

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

LUÍS GUSTAVO MACEDO WEST

**USO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS TRATADOS NA CULTURA DO
GIRASSOL (*Helianthus annuus L.*)**

FEIRA DE SANTANA
2018

LUÍS GUSTAVO MACEDO WEST

**USO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS TRATADOS NA CULTURA DO
GIRASSOL (*Helianthus annuus L.*)**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências em Engenharia Civil e Ambiental. Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Patrícia dos Santos Nascimento

FEIRA DE SANTANA
2018

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

W537 West, Luís Gustavo Macedo

Uso de efluentes domésticos tratados na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) / Luís Gustavo Macedo West. – 2018.

115 f.: il.

Orientadora: Patrícia dos Santos Nascimento.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2018.

1. *Helianthus annuus* L. 2. Girassol – cultura. 3. Efluentes domésticos – tratamento. 4. Reuso de água – irrigação. 5. Reuso agrícola. I. Nascimento, Patrícia dos Santos, orient. II. Universidade Estadual de Feira de Santana. III. Título.

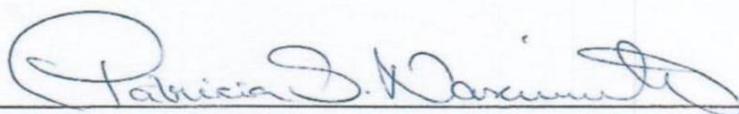
CDU: 633.494:628.36

USO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS NA CULTURA DO GIRASSOL (*Helianthus annuus L.*)

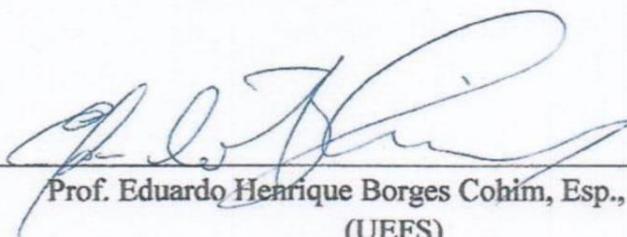
Luís Gustavo Macedo West

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL.

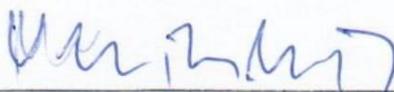
Aprovada por:



Prof. Patrícia dos Santos Nascimento, M^a, Dra.
(UEFS)



Prof. Eduardo Henrique Borges Cohim, Esp., Me., Dr.
(UEFS)



Prof. Vital Pedro da Silva Paz, Esp., Me., Dr.
(UFRB)

FEIRA DE SANTANA, BA – BRASIL
MARÇO DE 2018

RESUMO

O reúso agrícola é uma importante ferramenta na redução da demanda hídrica requerida pela irrigação. A falta de manejo adequado na irrigação provoca grande degradação ambiental, principalmente aos recursos hídricos, sendo assim, se torna imprescindível a redução desses impactos. A utilização de efluentes domésticos em cultivos agrícolas pode favorecer a busca por fontes alternativas de água para suprimento das demandas de irrigação assim como fornecer nutrientes essenciais aos cultivos, reduzindo o impacto também na aplicação de fertilizantes químicos. O trabalho teve como objetivo avaliar o uso de efluentes domésticos tratados na irrigação do girassol (*Helianthus annuus L.*) cultivar Anão de Jardim, utilizando tratamentos por filtro de areia, filtro orgânico, fossa séptica, e água de poço em diferentes lâminas de irrigação aplicadas (50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura diária). O experimento foi conduzido em baldes de 20 L com uma planta por balde em delineamento experimental 4x4 com 5 parcelas, totalizando 80 unidades experimentais. Foram realizadas análises físico-químicas no solo após aplicação e nos efluentes adicionalmente, foram realizadas análises microbiológicas durante o experimento. Nas plantas foram realizadas análises biométricas: diâmetro do caule, altura da planta e número de folhas e de fitomassas: fitomassas fresca e seca da parte aérea, do capítulo e da raiz. Pode-se concluir que a utilização de diferentes fontes de irrigação não produziu efeito significativo nas avaliações biométricas e de fitomassa do girassol, sendo possível a utilização de todas as fontes estudadas sem prejuízo ao desenvolvimento da planta. A filtração de areia proporcionou eficiência considerável, sendo uma solução simples e barata para o tratamento de efluentes domésticos.

Palavras-chave: Reúso de água. Agricultura. Tratamento de efluentes. Filtro de areia. Filtro orgânico.

ABSTRACT

Agricultural reutilization is an important tool in water demand reduction required by irrigation. The lack of proper management on irrigation generates large environmental degradation, mainly to water resources, therefore it's indispensable the reduction of these impacts. The use of domestic wastewater in agricultural crops may support the search for alternative water sources to supply the irrigation demand even as provide essential nutrients to the crops, and also reducing the impact of the chemical fertilizers application. This dissertation aims to evaluate the use of treated domestic wastewater on sunflower irrigation (*Helianthus annuus* L.) cultivate "Garden Gnome", using treatments by sand strainer (SS), organic filter (OF), septic tank (ST) and well water (WW) applied in different levels (50, 75, 100, and 125% of evapotranspiration of daily crop). The experiment was conducted with buckets of 20 L with one plant per bucket in experimental design of 4 by 4 with 5 parcels, adding up to 80 experimental units. Physicochemical analyses on the soil were realized after application, and in the wastewater, additionally, microbiologic analyses were realized during the experiment. With the plants were realized biometric analyses: stem diameter, plant height, leaves number and phytomasses: dry and fresh phytomass from the aerial part, from the pseudostem, and from the roots. It can be conclude that the use of different irrigation sources didn't produced significant effect in biometric evaluation and of sunflower phytomass, being possible the use of all the studied sources, without losses to the plant development. The sand filtration provided considerable efficiency, being a simple and cheap solution to the domestic wastewater treatment.

Keywords: Water reuse. Agriculture. Wastewater treatment. Sand strainer. Organic filter.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	GERAL.....	16
2.2	ESPECÍFICOS	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	RECURSOS HÍDRICOS	17
3.2	SOLOS	18
3.2.1	Capacidade de troca de cátions, acidez, soma de bases e saturação por bases...	19
3.2.2	Matéria orgânica	20
3.2.3	Curva de retenção de água no solo	21
3.2.4	Aplicação de efluentes no solo	22
3.3	IRRIGAÇÃO.....	23
3.4	ESGOTOS SANITÁRIOS	26
3.4.1	Características dos efluentes	27
3.4.2	Tratamento de efluentes.....	27
3.5	REÚSO DE EFLUENTES NA AGRICULTURA.....	32
3.6	PROBLEMAS RELACIONADOS AO USO DE EFLUENTE	37
3.7	CULTURA DO GIRASSOL.....	38
4	METODOLOGIA	42
4.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA E DO EXPERIMENTO	42
4.2	DESCRIÇÃO DOS FILTROS	44
4.3	DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS.....	46
4.4	DESCRIÇÃO DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS	47
4.5	DESCRIÇÃO DAS ANÁLISES LABORATORIAIS	47
4.5.1	Solos	48
4.5.2	Água e efluentes	49
4.5.3	Planta	49
4.5.4	Descrição da análise estatística adotada na avaliação dos dados.....	51
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
5.1	QUALIDADE DA ÁGUA	52
5.2	SOLO.....	57
5.2.1	Análises físicas do solo.....	57
5.2.2	Análise química do solo.....	58
5.2.3	Curva de retenção de água no solo	61
5.3	Evapotranspiração de referência e lâmina líquida.....	63

5.4	ANÁLISES BIOMÉTRICAS	66
5.5	DIÂMETRO DO CAULE.....	66
5.6	ALTURA DA PLANTA	69
5.7	NÚMERO DE FOLHAS	72
5.8	DIÂMETROS DO CAPÍTULO	76
5.9	FITOMASSAS	78
6	CONCLUSÕES	83
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Girassol cultivar Anão de Jardim.....	42
Figura 2 - Solo utilizado para plantio do girassol.....	43
Figura 3 - Peneiramento do solo para tratamento físico.....	43
Figura 4 - Croqui da montagem dos baldes.....	43
Figura 5 - Dimensionamento dos filtros.....	45
Figura 6 - Areia utilizada no leito filtrante do filtro.....	45
Figura 7 - Filtros orgânico e de areia utilizados no tratamento dos efluentes.....	46
Figura 8 - Campo experimental montado na EEA.....	47
Figura 9 - Ensaio de sedimentação do solo.....	48
Figura 10 - Ensaio de permeabilidade.....	48
Figura 11 - Coleta de amostras de solo indeformadas para ensaio da curva de retenção de água no solo.....	48
Figura 12 - Medição do diâmetro do capítulo do girassol.....	50
Figura 13 - Pesagem da fitomassa fresca da parte aérea.....	50
Figura 14 - Pesagem da fitomassa fresca do capítulo.....	50
Figura 15 - Pesagem da fitomassa fresca da raiz.....	50
Figura 16-Curva de retenção de água no solo.....	62
Figura 17-Demanda hídrica do girassol sob estresse hídrico durante o ciclo.....	63
Figura 18-Demanda hídrica total em função das lâminas de irrigação aplicadas.....	64
Figura 19-Evapotranspiração de referência durante o ciclo do girassol.....	65
Figura 20-Regressão linear do diâmetro do caule em relação às diferentes lâminas aplicadas, com a equação e seus respectivos coeficientes de determinação.....	68
Figura 21-Regressão linear da altura da planta em relação às diferentes lâminas aplicadas, com a equação e seus respectivos coeficientes de determinação.....	71
Figura 22-Regressão linear do fator número de folhas em relação às lâminas de irrigação, com a equação e seus respectivos coeficientes de determinação.....	74
Figura 23-Regressão linear com as respectivas equações e coeficientes de determinação para diâmetro interno e externo do capítulo (DI e DE):.....	77
Figura 24-Gráfico de médias das fitomassas para diferentes fontes de irrigação para fitomassa fresca e seca da parte aérea (FFPA) e (FSPA), do capítulo (FFC) e (FSC), da raiz (FFR) e (FSR), em gramas (g).....	79
Figura 25-Gráfico de médias de fitomassas para diferentes lâminas de irrigação da parte aérea (FFPA) e (FSPA), do capítulo (FFC) e (FSC), da raiz (FFR) e (FSR), em gramas (g).....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Análises físico-químicas dos tratamentos AP, FA, FO e EB utilizados para irrigação.....	52
Tabela 2- Resultados da densidade aparente (Da), densidade real (Dr) e porosidade total para diferentes fontes de irrigação	57
Tabela 3 - Fertilidade e macronutrientes presentes nos solos antes e após a aplicação dos e composto orgânico adicionado ao solo:	58
Tabela 4 - Fontes de variação, graus de liberdade e média dos quadrados para diâmetro do caule	66
Tabela 5 - Médias dos diâmetros do caule (DC) por tratamento, em mm em diferentes épocas de avaliação	67
Tabela 6 - Fontes de variação, graus de liberdade, quadrados médios e média geral da altura da planta (ADP) durante diferentes épocas de avaliação.	69
Tabela 7 - Médias dos diferentes tratamentos para altura da planta (ADP), em cm	70
Tabela 8 - Fontes de variação, graus de liberdade e quadrados médios do número de folhas (NF)	73
Tabela 11 - Médias dos diferentes tratamentos para número de folhas (NF).....	73
Tabela 10 - Diâmetros interno e externo do capítulo	76
Tabela 11 - Médias do tipo de água para irrigação para diâmetro do capítulo (DI e DE) aos 55 DAS, em cm.....	76
Tabela 12 - Fonte de variação, graus de liberdade, média dos quadrados e média geral das fitomassa fresca e seca da parte aérea (FFPA e FSPA), do capítulo (FFC e FSC) e da raiz (FFR e FSR).....	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Fases de desenvolvimento do girassol	39
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADP	Altura da planta
ANA	Agência Nacional de Águas
ANOVA	Análise de variância
AP	Água de poço
CC	Capacidade de campo
CE	Condutividade elétrica
CO	Composto orgânico
CTC	capacidade de troca catiônica
CV	Coefficiente de variação
DAS	Dias após semeadura
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DC	Diâmetro do caule
DQO	Demanda química de oxigênio
EB	Esgoto bruto
EEA	Equipe de educação ambiental
Etc	Evapotranspiração da cultura
Eto	Evapotranspiração de referência
FA	Filtro de areia
FTC	Fitomassa fresca do capítulo
FFPA	Fitomassa fresca da parte aérea
FFR	Fitomassa fresca da raiz
FO	Filtro orgânico
FSC	Fitomassa seca do capítulo
FSPA	Fitomassa seca da parte aérea

FSR	Fitomassa seca da raiz
GL	Graus de liberdade
INMET	Instituto nacional de meteorologia
Kc	Coeficiente da cultura
MO	Matéria orgânica
NF	Número de folhas
pH	Potencial hidrogeniônico
PMP	Ponto de murcha permanente
RN	Rio Grande do Norte
SB	Soma de bases
SD	Sólidos dissolvidos
SS	Sólidos suspensos
ST	Sólidos totais
UEFS	Universidade Estadual de Feira de Santana
UFRB	Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
V	Saturação por bases
DI	Diâmetro interno
DE	Diâmetro externo

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela oportunidade de acordar todas as manhãs com saúde para que eu possa realizar todos os meus sonhos;

À minha família querida, Robson & Márcia West, Lu e Aninha, que sempre me dão apoio em todas as minhas decisões;

Aos meus avós, tios, padrinhos e primos, que sempre procuraram me ajudar da melhor maneira possível;

À Vívian, minha parceira de vida, que me ensina a melhor maneira de conquistar tudo que eu quiser;

À professora Patrícia Nascimento, pelo trabalho árduo em mais do que me orientar, me ensinar a ser uma pessoa melhor;

Aos professores Eduardo Cohim e Vital Pedro da Silva Paz, pelos conselhos e contribuições para a melhoria do trabalho;

À Tahise, Adriano, Leilane, Jorge e Nilson, parceiros de laboratório que sempre se esforçaram para deixar meus dias menos cansativos;

Aos funcionários da EEA, Chaves, Geroneusa, Manoel e João, que sempre auxiliaram da melhor forma possível;

Aos professores, funcionários e colegas do PPGECEA, que sempre buscaram sanar minhas dúvidas com paciência e educação;

Aos meus parceiros de pesquisa, Débora, Tarcísio e Tiago, que me mostraram como é agradável trabalhar ao lado de amigos;

À todos os meus amigos, que estiveram presente nos momentos difíceis dessa caminhada;

À CAPES, pelo apoio financeiro na concessão da bolsa.

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem indispensável para a sobrevivência no planeta, por isso, seu valor é incalculável e no mundo inteiro existem discussões sobre seu melhor aproveitamento, tendo em vista que a falta desse recurso é responsável pelo subdesenvolvimento de comunidades e regiões, trazendo muitos problemas sociais, ambientais e de saúde pública. Sua finitude já é evidente, principalmente em se tratando da água com qualidade ideal para utilização no cotidiano das sociedades.

Todos esses problemas têm levado a realização de muitos estudos e pesquisas com o objetivo de reduzir sua demanda e conseqüentemente diminuir a pressão mundial existente sobre questões relacionadas à sua utilização.

Não só situações ligadas à escassez dos recursos hídricos tomam vulto nos dias atuais, mas também as ações relacionadas ao saneamento, que são responsáveis por melhorar o ambiente urbano e rural, reduzindo os impactos causados pela produção de resíduos. Sendo assim, merece destaque, os estudos relacionados ao sistema de esgotamento sanitário e os diversos tipos de tratamentos empregados para o reúso dessa água, removendo substâncias indesejadas.

Segundo Costa e Guilhoto (2014), um dos tratamentos de efluentes mais difundidos principalmente no meio rural é o sistema de fossa séptica, que garante uma qualidade à água residuária suficiente para disposição em solos. Além da fossa séptica, também pode ser lembrada a utilização de filtros, bastante estudado e de simples instalação, manutenção e operação, entre eles o filtro de areia, utilizado em menor escala, mas que apresenta eficiência elevada no tratamento.

Outro fato importante é o uso e o reúso da água tratada proveniente do esgotamento sanitário em cultivos agrícolas. No Brasil, onde a agricultura é muito difundida e responsável pelo desenvolvimento econômico e social de muitas regiões, é muito utilizado o sistema de irrigação, responsável por suprir as necessidades das plantações.

As maiores produções agrícolas no Brasil necessitam da irrigação para atingir a produtividade elevada e garantir lucros aos produtores. No Brasil, mais de 70% de toda a água captada é destinada à irrigação (BRITO e ANDRADE, 2010). No entanto,

utiliza-se água com qualidade superior à necessária ao cultivo, cada vez mais escassa, quando, em alguns casos, seria possível fazer o reúso de efluentes na agricultura. Isso levaria a muitas vantagens, tais como: valorizar o resíduo gerado pelas cidades para ser utilizado no meio rural transformando o resíduo em recurso; proporcionar o fechamento do ciclo de nutrientes que reduz as chances de infertilidade do solo e prejuízos à produtividade no campo, além de também provocar a diminuição da demanda por água para irrigação, que é bastante alta atualmente.

A atividade de reúso surge como uma grande oportunidade para cidades que sofrem com a baixa disponibilidade hídrica. No Nordeste brasileiro, por exemplo, cidades que não tinham oferta de água suficiente para a produção agrícola podem montar sistemas de reutilização dos efluentes urbanos para alcançar esse objetivo.

Apesar das vantagens citadas a respeito da atividade de reúso, problemas ainda são encontrados no manejo inadequado dos efluentes. Alguns podem ser citados: a salinização do solo, causada pelas grandes concentrações de sais presentes nos esgotos que pode levar à inviabilização de cultivos posteriores; a quantidade excessiva de carga orgânica aplicada ao solo, proveniente desse tipo de água, que pode interferir no crescimento e produtividade da planta; a toxidez que efluentes sem tratamento adequado podem apresentar e o risco de contaminação das pessoas que entram em contato com esse tipo de atividade.

Dessa forma, se torna imprescindível o tratamento eficiente dos efluentes antes de ser utilizado, assim como também um manejo adequado, com todos os parâmetros monitorados a fim de garantir a produtividade elevada e redução dos impactos ambientais provocados pelos sistemas de esgotamento doméstico.

Uma das culturas que está em ascensão na produção agrícola e que pode ser cultivada com a utilização do reúso de efluentes é o girassol. Planta que pode ser aproveitada quase que totalmente em diversos segmentos como: alimentação humana e animal, produção de óleo e biocombustível - atividade que emprega e agrega muito valor aos produtores. Essa cultura é de ciclo rápido, resistente e alcança produtividade elevada quando manejada corretamente, gerando o interesse de muitos agricultores, além de estar muito bem adaptada ao clima da região Nordeste brasileira (LIRA et al., 2011).

Por isso, é muito importante estudar os fatores que contribuem e interferem no cultivo do girassol utilizando água residuária e buscar alternativas que contribuam com a sustentabilidade do planeta, através da redução e melhor aproveitamento dos recursos.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar o uso de efluentes domésticos tratados na irrigação do girassol, utilizando tratamentos por filtros de areia, filtro orgânico e fossa séptica, em diferentes lâminas de irrigação.

2.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito de efluentes tratados no desenvolvimento do girassol;
- Analisar as características físicas e químicas do solo provocadas pela irrigação com efluentes tratados;
- Avaliar as características físicas, químicas e microbiológicas dos efluentes;
- Avaliar as características biométricas do girassol durante seu desenvolvimento.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 RECURSOS HÍDRICOS

Os recursos hídricos são considerados um dos bens mais importantes para o desenvolvimento da vida no planeta. A necessidade de utilizar água em todos os setores, seja de produção ou consumo provoca uma grande busca por esse recurso, que tem se tornado cada vez mais escasso.

Desde 2012, nota-se a redução nos índices pluviométricos em algumas regiões do país, redução considerada intensa que provoca prejuízo na oferta hídrica para abastecimento público. As regiões mais afetadas são o semiárido brasileiro e regiões densamente ocupadas e urbanizadas como São Paulo e Rio de Janeiro atingindo diretamente os setores produtivos, como por exemplo, a produção agrícola que sofre por causa da falta de água armazenada em reservatórios, tornando a irrigação insuficiente (ANA, 2015).

Essa redução nos índices pluviométricos atinge de maneira desigual as diversas regiões do Brasil, não sendo ela a única responsável pela escassez da água. Rego et al. (2005), afirma que no Nordeste brasileiro, as chuvas são distribuídas em apenas três meses do ano, e sua pluviosidade varia entre 300 e 800 mm anuais. Como não há muitas fontes de captação de água, a agricultura no local fica deficitária, por muitas vezes inviabilizando a atividade.

Muito embora a região Nordeste seja conhecida pela falta de água, muitas localidades dotadas de grandes mananciais também podem sofrer com esse problema por conta da grande demanda hídrica ampliada pela urbanização, acarretando redução do desenvolvimento econômico e na qualidade de vida dos habitantes (HESPANHOL, 2002).

Pela relevância e atualidade desse tema, órgãos governamentais têm se preocupado e têm dado seu parecer, como é o caso da Agência Nacional de águas (ANA, 2015) que informa que aprimorar e apoiar técnicas para reduzir o consumo,

reúso de água, ações de conservação de fontes são imprescindíveis para reduzir os problemas causados pela crise hídrica.

Nesse contexto surge o reúso agrícola, tecnologia que garante o reaproveitamento da água para uma das atividades que mais utiliza esse recurso em todo o planeta. Em termos de água captada, a irrigação é responsável por cerca de 70% de todo o consumo mundial (BRITO e ANDRADE, 2010).

Levando-se em conta essa grande porcentagem de consumo de água na irrigação, a necessidade de encontrar novas fontes alternativas é elencada por EMONGOR e RAMOLEMANA (2004) que afirmam que a água se torna fator limitante para a produção agrícola em regiões áridas e semiáridas e que existe a necessidade de encontrar fontes alternativas e baratas de água para ser utilizada na irrigação trazendo grandes benefícios. Sendo um dos mais importantes a autossuficiência na produção e importação de alimentos em determinadas regiões, melhorando o aspecto econômico do local. O reúso de efluentes na agricultura é uma dessas alternativas que se mostra bastante viável.

Águas com qualidade reduzida, tais quais esgotos, água da chuva, e águas salobras devem ser utilizadas como fontes alternativas sempre que possível para usos menos restritivos. Dessa maneira, estudos que buscam tecnologias apropriadas para utilização dessas fontes estão sempre em andamento, melhorando a eficiência, controlando a segurança da prática, garantindo uma solução para o problema da escassez de água (HESPANHOL, 2002).

3.2 SOLOS

O solo é outro componente que requer atenção especial quando o assunto é reúso de efluentes na agricultura, já que o seu manejo, conforme explicam Albuquerque et al., (2001), pode alterar as propriedades físicas, com diferenças no grau de degradação dependendo do tipo de sistema e cultura utilizados. A compactação é um dos maiores causadores de degradação, pois influencia no aumento da densidade, dos macroporos e

da condutividade hidráulica que na maioria dos sistemas é provocada por trânsito de máquinas agrícolas e pisoteio animal, provocando alteração nesses parâmetros.

