4.8.4 Pesquisa de *Salmonella* sp

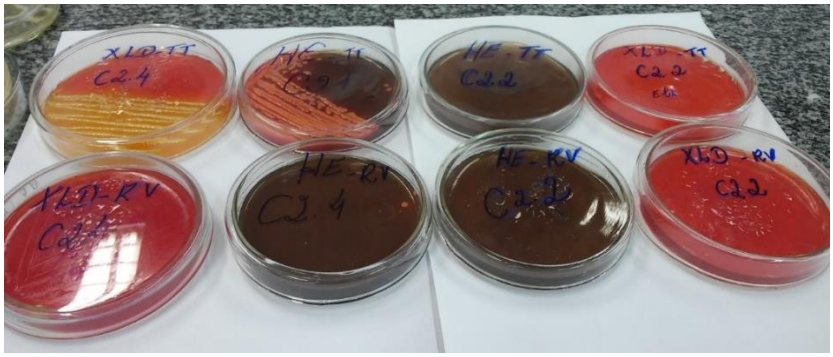
A pesquisa de *Salmonella* foi dividida em três diferentes fases: pré-enriquecimento, enriquecimento seletivo, e semeadura em meio seletivo e diferencial. Na etapa de pré-enriquecimento, 25 gramas de amostra foram diluídas em 225 mL de Caldo Lactosado que posteriormente foram incubadas a 37°C por 24 horas. Posteriormente, seguiu-se para a etapa do enriquecimento seletivo, onde alíquotas de 0,1 mL e 1 mL do Caldo Lactosado foram adicionadas em dois meios seletivos distintos, Rappaport-Vassiliadis (RV) e o Caldo Tetrationato (TT), os quais foram incubados a 42°C e 37°C, respectivamente. Em seguida, inóculos desses dois caldos foram semeados em dois diferentes meios seletivo diferencial de ágar HektoenEnteric (HE- Oxoid) e ágar Xilose-Lisina Desoxicolato (XLD), Figura 26, e incubados a 37°C por 24 horas de forma a obter colônias típicas, Figura 27.

Figura 26: Meios de enriquecimento seletivo para análise de *Salmonella*



Fonte: Elis Silva (2018)

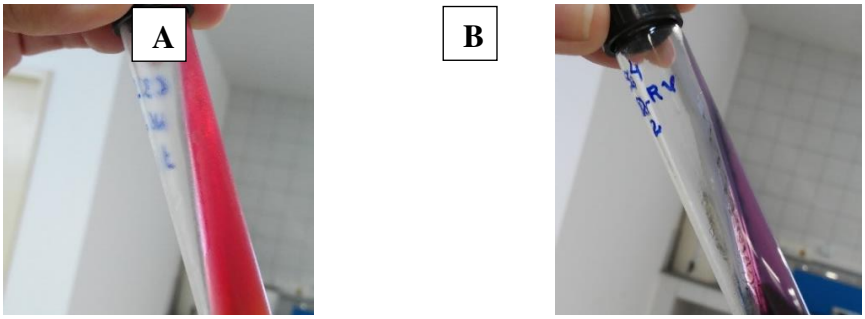
Figura 27- Resultado de análise em meios seletivo diferencial



Fonte: Elis Silva (2018)

Após ter observado a identificação de colônias suspeitas, seguiu-se para a identificação bioquímica, Figura 28, onde foi semeada uma colônia em tubo contendo tríplice açúcar ferro (TSI), inclinado, e ágar lisina ferro (LIA) que em seguida foi incubado a 37ºC/24h.

Figura 28-Identificação bioquímica (TSI-A) e (LIA-B)



Fonte: Elis Silva (2018)

4.9 Análise do Solo

Foi feita a análise do solo, antes e depois, Figura 29, do cultivo do feijão-caupi pelo Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe.

Figura 29- Coleta de solo para análise química

Fonte: Elis Silva (2018)

Para a obtenção dos resultados referentes ao solo, foi realizada uma análise composta, Figura 30, onde foi coletado uma alíquota de solo de 140gde cada repetição, totalizando aproximadamente 1000 g para cada tratamento. Dessa forma, foram analisadas três amostras referentes a cada concentração.

Figura 30- Amostras compostas levadas para o ITPS

Fonte: Elis Silva (2018)

Os dados foram comparados com a finalidade de observar se houve alterações das características químicas deste após a irrigação com água de abastecimento da DESO ou com esgoto doméstico tratado. Entre os parâmetros químicos analisados estão o pH, condutividade elétrica do solo (CE) pelo método de pasta saturada, capacidade de troca catiônica, índice de saturação de bases, além dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento da cultura como os classificados macronutrientes que são: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). E tem os nutrientes classificados como micronutrientes: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) zinco (Zn).

4.10 Análise Estatística

Com base nos dados obtidos, foi realizada a análise de variância (ANOVA) comum para blocos casualizados. Seguidamente fez o desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentospara observar os efeitos de concentração de efluente, lâminas de irrigação e a interaçãoentre elas sob as variáveis analisadas. O nível de significância adotado para todas as análises estatísticas foi de 95%. A análise de variância; a estimativa dos valores preditos paraas características agronômicas das plantas e a estimação dos coeficientes de regressão para os modelos linear e polinomial propostos, foram realizadas com o software R (R Development Core Team, 2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise das características agronômicas do feijão-caupi

Na Tabela 4, constatou-se que a lâmina de irrigação influenciou ($p<0,05$) na altura e sistema radicular da planta, no número de folhas ($p<0,01$), e não ($p>0,05$) sobre o diâmetro caulinar. Em relação à concentração, notou-se significância ($p<0,05$) para o número de folhas e sistema radicular, sobre a altura e diâmetro ($p<0,01$). Para a interação entre lâmina e concentração, observou-se efeito significativo ($p<0,01$) para diâmetro e número de folhas. A interação não afetou ($p>0,05$) a altura e sistema radicular da cultura.

Tabela 4. RESUMO da ANOVA para as variáveis: altura(cm), diâmetro caulinar(mm), número de folhase sistema radicular(cm)

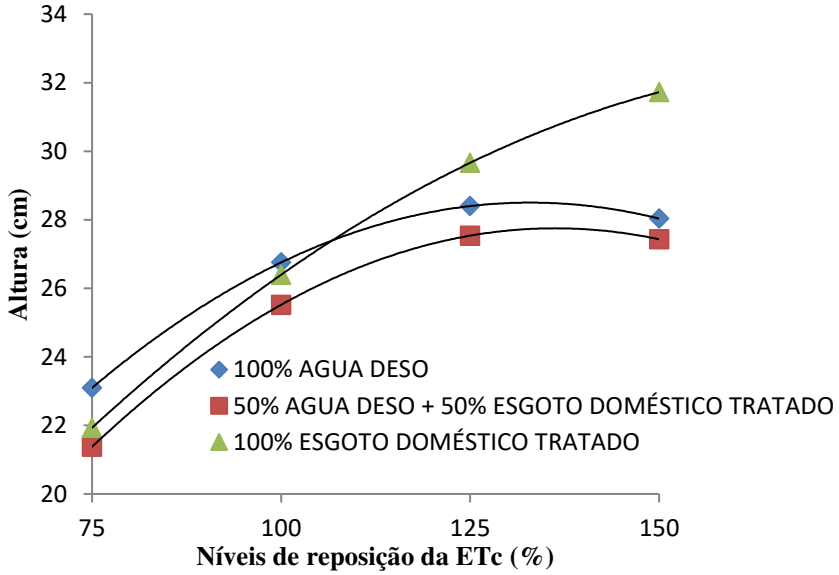
		QUADRADO MÉDIO			
FONTE DE VARIAÇÃO	**GL**	**ALTURA**	**DIÂMETRO CAULINAR**	**NÚMERO DE FOLHAS**	**SISTEMA RADICULAR**
Lâmina (L)	3	78,33 **	0,11 (ns)	439,04 *	36,97 **
Concentração (C)	2	77,15 *	18,14 *	365,70 **	30,95 **
Interação L*C	6	38,66 (ns)	3,15 *	215,40 *	9,68 (ns)
R. Linear	1	1589,53 **	88.34 *	5446,94 *	91,69 *
R. Quadrática	2	889,90 *	88.62 *	3329,70 *	62,57 *
R. Quadrado		0,51	0,69	0,44	0,61
CV (%)		16,54	14,15	54,97	25,2

GL – Graus de liberdade; CV – coeficiente de variação. (**) Efeito significativo a 5% de probabilidade; (*) significativo a 1% de probabilidade; (ns) não significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

5.1.1 Altura

Os valores médios referentes as lâminas de irrigação e as concentrações em função da altura da planta estudada no presente experimento podem ser observados na Figura 31. Foi possível observar em relação ao efeito da concentração sobre a altura da planta, a que obteve maior valor médio foi a de 100% de esgoto doméstico tratado tendo apresentado uma média de 31,72 cm para a lâmina de reposição a 150% da evapotranspiração da cultura (ETc). O resultado encontrado demonstrou que a altura da planta incrementa à medida que a lâmina de reposição é aumentada.

