



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**JUAREZ CASSIANO DE LIMA JUNIOR**

**DESENVOLVIMENTO E POTENCIAL PRODUTIVO DO MARACUJAZEIRO  
AMARELO IRRIGADO COM LÂMINAS DE ÁGUA RESIDUARIA E DE POÇO**

**FORTALEZA**

**2017**

JUAREZ CASSIANO DE LIMA JUNIOR

DESENVOLVIMENTO E POTENCIAL PRODUTIVO DO MARACUJAZEIRO  
AMARELO IRRIGADO COM LÂMINAS DE ÁGUA RESIDUARIA E DE POÇO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Manejo Sustentável de Solo e Água.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra

Coorientador: Prof. Dr. Cley Anderson Silva de Freitas

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

L698d Lima Junior, Juarez Cassiano de.  
DESENVOLVIMENTO E POTENCIAL PRODUTIVO DO MARACUJAZEIRO AMARELO  
IRRIGADO COM LÂMINAS DE ÁGUA RESIDUARIA E DE POÇO / Juarez Cassiano de Lima Junior. –  
2017.  
74 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra.  
Coorientação: Prof. Dr. Cley Anderson Silva de Freitas.

1. Efluente. 2. Agricultura irrigada. 3. Passiflora Edulis Sims. 4. Química do Solo. I. Título.

CDD 630

---

JUAREZ CASSIANO DE LIMA JUNIOR

DESENVOLVIMENTO E POTENCIAL PRODUTIVO DO MARACUJAZEIRO  
AMARELO IRRIGADO COM LÂMINAS DE ÁGUA RESIDUARIA E DE POÇO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Manejo Sustentável de Solo e Água.

Aprovado em 22/02/2017.

BANCA EXAMINADORA

---

Francisco Marcus Lima Bezerra (orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Cley Anderson da S. de Freitas (coorientador)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFCE)

---

Jaedson Cláudio Anunciato Mota (membro)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Francisco Dirceu Duarte Arraes (membro)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IF-SERTÃO)

---

José Adeílson M. do Nascimento (membro)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFCE)

Aos meus pais Juarez e Mariana.

Aos meus irmãos Giancarlo e Caio Victor

## AGRADECIMENTOS

A Deus por toda força, paz e coragem para trilhar mais essa jornada em minha vida.

A toda minha família, em especial, meus pais Juarez e Mariana, por toda educação, dedicação e carinho que tornaram possível minha passagem pela pós graduação.

A Anna Hozana pelo incentivo, paciência e amor que me concede todos os dias.

Aos professores Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra e Dr. Cley Anderson Silva de Freitas pela orientação, paciência e ensinamentos que me tornaram capaz de realizar esse trabalho, além da confiança depositada em minha pessoa.

Ao Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, bem como a todos os professores e funcionários que o compõem, em especial o professor e amigo Dr. Jaedson Mota, o secretário Sr Edilson e a Dona Helena pelo excelente café.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, *campus* Tianguá pelo apoio, especialmente os Professores Dr. José Adeílson e Dr. Clemilton, e aos demais que formaram a equipe que tornaram exequível essa pesquisa: Lucas, Bruno, Renata, Daniele, Noberto, Alisson, Jefte e todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização desse trabalho.

Aos professores Dr. Francisco Dirceu e Dr. Alexandre Reuber pela amizade e ajuda me concedida durante essa jornada.

Aos meus amigos de turma Luis Felipe, Rafaela Batista, Alan Vaz e Isabela Cunha, pelas risadas, estudos em grupo e pelo companheirismo firmado desde os primeiros dias de aula.

Aos demais amigos Universidade Federal do Ceará: Márcio Godofrêdo, Cillas Policarto, Cleiton Saialy, Thiago Leite, Gleiciane da Silva, Carla Danielle, Daniel Pontes, Eduardo Monteiro, Carlos Eduardo, Jordânia Pereira e Léa Moraes pelo companheirismo e risadas de cada dia.

Aos companheiros de morada do cassino 25: Kleber Macêdo, Thayslan Renato, José Brasil e Eldir Bandeira pelas brincadeiras e parceria, ressaltando agradecimento especial a Paulilo Palácio e Emanuel Firmino que me receberam de portas abertas na minha chegada a Fortaleza.