A densidade do solo é um parâmetro importante para a agricultura, considerado um indicador de qualidade e utilizada para determinar a quantidade de água e nutrientes existentes baseando-se no volume. Valores em torno de 1,0 até 1,3 mg.m^3 são geralmente encontrados em ambientes sem interferência antrópica e em áreas cultivadas sob intenso tráfego, respectivamente, dependendo do tipo de solo e relevo natural. Além da densidade real, a densidade de partículas é uma característica física intrínseca do solo que depende dos constituintes da fração sólida e é determinada a partir da proporção relativa entre de material mineral e orgânico e suas respectivas densidades (MENDES et al., 2006).

Assim como a densidade, a porosidade do solo é atributo importante no estudo das características físicas de um solo, sendo ela alterada de acordo com o manejo empregado (SHAEFER et al., 2001).

Tormena et al. (1998), estudando as alterações na porosidade de aeração em plantio direto, observaram que o tráfego de máquinas reduziu seus valores para próximo de zero. Observaram ainda, que, com o decorrer do tempo, mesmo sem mobilizar o solo, houve aumento da porosidade total e de aeração, fato atribuído à ação do sistema radicular da cultura da aveia preta, plantada nesta área com a finalidade única da adubação verde.

MENDES et al., (2006) estudaram as características físicas de diferentes solos, naturais e em recuperação em diferentes locais. Para densidade de partículas, densidade do solo e volume total de poros obteve-se valores de 2,55 g.cm^{-2} , 1,24 g.cm^{-2} e 2,31 $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ respectivamente. Com esses resultados, os autores chegaram à conclusão que esses parâmetros não foram preponderantes como indicadores de qualidade do solo.

3.2.1 Capacidade de troca de cátions, acidez, soma de bases e saturação por bases

A capacidade de troca de cátions (CTC) representa a capacidade do solo em liberar vários nutrientes de forma gradual, mantendo o solo fértil por um período maior,

além de impedir ou reduzir a toxicidade da aplicação de fertilizantes químicos. Quando a maior parte da CTC está ocupada por cátions conhecidos como essenciais – Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} , isso favorece a fertilidade do solo, garantindo uma boa nutrição para as plantas. Porém, quando há grande quantidade de cátions potencialmente tóxicos – H^{+} e Al^{+3} o solo estará infértil. Em valores, uma CTC baixa significa um solo com baixa capacidade de reter cátions de forma trocável, não sendo interessante a adubação e calagem em grandes quantidades (RONQUIM, 2010).

Quanto a soma de bases (SB), o autor acima citado afirma que ela representa a soma dos teores de cátions permutáveis, sendo eles Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} , excluindo H^{+} e Al^{+3} e está relacionada com a saturação por bases (V), que é utilizada como um excelente indicador de fertilidade do solo, sendo dividido em solos eutróficos, considerados férteis, com valor de $V \geq 50\%$ ou distróficos (inférteis) com $V \leq 50\%$. Entretanto, alguns solos podem apresentar variações de acordo com a presença ou ausência de certos cátions (RONQUIM, 2010).

3.2.2 Matéria orgânica

A importância da matéria orgânica para caracterizar física, química e biologicamente o solo é amplamente conhecida em estudos relacionados. A matéria orgânica é um dos principais indicadores de qualidade do solo, a sua interação com outros componentes presentes no solo provocam efeitos em diversos parâmetros como formação de agregados, densidade do solo, capacidade de troca catiônica, infiltração, aeração, entre outros (CUNHA et al., 2015). Dentre tantos efeitos, a incorporação da matéria orgânica no solo proporciona o aumento da umidade no solo, devido ao aumento da camada morta, como indicado por Viana et al. (2012).

No entanto, os estoques de matéria orgânica presentes no solo podem sofrer alterações em função do tipo de solo e do manejo utilizado. Ciotta et al. (2003) estudando a relação entre a concentração de MO e o tipo de manejo de solo, encontraram que o acúmulo de matéria orgânica na superfície de um solo em sistema de

plantio direto resultou em um aumento importante na CTC e pH, mostrando que o acúmulo de matéria orgânica tem influência sobre a CTC.

Em estudo, Davalo (2013) mostrou a eficiência da matéria orgânica na retenção de água a partir de estudos com a curva de retenção de água no solo, demonstrando a importância desse parâmetro para o cultivo.

De maneira contrária, Mello et al. (2002) não encontraram influência da matéria orgânica no comportamento da porosidade drenável de cambissolos em análise, porém, ficou evidenciado que a matéria orgânica alterou a disponibilidade de água total nesses solos durante o experimento, sendo um parâmetro de grande importância no estudo da disponibilidade total de água em solos.

3.2.3 Curva de retenção de água no solo

A curva de retenção de água é um atributo físico-hídrico do solo que está relacionado ao armazenamento de água no solo e ao desenvolvimento das plantas, podendo ser usada em diversos estudos como o balanço hídrico no solo, disponibilidade de água às plantas, infiltração e manejo de irrigação (SILVA et al., 2014).

Os métodos de obtenção da curva consistem em coleta de pontos selecionados com os quais se traça uma curva relacionando a umidade volumétrica retida no solo em tensões determinadas. Entre diversas metodologias utilizadas para obtenção da curva, se destaca a câmara de pressão (RICHARDS, 1965), método bastante utilizado que garante resultados amplamente utilizados no ambiente agrônômico, o qual se utiliza o modelo desenvolvido por Van Genuchten (1980) Equação (1) para ajuste dos dados obtidos na câmara (NASCIMENTO et al., 2010).

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[(1 + \alpha \psi)^n]^m} \quad (1)$$

Sendo:

θ = umidade volumétrica do solo ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$)

θ_r = umidade volumétrica do solo na tensão de 1,5 MPa ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$)

θ_s = umidade volumétrica do solo saturado ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$)

ψ_m = Potencial matricial (atm)

α , m e n = parâmetros empíricos da equação, obtidos pelo ajuste do modelo

Existem estudos nos quais procuram-se determinar os parâmetros da equação de van Guenutchen, em um deles, Mello et al. (2005) conseguiram desenvolver modelos que apresentam boas características estatísticas para a utilização em cambissolos, demonstrando que as curvas se aproximaram das características físicas do solo.

Davalo (2013), estudando a eficiência de dois métodos para obtenção da curva de retenção de água no solo, indicou que a câmara de Richards é mais eficiente que o psicrômetro WP4-T, pois consegue determinar resultados mais precisos utilizando potenciais matriciais na faixa de solo saturado (-0,3 MPa).

O método de obtenção da curva de retenção de água no solo também é capaz de definir os pontos de disponibilidade de água para as plantas, conhecidos como capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP). Klein et al., (2006) estudando diferentes métodos de calcular a capacidade de campo e ponto de murcha em um Latossolo Vermelho argiloso, indicou que os potenciais matriciais utilizados pela câmara de Richards para obtenção da CC e PMP são -0,01 MPa e -1,5 MPa respectivamente.

3.2.4 Aplicação de efluentes no solo

Muito já se sabe sobre a importância do aproveitamento de efluentes no solo para a agricultura, principalmente com o objetivo de reduzir o consumo de água. No entanto, alguns cuidados devem ser tomados. Bueno (2010) é um dos autores que chama atenção sobre isso. Ele afirma que o uso de esgoto ou lodo de esgoto na agricultura traz benefícios para a atividade, mas as recomendações de aplicação devem ser seguidas com cautela máxima para a manutenção das condições ideais do solo. Deve-se ter

cautela principalmente nas condições de acidez do solo para controle da disponibilidade de metais pesados que sempre estejam presentes no efluente.

O autor citado acima, afirma que a aplicação de efluentes em cultivos agrícolas pode atuar como condicionador do solo, provocando alterações nas características físicas, principalmente aumentando a infiltração e retenção de água, e melhorando a estabilidade da sua estrutura.

As alterações químicas no solo provocadas pela aplicação de efluente também podem ser responsáveis pela redução ou aumento da qualidade do solo. Dessa maneira devem ser monitorados constantemente quando se faz a aplicação do efluente.

Nogueira et al., (2012) realizaram estudos econômicos na prática de reúso de efluentes na agricultura. Em seu estudo ficou evidenciado que a prática traz retorno financeiro em comparação com cultivos em sequeiro. Foi encontrado que os benefícios trazidos pela atividade com efluente tratado e fertilização mineral foram 67% maiores que os investimentos e custos envolvidos na atividade. Além disso, a inserção de efluente tratado supre em 33% a demanda de fertilizantes no cultivo de *Cynodon dactylon*.

A aplicação de efluentes no solo para agricultura varia muito de acordo com a localidade. Santos (2015) informa que a China e o México são países pioneiros na utilização de efluentes na agricultura. No Brasil, mesmo com potencial elevado para a utilização de efluentes, essa prática ainda é pouco aceita apesar de já haver diversos estudos nessa área, demonstrando que poderá ser mais desenvolvida no futuro.

3.3 IRRIGAÇÃO

A irrigação é uma atividade bastante utilizada em todo o Brasil mas sofre com a má gestão, propiciando grandes desperdícios de água, aumentando os custos de produção e causando problemas ambientais relacionados à disponibilidade e qualidade das águas. Um bom manejo de irrigação proporciona aumento de produtividade das culturas e racionalização do uso da água (MAROUELLI et al., 2011). No entanto, esse bom manejo requer alguns cuidados.

De acordo com Medeiros et al., (2013), a garantia de uma irrigação eficiente para uma cultura só é alcançada quando há o manejo adequado, buscando atingir o uso racional da água e uma sustentabilidade econômica, social e ambiental da prática. Algumas etapas devem ser estudadas para se obter a eficiência no sistema de irrigação, dentre elas é necessário entender e medir algumas variáveis meteorológicas, tais quais: temperatura, radiação solar, umidade do ar e ocorrência de ventos.

Essa ideia é complementada por Coelho et al., (2005), quando afirmam que o sistema agrícola irrigado, para alcançar a sustentabilidade, deve ser eficiente na aplicação da água no solo e no uso dos fertilizantes. Para tanto, algumas ações podem ser tomadas em todas as etapas da atividade, tais quais: estrutura da irrigação existente, alterando o tipo de cultivo e sistema de irrigação; e na gestão do uso da água; nos métodos de manejo da irrigação e, por fim, nas técnicas que proporcionam o aumento da eficiência do uso da água. O manejo agrícola mais utilizado é baseado em turnos de rega, que são calculados a partir de valores de evapotranspiração da cultura e da lâmina real necessária. Essas variáveis são alteradas de acordo com a fase de desenvolvimento da planta e das condições meteorológicas do local.

Outra questão importante quando o assunto é irrigação é o conceito e a determinação de lâmina d'água. Para Mota e Von Sperling (2009), a quantidade de água aplicada na planta, conhecida como a lâmina d'água, pode ser determinada a partir da evapotranspiração das culturas, sendo um elemento muito importante para a definição do volume de água utilizado no sistema. Em muitos casos, quando se utiliza esgotos para irrigação, o excesso de nutrientes inviabiliza a produção, devido às grandes necessidades hídricas de culturas específicas.

Os métodos de aplicação da água também apresentam importância elevada para o manejo adequado da irrigação. Os principais métodos de irrigação são os de superfície, aspersão, localizado e subsuperficial. Para cada um desses métodos existem sistemas diferentes de aplicação, como pivô central na irrigação por aspersão e o gotejamento na irrigação localizada (ANA, 2015).

Além dos fatores descritos acima, não se pode esquecer de outros muito importantes ligados à irrigação. Stone e Silveira (1995) inferem que os sistemas de irrigação necessitam de informações a respeito do clima, tipo de cultura, entre outros fatores que interferem na quantidade de água aplicada no solo. Esses dados necessitam

ser precisos para garantir um sistema eficiente. Dentre todos esses fatores, destaca-se a evapotranspiração da cultura, que é responsável pelo consumo de água por uma determinada cultura em condições específicas de local, ano, época de semeadura e pode ser estimado a partir do coeficiente de cultura (K_c). Esse coeficiente é calculado de acordo com a evapotranspiração máxima de campo e as características de cada cultura. Os coeficientes são obtidos para cada fase fenológica da planta, ou seja, para cada estágio de desenvolvimento da cultura há um coeficiente diferente, alterando assim o valor da evapotranspiração à medida em que a cultura se desenvolve (STONE E SILVEIRA, 1995).

A determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c) depende da evapotranspiração de referência (ET_o) e do coeficiente da cultura, como indicado em Allen et al. (1998) pela equação (2):

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (2)$$

Desse modo, se torna necessário calcular a evapotranspiração de referência, através da equação (3), conhecida como de Penman-Monteith (Allen et al., 1998):

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T_{med} + 273} \right) u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (3)$$

Onde:

ET_o - evapotranspiração de referência (mm.d^{-1})

R_n - saldo de radiação ou Radiação líquida ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$)

G - densidade de fluxo de calor no solo ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$)

T_{med} - temperatura média diária do ar a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$)

u_2 - velocidade do vento média diária a 2 m de altura (m.s^{-1})

e_s - pressão de saturação do vapor médio diário (kPa)

e_a - pressão atual de vapor médio diário (kPa)

Δ - declividade da curva de pressão de vapor ($\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$)

γ - coeficiente psicrométrico ($\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$)

O coeficiente da cultura tem sido estudado com bastante afinco, assim é possível obter os valores em diferentes épocas do ano com as culturas submetidas a diversos fatores intervenientes. Júnior et al. (2013) estudaram o cultivo do girassol na região Nordeste do Brasil, especificamente no Rio Grande do Norte – RN. Em seus estudos foi calculado a evapotranspiração total da cultura (ET_c) e a evapotranspiração de referência (ET_o) durante o período de 90 dias, obtendo os valores de 442 mm e 580,6 mm respectivamente. Quanto ao K_c, nas quatro fases fenológicas do girassol que duraram 28, 15, 27 e 20 dias foram encontrados os valores de: 0,52; 0,74; 0,98 e 0,81, respectivamente.

Outro uso da equação de Penman-Monteith pode ser realizado para outras metodologias de definição da evapotranspiração de uma cultura. Como explicitado por Silva et al., 2011, em que foi utilizado o método do balanço hídrico para definição da evapotranspiração da cultura do cafeeiro irrigada por pivô central, que leva em consideração os fatores relacionados ao armazenamento de água no solo, condutividade hidráulica, fluxo de água no solo, saturação relativa, entre outros. Em seu estudo ainda é possível observar as médias de ET_o estimadas pelo Tanque Classe A e o método de Penman-Monteith, mostrando que ambos os métodos trazem valores próximos.

3.4 ESGOTOS SANITÁRIOS

A NBR 9648 (ABNT, 1986) define o esgoto sanitário como: “*despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária*”, e o esgoto doméstico como: “*despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas*”. No caso dos esgotos domésticos, Batista *et al* (2014) os classificam como águas de qualidade inferior, juntamente com efluentes provenientes do processo produtivo de frutas e vegetais, de indústrias de celulose, efluentes do sistema de drenagem urbana, entre outras. Essas águas, caso sejam utilizadas de maneira incorreta, tem potencial poluidor elevado, podendo causar muitos impactos ambientais, por isso, devem ser manejadas de maneira cuidadosa e criteriosa.

3.4.1 Características dos efluentes

Os efluentes provenientes das residências apresentam características diferentes de acordo com aspectos econômicos, sociais, hábitos da população e clima da região. Devido à dificuldade em analisar as suas características e de todas as substâncias presentes no mesmo, utiliza-se os parâmetros indiretos que se relacionam com o seu potencial poluidor. Esses parâmetros são definidos como: físicos, químicos e biológicos que caracterizam as diversas substâncias presentes no esgoto.

Segundo Von Sperling (2005), entre as principais características dos esgotos domésticos estão as físicas: temperatura, odor, cor e turbidez; químicas: sólidos totais, matéria orgânica, nitrogênio total, fósforo, pH e alcalinidade; e as biológicas: presença de microrganismos patogênicos e algas.

Muitas dessas características do esgoto sanitário são benéficas para o seu reúso no solo, como por exemplo, as concentrações relativamente baixas de matéria orgânica quando aplicadas com frequência tendem a se incorporar no solo, garantindo níveis interessantes em termos de produtividade. O gradual aumento da concentração de matéria orgânica é responsável por alterar algumas propriedades físicas do solo, que têm importância destacada na produção agrícola, como: a massa específica, retenção de água, consistência, estrutura e estabilidade dos agregados, além da aeração do solo e sua drenagem (BATISTA et al., 2014).

3.4.2 Tratamento de efluentes

O uso de efluentes na agricultura demanda tratamentos específicos. De acordo com von Sperling (2005), esses tratamentos têm como objetivo atingir os requisitos indicados pelas legislações vigentes, garantindo o padrão de qualidade para o corpo receptor. Para tanto, é realizado em níveis, buscando atender a eficiência máxima de

remoção em cada etapa. Os níveis de tratamento primário e secundário são responsáveis pela remoção de microrganismos, sólidos, matéria orgânica entre outros poluentes presentes no esgoto.

O tratamento primário tem como principal processo a separação de substâncias por meios físicos, dentre essas estão os sólidos orgânicos e inorgânicos sedimentáveis além dos sólidos flutuantes. Essa etapa de tratamento também é eficiente na remoção de nitrogênio e fósforo orgânico e metais pesados. Entretanto, a remoção de substâncias dissolvidas e coloidais é baixa. O tratamento secundário ocorre em seguida, e tem como principal mecanismo o tratamento biológico aeróbio, objetivando a remoção de matéria orgânica e, em alguns casos, nitrogênio e fósforo (USEPA, 2012).

É necessário um cuidado especial na escolha do melhor tratamento a ser empregado nas águas residuárias. Para Melo (2014), a escolha deve ser baseada nas características do efluente, objetivos do tratamento, tecnologia empregada ou disponível, disponibilidade de área para implantação, requisitos legais, entre outros aspectos que adaptam o tratamento de acordo com as necessidades.

Geralmente as áreas rurais apresentam soluções de tratamento de esgotos diferentes das áreas urbanas, devido às diversas complicações de instalação, coleta e transporte dos efluentes nesses locais. Assim, as soluções individuais são bastante difundidas e reduzem muito os impactos causados ao meio ambiente.

Dentre as soluções individuais, as fossas são as mais utilizadas, sendo diferenciadas entre si de acordo com a forma em que são construídas e sua eficiência em relação ao tratamento e proteção contra contaminação e poluição (COSTA e GUILHOTO, 2014).

Peres et al., (2010) analisaram o efluente tratado pelo sistema de fossa séptica, o qual obteve redução na demanda química de oxigênio (DQO) média de 55,1% em comparação com o esgoto bruto. Já para a turbidez, a média de redução encontrada foi de 36,2%, valores que comprovam eficiência desse tipo de tratamento em efluentes domésticos.

Segundo a ABNT (1993), os sistemas de fossas sépticas são unidades destinadas ao tratamento e disposição dos esgotos, que devem ser dotados de um tanque séptico (câmara única ou em série) e de unidades complementares para disposição final dos efluentes e do lodo. Uma das unidades complementares mais utilizadas é a vala de

infiltração, unidade responsável por direcionar o efluente tratado pela fossa para disposição adequada no solo.

Outro tipo de tratamento para efluentes utilizado é a filtração, processo que tem como principal característica a remoção de agentes físicos, principalmente sólidos minerais particulados e matéria orgânica da água. Esse tipo de filtração pode ser utilizado em sistemas de irrigação por gotejamento, reduzindo a ocorrência de entupimento de emissores (HAMAN et al., 1994).

Pela sua importância, o processo de filtração também foi estudado por Testezlaf (2008) apud Pizarro Cabelo (1996), que atesta que esse processo ocorre devido à ação de três fenômenos distintos: o peneiramento - fenômeno que retém a partículas com tamanho maior que os poros; a sedimentação – a passagem da água pelos poros, reduzindo sua velocidade, proporciona que cada espaço poroso funcione como um decantador; e a adesão e coesão – contato entre as partículas suspensas no meio líquido e os grãos do material, provocando atrações elétricas, proporcionando a remoção de partículas muito menores que o tamanho dos poros.

Alguns fatores intervenientes no processo de filtração devem ser monitorados e analisados, entre eles estão a vazão de projeto e a perda de carga, que influenciam diretamente na qualidade do efluente após o tratamento. Além dos fatores citados acima, o tipo de material filtrante utilizado também é importante, visto que, dimensionados de forma ideal, garantem uma uniformização da filtração, resultando em remoção das partículas desejadas (HAMAN et al., 1994; TESTEZLAF, 2008).

No processo de filtração, alguns materiais podem ser utilizados como elemento filtrante. Alguns estudos foram feitos utilizando-se elementos filtrantes, tais como areia e filtros orgânicos.

Nos filtros de areia, o funcionamento é baseado na aplicação intermitente do efluente na superfície do leito filtrante de areia, que durante a infiltração sofre os processos físicos, químicos e biológicos de purificação. A etapa física é resultante do processo de peneiramento, onde as partículas mais grossas ficam retidas na areia e a química ocorre por adsorção de compostos presentes no efluente. A principal característica para o emprego no tratamento é sua capacidade de oxidação bioquímica, realizado pela cultura biológica formada no leito filtrante (TONETTI et al., 2004).

Outro fator que favorece o uso de filtros no tratamento de efluentes é sua simplicidade e capacidade de instalação em série, caso haja necessidade de ampliação na capacidade de tratamento das estações. Essa instalação ainda garante a nitrificação total do efluente, reduzindo a concentrações de nitrogênio amoniacal (DOMINATO, 2011).

Uma das características dos filtros de areia é a capacidade de remoção de sólidos suspensos totais e DQO, sendo uma das unidades de tratamento que realiza essa remoção com maior eficiência. Corroborando com esse fato, em estudo realizado por Prochaska e Zouboulis (2003), a filtração em areia alcançou eficiência de remoção de sólidos suspensos totais de 82% e de 70% da DQO.

A filtração rápida em leitos de areia já é utilizada em diversos estudos com efluentes. Entretanto, sua utilização se torna mais eficiente em polimento de efluentes já tratados em outras unidades, Como evidenciado por Hamoda et al., (2004). Em seus estudos, foi observado o comportamento de filtros de areia no tratamento de efluentes secundários – após clarificação. Foi possível obter a eficiência desse sistema, apresentando média de remoção de 70% dos sólidos suspensos totais, 38% e 54% na remoção de DQO e DBO, respectivamente. Os autores ainda constataram que a redução de DBO e DQO foi auxiliada pela remoção de sólidos suspensos voláteis.

Objetivando tratamento de efluentes industriais de laticínio, Healy et al., (2006) construíram um sistema de tratamento dotado de leitos construídos e filtros de areia, demonstrando eficiência elevada. Ainda foi destacado pelos autores que a utilização do sistema também é interessante para o tratamento de efluentes domésticos.