Figura 31- Interação entre os fatores lâmina de irrigação e concentração de esgoto doméstico tratadopara a variável altura da cultura do feijão-caupi



Feitosa et al. (2015), ao trabalharem com a cultura do feijão-caupi, repararam para altura da planta, ao utilizar 100% de esgoto doméstico tratado, que o uso de esgoto doméstico tratado proporcionou melhor desenvolvimento ($p<0,05$) para as plantas de feijoeiro que apresentaram altura de 30cm aproximadamente.

Do mesmo modo, Ferreira et al. (2005)estudando algodoeiro herbáceo verificaram que a água residuária promoveu maior crescimento de plantas nas características altura e área foliar, em relação à água de abastecimento. Em outro estudo, Azevedo et al. (2005) verificaram que a água residuária tratada contribuiu de forma efetiva para uma maior produção do algodão em relação à água de abastecimento, sendo o valor superior em 65,98% em relação aos tratamentos que receberam apenas água de irrigação, corroborando com o encontrado no presente trabalho onde oesgoto doméstico tratado demonstrou ser mais eficiente na presença de lâminas a 150% da ETc para altura do feijão-caupi.

No presente trabalho foi notado que a concentração 50% água DESO mais 50% esgoto doméstico tratado mostrou menor valor médio quando comparado com as demais concentrações ($p<0,05$), resultado semelhante foi constatado por Fonteles et al. (2015), que ao aplicarem solução com teor de 50% de esgoto doméstico tratado, encontraram decréscimo da altura de cultivares de alface.

5.1.2 Diâmetro Caulinar

Conforme a Tabela 5, as lâminas de irrigação interferiram ($p<0,05$) no diâmetro caulinar, assim como para a concentração de esgoto doméstico tratado ($p<0,05$). Observou-se melhor desempenho no diâmetro caulinar na reposição 150% da ETc mais 100% de

concentração de esgoto doméstico tratado, quando comparada a concentração 100% de água DESO que obteve o menor valor médio equivalente a 4,98 mm.

Tabela 5. Teste de Tukey para a variável diâmetro caulinar em função das lâminas e das concentrações de esgoto doméstico tratado utilizadas nas irrigações do feijão-caupi

CONCENTRAÇÃO	**Diâmetro Caulinar**			
	LÂMINAS (%)			
	(L1) 75	(L2) 100	(L3) 125	(L4) 150
C1	5.68 ab	5.27 ab	4.98 b	5.01 b
C2	5.64 ab	6.06 ab	6.17 a	5.88 ab
C3	5.92 ab	5.77 ab	6.19 a	6.71 a

C1= 100% de água de abastecimento(DESO); C2= 50% água DESO + 50% esgoto doméstico tratado; C3= 100% esgoto doméstico tratado; L1= 75% da ETc; L2= 100% da ETc; L3=125% da ETc;L4= 150% da ETc.Médias seguidas pela mesma letraminúscula na vertical não apresentam diferença estatística significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

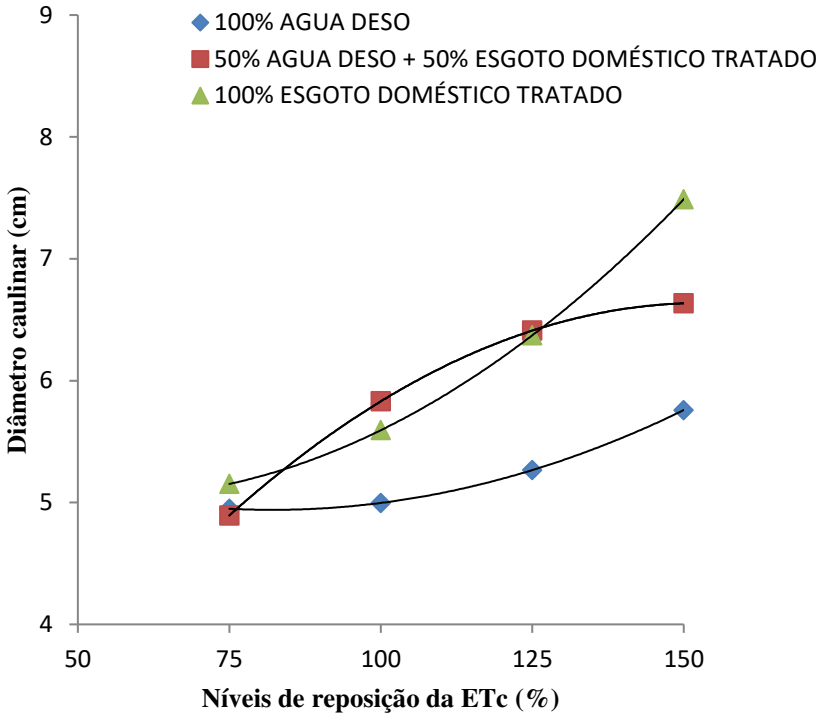
Silva (2018) estudando irrigação na cultura do feijão comum BRS–pontal em ambiente protegido, com esgoto doméstico tratado e água de abastecimento, encontrou resultados semelhantes aos do presente estudo. O autor observou que aumentando a concentração do esgoto doméstico tratado juntamente com o da reposição da ETc, possibilitou o incremento do diâmetro caulinar, resultando no melhor tratamento aquele que recebeu 100% de concentração de esgoto doméstico tratado mais 100% da reposição da evapotranspiração da cultura.

Segundo Feitosa et al. (2015), ao fazerem um estudo com feijão-caupi, notaram efeito significativo ($p<0,05$) para o diâmetro caulinar em função da concentração do esgoto doméstico tratado; cujo maior valor foi observado no tratamento que recebia esgoto doméstico tratado com uma média de 14 mm.

Já ao contrário do que foi encontrado neste trabalho, Silva et al. (2015), ao trabalharem com alface do tipo crespa, não constataram efeito ($p<0,05$) da concentração do esgoto doméstico tratado para altura da planta ou número de folhas ao utilizar 100% esgoto doméstico tratado, possivelmente este fato foi devido a qualidade da água utilizada e as particularidades da cultura.

Na Figura 32 pode ser observado o gráfico da análise de regressão quadrática do diâmetro caulinar.

Figura 32- Interação entre os fatores lâmina de irrigação e concentração de esgoto doméstico tratado para a variável diâmetro caulinar da cultura do feijão-caupi



Verificou-se que o diâmetro caulinar da planta incrementou com o aumento da lâmina de irrigação, sendo a de 150% da evapotranspiração da cultura para concentração com 100% de esgoto doméstico tratado a que apresentou melhor desempenho com média de 7,48 mm, diferindo assim dos demais níveis de reposição hídrica esuperando a concentração que utilizou apenas água de boa qualidade. Dessa forma, o menor valor do diâmetro (4,99 cm) foi observado pela menor lâmina aplicada equivalente a 75% da ETc para a concentração de 50% de água DESO + 50% de esgoto doméstico tratado.

Nobre et al. (2010), ao utilizarem diferentes porcentagens da necessidade hídrica da cultura do girassol, observaram que o número de folhas, altura de planta e a fitomassa fresca e seca, cresceram a medida em que se aumentava a porcentagem da fonte hídrica fornecida à cultura. Por sua vez, Aquino et al. (2012), que também estudaram a cultura do girassol, observaram que o crescimento da cultura irrigada com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada foi superior para o diâmetro do caule quando irrigado com água de reúso ($p<0,05$), em comparação como valor médio obtido com a irrigação com água de poço, e atribuiu que tal resultado podia estar associado aos nutrientes presentes na água de esgoto.