## RESUMO

Objetivou-se avaliar o desenvolvimento vegetativo e a produtividade do maracujazeiro amarelo, bem como as alterações químicas proporcionadas no solo em função de diferentes níveis de reposição da evapotranspiração da cultura, utilizando efluente de esgoto doméstico tratado como fonte hídrica alternativa. Um experimento foi conduzido no município de Tianguá, Ceará, como estratégia experimental os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso com um esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de duas fontes hídricas (efluente de esgoto doméstico tratado e água de poço) e as subparcelas lâminas de irrigação baseadas em 50; 75; 100; 125 e 150% da evapotranspiração da cultura. O aumento da disponibilidade hídrica proporcionou incrementos nas variáveis vegetativas, em que o diâmetro basal sofreu influência da fonte hídrica, apresentando seu maior valor com a utilização de esgoto doméstico tratado na irrigação. Já a variável número de folhas não apresenta diferença significativa em função dos tipos de água. Ambas as variáveis se ajustaram de melhor forma a uma equação polinomial quadrática, no último período de avaliação. Os índices de clorofila não apresentam diferenças em função de nenhum dos tratamentos. A produtividade média do maracujá amarelo também não apresentou diferença significativa em função das fontes hídricas, embora tenham se comportado de forma diferente, em que os dados de produção obtidos com a utilização de água de poço se ajustaram melhor a uma equação polinomial quadrática, já os obtidos com a produção do maracujazeiro irrigado com esgoto doméstico apresentaram comportamento linear. Quanto ao solo, à irrigação com efluente de esgoto doméstico não causou prejuízos às características químicas, no entanto, caso o período chuvoso da região apresente precipitações pluviométricas abaixo da média, faz-se necessário uma lavagem do solo, a fim de se manter níveis toleráveis de sodicidade.

**Palavras chave:** Efluente. Agricultura irrigada. *Passiflora Edulis Sims*. Química do solo.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the vegetative development and productivity of yellow passion fruit as well as disposable chemicals in the soil as a function of different levels of crop evapotranspiration replacement, using domestic sewage treated as an alternative water source. The experiment was conducted in the city of Tianguá, state of Ceará. The experimental strategy consisted of three replicates of a split-plot randomized block design. The plots consisted of two water sources (treated sewage effluent and well water) and the subplots received irrigation slides based on 50; 75; 100; 125 and 150% of crop evapotranspiration. The increase in water availability provided increments in plant variables. Basal diameter was influenced by the water source, presenting its highest values in the cases that it was irrigated with domestic sewage treated. On the other hand, a variable number of leaves did not differ significantly on any type of water. The best fitting equation for both variables was the quadratic polynomial equation, for the data of the last evaluation period. The chlorophyll indices do not differ between any of the treatments. The average productivity of yellow passion fruit also did not differ significantly on any of water sources although they behaved differently. On the one hand, the production data obtained with the use of well water were better fit to a quadratic polynomial equation, whereas those obtained with the production of passion fruit with domestic sewage showed a linear behavior. As regards the soil, irrigation with domestic sewage effluent treated did not cause damages to the chemical characteristics. However, if the rainy season of the region presents below-average rainfall, soil washing is necessary in order to maintain tolerable levels of sodicity.