Quanto a filtração orgânica, Lo Monaco et al. (2011a) indicam também traz bons resultados. A remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e DQO é satisfatória, podendo chegar a faixas de remoção em até 60% em filtros compostos de triturado de sabugo de milho e de cana-de-açúcar. A eficiência dessa remoção é dependente da granulometria do material utilizado, visto que partículas de maiores dimensões apresentam superfície específica menor, o que diminui a capacidade de interação com o efluente em tratamento, diminuindo a possibilidade de solubilização e transporte de substâncias.

Uma característica importante evidenciada pelos autores supracitados é que, além da DBO, os filtros orgânicos também apresentam capacidade de remoção de sólidos

totais (ST), porém não foram eficientes na remoção de fósforo, potássio, sódio. Entretanto, o tipo de material e a granulometria utilizada influenciam na qualidade do efluente, principalmente no início da filtração, devendo ser escolhido de acordo com a necessidade de qualidade do efluente desejada.

Em outro estudo, Lo Monaco et al. (2011b) encontraram que a filtração com material orgânico, mais especificadamente com pergaminhos de grãos de café, pode provocar aumento das características físicas do efluente, entre eles a condutividade elétrica e sólidos totais, devido à solubilização de íons e substâncias presentes no leito filtrante e a contribuição de sólidos presentes no material filtrante.

Brandão et al. (2003) merecem destaque em seus estudos comparando diferentes materiais utilizados como leito filtrante de filtros orgânicos, entre os avaliados o bagaço de cana-de-açúcar e a serragem de madeira foram considerados mais eficientes na remoção de elementos químicos dos efluentes, em comparação com a casca de arroz, casca de fruto de cafeeiro, sabugo de milho e fino de carvão vegetal. Por outro lado, os dois materiais acrescentaram ao efluente fósforo e nitrogênio total, o que em termos de tratamento de águas residuárias é um fator negativo, pois prejudicou a qualidade do efluente final.

Ainda se tratando de materiais orgânicos em filtros, Lo Monaco et al. (2004) estudaram a serragem de madeira em diferentes granulometrias como material filtrante para tratamento de efluentes de suinocultura, demonstrando a relação entre granulometria e remoção de diferentes elementos presentes no efluente. Quando utilizada a faixa granulométrica alta, houve uma maior eficiência na remoção de DBO, DQO e sólidos totais. Com a faixa granulométrica reduzida, o estudo apresentou maior eficiência da remoção de nitrogênio total. A remoção de fósforo, sódio e fosfato não foram influenciadas pela granulometria. Elementos como zinco e cobre obtiveram remoção elevada, acima de 95%.

Brandão (1999) avaliou a eficiência de filtros com leito filtrante orgânico de bagaço de cana de açúcar, casca de arroz, carvão vegetal, sabugo de milho e serragem de madeira para tratamento do efluente proveniente de suinocultura. Em seus resultados, foi encontrado que os materiais mais eficientes foram o bagaço da cana de açúcar e a serragem de madeira, retendo a maior parte dos poluentes. Não houve alteração nos parâmetros nitrogênio total, cálcio, Magnésio e Zinco no efluente após o processo de

filtração. A redução nos sólidos sedimentáveis foi significativa, com valores acima de 90% em todos os materiais estudados, já para os sólidos totais houve remoção mais eficiente no carvão vegetal com 33%. A utilização dos filtros para tratamento de efluentes de suinocultura substitui a utilização de tanques de decantação no processo.

Importante também ressaltar que a granulometria dos materiais filtrantes influenciam na qualidade e capacidade de filtração. Segundo Matos et al. (2010), materiais filtrantes com granulometria menor tem a capacidade de remover mais impurezas, resultando em um efluente com melhor qualidade, mas também apresentam maior perda de carga que influencia diretamente na capacidade de filtração e na carreira filtrante. Já os materiais com granulometria elevada permitem a maior penetração das partículas no leito filtrante, produzindo efluente menos depurado, mas também aumentam o tempo de operação do filtro sem necessidade de intervenções.

3.5 REÚSO DE EFLUENTES NA AGRICULTURA

O reúso agrícola tem sido bastante discutido devido às crises hídricas que ocorrem em todo o planeta, reduzindo a oferta de água para as diversas atividades produtivas. No Brasil, essa prática tem se tornado bastante plausível como fonte substituta, satisfazendo demandas que necessitam de águas com qualidades inferiores, em detrimento das águas com qualidade para satisfação de outros usos, considerados mais nobres (HESPANHOL, 2002).

Vários são os autores que têm se preocupado com esse assunto, alguns podem ser citados:

Tsagarakis et al. (2004) indicaram que o reúso é uma fonte alternativa viável de água para irrigação objetivando a prevenção da poluição e a redução nos custos relacionados à água. Mas, o uso inadequado dos efluentes podem causar problemas ambientais adversos como a poluição do solo e dos recursos hídricos, o que traz problemas de saúde pública.

Hespanhol (2002) estimou que na bacia do Alto Tietê, caso a demanda de água para agricultura fosse substituída por água de reúso proveniente dos esgotos domésticos

do local, haveria um ganho de $3\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ de água de boa qualidade para ser utilizada no abastecimento público.

Paterniani et al. (2011) estudaram o comportamento de filtros para polimento de efluentes com propósito de fertirrigação. Os sistemas de pré-filtros e filtros lentos demonstraram eficiência na remoção de sólidos suspensos, turbidez, cor aparente e DQO, além da redução de coliformes totais e *E. coli*, indicando a possibilidade da utilização de filtros no tratamento de efluentes para irrigação.

Esrey et al. (2001), o reúso de efluentes na agricultura é considerado parte integrante do saneamento ecológico e traz muitas vantagens como: valorizar o resíduo gerado pelas cidades para ser utilizado no meio rural transformando o resíduo em recurso; proporcionar o fechamento do ciclo de nutrientes que reduz as chances de infertilidade do solo e prejuízos à produtividade no campo, além de também provocar a diminuição da demanda por água para irrigação, que é bastante alta atualmente.

Ribeiro et al. (2012), estudaram o uso de efluentes provenientes de lagoas de estabilização para irrigação de mamona, analisando algumas características da planta. Chegaram à conclusão que a produtividade não é comprometida, equiparando-se à produtividade com irrigação por água de abastecimento. Em seus resultados, notou-se que a altura da planta, número de folhas, espessura do caule não sofreram alterações significativas quando utilizava água de abastecimento ou água residuária.

Todos esses estudos mostram a importância e a atualidade do tema abordado, trazendo novas perspectivas para o reúso de efluentes na agricultura. No entanto, a preocupação com a segurança sanitária ganha também destaque.

Sabendo-se que o primeiro objetivo do reúso de efluentes é garantir que a água utilizada seja sanitariamente segura e usada racionalmente. Muitas substâncias presentes na água, especialmente a matéria orgânica, fósforo e nitrogênio, quando lançados diretamente no meio ambiente, podem causar problemas sérios de poluição. Essas mesmas substâncias, quando redirecionadas para a agricultura, são fontes de nutrientes importantes para o desenvolvimento da cultura. Sendo assim, fica claro a necessidade de maiores estudos buscando a garantia dessa segurança sanitária e o uso racional da água (WHO, 1989).

Outro fator pode ser elencado como muito importante no processo de reúso do efluente no solo é a reciclagem de nutrientes. Segundo Santos et al. (2006), essa

reciclagem proporcionada pela disposição no solo é responsável por grandes benefícios para a atividade como um todo. Aumento da produtividade, redução de custos e de utilização de matéria prima são algumas das vantagens de reutilizar os efluentes. Muito embora o excesso de nutrientes inseridos nas culturas que utilizam a fertirrigação possa trazer dificuldades para o desenvolvimento da mesma, como a adição elevada de nutrientes alterando a capacidade de retenção do solo.

É necessário destacar que a utilização dos efluentes deve ser observada em diversos aspectos. Dentre eles está a relação com os riscos microbiológicos, não havendo até os dias atuais uma certeza na definição dos padrões de qualidade do esgoto para a definição do grau de tratamento eficaz que garanta a segurança dos usos dessa fonte (MOTA e VON SPERLING, 2009).

Essa insegurança quanto aos padrões de qualidade é refletida de forma diferente na legislação dos países, gerando dúvidas que só com novos estudos podem ser eliminadas.

Segundo Bertoncini (2008), em muitos países, inclusive no Brasil, as leis criadas para o reúso agrícola são inexistentes, muito brandas ou muito restritivas, por conta da falta de estudos e conhecimentos sobre as taxas seguras de aplicação para determinadas culturas e os danos que podem ser causados ao sistema como um todo. Muitas resoluções, recomendações e leis já foram lançadas para abordar o tema de forma que se torne mais popular e utilizado facilmente.

Dentre as resoluções e legislações em vigor no país, algumas tratam de condições padrões de lançamento de efluente tratado e orientam projetos de reúso das águas provenientes do tratamento do esgoto doméstico na agricultura, contudo não são específicas quanto ao volume nem concentrações máximas de nutrientes a serem aplicados, os tipos de culturas que podem ser utilizadas (SANTOS, 2015).

Para Almeida (2011), a prática do reúso seguro deve ser realizada de acordo com o estabelecimento de padrões que devem levar em consideração aspectos físicos, químicos e microbiológicos, além das crenças e conceitos da população que influenciam negativamente a aceitação da atividade. As leis já existentes que definem o lançamento de esgotos e a qualidade da água de abastecimento fornecem subsídios suficientes para balizar critérios, práticas e padrões que se adaptam às necessidades e características do país, mesmo não existindo critérios estabelecidos nem legislações específicas.

Blumenthal et al. (2000) indicaram que deve haver a ausência de riscos potenciais, caracterizada pela ausência de organismos indicadores e patogênicos no esgoto. Deve haver também uma medida de risco ao uso do efluente por determinada população, além da aplicação da metodologia de avaliação de risco, definindo os níveis aceitáveis, a partir de uma estimativa da concentração de patógenos no efluente.

As normas e leis que abordam o reúso de esgotos definem que a água utilizada poderá ser empregada em diversos tipos de atividade, exceto o abastecimento humano. Os níveis de tratamento devem garantir uma água sanitariamente segura, colocando o reúso agrícola como destinação final, assim como lavagens de pisos e garagens, manutenção paisagística, descarga de vasos sanitários, entre outros. O planejamento desses sistemas deverá ser realizado com a definição dos usos previstos para o esgoto, o volume a ser reutilizado, grau de tratamento necessário, as estruturas dos equipamentos e peças de reservatório e distribuição, também deve-se produzir um manual de operação e treinamento para os responsáveis pelo sistema (ABNT, 1997).

Outra questão importante para esse estudo, e que precisa ser levado em consideração, é que ações de reúso de águas residuárias tratadas podem ser fatores que influenciam na redução da contaminação de águas superficiais, diminuindo também a poluição ambiental e em consequência as doenças de veiculação hídrica. Essas ações podem aumentar a produção de alimento em regiões que convivem com a escassez hídrica, proporcionando melhoria de vida dos habitantes do local, promovendo inclusão social de agricultores nessas regiões. Os níveis de qualidade para as águas de reúso dependem do tipo de cultura que será irrigada, uma vez que plantas não comestíveis tais como sementes e pastagens necessitam de qualidade inferior às comestíveis como leguminosas e hortaliças (AGUIAR, 2013).

Na maioria dos países utiliza-se o esgoto produzido para aplicação no solo como forma de disposição final do efluente, o resíduo sólido pode servir como fertilizante do solo ou também como local de aterro. Ainda há escassez de informações a respeito do uso de efluentes como fonte de água para irrigação e seu efeito na acumulação de metais pesados em hortaliças, cereais, forrageiras e principalmente vegetais e frutas (EMONGOR e RAMOLEMANA, 2004).

Dessa forma, Bezerra et al. (2014), Piedade et al. (2009), Silva et al. (2014) e Sousa et al. (2009) estudando diferentes culturas, encontraram benefícios em utilizar

águas de efluentes domésticos tratados para irrigação. Andrade et al. (2012) encontraram a melhor qualidade comercial do girassol ornamental utilizando água residuária para irrigação.

Dentro do contexto da utilização de águas residuárias em cultivos agrícolas, Baumgartner et al. (2007) estudaram o uso de águas residuárias de suinocultura e piscicultura para irrigação de alface. Em seus estudos, chegaram à conclusão de que os tratamentos com dejetos suínos tratado por biodigestor diluído e de cultivo de tilápia apresentaram os maiores valores nas seguintes características da planta: comprimento da maior folha, número de folhas. Por outro lado, todos os tratamentos empregados não mostraram diferenças significativas nas características: altura da alface, diâmetro da cabeça, comprimento da raiz, massa da raiz, massa total da planta, massa fresca e massa seca. A realização de análises de micro e macronutrientes na parte aérea não trouxeram diferenças significativas, exceto para o manganês. A análise microbiológica mostrou que não houve contaminação por *E. coli* e em todos os tratamentos houve contaminação por coliformes fecais e totais.

Também estudando a influência da aplicação de águas residuárias em culturas de alface, Hussar et al. (2002) observaram que a fonte utilizada fornece nutrientes à culturas, mas de maneira menos eficiente que a inserção de adubação química. Foi notado que a concentração de nutrientes no efluente e seu estado de mineralização influenciam na oferta nutricional da cultura, favorecendo o seu crescimento.

Batista et al. (2011) utilizaram biofiltros para tratar efluentes e analisaram a remoção da DBO e DQO do tratamento com a intenção de demonstrar a viabilidade do emprego dessas unidades em sistemas de tratamento. Os biofiltros garantiram a remoção suficiente para lançamento dos efluentes em corpos hídricos, mostrando-se viável para utilização em pequena escala, por possuir baixo custo de operação e implantação, além de alcançar a redução da concentração de matéria orgânica do efluente.

A garantia de eficiência dos sistemas de tratamento e disposição final dos esgotos deve ser analisada a partir de avaliações periódicas de desempenho, sendo realizada de maneira minuciosa para determinar o grau de poluição causado pelo sistema (ABNT, 1997).

3.6 PROBLEMAS RELACIONADOS AO USO DE EFLUENTE

Apesar de todas as vantagens elencadas para o uso de efluentes 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 efluentes, tipo de cultura, práticas de colheita utilizadas, grau de contato com o efluente e o método de irrigação, sendo o último muito importante para a redução dos riscos potenciais.

Por isso, 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).

Muitos aspectos são considerados ao implantar um sistema de reúso agrícola, entre eles, alguns se destacam mais por conta do interesse agrícola e sanitário.

Outro problema causado ao solo, foi estudado por Santos et al., (2006), no qual 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.

3.7 CULTURA DO GIRASSOL

O girassol (*Helianthus annuus L.*), planta dicotiledônea, da família Asteraceae, originária da América do Norte, e no Brasil, sua cultura começou a ser implantada ainda na época dos colonos europeus no final do século XIX. A partir do século XX, ocorreram várias tentativas de fomentar e expandir o cultivo em diferentes regiões do país, mas apenas após 1998, por iniciativa de indústrias e cooperativas, e em 2003, com o início do Programa Nacional do Biodiesel, o girassol voltou a ser produzido vastamente, sendo destinado para a alimentação humana e à produção de biodiesel (UNGARO et al., 1982).

O girassol é uma planta de ciclo anual, que está sendo cultivada em todo o mundo devido a fácil adaptação aos ambientes mais diversos. Produz grãos e forragem e hoje ocupa a quarta colocação entre as oleaginosas mais consumidas do mundo. Suas sementes são ricas em óleo, salvo raras exceções, tem conteúdo acima de 30%, podendo chegar até em 50%, dependendo da cultivar. Além do óleo, o girassol também ocupa a quarta posição para ração animal e uso humano como fonte proteica (LIRA et al., 2011).

Quanto à questão climática, o girassol é pouco influenciado pela latitude, longitude e fotoperíodo, podendo ser cultivada em faixas de temperatura entre 10 e 34°C. Sua necessidade hídrica varia de 200 a 900 mm, bem distribuídos durante o ciclo de 70 dias, com a fase crítica ocorrendo entre os 10 e 15 dias antes do início do florescimento até 10 a 15 dias após o final da floração. A colheita é realizada 90 a 100 dias após o plantio (LIRA et al., 2011).

O ciclo do girassol é dividido em fases de desenvolvimento que é subdividida em dois subperíodos que foram definidos por Schineiter & Miller (1981) como indicado no Quadro 1.

Quadro 1: Fases de desenvolvimento do girassol

Emergência	Folhas acima de 4 cm	Inflorescência	Antese	Enchimento de aquênios	Maturação
VE	V1 V2 Vn...	R1 R2 R3...	R5 R6	R7 R8	R9
Fases vegetativas		Fases reprodutivas			

Fonte: Adaptado de Ungaro et al., (1982)

A primeira fase, VE, ocorre quando o arco hipocólito e os cotilédones emergem do solo, e as primeiras quatro folhas forem menores que 4,0 cm. Vn é o período de aparecimento das folhas verdadeiras, com tamanho mínimo de 4,0 cm e é definido pelo número de folhas (SCHINEITER & MILLER, 1981).

Em sequência, o período reprodutivo se inicia com o aparecimento da inflorescência e termina com a maturação da planta. É dividido em nove subfases de acordo com as características da inflorescência, botão floral, abertura das flores e enchimento dos aquênios, até a fase R9 a qual se configura a maturação dos aquênios (SCHINEITER & MILLER, 1981).

Além das características do seu curto ciclo de desenvolvimento, outro fator que favorece o cultivo do girassol é a possibilidade de aproveitar praticamente todas as suas partes, sendo importante para a produção de óleo, alimentação de animais e humanos além de diversas outras possibilidades de utilização da planta (NOBRE et al. 2008).

Em razão dessa característica, o girassol apresenta bastante fluidez no mercado, está sempre em evidência no Brasil, atraindo cada vez mais os produtores e pesquisadores interessados em desenvolver a cultura e potencializar sua produção (SANTOS JÚNIOR et al., 2011).

Atualmente, o girassol ocupa a quarta posição entre as oleaginosas mais produzidas no mundo, em razão do seu alto rendimento na extração do óleo e que responde a uma produção de mais de 140 milhões de toneladas por ano (CONAB, 2015). Sua expansão ocorre no Brasil em função da fácil adaptação ao ecossistema e a resistência à seca, podendo ser cultivado em diversas épocas do ano sob regime de irrigação (SANZONOWICZ e AMABILE, 2001).

Diante dessas vantagens, o cultivo do girassol é interessante para ser estudado, de forma que os resultados encontrados servem de apoio para o crescimento da atividade em geral, gerando ganhos sociais, ambientais e econômicos para o país.

Dentre as diversas espécies de girassol, algumas são cultivadas com o objetivo de produtividade no óleo, na alimentação animal e humana, como também ornamental, das quais podem ser citadas as cultivares Sol Noturno, Sol Vermelho e Anão de Jardim, muito utilizadas para uso em jardim, corte ou vaso. Como uma de suas características, apresenta plantas multi-capituladas, favorecendo o potencial produtivo ornamental (ANDRADE et al., 2012).

Quanto aos estudos sobre o aporte de nutrientes do girassol, Biscaro et al. (2008) utilizaram-no para testar as doses de adubação nitrogenada recomendadas para as condições de irrigação em Cassilândia (MS). Utilizando a ureia como fertilizante em cobertura do solo, os autores encontraram um aumento nas características do girassol em todas as dosagens, e que a eficiência técnica para a máxima produtividade é a adição de 55 kg N.ha⁻¹.

Da mesma forma, Jardini et al. (2014) estudaram a absorção de nutrientes em diferentes genótipos de girassol aplicando diferentes doses de nitrogênio, fósforo, potássio entre outros para avaliar parâmetros de crescimento da cultura. A dosagem de nitrogênio e fósforo ideais para manutenção da produtividade da cultura foram de 87 kg N.ha⁻¹ e 79,8 kg P.ha⁻¹.

Para outros nutrientes, Zobiole et al. (2010) estudaram o acúmulo de macronutrientes no cultivo do girassol, obtendo a quantidade absorvida de elementos como nitrogênio, fósforo e potássio e a relação entre eles. Ficou evidenciado que a cultura tem demanda elevada de nitrogênio, potássio e cálcio, sendo o potássio o absorvido em maior quantidade, para garantir a produtividade elevada da cultura.

Outro fator interveniente no cultivo do girassol e que merece atenção é a irrigação. Castro et al., (2006) analisando o cultivo com estresse hídrico encontraram que a falta de água provoca menor absorção de boro e redução em sua massa seca total, provocando uma redução na produção de aquênios e conseqüentemente reduzindo a produtividade do óleo.

A utilização de águas residuárias para irrigação têm trazido benefícios para o cultivo do girassol, como mostrado por Bezerra et al. (2014). Os autores analisaram a irrigação com água residuária, observando a fertilização do solo com nitrogênio, notaram que a mesma pode substituir até 50 kg N.ha⁻¹ sem afetar a produtividade. Para

produção comercial, recomendaram adicionalmente à utilização do efluente como fonte de nitrogênio, aplicar 25 kg N.ha⁻¹ de adubo.

Castro et al. (1996) indica o solo ideal para o plantio do girassol com pH entre 5,2 e 6,4, em uma área plana com solo profundo, estruturado, fértil e bem drenado. Essas características possibilitam melhor desenvolvimento do sistema radicular proporcionando maior sustentação e resistência à secas e tombamento, além de também absorver mais nutrientes e água, aumentando sua produtividade.

4 METODOLOGIA

4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA E DO EXPERIMENTO

O estudo foi realizado em área experimental situada na sede da Equipe de Educação Ambiental (EEA) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) (12° 16' 00 S e 38° 58' 00 W, 234 m) em campo aberto. A proximidade do local com a estação meteorológica da UEFS 83221 (INMET/DTEC) garante banco de dados confiável relativos ao clima. A cultura utilizada foi do girassol (*Helianthus annuus L.*), fenótipo Anão de Jardim sendo cultivado em solo coletado na área da UEFS, Figura 1.

Figura 1 - Girassol cultivar Anão de Jardim



Fonte: Autor, 2017.

O solo foi retirado na área da UEFS a uma profundidade de 1,50 m Figura 2 e necessitou de tratamento físico para ser utilizado: destorroamento e peneiramento em malha de 5 mm Figura 3. A quantidade de solo utilizada em cada balde para o cultivo foi de 18 kg.

Figura 2 - Solo utilizado para plantio do girassol



Fonte: Autor, 2017.

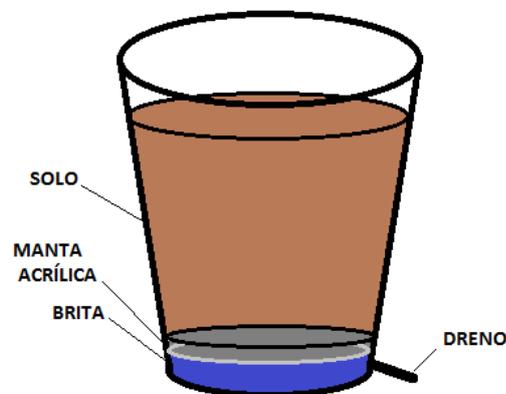
Figura 3 - Peneiramento do solo para tratamento físico



Fonte: Autor, 2017.