Em um experimento com produção do pimentão (*Capsicum annun* L.), Sousa et al. (2005)detectaram influência da água residuária no aumento do diâmetro da planta. Tal resultado corrobora com o encontrado neste trabalho usandoesgoto doméstico tratado na irrigação do feijão-caupi. Dada similaridade pode ser atribuída ao poder adaptativo das

espécies utilizadas ao esgoto doméstico tratado, também influenciado pelo meio ambiente onde foram instaladas as culturas.

Por outra parte, resultados diferentes foram encontrados por Melo et al. (2017), que ao fazerem um estudo sobre o efeito do déficit hídrico aplicado em dois cultivares de feijão, nas fases vegetativa e reprodutiva, associado com o uso de água residuária, observaram que a altura e o diâmetro caulinar das plantas avaliadas em função do tipo de água apresentaram maiores valores nas duas últimas avaliações quando foram irrigadas com água de poço.

5.1.3 Número de Folhas

Em concordância com as médias apresentadas na Tabela 6, os valores médios do número de folhas indicaram que o melhor desempenho ocorreu na reposição 150% da ETc mais 100% da concentração de água de abastecimento DESO, diferindo das demais ($p<0,05$) com média de 22,45 unidades. Portanto, o uso do esgoto doméstico tratado não influenciou no número de folhas da cultura do feijão-caupi BRS Itaim.

Tabela 6. Teste de Tukey para a variável número de folhas em função das lâminas e das concentrações de esgoto doméstico tratado utilizadas nas irrigações do feijão-caupi

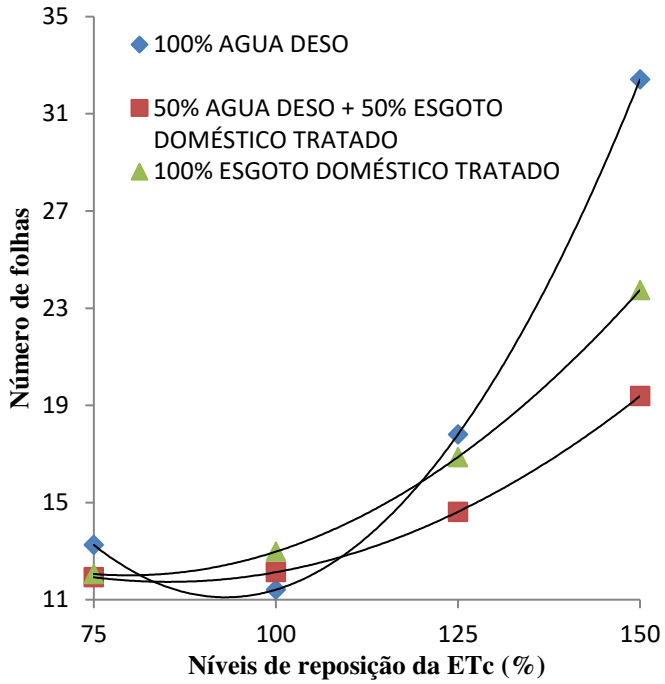
CONCENTRAÇÃO	**Número de folhas**			
	LÂMINAS (%)			
	L1	L2	L3	L4
C1	23,22 a	16,13 ab	13,25 ab	22,45 a
C2	22,07 a	16,23 ab	10,44 b	9,15 b
C3	22,76 a	15,68 ab	14,09 ab	13,05 ab

C1= 100% de água de abastecimento(DESO); C2= 50% água DESO + 50% esgoto doméstico tratado; C3= 100% esgoto doméstico tratado;L1= 75% da ETc; L2= 100% da ETc; L3=125% da ETc;L4= 150% da ETc.Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical não apresentam diferença estatística significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O resultado obtido nesse estudo corrobora com o achado por Silva et al. (2015), que ao trabalharem com alface do tipo crespa, não constataram diferença ($p < 0,05$) no número de folhas ao utilizar 100% água residuária tratada. Em trabalho realizado com a cultura do melão, Villela et al. (2003) constataram que os tratamentos oriundos do uso do esgoto residual não interferiram no número de folhas da planta dessa cultura.

Na Figura 33 observou-se a interação entre lâmina de irrigação e concentração do esgoto doméstico tratado (L *x* C), para a reposição de 150% da ETc mais a concentração de 100% água de abastecimento DESO que apresentou um valor médio de folhas equivalente a 32,41 unidades.

Figura 33- Interação entre os fatores lâmina de irrigação e concentração de esgoto doméstico tratado para a variável número de folhas da cultura do feijão-caupi



Dantas et al. (2014),ao trabalharem com a cultura do rabanete também não verificaram influência ($p < 0,05$) para o número de folhas ao utilizar 100% água residuária tratada. Por outro lado, ao analisarem o desenvolvimento da alface crespa sob efeito de diferentes lâminas de irrigação com água de qualidade, Noreto et al. (2012) perceberam um aumento no diâmetro, massa fresca e seca à medida que elevava a porcentagem de água aplicada, assim como observado no presente trabalho quando notou-se melhor média para número de folhas na reposição de 150% da ETc.

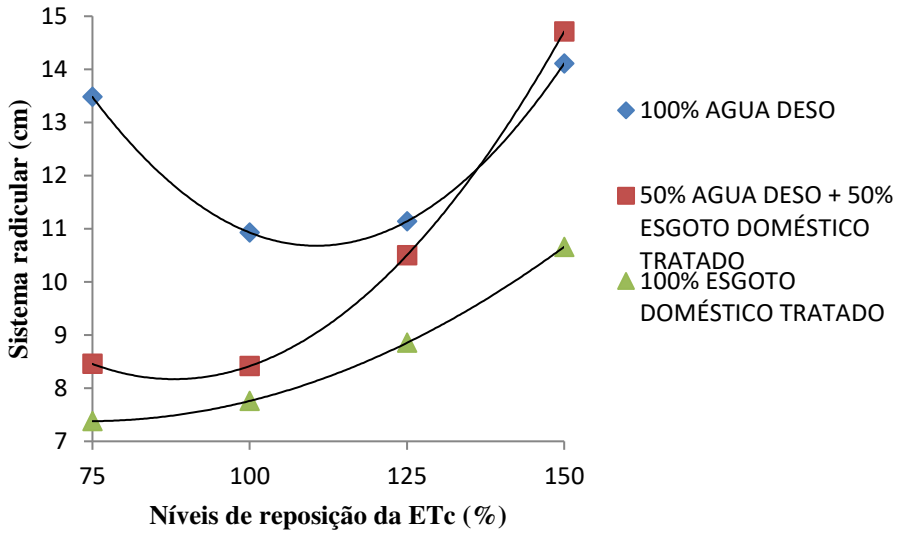
5.1.4 Profundidade do Sistema Radicular

Conforme a Figura 34, foi observada maior média da profundidade do sistema radicular (14,71 cm) para a concentração 50% de água de abastecimento mais 50% de esgoto doméstico tratado na reposição 150% da ETc. Além disto, foi possível observar que o uso do esgoto doméstico tratado não contribuiu para o desenvolvimento do sistema radicular da planta, possivelmente pela quantidade de sais presente. Segundo Souza (2004), o excesso de sais pode atuar na redução do potencial osmótico, afetando a capacidade de absorção radicular da água pela planta e, consequentemente, o seu metabolismo. Isso ocorre devido que a maior concentração da solução no solo, ou substrato, exige da planta maior gasto de energia para conseguir absorver água (efeito osmótico), prejudicando seus processos metabólicos essenciais (MOTA et al., 2007).

Para Bernstein et al. (2006), vários tipos de solos utilizados no cultivo de flores podem ser afetados diferentemente pela água do esgoto doméstico tratado.

Araújo et al. (2007) utilizando esgoto doméstico tratado na produção de mudas de espécies florestais da caatinga, determinaram que as mudas de ipê roxo irrigadas com dado esgoto doméstico tratado tiveram crescimento inicial um pouco inferior às mudas irrigadas com água de abastecimento.