**Keywords:** Effluent. Irrigated agriculture. *Passiflora Edulis Sims*. Soil chemistry.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização do município de Tianguá .....	25
Figura 2 - Perfil instantâneo, (a) início da escavação para instalação de lonas laterais, (b) instalação dos tensiômetros, (c) perfil instalado e (d) leitura da altura da coluna de mercúrio, Tianguá - CE, 2016.....	27
Figura 3 - Solo da área experimental arado (a), espaladeiras instaladas (b), abertura de covas (c) e aplicação de esterco bovino (d), Tianguá - CE, 2016.....	28
Figura 4 - Aplicação de ureia (a), mudas de maracujazeiro amarelo (b), transplântio em local definitivo (c e d), Tianguá - CE, 2016.....	29
Figura 5 - Retirada dos drenos laterais (a) e tutoramento das plantas (b), Tianguá - CE, 2016 .....	30
Figura 6 - Identificação de antracnose (a) e de pragas (b), aplicação de defensivos agrícolas durante período vegetativo (c) e de produção (d), Tianguá-CE, 2016.....	30
Figura 7 - Estação de tratamento e área experimental.....	31
Figura 8 - Croqui da área experimental com dois tipos de água (reúso e poço) e lâminas de irrigação, Tianguá-CE, 2016.....	32
Figura 9 - Medição da evaporação do tanque classe A (ECA), Tianguá – CE, 2016 .....	33
Figura 10 - Precipitação pluviométrica mensal registrada durante condução do experimento no período de julho de 2015 a julho de 2016, Tianguá-CE, 2016.....	35
Figura 11 – Medição de diâmetro basal na cultura do maracujazeiro amarelo, Tianguá-CE, 2016 .....	36
Figura 12 - Pesagem (a) e Medição de diâmetro e comprimento médio (b), Tianguá-CE, 2016 .....	36
Figura 13 - Comportamento do número de folhas em função da disponibilidade hídrica e período de avaliação, Tianguá – CE, 2016 .....	39
Figura 14 - Diâmetro basal (DB) em função dos tipos de fontes hídricas e lâminas de irrigação. Tianguá – CE, 2016 .....	40
Figura 15 - Análise de regressão para estimativa dos valores máximos de clorofila <i>a</i> da cultura do Maracujá, irrigado com água residuária e de poço, Tianguá – CE, 2016 .....	45
Figura 16 - Análise de regressão para estimativa dos valores máximos de clorofila <i>b</i> da cultura do Maracujá, irrigado com água residuária e de poço, Tianguá – CE, 2016 .....	46
Figura 17 - Percentual de produção do maracujazeiro amarelo em função das lâminas aplicadas e fontes hídricas (a) esgoto doméstico tratado, (b) água de poço, no período de dezembro de 2015 a julho de 2016, Tianguá-CE. ....	47
Figura 18 - Análise de regressão para estimativa dos valores máximos de número de frutos da cultura do Maracujá, em um período de dezembro de 2015 a Julho de 2016, irrigado com água residuária e de poço submetidas a diferentes lâminas. ....	48

Figura 19 - Análise de regressão para estimativa dos valores de potencial produtivo para a cultura do Maracujá, em um período de dezembro de 2015 a Julho de 2016, irrigado com água residuária e de poço submetidas a diferentes lâminas, Tianguá – CE, 2016.....	52
Figura 20 - Condutividade elétrica e pH do solo nos períodos anterior e posterior ao experimento, em diferentes profundidades e lâminas de esgoto doméstico tratado, Tianguá – CE, 2016 .....	54
Figura 21 - Níveis de cálcio, magnésio, potássio e sódio do solo nos períodos anterior e posterior ao experimento, em diferentes profundidades e lâminas de esgoto doméstico tratado, Tianguá – CE, 2016 .....	55
Figura 22 - Porcentagem de Sódio Trocável (PST) do solo nos períodos anterior e posterior ao experimento, em diferentes profundidades e lâminas de esgoto doméstico tratado, Tianguá – CE, 2016 .....	57
Figura 23 - Hidrogênio, alumínio e soma de bases (SB) do solo nos períodos anterior e posterior ao experimento, em diferentes profundidades e lâminas de esgoto doméstico tratado, Tianguá – CE, 2016 .....	58
Figura 24 - Quantidade de fósforo assimilável no solo após o experimento em função das diferentes profundidades e lâminas de irrigação, Tianguá – CE, 2016 .....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do solo antes do experimento, Tianguá - CE, 2016	26
Tabela 2 - Recomendação de adubação para a cultura do maracujá	28
Tabela 3 - Condutividade elétrica (CE), pH, concentrações de cálcio, magnésio, cloretos, potássio, fosforo, sódio e amônia total na água de reúso utilizada na irrigação.	32
Tabela 4 - Valores médios dos coeficientes de cultivo (Kc) do maracujá nos estádios fenológicos, obtidos pelas ETo do tanque classe A, na região do Vale do Curu, Pentecoste - CE, 2005	34
Tabela 5 - Análise de variância para número de folhas (NF) e diâmetro basal (DB), sob lâminas de irrigação com água e efluente doméstico, Tianguá – CE, 2016	38
Tabela 6 - Análise de variância para clorofilas <i>a</i> (CLa) e <i>b</i> (CLb) sob diferentes lâminas de irrigação com água e efluente doméstico, em diferentes tempos de avaliação.	42
Tabela 7 - Aporte de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e sódio em função das diferentes lâminas da água de esgoto doméstico tratado, Tianguá – CE, 2016	43
Tabela 8 - Médias das leituras do sensor falker® de Índices de Clorofila Falker® nas interações entre tratamentos de quantidades e tipos de água <sup>1</sup> , Tianguá – CE, 2016	47
Tabela 9 - Análise de variância para número de frutos (NFR), massa de frutos (MFR), diâmetro de frutos (DFR), comprimento de frutos (CFR) e potencial produtivo (PP) da cultura do maracujazeiro sob lâminas de irrigação com água e efluente doméstico, Tianguá – CE, 2016	47
Tabela 10 - Massa média do fruto (MFR) em função dos tipos de fontes hídricas e lâminas de irrigação, no período de dezembro de 2015 a julho de 2016. Tianguá - CE, 2016	50