Os baldes foram dotados também de drenos para coleta do lixiviado e cerca de 2 kg de brita nº 0 na base e uma camada de fibra acrílica acima da brita (camada suporte) para contenção do solo como indicado na Figura 4. Também foi adicionado ao solo 1,5% em massa do solo de composto orgânico produzido na EEA, em um total de 0,30 kg funcionando como adubo orgânico.

Figura 4 - Croqui da montagem dos baldes



Fonte: Autor, 2017.

A irrigação da cultura foi realizada manualmente através de recipientes graduados e a lâmina d'água aplicada foi calculada a partir da evapotranspiração da cultura, como indicado por Allen et al. (1998).

A partir dos dados de evapotranspiração da cultura do girassol, das condições climáticas e das características do solo, foi montada uma planilha para estimar a lâmina

líquida aplicada nas unidades experimentais. Assim, a irrigação foi realizada diariamente, de acordo com a planilha.

A planilha utilizou a entrada de dados correspondente aos dados fornecidos pelo site do INMET. Confeccionada por Bezerra (2002), a planilha continha nos cálculos os seguintes parâmetros: horário, temperatura máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa máxima e mínima (%), pressão atmosférica instantânea (hPa), velocidade do vento (m.s^{-1}), radiação global (kJ.m^{-2}). As demais variáveis para cálculo da evapotranspiração de referência pela fórmula de Penman-Monteith foram obtidas através de cálculos anteriores e baseados na literatura de Allen et al., (1998). A partir desses dados, somado à latitude, altitude e dia Juliano foi possível calcular a evapotranspiração de referência em mm.dia^{-1} . Esse dado foi utilizado na planilha de cálculo da lâmina líquida necessária para a planta. Utilizando três diferentes Kc's predefinidos para cada fase fenológica do girassol (0,6; 0,95; 1,09) Allen et al., (1998), a área superficial de cada balde e a precipitação diária - dado obtido também no site do INMET – encontrou-se a lâmina líquida em mL que foi aplicada em cada balde como indicado em Azevedo et al., (2016). Em dias chuvosos, onde a precipitação superou a evapotranspiração real não foi realizada a irrigação.

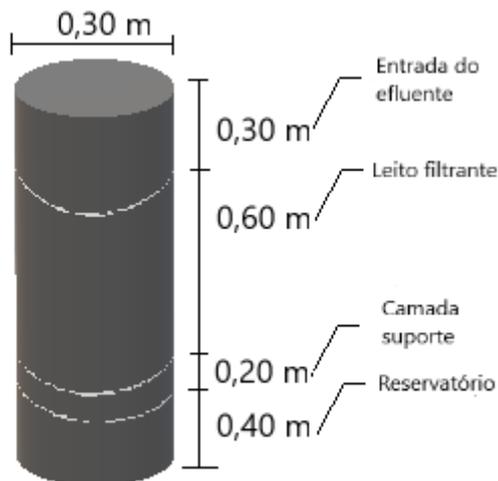
4.2 DESCRIÇÃO DOS FILTROS

A EEA é dotada de uma fossa séptica e vala de infiltração como solução de tratamento para seus efluentes, dessa maneira, foi encontrado o melhor ponto para captação do esgoto que será utilizado para a irrigação. Uma bomba de sucção foi instalada diretamente na fossa, para garantir vazão suficiente para irrigação durante o ciclo do girassol. O fluxo foi direcionado para próximo do local do experimento, onde foram coletados e inseridos nos filtros orgânicos e de areia para tratamento.

O filtro de areia também foi confeccionado em chapa de aço galvanizado com diâmetro 300 mm, com a primeira camada suporte composta por brita #2, acima dessa camada, uma camada composta de brita #1 Figura 5. O leito filtrante foi composto de areia popularmente considerada média Figura 6 (a e b) com altura da camada de

filtração de 0,60 m. A carga de filtração utilizada foi de $0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$, como indicado por Tonetti et al. (2012).

Figura 5 - Dimensionamento dos filtros



Fonte: Autor, 2017.

Figura 6 - Areia utilizada no leito filtrante do filtro



Fonte: Autor, 2017.

O filtro orgânico foi confeccionado com as mesmas dimensões do filtro de areia, somente alterando seu elemento filtrante. Esse leito foi composto por bagaço de cana-de-açúcar triturado e passado em peneira de 5 mm. Utilizou-se a parte granular peneirada sem compactação. Acima dessa camada, foi colocado o material retido na peneira, com o objetivo de auxiliar na dispersão do efluente, proteção da camada filtrante e reduzir a flutuação do material granular (Lo Monaco et al., 1999).

Os filtros funcionaram de forma descendente e o efluente foi aplicado uniformemente na superfície da camada filtrante. A manutenção dos filtros foi realizada com a remoção de 10 cm da camada superior da areia e da parte granular do filtro

orgânico, substituindo por camada nova, com objetivo de reduzir a perda de carga, manutenção das taxas e eficiência de filtração. Esse processo foi realizado semanalmente.

4.3 DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

Foram analisadas amostras de cada fonte utilizada para irrigação. Os tratamentos empregados estão indicados na Figura 7.

AP – Água de poço: água fornecida para suprir as demandas do prédio da EEA proveniente de um poço artesiano. Foi utilizada de acordo com as necessidades do tratamento.

EB – Esgoto Bruto: o esgoto retirado da fossa e utilizado na irrigação do tratamento correspondente. Esse esgoto, apesar de ser denominado esgoto bruto recebeu o tratamento pelo sistema de fossa.

FA – Esgoto tratado pelo sistema de fossa + filtro de areia: nesse tratamento, o esgoto passou pelo processo de filtração rápida.

FO – Esgoto tratado pelo sistema de fossa + filtro orgânico: o esgoto foi retirado da fossa e passou pelo processo de filtração por leito filtrante de material orgânico.

Figura 7 - Filtros orgânico e de areia utilizados no tratamento dos efluentes



Fonte: Autor, 2017.

4.4 DESCRIÇÃO DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento experimental foi casualizado em esquema fatorial 4x4, com 5 repetições, totalizando 80 unidades espaçadas a 90 cm nas entrelinhas e entre plantas, como indicado por Castro et al. (1996). No experimento, quatro fontes irrigação (AP, EB, FA e FO), e quatro lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração real da cultura) foram aplicados, Figura 8.

Figura 8 - Campo experimental montado na EEA



Fonte: Autor, 2017.

4.5 DESCRIÇÃO DAS ANÁLISES LABORATORIAIS

As análises laboratoriais foram realizadas nos Laboratórios de Saneamento e Solos da UEFS e também no Laboratório de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), sendo realizadas em períodos diversos durante o experimento. As análises físico-químicas do solo foram feitas em duas etapas: antes da instalação do experimento e após o término do experimento; as físico-químicas da água foram realizadas em duas oportunidades durante o ciclo do girassol. As características biométricas foram analisadas em quatro momentos: aos 30, 45, 55 e 70 dias após a semeadura (DAS); e por fim, as análises de fitomassas foram realizadas ao final do experimento.

4.5.1 Solos

O solo utilizado foi analisado quanto às suas características físico-químicas nos laboratórios de Solos e Saneamento da UEFS e de Irrigação e Drenagem da UFRB para conhecimento de suas propriedades. As análises físicas realizadas foram: Densidade (NBR 7185/93), análise granulométrica e sedimentação (NBR 7181), Figura 9, porosidade total, permeabilidade (NBR 14545/00), Figura 10, curva de retenção pelo método da câmara de pressão submetido às pressões de 0,001; 0,033; 0,06; 0,1; 0,3; 0,5 e 1,5 MPa (RICHARDS, 1965), Figura 11.

Figura 9 - Ensaio de sedimentação do solo



Fonte: Autor, 2017.

Figura 10 - Ensaio de permeabilidade



Fonte: Autor, 2017.

O ensaio de granulometria do solo natural resultou nas seguintes porcentagens: Areia média (20%), areia fina (31%), silte (9%) e argila (40%), caracterizando o solo como argilo-arenoso. A permeabilidade do solo definiu o coeficiente de permeabilidade em $1,65 \times 10^{-6} \text{ cm.s}^{-1}$.

Figura 11 - Coleta de amostras de solo indeformadas para ensaio da curva de retenção de água no solo



Fonte: Autor, 2017.

Já as análises químicas estudadas foram: pH em água, fósforo, potássio e sódio pelo método do extrator Mehlich-1 (SILVA, 2009); cálcio, magnésio, alumínio pelo método KCl-1M (SILVA, 2009) e matéria orgânica pelo método colorimétrico (SILVA, 2009). Com esses resultados ainda foi possível calcular a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e a taxa de saturação (V), que funciona como indicador de fertilidade do solo.

4.5.2 Água e efluentes

A água e o esgoto utilizados para irrigação foram analisados por metodologias laboratoriais para a definição do pH, alcalinidade, DBO, DQO, sólidos totais, sólidos dissolvidos e sólidos suspensos, condutividade elétrica, fósforo total, sódio, potássio, cloretos, magnésio, ferro, coliformes termotolerantes e totais pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

4.5.3 Planta

O girassol foi analisado quanto às suas características biométricas, nos parâmetros: altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, diâmetro interno e externo - Figura 12 e, quanto à sua fitomassa fresca (FFPA) - Figura 13 e seca da parte aérea (FSPA), capítulo (FFC e FSC) - Figura 14 e raiz (FFR e FSR) - Figura 15 como indicado por Jardini et al., (2014) e Azevedo et al., (2016).

Figura 12 - Medição do diâmetro do capítulo do girassol



Fonte: Autor, 2017.

Figura 13 - Pesagem da fitomassa fresca da parte aérea



Fonte: Autor, 2017.

Figura 14 - Pesagem da fitomassa fresca do capítulo



Fonte: Autor, 2017

Figura 15 - Pesagem da fitomassa fresca da raiz



Fonte: Autor, 2017

A altura da planta foi medida com auxílio de régua e trena, da base do solo até o ponto mais alto do caule. Diâmetro do caule medido a 5,0 cm de distância do solo com paquímetro digital. Para contabilizar o número de folhas, foram consideradas aquelas que tinham tamanho maior que 3,0 cm e os diâmetros internos e externos foram medidos com auxílio do paquímetro digital.

A fitomassa da parte aérea foi definida como as partes acima da raiz, folhas, caule até o início do botão floral. A raiz foi removida do solo visando diminuir perdas ao máximo, lavada com água para retirada do solo excedente. Todos os materiais foram devidamente pesados frescos, acomodados em sacos de papel identificados e colocados em estufa a 60 °C durante três dias para retirada da umidade. Após esse processo, foram pesados novamente para a definição das fitomassas secas.

4.5.4 Descrição da análise estatística adotada na avaliação dos dados

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O programa utilizado para a realização das análises estatísticas foi o R.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 QUALIDADE DA ÁGUA

Os efluentes e a água de abastecimento foram submetidos a análises laboratoriais para caracterização físico-química. Os valores encontrados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Análises físico-químicas dos tratamentos AP, FA, FO e EB utilizados para irrigação

Parâmetros	Fontes de irrigação			
	AP	FA	FO	EB
pH	7,23 ± 0,23	7,26 ± 0,44	7,35 ± 0,49	8,01 ± 0,32
Condutividade Elétrica (dS.m ⁻¹)	1,39 ± 0,061	2,68 ± 0,018	2,5 ± 0,15	2,67 ± 0,09
Alcalinidade (mg CaCO ₃ .L ⁻¹)	35,33 ± 10,25	267 ± 120,27	506,67 ± 10,93	626,67 ± 25,13
Fósforo total (mgP.L ⁻¹)	0,01 ± 0,011	10,25 ± 5,59	13,42 ± 0,86	20 ± 5,32
Cloretos (mg Cl.L ⁻¹)	390,67 ± 14,68	448 ± 22,62	437,33 ± 20,02	440,67 ± 24,19
Sólidos totais (mg.L ⁻¹)	1306,67 ± 180,1	2116,67 ± 453,86	1593,3 ± 27,32	2250 ± 553,2
Sólidos suspensos (mg.L ⁻¹)	0,0 ± 0	55 ± 0	213,33 ± 36,02	1085 ± 407,57
Sólidos dissolvidos (mg.L ⁻¹)	1653,33 ± 717,84	2306,67 ± 27,32	1580 ± 89,44	1340 ± 12,64
DBO (mg O ₂ .L ⁻¹)	1,0 ± 0	60 ± 22,8	151,67 ± 29,77	297 ± 140,56
Sódio (mg.L ⁻¹)	77,36 ± 2,2	92,12 ± 3,51	83,34 ± 27,58	109,21 ± 0,16
Magnésio (mg.L ⁻¹)	12,28 ± 3,27	27,23 ± 6,95	18,75 ± 0,59	19,34 ± 1,33
Potássio (mg.L ⁻¹)	21,05 ± 1,38	49,23 ± 2,32	47,01 ± 1,09	37,95 ± 6,19
Ferro (mg.L ⁻¹)	0,075 ± 0,074	0,13 ± 0,19	0,36 ± 0,055	0,51 ± 0,39
Coliformes totais (NMP.100 mL ⁻¹)	23	3,5x10 ⁵	1,6x10 ⁶	3,5x10 ⁶
<i>E. coli</i> (NMP.100mL ⁻¹)	Ausente	7,9x10 ⁴	3,3x10 ⁴	1,3x10 ⁶

DBO = demanda bioquímica de oxigênio

Fonte: Autor, 2017.

Nas amostras, o pH se manteve constante, na faixa neutra, com uma pequena elevação para o esgoto bruto. Tal característica também foi evidenciada por Melo (2014) em estudos com efluentes sem tratamento. A pequena redução no pH notado nos filtros pode estar relacionada com a solubilização de substâncias ácidas no material filtrante, como indicado por Lo Monaco et al., (2011a).

A condutividade elétrica encontrada foi bastante elevada para os efluentes, com uma faixa entre 2,5 e 2,68 dS.m⁻¹. Nobre et al., (2010) utilizaram águas residuárias para irrigação de girassóis com concentração de CE bastante reduzida, na faixa de 1,13 dS.m⁻¹, o que comprova o valor elevado nos efluentes em estudo. Entretanto, a AP também apresentou valor elevado por não se tratar de água residuária, apresentando valor próximo ao encontrado pelo autor para esse tipo de água.

Já Santos Júnior et al., (2016) analisaram girassóis ornamentais cultivados em hidroponia sob diferentes níveis de salinidade. Em seu estudo, chegaram à conclusão de que os girassóis mantiveram a qualidade quando submetidos a soluções salinas entre 1,7 e 4,3 dS.m⁻¹, o que indica uma faixa abrangente para esse tipo de cultivo. Entretanto, os autores compararam três cultivares de girassóis ornamentais e comprovaram que o Anão de Jardim apresenta maior sensibilidade a variações elevadas de condutividade elétrica.

As análises de sólidos realizadas em três etapas – sólidos totais (ST), dissolvidos (SD) e suspensos (SS) mostraram a eficiência da filtração e quais tipos de partículas elas são responsáveis por reter. O EB apresentou concentração muito elevada tanto de SS, como de SD, culminando em ST elevado. O FO apresentou grande quantidade de ST, um pouco abaixo da concentração do EB, representando uma redução considerável de SS. Tal ocorrência representa a eficiência na filtração orgânica desse parâmetro, alcançando 80% da remoção em comparação com o esgoto antes do tratamento. Isso ficou evidenciado nos estudos feitos por Magalhães et al., (2006) utilizando bagaço de cana-de-açúcar como material filtrante, onde encontraram uma eficiência de remoção de SS entre 81 e 96%, bastante próxima a do estudo. Já o FA apresentou a melhor eficiência de filtração para SS, com 95% de remoção. Por outro lado, ambos os filtros não foram eficazes na remoção de SD, acarretando um valor elevado de ST para os tratamentos.

A baixa eficiência na remoção de ST se deve ao fato da separação física proporcionada pela filtração não ser eficiente para a remoção de SD. Isso resulta em valores altos de ST, como afirmado por Magalhães et al., (2006). Dessa forma, fica evidenciado que os altos valores de ST nos efluentes tratados pelos filtros se devem à presença de sólidos dissolvidos.

Nogueira et al., (2012) indicaram que valores acima de 120 mg.L⁻¹ de sólidos suspensos totais em águas para irrigação, já são considerados altamente restritivos para

o uso na agricultura. Já Capra e Scicolone (1998) indicaram como baixo risco águas com concentrações abaixo de 200 mg.L^{-1} de sólidos suspensos; de médio risco entre 200 e 400 mg.L^{-1} e de risco severo com concentração acima de 400 mg.L^{-1} para o uso em gotejadores.

Os parâmetros microbiológicos indicaram grande contaminação por coliformes em EB. O FO apresentou eficiência na remoção de coliformes termotolerantes, mas foi ineficiente para remoção de coliformes totais. Já o FA conseguiu uma remoção mais eficiente para os dois parâmetros, ainda que a quantidade de coliformes tenha sido alta. A AP obteve um valor muito baixo para coliformes totais, e ausente para os termotolerantes. TONETTI et al., (2012) realizando testes em filtros anaeróbios e de areia, encontraram resultados semelhantes, com esgoto bruto variando na faixa de $8,0 \times 10^7 \text{ NMP.100ml}^{-1}$ para coliformes totais e para *E. coli* na faixa de $4,7 \times 10^6 \text{ NMP.100ml}^{-1}$. Em seus tratamentos, os filtros de areia apresentaram remoção de 2 casas decimais nesse parâmetro, resultando em um efluente com $10^5 \text{ NMP.100ml}^{-1}$ de coliformes totais e $10^4 \text{ NMP.100ml}^{-1}$ para *E. coli*.

O parâmetro alcalinidade mostra uma redução considerável para os esgotos utilizados. Esse fator está relacionado diretamente com o pH dos efluentes. A alcalinidade foi reduzida de acordo com o tratamento empregado, em maior quantidade no FA.

Observou-se uma redução na concentração de fósforo total em FA, acima de 50% e de FO de 32,9% em comparação com o EB. Proporcionado pela filtração. A remoção desse elemento está ligada diretamente com a presença de sólidos totais. Entretanto, apesar da redução, todos os efluentes apresentaram valores elevados de fósforo total. Lo Monaco et al., (2011), utilizando filtro orgânico com material filtrante pergaminho de grãos de café também não conseguiram realizar a remoção do fósforo total presente nas águas residuárias, inclusive encontraram valores muito elevados, o que leva a afirmar que a utilização desse material favorece o aumento da concentração de fósforo no efluente.

Em estudo com filtros de areia para tratamento de efluentes, Prochaska e Zouboulis (2003) conseguiram alta eficiência de remoção do fósforo, acima de 80%. Os autores explicam que para garantir a alta remoção nesse parâmetro, devem-se levar em consideração dois fatores: o primeiro é a sorção da areia, relacionada com a presença de

cálcio no leito filtrante, reagindo com o fósforo e precipitando na forma de fosfato de cálcio, sendo possível sua remoção e o segundo é a incorporação do nutriente no biofilme, onde é acumulado na biomassa, hidrolisados e por fim, removido.

Todas as águas utilizadas para irrigação do girassol obtiveram valores elevados de cloretos, inclusive a AP, isso indica que todos os tratamentos utilizados têm capacidade alta de salinização do solo.

No parâmetro sólidos totais, o FO obteve uma maior remoção em comparação com o FA. Como evidenciado por Magalhães et al., (2006) quando ocorre o valor elevado de sólidos totais na AP observa-se a presença de sais responsáveis pelo valor elevado que também pode influenciar em outros parâmetros, tais como condutividade elétrica, alcalinidade, cloretos e fósforo total.

A DBO obteve uma diferença elevada entre os tratamentos. O FA teve sua DBO bastante reduzida em comparação com o EB, próximo a 80%. Isso pode ser explicado pela remoção da matéria orgânica presente no EB, proporcionada pelo processo de filtração, garantindo uma DBO diminuída. Nesse item, o FO também foi eficiente na redução de DBO, reduzindo a demanda em aproximadamente 50%. O valor de EB está acima da faixa indicada por CHERNICHARO (1997) que encontrou a de DBO entre 70 e 150 mg.L⁻¹, concentração habitualmente encontrada em esgotos provenientes de fossa sépticas.

Para sistemas de irrigação, Capra e Scicolone (2004) indicaram que o risco de entupimento de emissores pode ser definido pela concentração de DBO do efluente, sendo considerado baixo quando a DBO é < 15 mg.L⁻¹ O₂; de médio risco entre 15 e 40 mg.L⁻¹ O₂ e de alto risco acima de 40 mg.L⁻¹ O₂. Portanto, todos os efluentes utilizados para irrigação podem ser considerados como alto risco de entupimento de emissores.

Em estudo com filtros de areia, Hamoda et al., (2004) constataram que a principal ferramenta para a remoção de DBO nos filtros é a remoção de sólidos suspensos voláteis. Visto que, em seu estudo, os filtros mantinham sua camada biológica limitada pelo processo de pré-cloração, além da retrolavagem que também provocou desprendimento da biomassa no leito filtrante, reduzindo assim o efeito da atividade biológica na remoção desses parâmetros.

O magnésio se comportou da mesma maneira para duas fontes de irrigação. FO e EB apresentaram valores na faixa de 18 a 20 mg.L⁻¹. AP apresentou a menor das

concentrações, na faixa de $12,28 \pm 3,27 \text{ mg.L}^{-1}$. Somente FA que apresentou um aumento de 70% no valor do EB. Sendo que a areia utilizada como material filtrante pode ter sido a responsável pela inserção do elemento no efluente.

O potássio teve os valores elevados em todos os efluentes, mas a AP apresentou seu valor reduzido de $21,05 \pm 1,38 \text{ mg.L}^{-1}$. O mesmo ocorreu com o elemento sódio inclusive para AP. A concentração mais elevada encontrada foi em EB com $109,21 \pm 0,16 \text{ mg.L}^{-1}$, enquanto os demais tratamentos obtiveram a mesma faixa entre $77,36 \pm 2,12$ a $92,12 \pm 3,51 \text{ mg.L}^{-1}$. Tal como Lo Monaco et al., (2009) indicaram, o fato de não haver remoção nesses elementos pode estar relacionado com a dissociação dos mesmos da matéria orgânica, impossibilitando-a pelo processo de filtração.

O sódio tem relação direta com a condutividade elétrica, pois causa o seu aumento, contribuindo para o aumento da salinidade do solo. Em seus experimentos, Travassos et al. (2011), utilizaram soluções com NaCl para produzir água de irrigação com diferentes níveis de CE, com a intenção de obter os níveis de tolerância do girassol ao sódio.