Figura 34- Interação entre os fatores lâmina de irrigação e concentração de esgoto doméstico tratado para a variável profundidade do sistema radicular da cultura do feijão-caupi



5.2 Análise físico-química das concentrações utilizadas na irrigação do feijão-caupi e no solo

De acordo com Sousa et al. (2001), citando Holanda e Amorim (1997), a adequação da água para irrigação é um tanto relativo, contudo é preciso avaliar alguns parâmetros que poderão produzir efeitos desagradáveis na relação água, planta e solo. Uma água que pode ser considerada adequada para certo tipo de solo ou cultura, pode ser inadequada para outros.

Em vista disso, devem ser analisadas as características físico-químicas, a qualidade sanitária da água e as características do solo. Os parâmetros físico-químicos do esgoto doméstico tratado e da água DESO utilizados como águas de irrigação neste experimento podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7. Valores médios dos parâmetros físico-químicos avaliados nas concentrações utilizadas na irrigação do feijão-caupi e no solo

	TRATAMENTOS		
PARÂMETROSFÍSICO-QUÍMICOS	**C1**	**C2**	**C3**
CE (dS m^{-1})	0,37 a	0,57 b	0,86 c
OD (mg/L)	23,19 a	3,32 b	4,09 b
pH	7,18 a	7,65 b	7,33 a
T (°C)	27,06 a	27,1 a	27,52 a
	SOLO		
CE (dS m^{-1})	3,49 b	6,11 a	6,65 a

Legenda: CE = condutividade elétrica; OD = oxigênio dissolvido; pH = potencial de Hidrogênio; T = temperatura; C1 = Água DESO; C2 = 50% Água DESO + 50% Esgoto doméstico tratado; C3 = 100% Esgoto doméstico tratado.Médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal não apresentam diferença significativa a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

5.2.1 Condutividade elétrica das concentrações

A condutividade elétrica (CE) é uma medida da concentração total de sais dissolvidos presentes na água. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água. Para Feitosa e Manoel Filho (2000), a condutividade elétrica tende a aumentar por diversos fatores, dentre eles, elevação da temperatura e maior concentração de íons dissolvidos.

De acordo com Esteves (1998), os íons diretamente responsáveis pelos valores de condutividade elétrica são os chamados macronutrientes, como por exemplo, cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K).

Observou-se na Tabela 7, que os valores médios de CE encontrados nas concentrações diferiram entre si, apresentando aumento gradativo. Porém, o maior valor médio (0,86 dS m^{-1}) foi notado para a concentração 100% de esgoto doméstico tratado, diferindo-a assim das demais ($p<0,05$). Esse resultado pode ser atribuído ao fato do esgoto conter maior acúmulo de matéria orgânica que possui como um dos seus macronutrientes o potássio. Contudo, os resultados obtidos estão dentro da média do que é recomendado para a cultura estudada.

Conforme Prazeres et al. (2015), mesmo o feijão-caupi sendo adaptado às regiões semiáridas do nordeste brasileiro,é uma cultura moderadamente tolerante à salinidade, tolerando condutividade elétrica da água de irrigação de até 3,3 dS m^{-1}, valor superior ao observado no presente trabalho.

Segundo Duarte et al. (2008), na irrigação com esgoto sanitário tratado por diversas tecnologias de tratamento, perfizeram que os esgotos utilizados mostraram qualidade física e química adequada para plantas de pimentão.

5.2.2 Oxigênio Dissolvido

Como pode ser observado na Tabela 7, a concentração 100% água DESO diferiu ($p<0,05$) sobre as demais com uma média de 23,19 mg L^{-1}. Este resultado era esperado, já que concentração 100% água DESO não recebeu nenhum aporte de MO. Partindo desse princípio, observou-se que as concentrações C2 e C3 foram similares ($p<0,05$) e menores ($p<0,05$) quando comparadas com a C1. Isso pode acontecer uma vez que águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica.

5.2.3 pH

Conforme os dados de pH visualizados na Tabela 7, foi notada diferença significativa na concentração 50% de água DESO mais 50% de esgoto doméstico tratado com valor médio de 7,65 em relação a de 100% de água DESO e 100% de esgoto doméstico tratado.

Os resultados deste trabalho estiveram em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005 para efeito do pH nas águas destinadas à irrigação, onde é recomendado valores entre 6 a 9, foi observada uma média total de pH de 7,39. A água DESO e o esgoto doméstico tratado ficaram dentro dos padrões aceitáveis para irrigação. As águas residuárias que apresentam uma elevada concentração do íon H^+, quer dizer, pH baixo,são difíceis de serem tratadas biologicamente.

Cabe ressaltar que a importância do pH não consiste apenas nas reações biológicas e químicas no tratamento de esgotos, mas quando as águas são utilizadas para irrigação, o fato do pH ser muito ácido ou muito básico pode acarretar sérios problemas de nutrição e toxicidade na cultura, bem como o surgimento de incrustações e até corrosões nos sistemas de irrigação (DUARTE, 2006).

5.2.4 Temperatura

A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos. Neste trabalho, foi observado que não houve efeito significativo das concentrações para a temperatura. A Resolução 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) não define valores de temperatura para a água.

5.2.5 Condutividade elétrica do solo

A condutividade elétrica do solo está diretamente relacionada a sua umidade e a concentração de íons presentes. Sua alteração é reflexo da mudança no conteúdo de água e/ou diluição da solução no solo (RICHARDS, 1954).

De acordo com os valores médios da condutividade elétrica do solo (CE) descritos na Tabela 7, foram encontradas diferenças significativas ($p<0,05$) em relação a CE do solo durante o período experimental. De modo geral, todos os valores foram considerados superiores ao recomendado para a cultura estudada que é de 3,3 dS m^{-1} onde a partir da qual se verificou queda na produtividade. Porém, observou-se que a concentração 100% esgoto doméstico tratado obteve maior média (6,65 dS m^{-1}) quando comparada com a concentração 100% água de abastecimento que mostrou menor valor médio (3,49 dS m^{-1}). Os resultados obtidos proporcionaram condições inadequadas ao solo em relação à salinidade devido a aplicação do esgoto doméstico tratado e a reutilização de um solo que já havia sido cultivado com outra cultura irrigada com esgoto doméstico tratado.

Embora a condutividade elétrica da solução do solo seja uma medida simples, esta ainda é variável principal utilizada na avaliação dos riscos de sais no sistema solo-planta. O valor da CE encontrado no extrato da pasta de saturação é o método tido como referência e adotado em várias regiões do mundo (SOUZA, et al., 2013).

A salinidade do solo é um dos fatores que mais afeta a germinação das sementes, a formação de mudas, o crescimento e desenvolvimento das plantas e a produção quantitativa e qualitativa das culturas.

A salinidade reduz a transpiração das plantas e, consequentemente, ocasiona a baixa assimilação de carbono pela cultura (SILVA et al., 2013).

Segundo afirmou Tomé Júnior (1997), o excesso de sais na zona radicular, independentemente dos íons presentes, prejudica a germinação, desenvolvimento e produtividade das plantas.

5.3 Análise microbiológica da água

Nas Tabelas 8 e 9 estão descritos os resultados das análises microbiológicas da água de abastecimento DESO e do esgoto doméstico tratado utilizados nas irrigações do feijão-caupi.

Tabela 8 - Análise microbiológica da água DESO

DATA DE COLETA	COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 ML)	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100 ML)
20 /06 /2018	45	<18
19 /07 /2018	<18	<18
13 /09 /2018	<18	<18

NMP- Número Mais Provável.

Tabela 9- Análise microbiológica do esgoto doméstico tratado

DATA DE COLETA	COLIFORMES TOTAIS (NMP/100 ML)	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100 ML)
20 /06 /2018	>16.000	>16.000
19 /07 /2018	>16.000	>16.000
13 /09 /2018	>16.000	>16.000

NMP- Número Mais Provável.

Pode ser observado na Tabela 8, que os resultados encontrados neste experimento encontram-se com valores menores que 18 NMP, indicando o uso da água DESO (Companhia de Saneamento do Estado de Sergipe) na irrigação, o que já era de se esperar, uma vez que esta é considerada como água de boa qualidade.