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
2	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
2.1	<b>A CULTURA DO MARACUJÁ AMARELO E SUA PRODUÇÃO</b> .....	15
2.2	<b>ÁGUA DE REÚSO</b> .....	17
2.2.1	Tratamento.....	18
2.2.2	Legislação e classificação para água residuária .....	18
2.2.3	Vantagens .....	19
2.2.4	Desafios e desvantagens.....	20
2.2.5	Quanto à saúde pública.....	21
2.3	<b>IRRIGAÇÃO</b> .....	22
3	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	25
3.1.	<b>LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO</b> .....	25
3.2	<b>SOLO</b> .....	25
3.3	<b>PREPARO DA ÁREA E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO</b> .....	28
3.4	<b>ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO</b> .....	30
3.5	<b>DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E IRRIGAÇÃO</b> .....	32
3.6	<b>VARIÁVEIS AVALIADAS</b> .....	35
3.6.1	Na planta.....	35
3.6.1.1	Desenvolvimento vegetativo .....	35
3.6.1.2	Frutos e potencial produtivo.....	36
3.6.2	No Solo.....	37
3.7	<b>ANÁLISES ESTATÍSTICAS</b> .....	37
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	38
4.1	<b>DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E TEORES DE CLOROFILA</b> .....	38
4.2	<b>PRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS FRUTOS</b> .....	46
4.3	<b>CARACTERÍSTICAS DO SOLO ANTES E APÓS O FINAL DO EXPERIMENTO</b> .....	52
5	<b>CONCLUSÃO</b> .....	62
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	63

## 1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis Sims*) é uma planta originária de regiões com clima tropical, sendo o Brasil é local originário de várias espécies da família Passifloraceae, destacando-se desde a década de 90 como maior produtor em escala mundial, a produção média brasileira no período de 2010 a 2015 foi de 829.589 Mg ano<sup>-1</sup>. No ano de 2015, o Brasil produziu 624.539 Mg, em que a Região Nordeste contribuiu com 65%; o Ceará com 13,50%, onde a região da Ibiapaba com 11%, onde o município de Tianguá participou com 1,8% da produção nacional.

O crescente consumo interno do maracujá é motivação para o aumento de sua área cultivada. Por sua vez a expansão agrícola, principalmente no nordeste brasileiro, depende diretamente da irrigação, em função dessa região possuir altas taxas de evapotranspiração e uma má distribuição temporal de chuvas. A agricultura irrigada propicia bons rendimentos, mas por sua vez, demanda grande quantidade de água (70% da água é consumida na agricultura), sendo esse o recurso mais escasso na região.

Em função do aumento das áreas cultivadas e da escassez de água seja pela qualidade e/ou quantidade, se faz necessário o aprimoramento do manejo de irrigação bem como a utilização de fontes hídricas alternativas como esgoto doméstico tratado, visto que, a agricultura é o setor que mais consome esse insumo. Com isso, o manejo racional da irrigação na agricultura, bem como a reutilização da água na produção agrícola e indispensável para a sustentabilidade na produção agrícola.