Em estudo com filtros orgânicos, Lo Monaco et al. (2011a) indicaram que filtros compostos por triturado de bagaço de cana-de-açúcar não são eficientes na remoção de sódio em efluentes, atingindo uma média de remoção de apenas 10%. Isso está relacionado com a baixa eficiência na remoção de sólidos totais.

O ferro foi encontrado em pequena concentração em todas as fontes de irrigação, o que pode indicar que não houve contaminação das águas por esse elemento.

Quanto à influência desses elementos na capacidade de entupimento de emissores na agricultura, principalmente na irrigação por gotejamento, Capra e Scicolone (1998) indicaram os níveis de risco de utilização de águas com altas concentrações de ferro e magnésio. Dessa maneira, o magnésio apresentou baixo risco de entupimento de emissores em todas as amostras; o ferro apresentou risco médio na amostra de EB e baixo nas demais. As demais amostras apresentaram concentrações que representam risco baixo para utilização em irrigação por gotejamento, por exemplo.

Apesar da baixa eficiência na remoção de alguns elementos como alcalinidade coliformes, alcalinidade, a filtração com areia se mostrou interessante para o uso no tratamento de efluentes para a agricultura. Sua eficiência na remoção de DBO, DQO, SS, mostrou que a unidade de tratamento por filtração pode ser empregada juntamente

com outras tecnologias para garantir a qualidade ideal para irrigação. Um sistema que apresentou garantia de qualidade no efluente foi testado por Dominato (2011), confeccionando uma estação de tratamento dotada de filtro anaeróbio com recheio de bambu combinado com um filtro de areia. Esse sistema se mostrou adequado para tratamento de efluentes de pequenas comunidades.

5.2 SOLO

5.2.1 Análises físicas do solo

A caracterização física do solo natural e com diferentes fontes de irrigação apresentou seus resultados na Tabela 2. A densidade de partículas, também conhecida como densidade real, foi pouco influenciada pelas diferentes fontes de irrigação. Entretanto, em comparação com o solo natural, todos os que receberam aplicação de efluentes juntamente com composto orgânico obtiveram redução na densidade aparente e densidade real. Nota-se, para o FA, uma densidade real mais elevada que nos demais tratamentos, entretanto, esse valor não é considerado aumento significativo. Trannin et al., (2008) verificou que a densidade do solo tem relação com a aplicação de efluentes, proporcionando uma redução nos parâmetros. O aumento da matéria orgânica no solo pode ser um fator responsável por essa alteração, visto que há uma melhoria na agregação das partículas, também favorecendo o aumento da porosidade (BRADY, 1989).

Tabela 2- Resultados da densidade aparente (Da), densidade real (Dr) e porosidade total para diferentes fontes de irrigação

Fontes de irrigação	Dr (g.cm ⁻³)	Da (g.cm ⁻³)	Porosidade total (%)
Solo natural	2,88	1,66	42
EB	2,40	1,23	49
FA	2,60	1,29	50
FO	2,45	1,29	47
AP	2,43	1,26	48

Fonte: Autor, 2018.

Esse fato foi constatado observando a tabela, assim é possível informar que a adição de CO e diferentes fontes de irrigação foram fatores que provocaram o aumento na porosidade total do solo. Vale ressaltar que a aplicação do CO foi o fator preponderante para as alterações de características físicas. Uma vez que a comparação entre os solos que receberam efluentes apresentaram características próximas ao irrigado com AP. Portanto, as diferentes características dos efluentes utilizados não promoveram alterações nos parâmetros em análise.

5.2.2 Análise química do solo

A análise química do solo apresentou os resultados descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Fertilidade e macronutrientes presentes nos solos antes e após a aplicação dos e composto orgânico adicionado ao solo:

Amostra	pH Água	P Mg.dm ⁻³	K	Ca	Mg	Ca+Mg Cmol _c .dm ⁻³	Al	Na	H+Al	SB	CTC	V %	MO g.kg ⁻¹
Antes da irrigação													
Solo natural	5,1	1	0,06	0,64	1,19	1,83	0,4	0,16	2,97	2,05	5,02	41	6,0
C.O.	8,6	884	37,82	2,94	3,39	6,33	0,0	6,26	0,0	50,41	50,41	100	84,0
Após irrigação													
AP	6,6	70	1,86	1,95	1,39	3,34	0,0	1,15	1,98	6,35	8,33	76	13,0
FA	6,0	96	2,4	2,39	1,84	4,23	0,0	1,78	1,76	8,41	10,17	83	12,0
FO	5,1	19	1,23	1,15	1,42	2,57	0,2	0,89	2,20	4,69	6,89	68	7,0
EB	6,0	65	1,82	1,90	1,54	3,44	0,0	1,11	1,98	6,37	8,35	76	10,0

SN – solo natural, CO – composto orgânico, AP – água de poço, FA – filtro de areia, FO – filtro orgânico, EB – esgoto bruto, SB – soma de bases, CTC – capacidade de troca de cátions, V – saturação por bases, MO – matéria orgânica.

Fonte: Autor, 2017.

As amostras apresentaram pH mais elevado que o do solo natural e levemente ácido. Vale ressaltar que o FO apresentou esse parâmetro mais baixo que os outros

irrigados com efluentes, enquanto o AP apresentou-se mais próximo da neutralidade. A presença do composto com pH elevado proporcionou a elevação nos demais solos.

Os níveis de fósforo foram considerados elevados em todas as amostras, exceto no solo natural, indicando que as adições do composto orgânico juntamente com a fertirrigação provocaram uma incorporação maior desse elemento no solo. Vale destacar a grande concentração do elemento no composto orgânico, podendo ser considerado um fertilizante orgânico rico em fósforo.

Ribeirinho et al. (2012), estudando os aspectos nutricionais do girassol cultivado com lodo de esgoto em substituição da adubação mineral, constataram que a adição de material orgânico no solo promove o aumento na disponibilidade do fósforo, ocasionado pela liberação do elemento durante o processo de mineralização.

A disponibilidade do fósforo é fator interveniente no cultivo agrícola, segundo Almeida Júnior et al. (2009). Em estudo com mamoneira, notaram que diferentes doses desse nutriente favorecem o crescimento e desenvolvimento inicial da cultura, proporcionando maior produtividade.

Houve aumento nas concentrações de potássio (K) em todos os tratamentos, proporcionado pela irrigação e adição do fertilizante orgânico. Destaca-se ainda, que todas as amostras apresentaram concentração de K elevada no aspecto agrônômico, tornando os solos ricos desse mineral.

É interessante analisar o K devido às diferentes fontes responsáveis pela inserção desse nutriente no solo. Nota-se que a irrigação com AP não fornece o nutriente em concentrações elevadas, diferentemente das outras fontes de irrigação. Entretanto, essas concentrações nos solos irrigados com AP e EB são praticamente iguais, indicando que o maior responsável pela oferta de K no solo foi a adição do CO. Portanto, esse tipo de irrigação não promoveu um aumento proporcional à concentração desse elemento presente no efluente.

Em estudo com girassol cv. Catissol I, Prado e Leal (2006) perceberam que o potássio foi o elemento que mais influenciou as variáveis de crescimento vegetativo do girassol após o nitrogênio e o fósforo, provocando alterações na sua altura, diâmetro do caule e área foliar, além de influenciar a produção de matéria seca das plantas. Fato esse que torna o potássio um importante nutriente para o cultivo do girassol. Os autores

ainda indicaram os sintomas da deficiência do elemento nas plantas, causando clorose nas bordas e pontas das folhas baixas.

Uchoa et al. (2011), em estudo com girassóis para produção de óleo, encontraram grande influência do K nas características ligadas à produção dos cultivares. O aumento nas doses desse elemento no solo proporciona a melhoria na produtividade de aquênios e na qualidade dos mesmos, conseqüentemente elevando a produção de óleo na semente e o rendimento do óleo.

A adição de cálcio (Ca) ao solo foi proporcionada pela adição do CO e também da irrigação. Seu aumento ocorreu da mesma maneira que o K, com os solos irrigados com FA apresentando maior concentração do elemento, seguido dos solos irrigados por EB e AP, e, por último, FO. Esse comportamento indica que as concentrações do elemento encontradas nas fontes de irrigação não provocaram adição proporcional do elemento no solo. O déficit de cálcio em girassóis reduz a área foliar, o número de folhas, a altura da planta e o diâmetro de caule, além de provocar encarquilhamento do limbo foliar, encurtamento dos internódios, que reduzem seu crescimento (Prado e Leal, 2006).

A concentração de magnésio (Mg) aumentou em todos os solos analisados após a irrigação. Dentre eles o solo irrigado com FA apresentou maior concentração de Mg, e com AP apresentou a menor, seguindo a característica das águas de irrigação. Esse fato demonstra que as concentrações tanto na água de irrigação quanto no solo estão correlacionadas nesse parâmetro.

Silva et al. (2012), em análise do crescimento do girassol sob doses de fósforo e relação Ca:Mg no solo, perceberam que a relação entre Ca e Mg promoveu o aumento do diâmetro do caule e no número de folhas do girassol. Por outro lado, não houve influência da relação Ca:Mg na altura de planta em análise. Em seu estudo, a relação que mais favoreceu as plantas analisadas aos 31 DAS, foi 4:1 (Ca:Mg), que promoveu aumento tanto no diâmetro do caule como no número de folhas, em relação aos girassóis que não foram submetidos a aplicação do corretivo 0:0 (Ca:Mg).

O alumínio (Al) não foi encontrado nas amostras AP, FA e EB, enquanto que em FO foi encontrado o valor considerado baixo de $0,2 \text{ Cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, se comparado ao solo natural que apresentou $0,4 \text{ Cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. A irrigação provocou uma remoção do elemento, fazendo com que fosse ausente em três dos quatro tratamentos.

O sódio (Na) apresentou características semelhantes em seus respectivos tratamentos. Uma concentração mais elevada em FA $1,78 \text{ Cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, seguido dos outros três tratamentos com valores próximos entre si. O sódio está relacionado diretamente com a salinidade do solo, e o tipo de água utilizada para irrigação pode contribuir para o aumento desse elemento. Travassos et al. (2011) encontraram que o nível de salinidade da água de irrigação provoca aumento na condutividade elétrica do extrato de saturação.

A CTC e SB representam a soma dos elementos K, Ca, Mg, Na, H e Al, e na análise indicaram o FA com valor mais elevado enquanto que o FO apresentou valor mais reduzido. Esses valores são preponderantes para o cálculo da saturação por bases (V). Ronquim (2010) informa que os solos para serem considerados férteis devem estar com o valor de V acima de 50% e, nesse caso, todos os solos irrigados com os tratamentos podem ser considerados solos eutróficos, diferentemente do solo natural onde foi encontrado o valor de $V = 41\%$. O mesmo autor ainda informa que os cultivos se desenvolvem melhor em solos com V entre 50% e 80%.

A matéria orgânica apresentou valores próximos entre AP, FA e EB, sendo AP com a maior concentração de MO. Isso indica que o composto orgânico – rico em matéria orgânica – foi o maior responsável pela incorporação do elemento no solo, ou seja, as diferentes fontes de irrigação não influenciaram diretamente no aumento da matéria no solo.

Duarte et al. (2008) também encontraram resultados parecidos, apesar dos efluentes apresentarem maior concentração de MO em sua composição, pois, a água tratada obteve essa concentração no solo, o que leva à conclusão que a concentração de nitrogênio nas águas residuárias favoreceu a mineralização da MO, reduzindo seu teor nos solos irrigados com efluentes.

5.2.3 Curva de retenção de água no solo

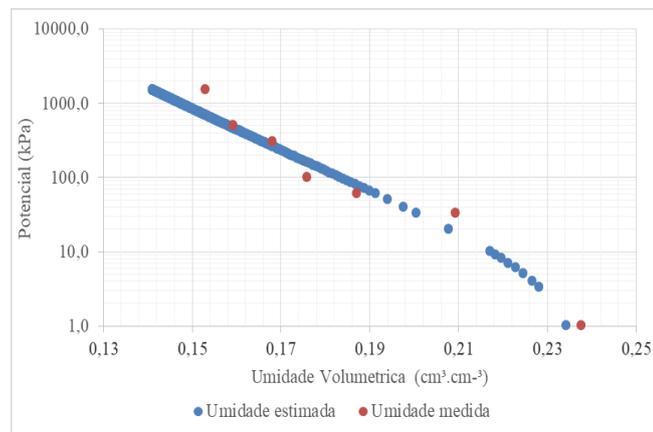
Os valores obtidos pela câmara de Richards foram ajustados pelo programa Solver, que forneceu os seguintes parâmetros: $\theta_r = 0,15290 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$, $\theta_s = 0,23760$

$\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$, $\alpha = 3,53475$, $n = 3,45039$, $m = 0,71017$, gerando um coeficiente de determinação $R^2 = 0,9913$. Esse coeficiente é considerado bastante elevado, indicando que houve correspondência adequada entre os valores estimados. Lucas et al., (2011) utilizando a câmara de Richards para produzir a curva de retenção de água no solo, encontraram coeficiente de determinação $R^2 = 0,9279$, elevada eficiência no ajuste de dados do modelo.

Souza et al., (2014) em estudos com a curva de retenção de água no solo em lavoura de café encontraram um coeficiente de determinação acima de 98% em todas as amostras, dessa forma, o modelo de Van Guentchen é capaz de caracterizar bem a relação entre a quantidade de água presente no solo em um determinado intervalo de potenciais matriciais.

A capacidade de campo e ponto de murcha permanente também foram definidas a partir do ensaio da curva de retenção de água no solo. Nas amostras de solo natural foram encontrados os valores de $CC = 0,209 \text{ kg.kg}^{-1}$ e o $PMP = 0,153 \text{ kg.kg}^{-1}$ como mostrado na Figura 16. De acordo com Klein et al., (2006) a CC pode ser calculada quando os macroporos estão esvaziados, fato que ocorre quando o potencial matricial está a $-0,006 \text{ MPa}$ enquanto o PMP é encontrado quando aplicado um potencial matricial de $-1,5 \text{ MPa}$. O mesmo autor, estudando diferenças entre capacidade de campo e ponto de murcha fisiológico e estimado pelo método da câmara de Richards em Latossolo Vermelho argiloso encontraram a CC de $0,293 \text{ kg.kg}^{-1}$ e o PMP de $0,240 \text{ kg.kg}^{-1}$.

Figura 16-Curva de retenção de água no solo

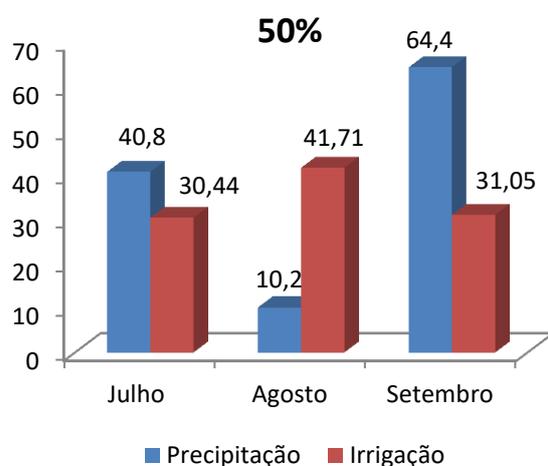


Fonte: Autor, 2018.

5.3 Evapotranspiração de referência e lâmina líquida

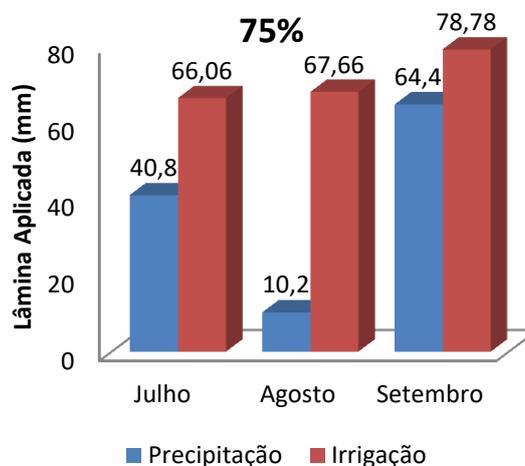
A demanda hídrica da cultura foi calculada pela soma entre as irrigações realizadas e a ocorrência de precipitação na área durante todo o experimento, como indicado na Figura 17 (a, b, c, d). Fica evidenciado que em determinados momentos, principalmente no mês de agosto, o suprimento de água para as culturas foi proveniente da precipitação, sendo muitas vezes desnecessária a irrigação durante esse mês.

Figura 17-Demanda hídrica do girassol sob estresse hídrico durante o ciclo



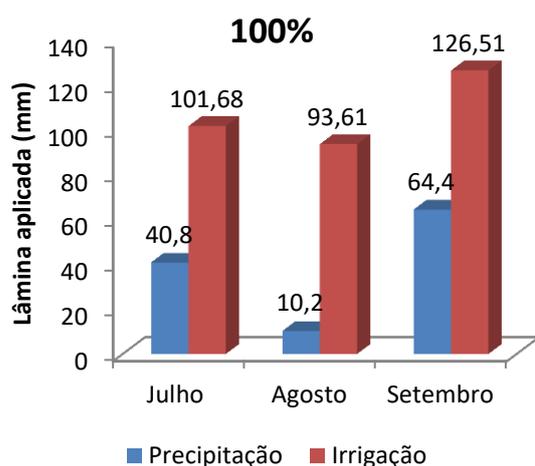
Fonte: Autor, 2018

(a)



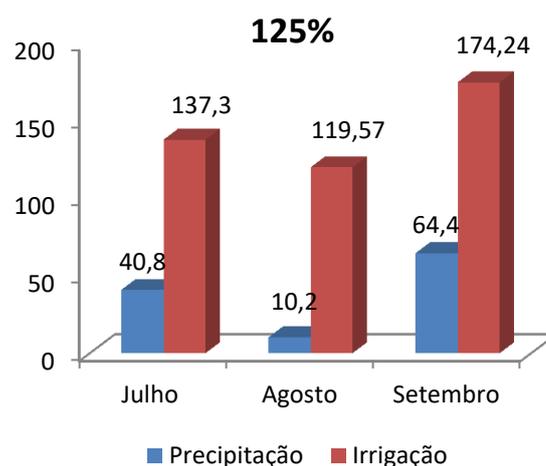
Fonte: Autor, 2018

(b)



Fonte: Autor, 2018

(c)



Fonte: Autor, 2018

(d)

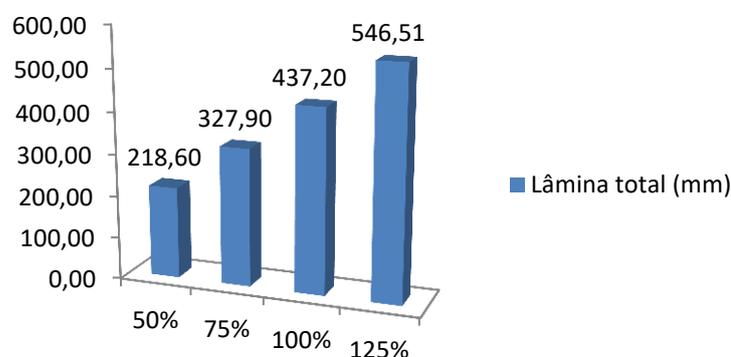
É possível notar também, que apenas no mês de agosto foi possível controlar a demanda hídrica dos girassóis a partir da evapotranspiração da cultura. Por se tratar de

um campo aberto, a precipitação forneceu água às plantas de maneira igualitária nos meses de julho e setembro, influenciando na concentração de nutrientes aplicadas no solo pela irrigação com efluentes e também nas lâminas aplicadas, trazendo consequências para o crescimento das plantas.

Esse fato pode ter contribuído de diversas maneiras para o experimento, um dos principais fatores é a lixiviação dos nutrientes pelo solo, como notado por Aguiar et al., (2006), que pode interferir no processo de crescimento e nutrição da cultura a partir do momento em que há perda de nutrientes do solo.

A demanda total para o ciclo do girassol, mostrada na Figura 18, informa as diferentes lâminas totais aplicadas. Esses valores também estão computados os volumes aplicados pela precipitação durante o ciclo, dessa maneira, é possível observar a verdadeira demanda hídrica fornecida às plantas. Em estudos com girassol, Cavalcante Júnior et al. (2013) encontraram a demanda hídrica do girassol cv. Catisol I durante o ciclo de 90 dias de 442 mm. Esse valor se apresenta muito próximo, quando comparado à lâmina aplicada de 100% da ETc, que foi de 437,2 mm.

Figura 18-Demanda hídrica total em função das lâminas de irrigação aplicadas



Fonte: Autor, 2018

Silva et al., (2011) em estudo com girassóis cv. Catissol I e EMBRAPA 122 V-2000 submetem as plantas a diferentes lâminas de irrigação para analisar sua relação com a produção de aquênios. Em seus resultados, ficou explicitado que a lâmina que proporcionou maior produção de 1000 aquênios foi equivalente a 498,5 mm para o cultivar Catissol I. Lâmina essa compreendida na faixa de 100 e 125% da ETc do girassol Anão de Jardim em estudo, indicando que o girassol mantém sua produtividade com uma oferta de água dessa magnitude.

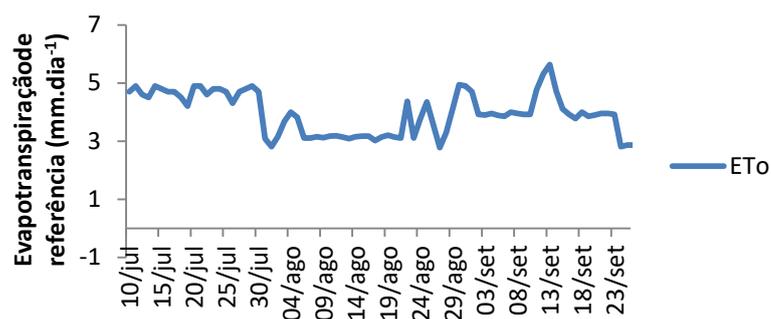
Azevedo et al. (2016), estudando diferentes lâminas de irrigação aplicadas ao girassol, encontraram que a ET_c que favoreceu o aumento da produtividade comercial foi estimada com a lâmina líquida de 91,1% da ET_c ou 415,2 mm de água durante o ciclo. Esse valor é bastante significativo quando comparado à demanda aplicada no girassol Anão de Jardim em estudo, de 437,2 mm para 100% da ET_c total.

Castro *et al.*, (2006) em pesquisa sobre o estresse hídrico em cultivo de girassol, submeteram os mesmos a situação de estresse hídrico e confirmaram que a produção de massa seca e aquênios depende da oferta de água para a planta, concluindo que o aumento da oferta de água elevou a produtividade acima de 110%.

Já Silva et al. (2007) em estudo com os girassóis para produção de óleo cv. H250 e H251 encontraram uma lâmina adequada para aumentar a produtividade do girassol de 522,14 mm, sugerindo uma demanda hídrica maior que a encontrada para o girassol ornamental, para garantir níveis elevados de produtividade.