Quanto aos resultados encontrados na Tabela 9, observaram-se valores de coliformes totais e coliformes termotolerantes maiores que 16.000 NMP. Conforme os parâmetros da Resolução CONAMA nº 357, de 17(2005), não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. No entanto, baseado no que recomenda o Conama nº 357/2005, os resultados obtidos neste trabalho apontam o uso da água de abastecimento na irrigação e impossibilita o uso do esgoto doméstico tratado por ultrapassar os valores aceitáveis.

5.4 Qualidade microbiológica do feijão-caupi

Na Tabela 10 podem ser observados os resultados das análises da qualidade microbiológica do feijão-caupi.

Tabela 10: Qualidade microbiológica do feijão-caupi irrigado com diferentes concentrações de esgoto doméstico tratado e diferentes níveis de lâminas de irrigação

TRATAMENTO	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP g^{-1})	MESÓFILOS (UFC g^{-1})	BOLORES E LEVEDURAS (UFC g^{-1})	SALMONELLA sp
C1L1	<3	8×10^4	10^3	Ausência
C1L2	<3	$1{,}16 \times 10^4$	$1{,}2 \times 10^3$	Ausência
C2L2	<3	4×10^6	4×10^4	Ausência
C3L2	<3	$5{,}4 \times 10^4$	10^4	Ausência
C1L3	<3	$2{,}2 \times 10^4$	$2{,}3 \times 10^4$	Ausência
C2L3	<3	$>10^8$	$6{,}3 \times 10^4$	Ausência
C3L3	<3	$9{,}4 \times 10^6$	$4{,}5 \times 10^3$	Ausência
C1L4	<3	3×10^3	$4{,}8 \times 10^4$	Ausência
C2L4	<3	$1{,}08 \times 10^6$	2×10^6	Ausência
C3L4	<3	$1{,}7 \times 10^5$	$1{,}4 \times 10^4$	Ausência

C1- 100% de água de abastecimento-DESO; C2- 50% de água DESO + 50% de esgoto doméstico tratado; C3- 100% de esgoto doméstico tratado; L1- Lâmina 75% da ETc; L2- Lâmina 100% da ETc; L3- Lâmina 125% da ETc e L4- Lâmina 150% da ETc; NMPg^{-1}- Número Mais provável; UFCg^{-1}-Unidade Formadora de Colônia por grama.

Para os resultados microbiológicos encontrados na presente pesquisa fez-se necessário comparar com padrões legais utilizando a legislação voltada à alimentação humana, a RDC n°12/ 2001 da ANVISA. Por não haver uma resolução específica para a cultura do feijão, foi usada a resolução para leguminosas. Esta determina como contagem máxima de coliformes termotolerantes para nozes, amêndoas, amendoim e similares, cruas, inteiras ou descascadas estáveis à temperatura ambiente a 45 NMP g^{-1} e exige ausência de *Salmonella* sp. Conforme na Tabela 10,observou-se a ausência de *Salmonella* em todas as amostras analisadas, e os resultados encontrados de coliformes termotolerantes foram inferiores a 3,0 NMP g^{-1}, desse modo pode-se observar que atendem aos parâmetros da legislação.

Resultados semelhantes foram obtidos por Rego et al. (2005), que registraram a presença de coliformes em níveis abaixo dos limites mínimos estabelecidos irrigando melancia com esgoto tratado sob sistema de irrigação por gotejamento e por sulco. Pesquisas realizadas com o girassol (CARVALHO et al., 2013), rabanete (DANTAS et al., 2014) e alface (SANTOS, 2017), usaram como água de irrigação o esgoto doméstico tratado, foram condizentes com resultados obtidos no presente estudo.

Feitosa etal. (2009) reportaram população de coliformes termotolerantes <3 NMP g^{-1} e ausência de *Salmonella* sp. em 25 gramas em melancias irrigadas com esgoto proveniente de estação de tratamento de esgoto tratado através de lagoas de estabilização.

De acordo com a população de microrganismos mesófilos, observou-se que as amostras irrigadas com 50% de água de abastecimento mais 50% de esgoto doméstico tratado (C2) obtiveram maior contagem quando comparada com os tratamentos 100% de água de abastecimento (C1) e 100% de esgoto doméstico tratado (C3). Contudo, a maior contagem de microrganismos mesófilos (>10^8 UFC g^{-1}) foi referente à lâmina de irrigação L3 (125% da evapotranspiração da cultura), indicando possível contaminação do vegetal, durante a irrigação, já que as plantas que recebiam reposição dessa lâmina obtiveram maiores volumes de água, ou ao procedimento de colheita dessa amostra.

De acordo com Nguyen et al. (1994), a contagem dos microrganismos mesófilos existente nos vegetais pode ser tão elevada quanto 10^9, mas geralmente fica entre 10^4 e 10^6 UFC g^{-1} (Unidade Formadora de Colônia por grama) como observado nos resultados encontrados nas demais amostras.

No que concerne à população de bolores e leveduras, constatou-se que esta variou de 10^3 a 10^6 UFC g^{-1}, independentemente da concentração utilizada, explicitando que os resultados obtidos estão abaixo de 10^9. A resultância da quantidade encontrada na presente pesquisa corrobora com a de Pires (2014), quando ele aponta que é considerada normal para esse vegetal, já que a população pode variar até 10^9 UFCg^{-1}.

5.5 Análise química do solo

Os valores relacionados ao solo inicial e final podem ser visualizados na Tabela 11. O solo coletado foi retirado na profundidade de 0-10 cm. Condizente a análise química, ocorreu incremento dos macronutrientes no solo quando comparado ao resultado do início do experimento.

Tabela 11: Valores referentes as análises química do solo durante o experimento do feijão-caupi a fim de avaliar a influência do uso de esgoto sobre diferentes parâmetros do solo

					Al	**Na**	**Ca+Mg**	**H+Al**	**SBT**	**CTC**		
	pH	**M.O** gdm^{-3}	**P** gdm^{-3}	**K** mgdm^{-3}	----------ccmolcdm^{-3}----------						**PST(%)**	**V(%)**
					Solo antes do experimento							
C1	6,9	14,8	3,10	74,2	<0,08	34	1,30	1,43	1,52	2,95	1,15	51,5
C2	6,7	10,3	42,9	43,8	<0,08	115	2,72	1,82	2,95	4,77	2,41	61,8

	Solo depois do experimento											
C1	6,9	11,6	15,20	54,9	<0,08	310	3,61	1,43	4,06	5,49	5,65	74,0
C2	6,8	12,2	64	57,8	<0,08	635	4,07	1,63	4,86	6,49	9,78	74,9
C3	6,9	11,9	66	74,1	<0,08	735	4,16	1,43	5,09	6,52	11,30	78,1

M.O: Matéria Orgânica; Al: Alumínio; Na: Sódio; K: Potássio; Ca: Cálcio; H+Al: Hidrogênio de alumínio; SBT: soma das bases trocáveis; CTC: capacidade de troca catiônica; P: fósforo; Mg: magnésio; PST: porcentagem de sódio trocável: V: índice de saturação de base; C1= 100% de água de abastecimento DESO; C2 = 50% de água DESO + 50% de esgoto doméstico tratado; C3= 100% de esgotodoméstico tratado.

O aumento da soma das bases trocáveis (SBT) representa o teor dos cátions de Ca^{+}, Mg^{2+}, K e Na. Esse indicador mostrou que houve incremento das cargas negativas ocupadas por bases. Nesse seguimento, cabe atentar-se ao aumento paulatino de sódio (Na) presente nos resultados retratados em todas as análises realizadas. Foi possível observar que tais valores contribuíram de forma considerável para a elevação dos valores da condutividade elétrica do solo. Segundo Mendes (2008), a alta condutividade elétrica verificada em solos salinos se devem as altas concentrações de sais, podendo restringir a absorção de nutrientes, interferir no desenvolvimento das plantas e reduzir a níveis antieconômicos, em função da elevação do potencial osmótico.