Por sua vez, a quantidade de efluente doméstico apresenta aumento crescente, sendo assim pode ser visto como fonte hídrica alternativa para a agricultura, sobretudo, apresentam como vantagem substituição de águas de melhor qualidade, viabilizando a sua utilização para o atendimento de outras demandas.

A utilização de Efluente Doméstico Tratado (EDT) tem sido abrangente, hoje Israel reutiliza 75% dos efluentes gerados, contra menos de 15% em países como Espanha, Austrália, Itália e de forma geral menos de 1% na Europa. Enfatizando que a utilização de reúso de águas domésticas tratadas é de suma importância no planejamento e gestão dos recursos hídricos, surgindo como alternativa mitigatória dos efeitos da seca em locais de climas áridos e semiáridos, como no Nordeste brasileiro.

Dentre os muitos benefícios proporcionados pela utilização de efluente doméstico na irrigação, destacam-se: (i) Substituição parcial de fertilizantes, em função da constituição do efluente (água e nutrientes); (ii) Redução da quantidade de efluente lançado diretamente

em corpos hídricos; (iii) Economia de água de melhor qualidade. Embora seja fato, que existem vantagens relacionadas ao uso efluente doméstico na agricultura, também há desafios, diversos autores advertem a possível existência de patógenos no esgoto tratado, e sua utilização de forma negligente por ocasionar sérios riscos à saúde humana.

Diante do exposto, esse trabalho partiu da hipótese de que a utilização da água residual na agricultura irrigada é viável para o desenvolvimento e produtividade do maracujazeiro amarelo, e que, a redução da lâmina de irrigação mostra a viabilidade de produção em condições de estresse hídrico. Sendo assim, os objetivos do presente trabalho são: (i) avaliar e quantificar o efeito do reúso de água aplicando diferentes lâminas de irrigação no desenvolvimento vegetativo e rendimento produtivo do maracujazeiro amarelo; (ii) avaliar os atributos químicos do solo, como macronutrientes, pH e CE antes e depois da irrigação com esgoto doméstico tratado, nas profundidades de 0 -20; 20 - 40 e 40 - 60 cm.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A Cultura do maracujá amarelo e sua produção

O maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) é uma planta que pertence à família *Passifloraceae*, gênero *Passiflora*, com aproximadamente 430 espécies descritas. São plantas com hábito trepador, herbáceo e/ou lenhoso e com crescimento vigoroso e contínuo. O sistema radicular é do tipo axial, com cerca de 70 a 85% das ramificações concentradas entre as profundidades de 15 a 45 cm. O fruto tem formato variado, podendo ser globoso, ovóide e piriforme, com peso variando de 30 a 300 g. A polpa do fruto é mucilaginosa com coloração amarelada à laranjada (BRUCKNER; PICANÇO, 2001). As flores se abrem, geralmente, de 11:00 as 13:00 horas, horário limite para que ocorra a polinização. O principal agente polinizador é a abelha mamangava (*Xilocopa* spp.). Na ausência ou pouca presença dessa espécie de abelhas, deve-se adotar polinização artificial, principalmente em sistemas de cultivo comercial.

O ciclo da cultura, segundo Maciel *et al.* (1994) é dividido em quatro estádios de desenvolvimento: O primeiro é a fase embrionária, a planta apresenta um hipocótilo ereto, duas folhas cotiledonares e um epicótilo pouco visível. O segundo é uma fase juvenil ou fase de crescimento inicial, apresentando um caule cilíndrico com entrenós curtos, folhas simples dispostas em filotaxia 2/5, com a presença de uma gema axilar, encerrando com o aparecimento das primeiras folhas lobadas e gavinhas. A terceira fase é uma fase de transição, caracterizada pelo crescimento vegetativo apical e pelas mudanças fisiológicas e morfológicas com o aumento do comprimento dos entrenós. O crescimento vegetativo lateral, também caracterizado como fase de transição, corresponde ao desenvolvimento de dois ramos laterais, de onde surgem os ramos produtivos. Nesta fase, a partir do 11º nó, entre a base e a gema axilar, dá-se início ao aparecimento de gavinhas em todos os nós, ocorrendo também o surgimento das primeiras folhas trilobadas; Com o aparecimento de botões florais e flores nos ramos principal e lateral, inicia-se a fase adulta da cultura (quarta fase) que ocorre até a paralisação do florescimento e frutificação, em função da redução da temperatura e do fotoperíodo.