A evapotranspiração de referência, calculada diariamente, está mostrada na Figura 19, nela é possível observar a variação da mesma durante o ciclo. Esse fator está diretamente relacionado com a lâmina de água aplicada, portanto, é possível observar que o mês de Agosto, houve uma baixa ET_o , em comparação com os demais meses, provocando uma menor demanda hídrica para o girassol.

Figura 19-Evapotranspiração de referência durante o ciclo do girassol



Fonte: Autor, 2018

Silva et al. (2011), estudaram a irrigação em cafeeiro em diferentes épocas do ano, encontraram valores próximos ao do estudo, com médias entre 3,8 a 6,04 $mm.dia^{-1}$ dependendo da época do ano. Esse valor é compatível com a média de ET_c diária para os girassóis durante o estudo, que foi de 4,01 $mm.dia^{-1}$.

5.4 ANÁLISES BIOMÉTRICAS

As características biométricas ocorreram aos 30, 45, 55 e 70 DAS, onde foram medidos: diâmetro do caule (DC), altura da planta (ADP) e número de folhas (NF). Sendo submetido ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.5 DIÂMETRO DO CAULE

A análise de variância aplicada ao parâmetro diâmetro de caule (DC) apresentou os valores mostrados na Tabela 4. Observando a Tabela 4, não houve significância em nenhuma época de avaliação, assim como para a interação entre as fontes de variação. Isso é um indicador que a fonte e as diferentes lâminas de irrigação não produziram efeito significativo no DC. A Tabela 5 mostra as médias de cada tratamento e que não houve significância para as fontes de variação em estudo. Andrade et al. (2012) em estudo com genótipos ornamentais, constataram uma variação de diâmetro de caule entre os 30 e 45 DAS na faixa de 100% para o Sol Noturno e Sol Vermelho, ou seja, o diâmetro do caule duplicou de tamanho nesse período. No girassol Anão de Jardim do atual estudo, esse aumento chegou à faixa de 75% em todos os tratamentos, indicando que o desenvolvimento do caule ocorreu de maneira próxima entre os diferentes genótipos estudados.

Tabela 4 - Fontes de variação, graus de liberdade e média dos quadrados para diâmetro do caule

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Época de avaliação (DAS)			
		30	45	55	70
Tratamento	3	2,51 ^{ns}	12,45 ^{ns}	5,91 ^{ns}	1,91 ^{ns}
Lâmina	3	3,22 ^{ns}	5,95 ^{ns}	2,54 ^{ns}	1,77 ^{ns}
Tratamento x lâmina	9	3,37 ^{ns}	3,18 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,74 ^{ns}
Resíduo	64	2,88	85,61	2,61	3,18
CV (%)		21,73	20,31	13,06	14,17
Média geral (mm)		7,86	11,40	12,36	12,58

GL – Graus de liberdade, DAS – dias após semeadura, CV – coeficiente de variação, ^{ns} – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Autor, 2017.

Tabela 5 - Médias dos diâmetros do caule (DC) por tratamento, em mm em diferentes épocas de avaliação

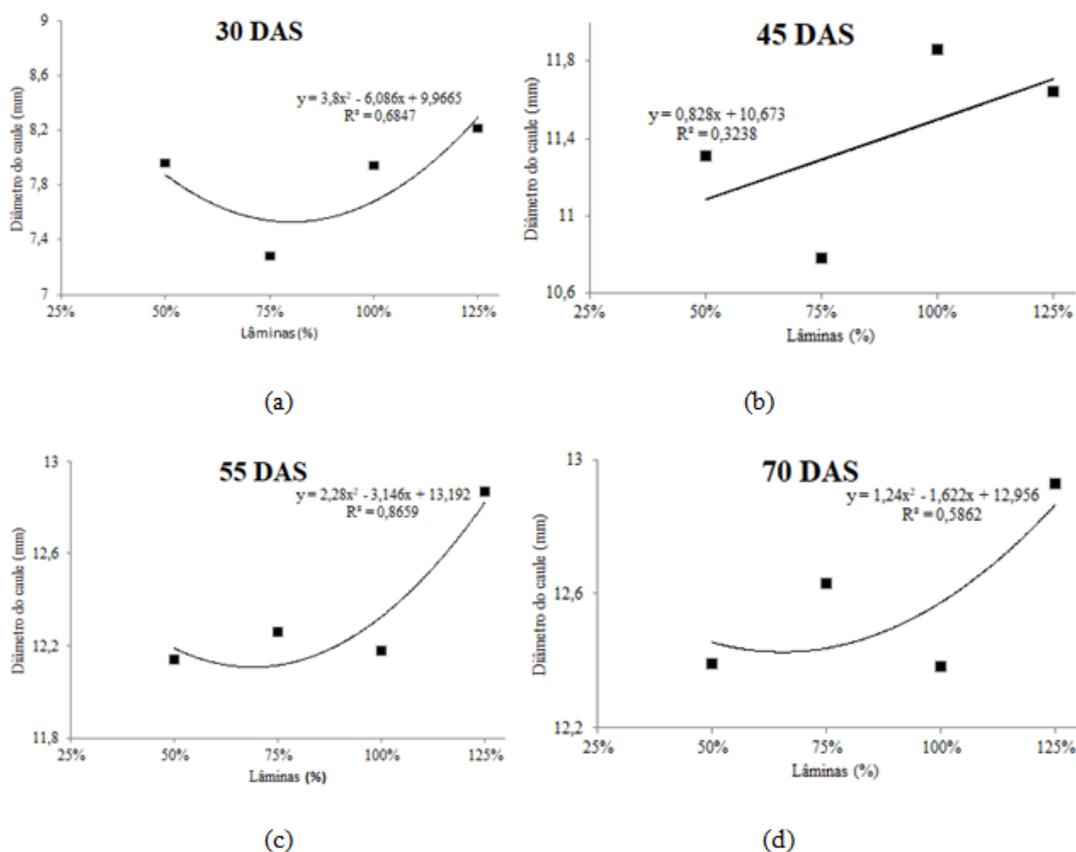
Épocas de avaliação (DAS)	Tratamentos			
	FO	FA	AP	EB
30	8,31 a	8,04 a	7,48 a	7,62 a
45	12,12 a	11,89 a	11,05 a	10,58 a
55	13,10 a	12,49 a	11,90 a	11,99 a
70	13,03 a	12,49 a	12,46 a	12,36 a

DAS-dias após semeadura, FO – filtro orgânico, FA – filtro de areia, AP – água de poço, EB – esgoto bruto. Médias seguidas de letras minúsculas na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey, a 5%.

Fonte: Autor, 2017.

A Figura 20 (a, b, c e d) mostram os resultados da análise de regressão juntamente com as funções adequadas para o diâmetro do caule em função das lâminas de irrigação aplicadas. O modelo mais adequado para as médias dos 30, 55 e 70 DAS foi o quadrático, enquanto que para os 45 DAS a equação mais adequada foi linear. Nota-se baixo coeficiente de determinação nas equações relativas aos 45 e 70 DAS, o que indica que as médias não apresentaram boa correlação. Entretanto, é possível afirmar que as médias aos 30 DAS em cada uma das lâminas aplicadas estão em conformidade com as médias encontradas por Andrade et al., (2012) ao estudarem outros genótipos ornamentais, com valores próximos a 7,5 mm. Por outro lado, ao chegar aos 45 DAS, há um aumento do DC considerável no girassol em estudo, aumentando cerca de 3,0 mm de diâmetro, fato que não ocorre nas amostras estudadas pelos autores, que encontraram a maior média de DC em seus girassóis de 8,20 mm. Dessa forma, podemos inferir que o DC do genótipo Anão de Jardim tem como característica o caule com maior diâmetro, em comparação com o Sol Noturno, Sol vermelho e o Debilis creme.

Figura 20-Regressão linear do diâmetro do caule em relação às diferentes lâminas aplicadas, com a equação e seus respectivos coeficientes de determinação



Fonte: Autor, 2018.

A partir dessa análise, fica clara a influência da precipitação no sistema durante o ciclo. No período entre 55 DAS e 70 DAS (período compreendido entre a época que menos choveu durante o plantio) nota-se que há uma leve tendência das médias em apresentar uma regressão quadrática com coeficiente de determinação mais elevado, o que mostra a influência das diferentes lâminas no diâmetro do caule após um período de estiagem, ou seja, período em que as lâminas foram controladas pela irrigação.

Nos estudos feitos por Oliveira et al., (2017) com cv. Anão de Jardim, foi encontrado o valor de 12,39 mm para o DC aos 45 DAS. No presente estudo, os valores medidos variaram entre 10,78 a 11,86 mm. Confirmando que, em ambos os estudos, os girassóis desenvolveram DC semelhantes.

O genótipo Anão de Jardim apresentou média de DC de 7,2 mm aos 30 DAS em pesquisa realizada por Uhdre et al., (2017). O valor é bem próximo ao do trabalho atual, de 7,86 mm, durante o mesmo período de crescimento. Vale ressaltar que o caule com

diâmetro maior favorece a sustentação da planta, e, principalmente para os girassóis ornamentais, é fator importante comercialmente.

Em seus estudos sobre o DC em girassóis cv. Anão de Jardim sob salinidade elevada, Santos Júnior et al., (2016) encontraram valores reduzidos aos 36 DAS, com média de 4,39 mm. Isso demonstra que os girassóis do atual estudo desenvolveram esse parâmetro de maneira mais eficiente, durante o período. Apesar da salinidade das fontes de irrigação apresentarem valores superiores às do autor.

5.6 ALTURA DA PLANTA

A variável ADP obteve resultados significativos. Observa-se pela Tabela 6 que no período de avaliação de 55 e 70 DAS há significância para as lâminas de irrigação aplicadas. Nas demais épocas de avaliação, a significância dos quadrados médios não foi relevante estatisticamente, principalmente para os diferentes tratamentos, evidenciando que a variação na qualidade da água não foi fator interveniente para a variável em estudo.

Tabela 6 - Fontes de variação, graus de liberdade, quadrados médios e média geral da altura da planta (ADP) durante diferentes épocas de avaliação.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio			
		Época de avaliação (DAS)			
		30	45	55	70
Tratamento	3	11,06 ^{ns}	88,15 ^{ns}	59,05 ^{ns}	54,58 ^{ns}
Lâmina	3	15,48 ^{ns}	101,01 ^{ns}	182,88 [*]	229,78 ^{**}
Tratamento x Lâmina	9	11,14 ^{ns}	48,19 ^{ns}	55,23 ^{ns}	47,91 ^{ns}
Resíduo	64	11,05	90,86	51,04	32,91
CV (%)		36,33	37,36	21,94	16,69
Média geral (cm)		9,15	25,51	32,56	34,38

DAS – dias após semeadura, CV – coeficiente de variação, ^{ns}, ^{*}, ^{**} – não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste Tukey, respectivamente.

Fonte: Autor, 2017.

A Tabela 7 mostra as médias das diferentes fontes de irrigação utilizadas no experimento. É possível observar que elas não diferiram entre si durante os períodos de análise.

Tabela 7 - Médias dos diferentes tratamentos para altura da planta (ADP), em cm

Épocas de avaliação (DAS)	Tratamentos			
	FO	FA	AP	EB
30	9,16 a	8,50 a	10,21 a	8,66 a
45	26,90 a	24,60 a	27,55 a	23,0 a
55	33,40 a	30,65 a	34,50 a	31,70 a
70	35,85 a	32,45 a	35,65 a	33,55 a

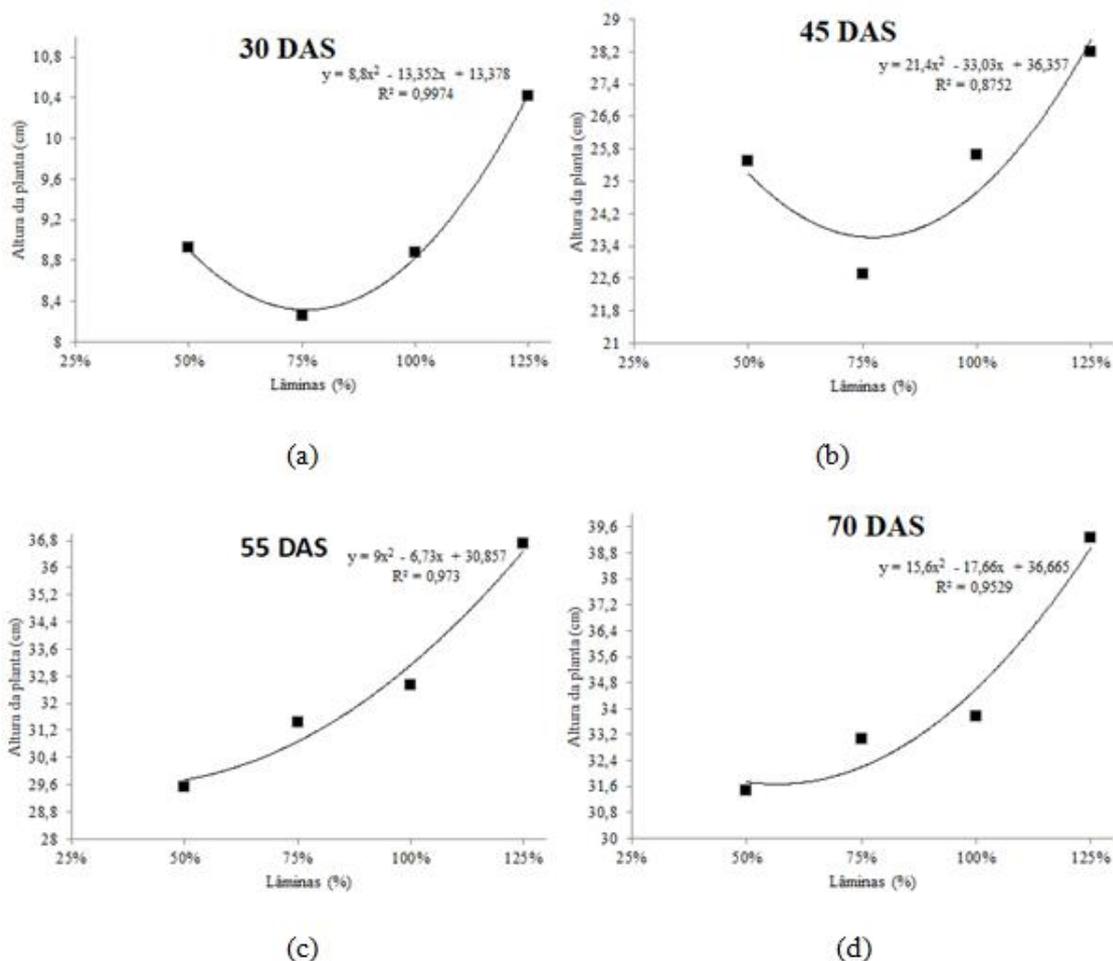
DAS-dias após semeadura, FO – filtro orgânico, FA – filtro de areia, AP – água de poço, EB – esgoto bruto. Médias seguidas de letras minúsculas na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey, a 5%.

Fonte: Autor, 2017.

Seguindo as análises estatísticas realizadas, não é possível apontar uma fonte de irrigação que favoreceu o parâmetro ADP. Portanto, é possível afirmar que os diferentes tratamentos podem ser utilizados para irrigação sem prejuízo na altura dos girassóis. Da mesma maneira, Rêgo et al., (2005) não encontraram efeitos significativos para os diferentes tratamentos em irrigação de melancia por gotejamento, chegando à conclusão que a utilização de efluentes tratados é uma solução viável técnica e economicamente para a agricultura.

A Figura 21 (a, b, c e d) mostra os resultados da análise de regressão juntamente com as funções lineares adequadas para a altura de planta em função das lâminas de irrigação aplicadas, sendo a equação de ajuste mais adequada a quadrática. É possível afirmar que as plantas que foram irrigadas com 125% da sua ETc obtiveram ADP maior do que as irrigadas com 50%. A partir da análise dos coeficientes de determinação das épocas de avaliação 55 e 70 DAS, pode-se relacionar positivamente as diferentes lâminas com alturas de planta mais elevadas, indicando a influência do aumento da lâmina para o parâmetro. Esse fato é evidenciado por Sobrinho et al. (2010) onde confirmam que a baixa disponibilidade hídrica provoca redução na transpiração, conseqüentemente reduz sua absorção de água e nutrientes, que produz reflexos no crescimento da planta.

Figura 21 Regressão linear da altura da planta em relação às diferentes lâminas aplicadas, com a equação e seus respectivos coeficientes de determinação



Fonte: Autor, 2018.

Vale salientar a baixa diferença entre as médias das primeiras análises (30 e 45 DAS) que não demonstram que as diferentes lâminas provocam alterações na altura de planta do girassol. Entretanto, nas análises seguintes (55 e 70 DAS) já é possível observar o acréscimo de altura à medida que se eleva a lâmina aplicada. Esse fato se deve à precipitação elevada que garantiu lâminas igualitárias em todas as unidades experimentais nos primeiros períodos de análise.

Em estudos com diferentes cultivares de girassóis ornamentais, Andrade et al. (2012) encontraram médias de AP bastante elevadas, diferenciando muito das médias desse estudo. Para o cv. Sol Noturno, a média ao final do ciclo, com 45 DAS, foi de 61,45 cm, enquanto que o cv. Anão de Jardim apenas chegou à 34,38 cm. Já Oliveira et al., (2017) utilizando a mesma cultivar, chegaram à 29,66 cm aos 45 DAS, que se

aproximaram bastante do presente estudo, o que mostra que os girassóis tiveram um crescimento igualitário em diferentes pesquisas.

As médias de ADP discutidas por Uhdre et al., (2017) ficaram muito próximas às do atual estudo, entre 8 e 15 cm, no período de 30 DAS. Já aos 45 DAS esse comportamento não se manteve, apresentando uma diferença média de 19 a 45% do estudo atual. Já no período final da análise os valores encontrados no presente estudo aproximam-se dos referidos autores.

Diferentemente de Santos Júnior et al., (2016) que encontraram girassóis com ADP entre 15 e 20 cm aos 49 DAS, 40% menores quando comparados ao do presente estudo.

Esse fato explica o aumento da ADP em plantas com oferta de água em lâminas acima de 100% das ETo, entretanto, esse aumento deve ser definido de modo que não provoque problemas com a saturação do solo.

Ainda sobre os cultivares para produção de óleo, Viana et al. (2012), notaram a relação entre lâmina de irrigação e altura da planta, na qual sofre aumento no parâmetro à medida em que há suprimento de água maior, da mesma forma que ocorreu com o cultivar ornamental Anão de Jardim nos períodos entre 55 e 70 DAS. Os mesmos autores evidenciaram que o déficit hídrico no girassol pode provocar fechamento dos estômatos, fato que reduz a assimilação do CO₂ e, provoca a redução das atividades fisiológicas, principalmente a nível celular, afetando a divisão e o crescimento das células, refletindo em uma menor ADP.

A relação entre ADP e lâmina de irrigação observada nos girassóis ornamentais também foi mostrada por Silva et al. (2007) em estudo com girassol para produção de óleo cv. H250 e H251. Houve um incremento de 18,75% no parâmetro em comparação entre as plantas sem irrigação e com irrigação de 130% da ETc. Esse valor se aproxima dos 19% encontrados de diferença entre as médias de 50% e 125% da ETc aos 70 DAS da altura de planta dos girassóis ornamentais, comprovando que o aumento na disponibilidade hídrica favorece o crescimento de planta.

5.7 NÚMERO DE FOLHAS

A análise estatística para a variável NF apresentou os resultados indicados na Tabela 8, a qual informa as fontes de variação do experimento, grau de liberdade, quadrados médios e coeficientes de variação. Como resumo, a tabela mostra que houve resultados significativos para a variável lâmina de irrigação aos 30 e aos 55 DAS. Nos demais valores os resultados não mostraram alteração significativa.

Tabela 8 - Fontes de variação, graus de liberdade e quadrados médios do número de folhas (NF)

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio			
		Época de avaliação			
		30	45	55	70
Tratamento	3	4,30 ^{ns}	19,20 ^{ns}	2,84 ^{ns}	29,23 ^{ns}
Lâmina	3	13,92 ^{**}	5,81 ^{ns}	69,10 [*]	76,04 ^{ns}
Tratamento x lâmina	9	4,73 ^{ns}	3,49 ^{ns}	9,10 ^{ns}	40,19 ^{ns}
Resíduo	64	4,30	18,79	15,54	29,68
CV(%)		18,49	25,69	18,64	27,06
Média geral		11,22	16,88	21,15	20,14

DAS – dias após semeadura, CV – coeficiente de variação, ^{ns}, *, ** – não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste Tukey, respectivamente.

Fonte: Autor, 2017.

A Tabela 9 mostra as médias dos valores encontrados para cada fonte de irrigação. É possível notar que para a primeira fonte de variação não houve alteração no desenvolvimento das folhas devido ao uso de diferentes efluentes na irrigação. Devido a esse fato, é possível inferir que no quesito NF, a utilização dos quatro tratamentos empregados proporcionaram às plantas as mesmas condições. Já para as lâminas de irrigação, foram encontradas divergências aos 30 DAS, onde a aplicação da lâmina de 75% apresentou valor diferenciado e inferior quando comparado com a lâmina de 125%. Já aos 55 DAS não foi observada diferença significativa entre as lâminas de 50% e 75%, enquanto que a lâmina de 125% apresentou diferença significativa das demais.