Além disso, a salinidade afeta também as propriedades físicas do solo, provocando desestruturação, aumento da densidade e redução das taxas de infiltração de água no solo pelo excesso de íons sódicos (RHOADES et al., 2000). A principal caracterização desse efeito é a expansão da argila quando umedecida e a concentração quando seca (SERTÃO, 2005).

Castro et al. (2016) observaram em seu experimento, que a utilização de efluente proveniente de um sistema de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização, para a irrigação do feijão-caupi serviu como aporte nutricional, apesar disso, os autores concluíram que com o tempo o solo apresentará balanceamento nutricional e estrutural desequilibrado, devido ao uso dessa água residuária a longo prazo nesse solo, pela mesma apresentar valores crescentes de sódio.

Em relação ao potássio, contatou-se sua redução para a concentração 100% água DESO e, ao contrário desta, notou-se aumento para as demais concentrações com maiores valores (74,1 mg dm^3) para 100% de esgoto doméstico tratado.

Al-Nakshabandi et al. (1997) observaram acréscimo de potássio no perfil do solo após cinco meses de irrigação com esgoto doméstico tratado por lagoas de estabilização no cultivo de berinjela. Aumentos nos teores de potássio trocável no solo também foram constatados por Adekalu e Okunade (2002). Já Kouraa et al.(2002) utilizando esgoto bruto, esgoto tratado e

água potável para irrigação de batatinha e alface, não constataram diferenças ($p<0,05$) nos teores de potássio no solo que receberam esses três tipos de água.

Observou-se de modo geral neste trabalho, que o solo ao início e final do experimento, ocorreu aumento gradativo dos valores de cálcio e magnésio a partir da concentração 100% água DESO. Notou-se, além disso, que os maiores valores foram encontrados nos tratamentos que obtiveram 100% de esgoto doméstico tratado.

Verificaram-se, ainda, baixos e estáveis teores de alumínio para todas as concentrações e em todas as análises. Quanto ao pH, observaram-se valores entre 6,7 para a C2, que teve o solo homogeneizado do experimento anterior para fazer a análise química inicial; a 6,9 para as demais concentrações, tanto para o solo no início e no final do experimento, mostrando favorável a cultura do feijão já que esta tem preferência por solos cujo pH variando entre 6,5 e 7,0.

Em relação a saturação por base (V%), notou-se aumento paulatino a partir da primeira análise feita com valor acima de 50% para a C1, salientando maior valor obtido para a concentração 100% de esgoto doméstico tratado (78,10%). Isto quer dizer que, estando a saturação por base acima de 50%, este solo pode ser classificado como eutrófico, ou seja, como solo fértil (EMBRAPA, 2010). Na análise final houve um aumento da saturação por base, mostrando que o solo manteve dada característica.

Referente à matéria orgânica (MO), percebeu-se sua redução ao longo do trabalho experimental, sendo o tratamento que recebeu concentração 100% água DESO a que teve mitigação da MO. Por outro lado, observou-se aumento nos tratamentos que receberam concentrações 50% água DESO mais 50% esgoto doméstico tratado e 100% esgoto doméstico tratado. Esse resultado evidencia a contribuição e importância que o esgoto doméstico tratado pode ter como fonte nutricional para o solo e consequentemente para as plantas também.

A CTC determinou ao solo como bastante fértil, isso em detrimento ao esgoto doméstico tratado utilizado possuir uma grande quantidade de matéria orgânica e aporte em nutrientes que contribuiu para o aumento da mesma, melhorando a qualidade do solo.

No que diz respeito ao fósforo, verificou-se que houve significativa elevação do fósforo, provavelmente pelo grande aporte contido no esgoto doméstico tratado. Os resultados obtidos confirmaram os achados de Barreto et al.(2013), que também notaram acréscimos no fósforo e potássio no solo após aplicação de esgoto doméstico tratado.

Azevedo e Oliveira (2005) analisando quatro ciclos de cultivo de pepino irrigado com água residuária tratada, conseguiram respostas semelhantes da presente pesquisa para fósforo, quando segundo os autores relataram que houve um aumento significativo no teor desse

nutriente no solo que recebeu água residuária tratada em relação ao solo que recebeu apenas água de boa qualidade.

6. CONCLUSÃO

A lâmina de irrigação correspondente a 150% da ETc quando aplicadas com 100% esgoto doméstico tratado, proporcionou maiores altura e diâmetro caulinar, porém não resultou em maior números de folhas e sistema radicular.

A salinidade do solo afetou a produção do feijão.

Os teores de coliformes termotolerantes do esgoto doméstico tratado utilizado na irrigação do feijão estavam fora dos padrões preconizados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA e Organização Mundial da Saúde - OMS para água de irrigação.

No entanto, cabe ressaltar que a utilização de esgoto doméstico tratado na agricultura nem sempre mostra aumentos significativos, porém é importante levar em consideração os benefícios ambientais que essa técnica pode proporcionar, tornando o reúso para irrigação uma alternativa válida para economia de água.

7. REFERÊNCIAS

ABES – SP. Reúso da Água. Série Caderno de Engenharia Sanitária e Ambiental: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – Seção São Paulo. **Revista DAE**, 167. p. 23-32.1992.

ADEKALU, K. O.; OKUNADE, D. A. Effects of pond water and sewage effluent treatments on yield an nutrient up take of maize. **Tropical Agriculture**, v.79, n.2, p.120-124, 2002.

AGENDA 21 brasileira: **resultado da consulta nacional / Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 158p. 2004.

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

Al-NAKSHABANDI, G. A.; SAQQAR, M. M.; SHATANAWI, M. R.; FAYYAD, M.; AL-HORANI, H. Some environmental problems associated with the use of treated waste water for irrigation in Jordan. **Agricultural Water Management**, v.34, n.1, p.81-94,1997.

ANA, Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2013**. Brasília, DF, 2013.

ANA, Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Informe 2014**. Brasília, DF, 2015.

ARAÚJO, B. A.; NETO, J. D.; LIMA, V. L.A.; SANTOS, J. S. **Uso de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de espécies florestais da caatinga**. Principia n. 15, João Pessoa, Dezembro 2007.

ASANO, T. Water from (Waste) Water - the Dependable Water Resource. **Water Science and Technology**, 45(8): 24-33. 2002.

ASSIS JÚNIOR, J. O.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B.; SILVA, F. L. B.; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 702- 713, 2007.

AZEVEDO, M. R. Q. A.; BELTRÃO, N. E. de M.; KONIG, A.; AZEVEDO, C. A. V. de; PORDEUS, R. V.; TAVARES, T. de L. Análise comparativa da produção do algodoeiro herbáceo irrigado com água residuária e água de abastecimento e adubação nitrogenada. In: **Congresso Brasileiro de Algodão**, 5, 2005, Salvador. **Anais**... Salvador, 2005.

BARNES, J. Mixing waters: The reuse of agricultural drainage water in Egypt. **Geoforum**, 57, p. 181- 191. 2014.

BARRETO, A.N.; NASCIMENTO, J.J.V.R.; MEDEIROS, E.P.; NÓBREGA, J.A.; BEZERRA, J.R.C. Changes in chemical attributes of a fluvent cultivated with castor bean and irrigated with wastewater**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.480-486, 2013.

BERNARDI, C. C. **Reúso de água para irrigação**. Brasília, DF: ISEAFGV/ Ecobusiness School, 2003. 52 p.

BETTIOL, W. Leite de Vaca Cru para o Controle de Oídio. **Comunicado Técnico**, Embrapa. Jaguariúna, SP. n.14. Abril, 2004.

BLUM, J.R.C. Critérios e padrões de qualidade da água. In: MANCUSO, P.C.S; SANTOS, H. F. dos. **Reúso de Água**. 12ª ed. Barueri: Manole, 2003.

BRASIL, Ministério da Agricultura- Coordenação-Geral de Zoneamento Agropecuário. **Nota técnica 1- Caupi/SE**. Brasília, 2002.

BRASIL. **Decreto n° 24.643, de 10 de julho de 1934. Institui o Código das Águas**. Rio de Janeiro, 10 de julho de 1934.

BRASIL. **Lei n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1° da Lei n° 8.001, de 13 de março de1990, que modificou a Lei n° 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 de janeiro de 1997.