A cultura do maracujazeiro, apesar de ser considerada uma espécie tropical, desenvolve-se em condições climáticas variáveis, desde as regiões quentes dos trópicos até locais com clima subtropical. O maracujazeiro amarelo se desenvolve bem em temperaturas

médias mensais entre 21 e 32 °C, precipitação pluviométrica anual entre 800 e 1750 mm, baixa umidade relativa, fotoperíodo em torno de 11 horas e ventos moderados (BRUCKNER; PICANÇO, 2001). Dos fatores climáticos a radiação solar, o número de horas de brilho solar e a temperatura do ar são os que mais limitam a produtividade do maracujazeiro. Fatores como dias curtos, baixas temperaturas do ar e do solo, estresse hídrico e baixo nível de nitrogênio nas folhas restringem o desenvolvimento e potencial produtivo do maracujazeiro amarelo (MENZEL *et al.*, 1986; SIMON; KARNATZ, 1983).

O maracujá amarelo está entre as espécies mais produzidas no Brasil e no mundo, sendo o seu nome proveniente do vocabulário tupi ‘maracuiá’, que significa comida preparada em cuia (RUGGIERO, 1973). O país produz essa cultura em escala comercial desde 1970, desde então esse cultivo vem aumentando em todos os estados da federação (LIMA *et al.*, 2004), embora a não redução de problemas fitossanitários tenha contribuído nos últimos anos, para a redução da vida útil dos novos plantios, sendo que nos anos de 2010 e 2011 chegou-se a produzir mais de 920.000 Mg, em quanto que no ano de 2015, a produção chegou a 694.539 (IBGE, 2016).

Para a produção rural o maracujá apresenta-se como uma fonte de renda bastante viável, em função da sua fácil comercialização e por ser considerada uma cultura de fácil manejo, quando comparada a outras frutíferas. Assim, o maracujá é uma cultura originária de regiões com clima tropical, sendo de grande importância econômica, em que o Brasil é berço de várias espécies da família Passifloraceae e o maior produtor desse fruto, desde a década de noventa (RODOLFO JUNIOR *et al.*, 2008; EMBRAPA, 2015).

A produção média brasileira no período de 2010 a 2015 foi de 829.589 Mg ano<sup>-1</sup>. No ano de 2015 o Brasil produziu 694.539 Mg, em que a região nordeste contribuiu com 450.000 Mg (65%), o Ceará com 93.000 Mg (13,5 %), a região da Ibiapaba com 75.836 Mg (11%) onde o município de Tianguá produziu 12.240 Mg (1,8% da produção nacional) (IBGE, 2016). No estado do Ceará a produção anual já chegou a atingir mais de 180.000 Mg, sendo que a região da Serra da Ibiapaba foi a principal responsável, onde cidades como Tianguá, chegaram a produzir 24.000 Mg no ano de 2011.

O aumento do consumo interno do maracujá *in natura* e do suco processado anualmente tem motivado a expansão da área cultivada do maracujazeiro (PIMENTEL *et al.*, 2009). Contudo, a falta de investimento, o baixo emprego de tecnologia de produção e as restrições hídricas, refletem no baixo rendimento das culturas, visto que o incremento das áreas produtivas não tem acompanhado os avanços tecnológicos da cultura, uma vez que a

produtividade média nacional está abaixo do potencial produtivo do maracujazeiro, que é de 40 a 45 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (FREIRE *et al.*, 2011). O período de cinco anos (2012 a 2016) com chuvas abaixo das médias esperadas na região nordeste, tem influência direta na diminuição da produção nacional.

Dentre os estados brasileiros, o destaque é a Bahia, o principal produtor com 297.328 Mg produzidas em 2015, seguida por Ceará, Pará, Espírito Santo, e Minas Gerais (SIDRA/IBGE, 2016). Como já foi citado, o Brasil, é o maior produtor mundial de maracujá, juntamente com países como Peru, Venezuela, África do Sul, Sri Lanka, Austrália, Nova Guiné, Ilhas Fiji, Havaí, Formosa, Quênia que já foram responsáveis por aproximadamente 80% a 90% da produção mundial (REITER; HEIDEN, 1998).