Tabela 9 - Médias dos diferentes tratamentos para número de folhas (NF)

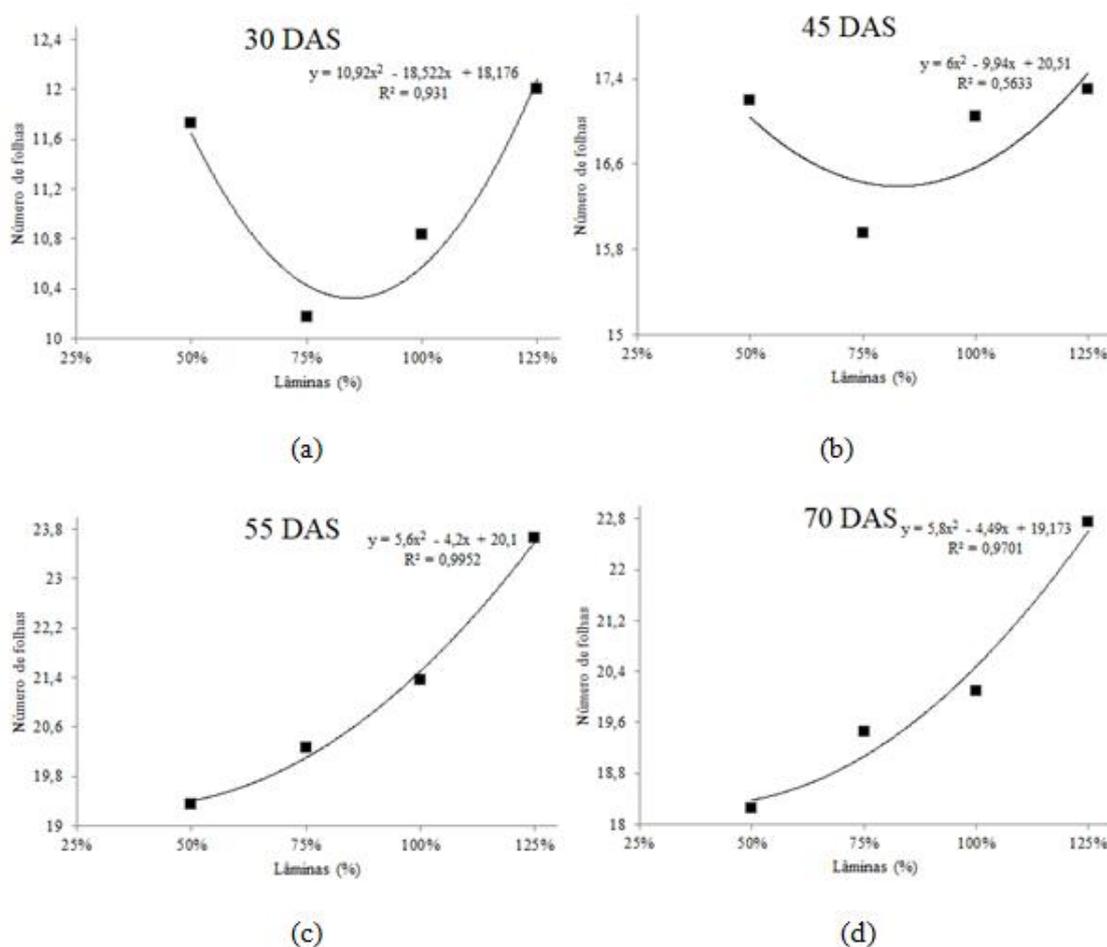
Épocas de avaliação (DAS)	Tratamentos			
	FO	FA	AP	EB
30	11,55 a	11,22 a	11,52 a	10,55 a
45	17,95 a	17,25 a	16,85 a	15,45 a
55	20,80 a	21,0 a	21,8 a	21,0 a
70	21,10 a	21,90 a	19,95 a	18,6 a

DAS-dias após semeadura, FO – filtro orgânico, FA – filtro de areia, AP – água de poço, EB – esgoto bruto. Médias seguidas de letras minúsculas na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey, a 5%.

Fonte: Autor, 2017.

A Figura 22 (a, b, c e d) mostram os resultados da análise de regressão tendo como resposta da cultura para a altura de planta em função das lâminas de irrigação aplicadas na forma quadrática. A partir da observação dos coeficientes de determinação, é possível notar a correlação entre o número de folhas e a aplicação de diferentes lâminas em duas épocas de avaliação. Aos 30 e 45 DAS não é possível notar essa correlação, entretanto, aos 55 e 70 DAS o R^2 encontrado foi acima de 97%.

Figura 22-Regressão linear do fator número de folhas em relação às lâminas de irrigação, com a equação e seus respectivos coeficientes de determinação



Fonte: Autor, 2018.

Os valores do parâmetro NF são próximos dos encontrados por Oliveira et al., (2017), onde encontraram média geral de 19,27 folhas, enquanto a média do presente trabalho foi 16,88. Isso mostra que a planta desenvolveu bem suas folhas, indicando que obteve desenvolvimento adequado nesse parâmetro durante o ciclo.

O valor também está em conformidade com os mostrados por Andrade et al., (2012), onde encontra valores entre 15 e 19 folhas no ultimo período de análise, para os

quatro diferentes tipos de girassol, esse fato indica que o girassol conseguiu desenvolver o número de folhas de maneira compatível com outros estudos.

É possível observar na análise de regressão linear que a partir dos 55 DAS a relação entre o número de folhas e a lâmina de irrigação aplicada fica mais clara e positiva, na qual as plantas que foram irrigadas com lâminas maiores apresentaram maiores números de folhas. Esse fato está relacionado diretamente com a precipitação ocorrida no campo durante o ciclo. No primeiro mês houve chuva em abundância, provocando nas unidades experimentais lâminas igualitárias, entretanto, ao entrar no mês de Agosto, as plantas tiveram sua necessidade apenas suprida pela irrigação, provocando os efeitos mostrados nas análises aos 55 e 70 DAS, confirmando que a aplicação de lâminas abaixo da ETo refletem em menor quantidade de folhas nos girassóis ornamentais.

Estudando o girassol cv. EMBRAPA 122/V-2000, interessante para a produção de óleo, Nobre et al., (2009) mostraram que as plantas apresentaram uma faixa de NF entre 17,58 e 20,85, aos 63 DAS, dependendo da oferta de água aplicada. A faixa está muito próxima à encontrada no estudo entre 18 e 22 folhas. Ainda foi possível constatar que a lâmina de irrigação influenciou em ambos os trabalhos. A lâmina de 125% da ETc apresentou diferença significativa aos 55 DAS, já os autores encontraram maior NF aplicando 120% da lâmina.

Considerando todas as análises biométricas realizadas em girassóis cultivados para produção de óleo, Nobre et al., (2010) encontraram aumento nas características biométricas altura da planta, diâmetro de caule e número de folhas do cv. EMBRAPA 122/V-2000 utilizando reposição de 120% baseada no balanço hídrico. Fator que confirma o comportamento dos girassóis ornamentais. Os autores informaram que o fornecimento de mais água para a cultura foi fator preponderante para o bom desenvolvimento da mesma, como também ficou evidenciado durante o experimento nos períodos os quais houve uma restrição maior de irrigação por conta da baixa precipitação. Porém, é válido salientar que a introdução de água em quantidades elevadas, próximo de 100% da capacidade de campo do solo, pode provocar menor oferta de oxigênio ao sistema radicular das plantas, reduzindo seu crescimento e refletindo em menor desenvolvimento da parte aérea (SOBRINHO et al., 2011).

5.8 DIÂMETROS DO CAPÍTULO

Os diâmetros do capítulo interno (DI) e externo (DE) também foram analisados estatisticamente e foram encontrados os resultados indicados na Tabela 10.

Tabela 10 - Diâmetros interno e externo do capítulo

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio	
		Diâmetros	
		Externo	Interno
Tratamento	3	2,21 ^{ns}	0,37 ^{ns}
Porcentagem irrigação	3	25,05 ^{ns}	12,11 ^{ns}
Interação	9	21,00 ^{ns}	9,87 ^{ns}
Resíduo	64	22,26	9,79
CV(%)		36,99	42,62
Média geral (cm)		11,05	8,62

DAS – dias após semeadura, CV – coeficiente de variação, ^{ns} – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Autor, 2017.

A análise de variância não indicou diferenças significativas para nenhum dos tratamentos, nem para a interação entre eles. Dessa forma, pode-se afirmar que as diferentes fontes de irrigação e as lâminas de água aplicadas não influenciaram os parâmetros DI e DE.

Tabela 11 - Médias do tipo de água para irrigação para diâmetro do capítulo (DI e DE) aos 55 DAS, em cm.

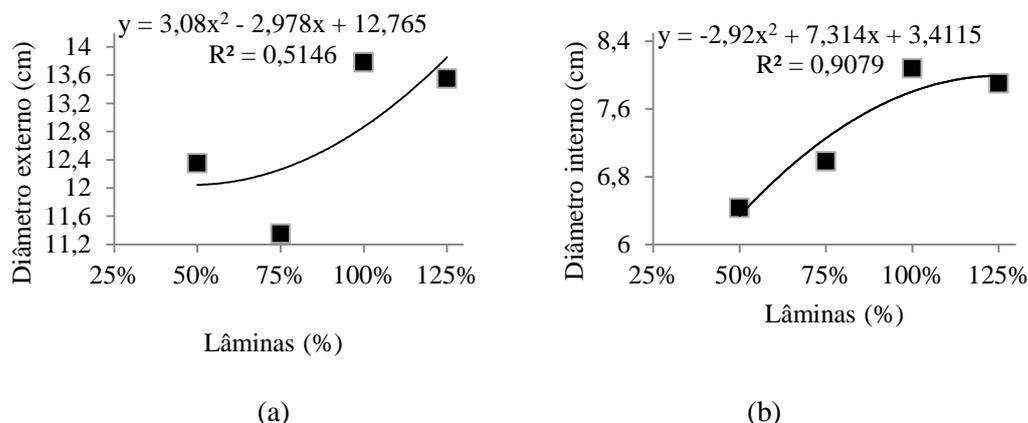
Épocas de avaliação (DAS)	Tratamentos			
	FO	FA	AP	EB
Externo	12,29 a	13,0 a	13,0 a	12,7 a
Interno	7,29 a	7,45 a	7,17 a	7,45 a

DAS – dias após semeadura, FO – filtro orgânico, FA – filtro de areia, AP – água de poço, EB – esgoto bruto. Médias seguidas de letras na mesma linha não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey, a 5%.

Fonte: Autor, 2017.

A Figura 23 mostra a regressão linear das médias de DI e DE, com suas equações mais adequadas na forma quadrática, mostrando uma baixa correlação para DE, com R² próximo de 50% enquanto que para DI as médias proporcionaram um coeficiente de determinação acima de 90%. Apesar das diferenças não serem significativas, o diâmetro interno demonstrou uma característica de aumento de tamanho à medida em que há maior suprimento de água para a planta.

Figura 23-Regressão linear com as respectivas equações e coeficientes de determinação para diâmetro interno e externo do capítulo (DI e DE):



Fonte: Autor, 2018.

Os parâmetros DI e DE apresentaram valores inferiores aos indicados por Oliveira et al., (2017) que definiram a média geral de 8,51 cm do DI do girassol cv. Anão de Jardim de e de 18,52 cm no DE, o que representa uma diferença mais significativa para o DE. Já Uhdre et al., (2017) analisaram a altura da planta, diâmetro do caule e diâmetro da inflorescência do girassol cv. Anão de jardim, e encontraram uma média geral de 12,4 mm para o diâmetro da inflorescência, valor que é bastante próximo ao DE encontrado.

Diferentemente do encontrado no estudo, Silva et al. (2011) encontraram relação entre diferentes lâminas de irrigação e diâmetro do capítulo do girassol cv. Catissol I e EMBRAPA 122V-2000, evidenciando que o diâmetro do capítulo sofreu aumento à medida em que a lâmina de irrigação foi elevada.

Da mesma maneira, Silva et al. (2007) encontraram relação entre lâmina de irrigação e diâmetro interno e externo do girassol H250 e H251. Com um aumento médio das plantas irrigadas em relação às plantas cultivadas em sequeiro de 9,93%, esse aumento sensível pode resultar em uma maior produtividade do girassol, quando realizada a agricultura extensiva.

Em estudo com o feijão-caupi, Reboças et al. (2010) deixa clara a influência da aplicação de efluentes tratados quando não houve adubação mineral. A partir do momento em que foi introduzido no solo adubo mineral para a sua correção, essa correlação entre diferentes fontes de irrigação e características biométricas não se tornaram claras. Isso pode explicar o fato de algumas das características biométricas

não apresentarem diferenças significativas mesmo com a inserção de nutrientes via irrigação.

5.9 FITOMASSAS

As fitomassas do girassol também foram quantificadas, separadas em massas frescas e secas da parte aérea (FFPA e FSPA), capítulo (FFC e FSC) e raiz (FFR e FSR). Assim, foi realizado o tratamento estatístico para análise dos resultados que estão descrito na Tabela 16.

A Tabela 12 informa as fontes de variação e a significância dos resultados encontrados. Nela é possível inferir que há resultados significativos para a lâmina de irrigação nos seis parâmetros analisados - FFPA, FSPA, FFC, FSC, FFR e FSR. Para fonte de irrigação, houve significância apenas para FFC e FSC. Na interação entre a fonte e lâmina de irrigação, não houve significância para nenhum dos parâmetros, assim como Nobre et al., (2009) não encontraram na interação entre lâmina de reposição hídrica e dose de adubação orgânica.

Tabela 12 - Fonte de variação, graus de liberdade, média dos quadrados e média geral das fitomassa fresca e seca da parte aérea (FFPA e FSPA), do capítulo (FFC e FSC) e da raiz (FFR e FSR).

Fonte de variação	GL	Média dos quadrados					
		FFPA	FSPA	FFC	FSC	FFR	FSR
Tratamento	3	1214,7 ^{ns}	24,78 ^{ns}	3095,7 [*]	514,00 [*]	591,06 ^{ns}	45,40 ^{ns}
Lâmina	3	4852,7 ^{**}	139,82 ^{**}	7857,5 ^{**}	886,32 ^{**}	2969,17 [*]	363,34 [*]
Tratamento x Lâmina	9	376,5 ^{ns}	9,17 ^{ns}	740,5 ^{ns}	193,62 ^{ns}	427,96 ^{ns}	57,45 ^{ns}
Resíduo	64	594,3	20,60	1265,1	151,43	1239,27	128,72
CV(%)		36,95	36,44	37,09	51,51	71,03	137,35
Média geral (g)		65,98	12,46	95,90	24,44	49,56	8,26

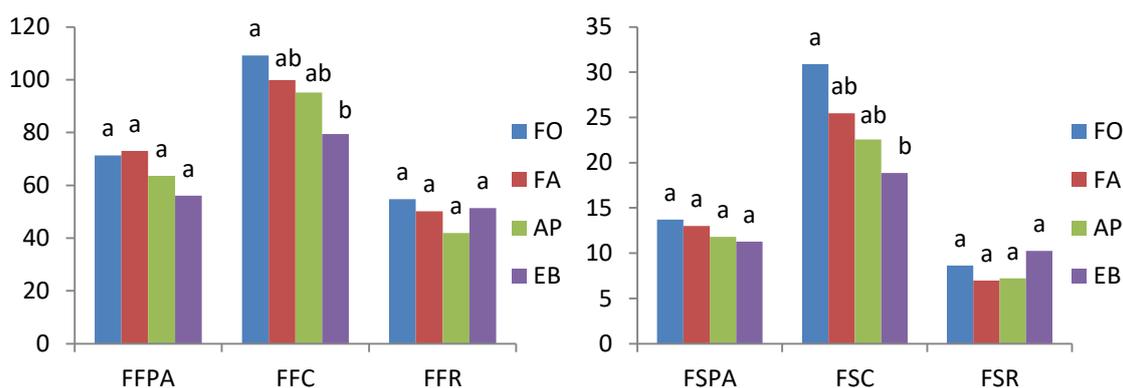
GL – grau de liberdade, FFPA - massa fresca da parte aérea, FSPA - massa seca da parte aérea, FFC - massa fresca do capítulo, FSC - massa seca do capítulo, FFR- massa fresca da raiz, FSR - massa seca da raiz, CV = coeficiente de variação. ^{ns}, ^{*}, ^{**} – não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste Tukey, respectivamente.

Fonte: Autor, 2017.

A Figura 24 mostra as médias dos resultados encontrados para FFPA, FFC, FFR, FSPA, FSC e FSC para diferentes fontes de irrigação. Os parâmetros FFC e FSC

apresentaram diferenças significativas dos demais para os tratamentos. Apenas o FO se diferenciou significativamente do EB a 5% de probabilidade, apresentando maior média. Os demais tratamentos FA e AP apresentaram eficiências compatíveis tanto com o FO quanto com EB.

Figura 24-Gráfico de médias das fitomassas para diferentes fontes de irrigação para fitomassa fresca e seca da parte aérea (FFPA) e (FSPA), do capítulo (FFC) e (FSC), da raiz (FFR) e (FSR), em gramas (g)



Letras iguais apresentam médias iguais pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: Autor, 2017.

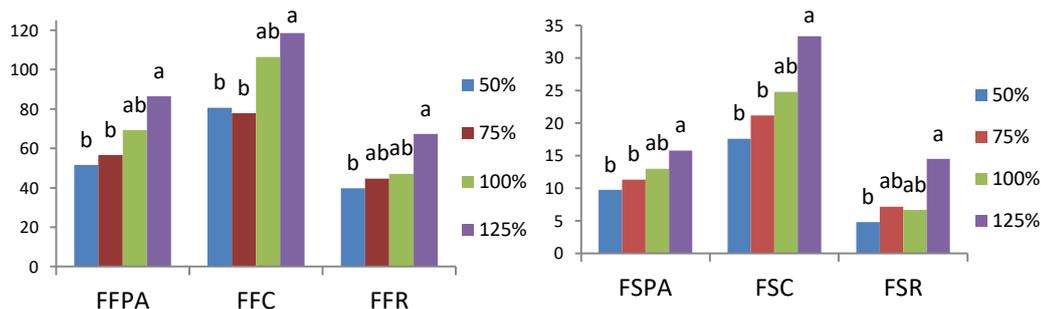
Os parâmetros FFPA e FSPA não apresentaram diferença estatística para a fonte de irrigação. Sendo assim, é possível considerar que os diferentes tratamentos empregados não favoreceram nem prejudicaram a produção de fitomassa na parte aérea, sendo possível utilizar qualquer uma das fontes de água para atingir o objetivo de obtenção dessas fitomassas. De maneira oposta, Nobre et al., (2008) mostraram diferenças em utilizar águas residuárias não tratadas para a irrigação. A prática influenciou positivamente a parte aérea das plantas, aumentando sua fitomassa. Ainda foi possível concluir que a irrigação com efluentes não tratados promove além do suprimento de água, o de nutrientes para o cultivo do girassol.

Características físico-químicas dos efluentes utilizados para irrigação podem provocar efeito nas fitomassas do girassol. Como, por exemplo, Travassos et al. (2011) encontraram uma redução na FFPA de 13,56% a cada aumento unitário na condutividade elétrica da água de irrigação. Entretanto, esse fato não ocorreu no atual estudo, visto que a fonte de irrigação AP apresentou CE baixa, em relação aos efluentes utilizados, o que não acarretou em alterações significativas na FFPA.

Da mesma forma que os outros parâmetros, FFR e FSR não apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade para as diferentes fontes de irrigação. Dessa maneira, esse resultado contraria Travassos et al. (2011), que mostrou que as características dos efluentes tratados podem promover alterações na FFR e FSR do girassol. Em seu estudo com níveis de condutividade elétrica em águas para irrigação, ficou evidenciado que a CE provocou um decréscimo de 18,37% da FSR, sendo considerado um fator negativo para o desenvolvimento da cultura.

Por outro lado, para as lâminas de irrigação, houve diferenças significativas apresentadas na Figura 25 para todos os parâmetros. É possível observar que a lâmina de aplicação de 50% da ETc provocou redução da FSPA, FSC e FSR, em comparação com a lâmina de 125%. Em FSPA e FSC, a lâmina de 75% também apresentou média semelhante estatisticamente à 50%, diferenciando-se apenas a de 125%. A lâmina 100% foi considerada indiferente aos demais fatores, após aplicação do teste F. Isso representa que a aplicação da irrigação em níveis abaixo da ETc da cultura pode afetar o desenvolvimento da cultura, resultando em plantas com características menos atraentes ao mercado de flores ornamentais. Torna-se importante salientar o ganho em massa de acordo com o aumento da lâmina líquida nas condições ideais de evapotranspiração.

Figura 25-Gráfico de médias de fitomassas para diferentes lâminas de irrigação da parte aérea (FFPA) e (FSPA), do capítulo (FFC) e (FSC), da raiz (FFR) e (FSR), em gramas (g)



Fonte: Autor, 2017.

Nobre et al., (2009) estudando efeito da lâmina de irrigação e dosagens de adubação orgânica em girassóis encontraram aumento de 82% na FFPA e de 70,2% na FSPA a cada aumento de 20% da lâmina de irrigação aplicada. Esse dado indica que o girassol se desenvolve de forma mais eficiente em situações sem estresse hídrico.

Em estudo com dois cultivares de girassol, Sobrinho et al. (2011) encontraram efeitos negativos da redução da disponibilidade hídrica no girassol. Em plantas irrigadas apenas com 60% da capacidade de campo do solo, houve uma redução de 35% na massa fresca da parte aérea, em comparação com as plantas irrigadas com 100% da CC. Segundos os autores, essa redução na fitomassa está relacionada com a baixa transpiração da planta, o que gera uma diminuição da absorção de nutrientes importantes para o seu desenvolvimento.

Nobre et al., (2010) em análise do girassol irrigado com efluentes tratados sob diferentes lâminas de irrigação constataram que a fitomassa fresca do capítulo só foi afetada significativamente pela lâmina de irrigação, com um incremento de 6,5% a cada aumento percentual da reposição hídrica. Resultado que confirma os resultados encontrados no estudo.

Castro et al., (2006) estudando a produção de aquênios para produção do óleo do girassol híbrido Morgan 738 encontraram que a restrição hídrica provocou uma menor produção de aquênios nas plantas analisadas. Em plantas sem restrição hídrica a produção de aquênios, que se dá no capítulo da planta houve um incremento de 115% na produção em comparação com as plantas cultivadas com restrição hídrica, indicando que a necessidade hídrica é fator interveniente na produção do girassol.

As diferentes lâminas de irrigação alteraram as massas das raízes do estudo, confirmando os resultados encontrados por Nobre et al., (2009), os quais encontraram efeito significativo da lâmina de irrigação para o parâmetro FFR e FSR, promovendo um acréscimo de 81% na FFR e 122% na FSR a cada aumento de 20% na lâmina de irrigação.

Em estudos com girassol, Sobrinho et al. (2011) também não encontraram relação entre o estresse hídrico e a FSR, não havendo diferença significativa entre os níveis de água aplicados no cultivo. Entretanto, os autores fazem a ressalva que o baixo volume de solo em cada recipiente pode ter limitado o desenvolvimento das raízes, provocando esse efeito.

Em caso análogo, Guedes Filho et al. (2011) estudaram o efeito de níveis de nitrogênio em diferentes níveis de água disponível no solo. Ficou evidenciado no estudo que os níveis de água disponível no solo afetaram o crescimento e produtividade do

girassol, exceto para peso seco de 1000 aquênios, confirmando que o estresse hídrico diminui a produtividade do girassol.

Da mesma maneira, Oliveira et al. (2012) e Santos et al. (2002), notaram que os níveis de água disponível no solo foram fatores intervenientes no desenvolvimento do girassol. As análises de fitomassa apresentaram comportamento linear crescente, favorecendo o aumento de FSPA e FSC à medida que houve o aumento do nível de água disponível no solo, chegando ao melhor resultado de produtividade de fitomassa em 100% da disponibilidade de água (OLIVEIRA et al. 2012).

De modo contrário, Suassuna et al., (2012) em estudos de déficit hídrico em citros, ficou evidenciado o aumento na FSR e redução na FSPA das plantas submetidas a estresse hídrico, refletindo em uma relação raiz/parte aérea elevado. Sendo assim, as plantas foram caracterizadas como moderadamente tolerantes ao estresse hídrico.

Petcu et al., (2001) indicaram que o estresse hídrico induz mudanças na atividade da peroxidase e pode acelerar a maturação das sementes, provocando modificação na composição de ácidos graxos das sementes.