BRASIL. **Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 de março de 2005.

BRASIL. **Resolução n° 121, de 16 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005**. Brasília, DF, 16 de dezembro de 2010.

BRASIL. **Resolução n° 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direito não potável de água, e dá outras providências**. Brasília, DF, 28 de novembro de 2005.

BRAUER, R. L.; CRUZ, R. L., BÔAS, R. L. V.; PLETSCH, T. Avaliação da uniformidade de aplicação de água em Gotejadores em função do teor de ferro. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n° 1, p. 21 – 30. 2011.

CAMPOS, A. R, F; SZEKUT, F. D.; KLEIN, M. R.; RIBEIRO, M. D. Aplicação de efluente de esgoto tratado aplicado na agricultura. In: Inovagri Internacional Meeting. Fortaleza. **Anais**. 2015.

CAMPOS, J. et al. **Alimentação e Nutrição. Araraquara**, v.14, n.1, p. 63-67, 2003.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Recycling of poor quality urban wastewater by drip irrigation systems. **Journal of Cleaner Production**. n. 15, p. 1529-1534. 2007.

CARVALHO, R. S. de; SANTOS FILHO, J. S. dos; SANTANA, L. O. G. de; GOMES, D. A.; MENDONÇA, L. C.; FACCIOLI, G. G. Influência do reuso de águas residuárias na qualidade microbiológica do girassol destinado à alimentação animal. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 2, p. 157-167. 2013.

CASTRO, C. N. **Gestão das Águas: Experiências Internacional e Brasileira.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Brasília. 2012. 86p.

CASTRO, A. A. S. et al. Análise do impacto do uso de efluentes nas características do solo da cultura do feijão-caupi BRS nova era (*Vigna unguiculata* L. walp.). **Agroforestalis News**, Aracaju, v. 1, n. 1, p. 41–47, set. 2016.

CLARKE, R.; KING, J. **O atlas da água: o mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta.** São Paulo, Publifolha. 2005. 129p.

D'AGUILA, P.S. et al. **Avaliação da qualidade de água para abastecimento público no município de Nova Iguaçu.** *Cad. Saúde Pública* [online]. 2000, vol.16, n.3, pp. 791-798. ISSN 0102-311X. http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2000000300027.

DANTAS, I. L. de A.; FACCIOLI, G. G.; MENDONÇA, L. C.; NUNES, T. P.; VIEGAS, P. R. A.; SANTANA, L. O. G de. Viabilidade do uso de água residuárias tratada na irrigação da

cultura do rabanete (*Raphanus sativa* L.). **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 1, jan./mar. 2014.

DANTAS, I. L. A. Análise microbiológica de cenoura e beterraba irrigadas com águas residuárias domésticas tratadas. 2015. 79f. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. **Ensaios de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água.** São Carlos: Editora Rima, 2002.

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução H. R. Gheyi et al. 2 ed. Campina Grande, UFPB, 2000, 221 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DORIA, B. R. S.; TAVARES, L. O. G. de S.; RAMOS, F. S. de M.; SOUZA, J. A.; SANTOS, D. M.; FACCIOLI, G. G. Determinação da demanda hídrica das culturas cenoura e beterraba, irrigadas com água residuárias em condições de casa de vegetação em São Cristóvão-SE In: XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. São Cristóvão-SE. **Anais**. 2015.

DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4.ed. Washington: American Public Health Association, 2001. 676p.

DUARTE, A. **Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão.** 2006. 188 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

DUARTE, A. S.; AIROLDI, R. P. S.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A.; SOARES, T. M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio.**Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3,p. 302-310, 2008. http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000300012

EMBRAPA. **BRS ITAIM: Cultivar de feijão-caupi com grãos tipo fradinho.** 2009. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80763/1/brs-itaim.pdf Acesso em 05 de fevereiro de 2018.

EMBRAPA. **Cultivo do Arroz de Terras Altas no Estado de Mato Grosso**. 2006. Disponível em: < http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltasMatoGrosso/solos.htm#ava> Acesso em 05 de agosto de 2017.

EMBRAPA. **Pimenta (*Capsicum spp.)***. 2007. Disponível em: < http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/botanica.html> Acesso em 11 de novembro de 2017.

ESTEVES, Francisco de ASSIS. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, FINEP, 1998.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Food Insecurity in the World**. Roma. 2012.

FEITOSA, Fernando A. C.; MANOEL FILHO, João. **Hidrologia: conceitos e aplicações.** 2. ed. Fortaleza: CPRM: REFO, LABHID-UFPE, 2000.

FEITOSA, S. O., SILVA, S. L., FEITOSA, H. O., CARVALHO, C. M., & FEITOSA, E. O. Crescimento do feijão caupi irrigado com efluente tratado e água salina sob diferentes concentrações. **Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 146-155, 2015.

FEITOSA, S.O. Uso de efluente doméstico tratado no cultivo da pimenta biquinho.2018. 67f. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão

FEITOSA, T. et al. **Qualidade de frutos de melancia produzidos com reúso de água de esgoto doméstico tratado.** Revista Tecnologia. Fortaleza, v.30, n.1, p. 60 53-60, jun. 2009.

FERREIRA, C. M, DEL PELOSO, M. J., FARIA, L.C.de. **Feijão na economia nacional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002.47p.

FERREIRA, O. E.; BELTRÃO, N. E. M.; KONIG, A. Efeitos da aplicação de água residuária e nirogênio sobre o crescimento e produção do algodão herbáceo. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande-PB, v. 9, n. 01/03, p. 893-902, 2005.

FONTELES, J. L. V.; MOURA, K. K. C. de F.; DIAS, N. da S.; CARNEIRO, J. V.; GUEDES, R. A. A. Crescimento e produção de duas cultivares de alface utilizando água de esgoto tratado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 5, p. 320-325, 2015.

FRANCO, B. D. G. M., LANDGRAF, M**. Microbiologia dos Alimentos**, 2008. São Paulo: Ateneu, 182p.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos.** São Paulo: Atheneu, 1996. 182 p.

GLOAGUEN, T. V.; FORTI, M.C.; LUCAS, Y.; MONTES, C.R.; GONÇALVES, R. A. B.; HERPIN, U.; MELFI, A. J. Soil solution chemistry of a Brazilian Oxisol irrigated with treated sewage effluent. **Agricultural Water Management**, 88, p. 119 – 131. 2007.

GRASSI, M. T. As águas do planeta Terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola.** Sociedade Brasileira de Química. p. 31-40, 2001.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquífero. In: MANCUSO, P.C.S; SANTOS, H. F. dos. **Reúso de Água**. 2ª ed. Barueri: Manole, 2003.

JAY, J. M. **Modern food microbiology**. 5 ed. Gaithersburg. Aspen Publishers, 1996.

KOURAA, A.; FETHI, F.; LAHLOU, A.; OuazzaniI N. **Reuse of urban wastewater by combined stabilization pond system in Benslimane (Marocco)**. UrbanWater, v.4, p.373-378, 2002.

MACHADO, C. J. S. Ambiente Água. **Revista Eco 21**, Ano XIV, Edição 86, Janeiro 2004.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H. F. Participação comunitária e aceitabilidade da água de reúso. In: MANCUSO, P.C.S; SANTOS, H. F. dos. **Reúso de Água**. 21ª ed. Barueri: Manole, 2003.

MENDES, J. S.; et al. Variabilidade temporal da fertilidade, salinidade e sodicidade de solos irrigados no município de Congo, PB. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.1, p.13-19, 2008.

MERTEN, G.H; MINELLA, J.P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura.** Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez 2002.

MOTA, E.O. Avaliação da qualidade fisico-química e microbiológica da água superficial do lago artificial da cidade de João Pinheiro MG. **Revista Educação Ambiental em Ação**, SSN 1678-0701, Número 65, Ano XVII. Setembro-Novembro/2018. http://revistaea.org/artigo.php?idartigo=3366

MOTA, F. S. B.; VON SPERLING, M. **Esgoto. Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção.** PROSAB edição n. 5, 428 p, ABES, 2009.

MOTA, P. R. D.; VIllasBôas, R. L.; Sousa, V. F.; Ribeiro, V. Q. Desenvolvimento de plantas de crisântemo cultivadas em vaso em resposta a níveis de condutividade elétrica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.164-171, 2007.