6 CONCLUSÕES

O filtro de areia apresentou eficiência mais elevada no tratamento de efluentes domésticos para irrigação do girassol, para os parâmetros sólidos suspensos, coliformes totais e termotolerantes e DBO;

A irrigação com efluente do filtro de areia promoveu melhorias nas características químicas do solo, em relação às demais fontes de irrigação testadas;

A irrigação com diferentes fontes reduziu a densidade e aumentou a porosidade total, em relação ao solo natural;

O filtro orgânico promoveu aumento na fitomassa fresca e seca do capítulo;

A elevação da lâmina de irrigação aplicada provocou aumento na média dos parâmetros altura da planta, número de folhas, diâmetro interno do capítulo e fitomassas frescas e secas da parte aérea, capítulo e raiz.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Encarte Especial sobre a crise hídrica**. 2015. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/docs/crisehidrica.pdf>. Acesso em: 21 Dez 2016.

AGUIAR, R. H. **Utilização de esgotos tratados em reatores anaeróbios no cultivo do girassol**. 2013. 122 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

AGUIAR, M. I.; LOURENÇO, I. P.; OLIVEIRA, T. S.; LACERDA, N. B. Perda de nutrientes por lixiviação em um Argissolo acizentado cultivado com meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 10, n. 4, p. 811-819, 2006.

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L. ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n. 25, p. 717-723, 2001.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56. 300 p. 1998.

ALMEIDA JÚNIOR, A. B. A.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; LINHARES, P. C. F. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. **Revista Caatinga**, v. 22, n.1, p. 217 – 221, 2009.

ALMEIDA, R. G.; Aspectos legais para a água de reúso. *Vértices*. v. 13, n. 2, p. 31-43. 2011.

ALMEIDA, P. S. G.; CHERNICHARO, C. A. L.; SOUZA, C. L.; Development of compact UASB/trickling filter systems for treating domestic wastewater in small communities in Brazil. **Water Science & Technology**. v. 59, n. 7, p. 1431-1439. 2009.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; MASCHIO, R.; SILVA, E. M. . **Determinação da curva de retenção de água no solo em laboratório**. Documento EMBRAPA Meio-Norte, 2 p. Teresina – PI. 2007.

ANDRADE, L. O.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R.G.; DIAS, N. S.; NASCIMENTO, E. C. S. Qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento. **Idesia (Chile)**, v. 30 n. 2, 2012.

APHA. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20th. Ed. Washington. 2005.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648: estudo de concepção de sistemas de esgotamento sanitário**. Rio de Janeiro 1986.

_____. **NBR 7229: projeto, construção e operação de tanques sépticos**. Rio de Janeiro 1993.

_____. **NBR 13969: tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro 1997.

_____. **NBR 14545: Determinação de coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga variável**. Rio de Janeiro. 2000.

_____. **NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro. 1984.

AZEVEDO, B. M.; VASCONCELOS, D. V.; BOMFIM, G. V.; VIANA, T. V. A.; NASCIMENTO NETO, J. R.; OLIVEIRA. Production and yield response factor of sunflower under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 20, n. 5, p. 427-433, 2016.

BATISTA, R. O.; BATISTA, R. O.; FIA, R.; SILVA, D. F. Qualidade das águas residuárias para irrigação. **Boletim Técnico**, n. 99, p 1-31, Lavras – MG, 2014.

BATISTA, R. O.; SARTORI, M. A.; SOARES, A. A.; MOURA, F. N.; COSTA PAIVA, M. R.; Potencial da remoção de poluentes bioquímicos em biofiltros operando com esgoto doméstico. **Revista Ambiente & Água**, v. 6, n. 3, p. 152-164. 2011

BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S. C.; SILVA, T. R.; TEO, C. R. P. A.; VILAS BOAS, M. A. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura do alface. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 152-163, 2007.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reúso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**. p. 152 – 169. 2008.

BEZERRA, F. M. L.; FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A.; MOTA, S. B.; AQUINO, B. F. Irrigation with domestic treated sewage and nitrogen fertilizing in sunflower cultivation. **Engenharia Agrícola**. v. 34, n. 6, p. 1186-1200, 2014.

BEZERRA, J. R. C. Cálculo da evapotranspiração de referência a partir dos dados meteorológicos da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. EMBRAPA, 2017. Disponível em: http://www.professormendoncauenf.com.br/ag_calculodeeto.xlsx . Acessado em: 21 de fev. 2018.

BISCARO, G. A.; MACHADO, J. R.; TOSTA, M. S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R. P.; CARVALHO, L. A. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia –MS. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 32, n. 5, p. 1366-1373. 2008

BLUMENTHAL, U. J.. PEASEY, A.; RUIZ-PALACIOS, G.; MARA, D. D. **Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: recommended revisions based on new research evidence**. WELL Study, N. 68, 67 p. Londres. 2000.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: F. Bastos, 898 p. 1989.

BRANDÃO, V. S. **Tratamento de águas residuárias de suinocultura utilizando filtros orgânicos**. 57 p. 1999. Dissertação de Mestrado em Engenharia agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. 1999.

BRANDÃO, V. S.; MATOS, A. T.; FONTES, M. P. F.; MARTINEZ, M. A. Retenção de poluentes em filtros orgânicos operando com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 7, n. 2, p. 329-334, 2003.

BRITO, R. A. L; ANDRADE, C.L. T. Qualidade da água na agricultura e meio ambiente. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 259, p. 50-57, 2010.

BUENO, J. R. P. **Qualidade do solo após sucessivas aplicações de lodo de esgoto para o cultivo do milho**. 72 p. 2010. Dissertação de Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical. Instituto Agronômico. Campinas – SP. 2010.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Water quality and distribution uniformity in drip/trickle systems. **Journal of agricultural Engineering Research**. n.70, p. 355-365, 1998.

_____. Emitter filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural Water Management**. n. 68, p. 135-149. 2004.

_____. Recycling of poor quality urban wastewater by drip irrigation systems. **Journal of Cleaner Production**. n. 15, p. 1529-1534. 2007.

CASTRO, C. CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, V.; LEITE, R. M. V. B. C.; KARAM, D. MELLO, H. C.; GUEDES, L. C. A.; FARIAS, J. R. B. A cultura do girassol. EMBRAPA – CNPSo, Circular técnica n. 13, 1996.

CASTRO, C. de; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, R. F. de; DECHEN, A. R. Boro e estresse hídrico na produção do girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n.2, p. 214-220, 2006.

CHERNICHARO, C.A.L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Volume 5: Reatores anaeróbios. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte, 245 p., 1997.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**. v. 33, n. 6, p. 1161-1164, 2003.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L.; Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 1, 2005

Companhia Nacional de Abastecimento. CONAB. **Conjuntura Mensal: Girassol 2015**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_07_14_14_15_04_girassoljunho2015.pdf>. Acessado em: 05 Dez. 2016.

COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitária e Ambiental** Edição especial. p. 51-60, 2014.

CUNHA, T. J.; MENDES, M. S.; GIONGO, V. **Capítulo 9 – Matéria orgânica do solo**. 273-293. 2015.

DAVALO, M. J. **Curva de retenção de água no solo estimado pelo método da câmara de Richards e psicrômetro**. 48 p. 2013. Dissertação de mestrado em Ciências

Agrárias e veterinárias. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Jaboticabal – SP. 2013.

DOMINATO, D. T. Tratamento de efluente anaeróbio: condicionamento em filtro de areia visando lançamento e reúso. 251 p. 2011. Tese de doutorado em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP. 2011.

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.

EMONGOR, V. E.; RAMOLEMANA, G. M. Treated sewage effluent (water) potential to be used for horticultural production in Botswana. *Physics and Chemistry of the Earth*, v. 29, p. 1101-11008, 2004.

ESREY, S.; ANDERSSON, I.; SAWYER, R. **Closing the loop Ecological Sanitation for food security**. Stockholm – Sweden. SIDA; 2001.

GUEDES FILHO, A. P. P.; CRUZ, A. L.; GONÇALVES, D. Aspectos biológicos do filtro biológico. **Revista DAE**, edição 93, n. 405, p 85-96, 1973.

HAMAN, D.Z.; SMAJSTRLA, A.G.; ZAZUETA, F.S. Media filters for trickle irrigation in Florida. Gainesville: University of Florida, 1994. 5 p. (Fact Sheet AE-57)

HAMODA, M. F.; AL-GHUSAIN, I.; AL-MUTAIRI, N. Z. Sand filtration of wastewater for tertiary treatment and water reuse. **Desalination**. n. 164, p. 203-211, 2004.

HEALY, M. G.; RODGERS, M.; MULQUEEN, J. Treatment of dairy wastewater using constructed wetlands and intermittent sand filters. *Bioresource Technology*, n. 98, p. 2268-2281. 2007.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 7, n. 4, p 75-95, 2002.

HUSSAR, G. J.; PARADELA, A. L.; SAKAMOTO, Y.; JONAS, T. C.; ABRAMO, A. L. Aplicação de água de escoamento de tanque de piscicultura na irrigação do alface: aspectos nutricionais. **Revista Ecosistema**. v. 27, n. 1, p. 49-52, 2002.

IVANOFF, M. E. A. **Desempenho de cultivares de girassol em função do manejo da abubação nitrogenada e potássica em condições edafoclimáticas na savana de Boa Vista, em Roraima.** 54 p. 2009. Dissertação de mestrado em Produção Vegetal. Universidade Federal de Roraima. Boa vista – RO, 2009.

JARDINI, D. C.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; WEBER, O. L. S.; BORBA FILHO, A. B.; FERNANDES, D. A. Absorção de nutrientes em genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Tropical.** v. 44, n. 4, p. 434-442, 2014.

JÚNIOR, J. A. S.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. S.; SOARES, F. A. L. Cultivo do girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica.** v. 42, n. 4, p. 842-849. 2011.

JÚNIOR, E. G. C.; MEDEIROS, J. F.; MELO, T. K.; SOBRINHO, J. E.; BRISTOT, G.; ALMEIDA, B. M. Necessidade hídrica da cultura do girassol irrigado na chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v. 17, n. 3, p. 261-267. 2013.

KLEIN, V. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Água disponível em um LATOSSOLO VERMELHO Argiloso e murcha fisiológica de culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 646-650, 2006.

LIRA, M. A.; CARVALHO, H. W. L.; CHAGAS, M. C. M.; BRISTOT, G.; DANTAS, J. A.; LIMA, J. M. P. **Avaliação das potencialidades da cultura do girassol, como alternativa de cultivo no semiárido nordestino.** Documentos 40. EMPARN. 40 p. Natal – RN, 2011.

LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T.; SARMENTO, A. P.; LOPES JÚNIOR, A. V.; LIMA, J. T. Desempenho de filtros constituídos por fibra de côco no tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Engenharia na agricultura,* v. 17, n. 6, p. 473-480, 2009.

LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T.; BRANDÃO, V. S. Influência dos sólidos triturados de sabugo de milho e bagaço de cana-de-açúcar como materiais filtrantes no tratamento de águas residuárias da suinocultura. *Revista de Engenharia Agrícola,* v. 31, n. 5, p. 974-984, 2011a.

LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T.; EUSTÁQUIO JÚNIOR, V.; SARMENTO, A. P.; MOREIRA, R. M. G. Desempenho de filtros constituídos por pergaminho de grãos

de café (*Coffea sp.*) no tratamento de águas residuárias. *Coffee Science*, v. 6, n. 2, p. 120-127. 2011b.

LUCAS, J. F. R.; TAVARES, M. H. F.; CARDOSO, D. L.; CÁSSARO, F. A. M. Curva de retenção de água no solo pelo método do papel-filtro. *Revista Brasileira de Ciências do solo*. n. 35, p. 1957-1973, 2011.

MAGALHÃES, M. A.; MATOS, A. T.; DENICULI, W.; TINOCO, F. F. Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 472-478, 2006.

MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. **Manejo da água de irrigação**. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. EMBRAPA. 1ª edição. p. 159-232. 2011.

MATOS, A. T., MAGALHÃES, M. A.; SARMENTO, A. P. Perda de carga em filtros orgânicos utilizados no tratamento de água residuária de suinocultura. **Revista de Engenharia Agrícola**. v. 30, n. 3, p 527-537. 2010.

MEDEIROS, S. S.; REIS, C. F.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; KLEIN, M. R.; RIBEIRO, M. D.; SZEKUT, F. D.; SANTOS, D. B. **Manejo de irrigação utilizando o modelo de Hargreaves & Samani**. Cartilha 2013. Instituto Nacional do Semiárido - INSA. 12 p, 2013.

MELLO, C. R.; OLIVEIRA, G. C.; FERREIRA, D. F.; LIMA, J. M.; LOPES, D. Modelos para determinação dos parâmetros da equação de van Guentchen para um cambissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n. 1, p. 23-29, 2005.

MELLO, C. R.; OLIVEIRA, G. C.; FERREIRA, D. F.; LIMA, J. M. **Predição da porosidade drenável e disponibilidade de água para Cambissolos da Microregião Campos das Vertentes, MG**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 37, n. 9, p. 1319-1324, 2002.

MELO, A. R. B. **Pós Tratamento de efluentes de reator UASB por filtração em areia e carvão ativado**. 57 p. 2014. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2014.

MENDES, F. G.; MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P. Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas. **Cerne, Lavras**, v.12, n.3, p. 211-220, 2006.

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

NASCIMENTO, P. S.; BASSOI, L. H.; PAZ, V. P. S. Planilha eletrônica para auxílio à tomada de decisão em manejo de irrigação localizada: aplicação no cultivo da videira. **Irriga**. v. 17, p. 1-15, 2012.

NOBRE, R. G. ANDRADE, L. O.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; FIGUEIREDO, G. R. G.; SILVA, L. A. **Vigor do girassol (*Helianthus annuus* L.) sob diferentes qualidades de água**. Educação Agrícola Superior, v. 23, n. 01, p. 58-60, 2008.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; ANDRADE, L. O.; SOARES, F. A. L.; NASCIMENTO, E. C. S. Crescimento do girassol irrigado com água residuária e adubação orgânica. **Revista DAE**, 11 p. Ago/2009.

_____. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 747-754, 2010.

NOGUEIRA, S. F.; PEREIRA, B. F. F.; GOMES, T. M.; PAULA, A. M.; SANTOS, J. A. dos; MONTES, C. R. Treated sewage effluent: agronomical and economical aspects on bermudagrass production. **Agricultura Water Management**, v.116, p.151-159, 2012.

OLIVEIRA, J. T. L.; CHAVES, L. H. G.; CAMPOS, V. B.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; GUEDES FILHO, D. H. Fitomassa do girassol cultivado sob adubação nitrogenada e níveis de água disponível no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, n. 1, p. 23-32, 2012.

OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V. P. S.; GONÇALVES, K. S.; OLIVEIRA, G. X. S. Crescimento e produção de girassol ornamental irrigado com diferentes lâminas e diluições de água residuária. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 204-219, 2017.

PATERNIANI, J. E.S.; SILVA, M. J. M.; RIBEIRO, T. A. P.; BARBOSA, M. Pré-filtração em pedregulho e filtração lenta com areia, manta não tecida e carvão ativado para polimento de efluentes domésticos tratados em leitos cultivados. **Engenharia Agrícola**. v. 31, n. 4, p. 803-812. 2011.

PERES, L. J. S.; HUSSAR, G. J.; BELI, E. Eficiência do tratamento de esgoto doméstico de comunidades rurais por meio de fossa séptica biodigestora. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 020-036, 2010.

PETCU, E.; ARSINTESCU, A.. STANCIU, D. The effect of hydric stress on some characteristics of Sunflower plants. **Romanian agricultural research**, n. 16, p. 15-22, 2001.

PIEIDADE, A. R.; CRUZ, R. L.; CAMPOS, S.; VILLAS BOAS, R. L. Desenvolvimento vegetativo de quatro espécies de grama irrigadas com efluente doméstico. **Irriga**, v. 14, n. 3, p. 268-275, 2009.

PRADO, R. M.; LEAL, R. M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. catissol-01. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 36, n. 3, p. 187-193, 2006.

PROCHASKA, C. A.; ZOUBOULIS, A. I. Performance of intermittently operated sand filters: a comparable study, treating wastewaters of different origins. **Water, Air, and Soil Pollution**, n. 147, p. 367-388, 2003.

REGO, J. L.; OLIVEIRA, E. L.L.; CHAVES, A. F.; ARAÚJO, A. P. B.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, A. B.; MOTA, S. Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura de melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, (Suplemento), p. 155-159, 2005.

RIBEIRINHO, V. S.; MELO, W. J.; SILVA, H. D.; FIGUEIREDO, L. A.; MELO, G. M. P. Fertilidade do solo, estado nutricional e produtividade do girassol, em função da aplicação de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.2, p. 166 – 173, 2012.

RIBEIRO, I. V. A. S.; CAVALCANTE, R. F.; NASCIMENTO, R. K. O.; OLÍMPIO, L. D. **Uso dos efluentes de lagoas de estabilização para o cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.)**. Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. 2012.

RICHARDS, L. A. Physical conditions of water in soil. *Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling*. Madison: American Society of Agronomy. p. 128-152. 1965.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento**. EMBRAPA Monitoramento por satélite, Campinas - SP. 2010.

SANTOS, G. O. **Aplicação de efluente de tratamento de esgoto, via aspersão, no solo e em *Brachiaria***. 198 p. 2015. Tese de Doutorado em Engenharia Ciências Agrárias e veterinárias. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Jaboticabal – SP. 2015.

SANTOS JÚNIOR, J. A. S.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. S.; SOARES, F. A. L. Cultivo do girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 842-849. 2011.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; FRANCILINO, A. H.; PEREZ-MARIN, A. M. Crescimento de girassóis ornamentais sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 3, p. 591-604, 2016.

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.

SANZONOWICZ, C.; AMABILE, R. F. **Adubação nitrogenada do girassol, no período chuvoso e na safrinha na região do Cerrado** – Recomendação Técnica, 30. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2001.

SCHNEITER, A. A.; MILLER, J. F. Description of Sunflower Growth Stages. **Crop Science**, v. 21, 1981.

SCHAEFER, C. E. G. R.; SOUZA, C. M.; VALLEJOS, F. J. M.; VIANA, J. H. M.; GALVÃO, J. C. C.; RIBEIRO, L. M. Características da porosidade de um argissolo vermelho-amarelo submetido a diferentes sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 25, p. 765-769, 2001.

SILVA, M. L. O.; FARIA, M. A.; MORAIS, A. R.; ANDRADE, G. P.; LIMA, E. M. C. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 482-488, 2007.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª edição revista e ampliada Embrapa. 2009

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, C. C. M.; PEREIRA FILHO, J. V.; FREITAS, C. A. S. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 57-64, 2011.

SILVA, P. C. C.; JESUS, F. N.; ALVES, A. C.; SILVA, M. A. M.; SANTOS, A. R. Crescimento da cultura do girassol submetida a doses de fósforo em diferentes relações de Ca:Mg no solo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 270-283, 2012.

SILVA, L. L.; CARVALHO, C. M.; SOUZA, R. P. F.; FEITOSA, H. O.; FEITOSA, S. O.; GOMES FILHO, R. R. Utilização de efluentes domésticos no crescimento da pimenta (capsicum chinense), cultivar tekila vermelha. **Agropecuária Técnica**, v. 35, n. 1, p. 121-133, 2014.

SOBRINHO, S. P.; TIEPPO, R. C.; SILVA, T. J. A. Desenvolvimento inicial de plantas de girassol em condições de estresse hídrico. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p.1-12, 2011.

SOUSA, C. C. M.; BEZERRA, F. M. L.; MOTA, S.; AQUINO, B. F.; Avaliação química-bromatológica e produtiva do capim tifton 85 (*Cynodon SSP.*) irrigado com esgoto doméstico tratado. **Revista DAE**, v. 180, p. 1-7, 2009.

SOUZA, J. M.; BONOMO, R.; PIRES, F. R.; BONOMO, D. Z. Curva de retenção de água e condutividade hidráulica do solo, em lavoura de café conilon submetida à subsolagem. **Coffe Science**, v. 9, n.2, p. 226-236, 2014.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. **Determinação da evapotranspiração para fins de irrigação**. EMBRAPA - CNPAF. Documentos, 55. Goiânia – GO. 49 p. 1995.

SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; NASCIMENTO, R.; OLIVEIRA, A. C. M.; BRITO, K. S. A.; MELO, A. S. Produção de fitomassa em genótipo de citros submetidos a estresse hídrico na formação do porta-enxerto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 12, p. 1305-1313, 2012.

TESTEZLAF, R. Filtros de areia aplicados à irrigação localizada: teoria e prática. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 28, n.3, p. 604-613, 2008.

TONETTI, A. L.; FILHO, B. C.; STEFANUTTI, R.; FIGUEIREDO, R. F. O emprego do filtro de areia no pós-tratamento de efluente de filtro anaeróbio. Sanare. **Revista técnica da Sanepar**. Curitiba, v. 21, n° 21, p. 42-52. 2004

TONETTI, A. L.; FILHO, B.C.; NICOLAU, C. E.; BARBOSA, M.; TONON, D. Tratamento de esgoto e produção de água de reúso com emprego de filtros de areia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.17, n. 3, p. 287-294. 2012.

TORMENA, C.A. e SILVA, A.P. e LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.573-581, 1998.

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Atributos químicos e físicos de um solo tratado com biossólido industrial e cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n.3, p. 223-230, 2008.

TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S.; DIAS, N. S. Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 317-376, 2011.

TSAGARAKIS, K. P.; DIALYNAS, G. E.; ANGELAKIS, A. N. Water resources management in Crete (Greece) including water recycling and reuse and proposed quality criteria. **Agricultural Water Management**. v. 66, p. 35-47, 2004.

UCHOA, S. C. P.; IVANOFF, M. E. A.; ALVES, J. M. A.; SEDIYAMA, T.; MARTINS, S. A. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção de cultivares de girassol. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 1, p. 8-15, 2011.

UHDRE, R. S.; MANNINGEL, A. R.; ECKER, A. E. A.; SORACE, M.; CASTALDO, J. H.; NOLLA, A. Cultivation of Helianthus annuus L. cv. Sunflower Dwarf with silicon application. **Scientific Electronic Archives**, v. 10, n. 2, p. 64-67, 2017.

UNGARO, M. R. G.; CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B.; BARNI, N. A.; RAMOS, N. P.; SENTELHAS, P. C. **Girassol no Brasil**. Capítulo 12, 1982.

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

VAN GUENUTCHEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

VIANA, T. V. A.; LIMA, A. D.; MARINHO, A. B.; DUARTE, J. M. L.; AZEVEDO, B. M.; COSTA, S. C. Lâminas de irrigação e cobertura do solo da cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 126-136, 2012.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Volume 1. 3ª edição. Editora DESA – UFMG. Belo Horizonte. 2005.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for use of wastewater in agriculture and aquaculture.** Technical Report Series. 778. WHO, 1989, Geneva.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciências do Solo.** v. 34, p. 425-433, 2010.