NASCIMENTO, M. B. H; LIMA, V.L.A; BELTRÃO, N.E.M; SOUZA, A.P. **Utilização de água residuária e biossólido na cultura da mamona: crescimento e desenvolvimento**. In: Congresso brasileiro de mamona,1., 2004, Campina Grande, PB. Anais, Campina Grande: Embrapa. 1 CD-ROM.

NORETO, L. M.; MATTIELLO, V. D.; PARO, P.; KLEIN, J.; RICIERI, R. P.; SANTOS, R. F.; FAGUNDES, R. S. Produção de alface submetida a diferentes frações de irrigação. **Cultivando o Saber, Cascavel**, v. 5, n. 2, p. 157-164, 2012.

OLIVEIRA, J. F. de; ALVES, S. M. C.; FERREIRA NETO, M.; OLIVEIRA, R. B. de; PAIVA, L. A. L. de. Produção de mudas de pimenta malagueta e pimenta tequila senrisefertirrigadas com efluente doméstico tratado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1400-1411. 2012.

PAGANINI, W. S. **Disposição de esgotos no solo (escoamento à superfície).** São Paulo: Fundo Editorial da AESABESP, 1997.

PASCHOALATO, C. F. P. R.; MELLIS, G. V.; CIRINO, T. M. A. **O Enquadramento legal específico para o reúso de águas residuárias de ETE frente ao CONAMA 20**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 29., 2004, Paraná.

PELCZAR JR, M.J; CHAN, E.C.S.; KRIEG, N.R. **Microbiologia: conceitos e aplicações**. 2.ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1997. V.2. cap.30, p.372-397: Microbiologia de alimentos.

PHILIPPI Jr, A.; BORANGA, J. A. In: MANCUSO, P.C.S; SANTOS, H. F. dos. **Reúso de Água**. 2ª ed. Barueri: Manole, 2003.

PRAZERES, S. da S.; LACERDA, C. F. de; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAUJO, I., C. da S.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@mbiente**, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015.

RAMOS, J. M. Revisão de literatura: o uso da água residuária na adubação: vantagens e limitações. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. Periódico semestral. Ano VI, n.10, ago. de 2007.

REBOUÇAS, J. R. L.; DIAS, N. da S.; GONZAGA, M. I. da S.; GHEYI, H. R.; SOUSA NETO, O. N. de. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 97-102. 2010.

REGO, J. de L.; OLIVEIRA, E. L. L. de; CHAVES, A. F.; ARAUJO, A. P. B.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, A. B. dos.; MOTA, S. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.155-159, 2005.

RHOADES, J. D.; et al. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. Estudos FAO Irrigação e Drenagem. 2000. 117p.

RICHARDS, L.A. Diagnosisandimprovementof saline andalkalisoils. Washington: US DepartmentofAgriculture, 1954.160p. USDA AgriculturalHandbook, 60.

RIJSBERMAN, F. R. Waterscarcity: factorfiction? AgriculturalWater Management, v. 80, p. 5-22, 2006. http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.001

SANTOS, D. C. dos; MEDEIROS, R. M.; OLIVEIRA, V.G. Implantação de projetos de reuso de efluentes no nordeste brasileiro. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 01, n. 05, p. 51- 68. 2013.

SANTOS, E. A. dos. **Reuso de efluentes de filtros intermitentes tratando águas residuária para produzir tomate cereja. Campina Grande**. 2014. 54 f. Trabalho de Conclusão De Curso, Universidade Estadual da Paraíba.

SANTOS, M. R. A (2017). Manejo da água residuária para irrigação da cultura da alface baba de verão em casa de vegetação. 54 f. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

SANTOS, S. S.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T.; MANTOVANI, E. C.; BATISTA, R. O. Efeitos da aplicação localizada de esgoto sanitário tratado nas características químicas do solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 14, n. 1, p 32-38, 2006.

SCHAER-BARBOSA, M.; SANTOS, M.E.P dos; MEDEIROS, Y.D.P. Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. **Ambiente & Sociedade**, v. XVII, n. 2, p. 17-32, SP, RGS, abr.-jun. 2014.

SILVA, A. O. da; KLAR, A. E.; SILVA, E. F. de F. e. Produção da cultura da beterraba irrigada com água salina. **Engenharia na agricultura**, v.21, n.3, p. 271-279, 2013.

SILVA, M. V. T.; LIMA, R. M. S.; MEDEIROS, J. F.; MEDEIROS, A. M. A.; SILVA, N. K. C. Evolução da salinidade do solo em função de diferentes doses de nitrogênio e salinidade da água de irrigação. **Revista ACSA- Agropecuária Científica no Seminárido**, v. 9, n. 2, p. 126 – 136, 2013.

SILVA, S. L.; FEITOSA, S. O.; FEITOSA, E. O.; FEITOSA, H. O.; CARVALHO, C. M. Crescimento da alface crespa irrigada com efluente tratado e água salina sob diferentes concentrações em ambiente protegido. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v. 8, n. 3, 2015.

SILVA, S.L. Aplicação de efluente doméstico tratado na cultura do feijão (*phaseolusvulgaris* L) BRS – pontal em ambiente protegido. 2018. 69 f. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

SILVA, V. F.; NASCIMENTO, E. C. S.; ANDRADE, L. O.; BARACUHY, J. G. V; LIMA, V. L. A. Efeito do substrato bovino na germinação de pimenta biquinho (*Capsicumchinense*) irrigado com água residuária. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, v. 13, n. 5, p. 3865-3871, Santa Maria, RGS, dez. 2014.

SILVA, V. P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, M. T.; AZEVEDO, P. V. Impact of global warming on cowpea bean cultivation in northeastern Brazil. **AgriculturalWater Management**, Amsterdam, v.97, n.1, p.1760-1768. 2010.

SOUSA, J.T.; Leite, V.D.; Luna, J.G. Desempenho da cultura do arroz irrigado com esgotos sanitários previamente tratados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.107-110. Campina Grande, DEAg/UFPB, 2001

SOUZA, E. R. et al. Comparação de métodos de extração da solução do solo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, n.5, p. 510 – 517, 2013

SOUZA, R. M. de; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; SOARES, F. A. L. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 2, p. 125-133. 2010.

SOUZA, S. B. S. **Irrigação por infiltração com efluente de lagoa anaeróbia em solo cultivado com milho (Zeamays L.).** 2004. 202 f. Campinas: UNICAMP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

SWANSON, K. M. J.; PETRAN, R. L.; HANLIN, J. H. **Culture methods for enumeration of microorganisms**. In: DOWNES, F.P.; ITO, K., (Ed.). **Compedium** of methods for the microbiological examination of foods. 4.ed. Washington: American Public Health Association, 2001. Chap.6, p.53-62.

TESTER, M. e LANGRIDGE, P. Breeding technologies to increase crop production in a changing world. **Science** 327, 818–822. 2010.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Curitiba: Editora Guaíba, Agropecuária, 1997. 247 p.

TUNDISI, J. G. **Água no século 21: enfrentando a escassez**. RIMA/IIE, 2003. 247p.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. **Guidelines for water reuse.** U. S. Agency for International Development. Washington, D. C. 2012

VALE, C. N. C. do; SILVA, K. B. da; FERREIRA, L.L.N; BATISTA, R. O.; SOBRINHO, J.E.; COELHO, D. da C. L. Avaliar a aplicação de efluente de castanha de caju na irrigação localizada, com gotejadores autocompensates. In: Inovagri Internacional Meeting. Fortaleza. **Anais**. 2015.

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

VILLELA, L.V.E.; Araújo, J. A. C.; Factor T. L. Estudo da utilização do e²uente do biodigestor no cultivo hidropônico do meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 72-79, 2003

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452p.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Wastewater Use in Agriculture.** v. 2. Genebra/Suíça: WHO, 2006.

WHO – World Health Organization. **Helth guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Technical repor series n° 517778. Geneva, 1989.

WHO – World Health Organization. **Reuse of effluents: methods os wastewater treatment and health safeguards**. Technical repor series n° 517. Geneva, 1973.