## **2.2 Água de reúso**

A degradação e desequilíbrio ambiental em conjunto com os processos de desertificação decorrentes da escassez de água são motivos de preocupação em todo o planeta. A escassez de água não se dá apenas quando não se tem água em quantidade, mas também em qualidade, consequência do aumento da demanda (populacional, agrícola e industrial), e da poluição das fontes hídricas existentes (TUCCI, 2007). Desta maneira, tem se questionado a forma do tratamento dos esgotos e sua reutilização, sendo que não existe uma forma padronizada utilizada globalmente em todos os países, em que o melhor método é escolhido em função da área disponível e condições climáticas de cada região.

A reutilização de águas há várias décadas vem sendo uma prática comum em países como Egito, Austrália, Arábia Saudita, Tunísia, Chile e Israel (HESPANHOL, 2002). Em Israel o efluente de esgoto doméstico tratado (EDT) é considerado como parte efetiva dos recursos hídricos nacionais a mais de quarenta anos, oposto aos países citados anteriormente, e incluindo também o Brasil, onde o EDT pode ser considerado um recurso hídrico “complementar”, substituindo parcialmente as águas de melhor qualidade, quando estas se tornarem fator limitante, apresentando como umas das principais vantagens a utilização de águas de melhor qualidade para os fins mais nobres, como o consumo humano (RODRIGUES, 2005).

### 2.2.1 Tratamento

Para que seja utilizado de forma segura na produção agrícola, o esgoto doméstico deve ser tratado. O tratamento consiste em estabilizar e transformar a matéria orgânica de um efluente em inorgânica e em remover os microorganismos. Como dito anteriormente, não existe um sistema de tratamento padrão a ser utilizada, a escolha do tipo de tratamento dependerá das disponibilidades de área, clima favorável, características do esgoto, da qualidade requerida pela utilização do efluente, capacidade do corpo receptor e da legislação local. No nordeste brasileiro, em função da disponibilidade de área e a elevado fotoperíodo anual, recomenda-se sistemas de ação biológica, como as lagoas de estabilização (PIMENTA *et al.*, 2002).

O sistema de lagoas em serie apresenta varias vantagens como, demanda pouca atenção operacional, robustez que tem se mostrado capaz de suportar elevados picos de contribuição e períodos longos de inatividade, sem prejuízos em sua eficiência, sistema econômico que requer pouca e/ou nenhuma energia (quando utiliza o desnível topográfico para conduzir os líquidos). Entretanto, este sistema também apresenta desvantagens como: requerimento de clima e relevo adequado, elevada área, possibilidade de contaminação de águas subsuperficiais, emissão de gases causadores do efeito estufa (FEIDEN, 2008).

### 2.2.2 Legislação e Classificação para água residuária

Dentre as normatizações da PORTARIA N.º154/2002, o Art. 6º trata sobre a utilização de efluentes de origem doméstica em atividades agrônomicas (irrigação e drenagem, dessedentação de animais e aquicultura) que deverá obedecer aos seguintes limites:

I – Atividades Tipo 1: Irrigação de vegetais ingeridos crus e sem remoção de película, dessedentação de animais e aquicultura, conforme se segue:

- a) Coliformes termotolerantes < 1000 CF 100 mL<sup>-1</sup>.
- b) Ovos de geohelminhos < 1 ovo L<sup>-1</sup> de amostra.
- c) Condutividade elétrica < 3000µS cm<sup>-1</sup>

II – Atividades Tipo 2 : aquelas não referidas no inciso anterior, conforme se segue:

- a) Coliformes termotolerantes < 5000 CF 100 mL<sup>-1</sup>.
- b) Ovos de geohelminhos < 1 ovo L<sup>-1</sup> de amostra.
- c) Condutividade elétrica < 3000µS cm<sup>-1</sup>

§1º Os limites da alínea “a”, dos incisos I e II serão auferidos pela média geométrica de amostras coletadas durante 5 (cinco) semanas consecutivas.

§2º Os limites da alínea “b”. dos incisos I e II, serão auferidos pela média aritmética de amostras coletadas durante 5 (cinco) semanas consecutivas.

### 2.2.3 Vantagens

A substituição parcial da aplicação dos fertilizantes, redução da quantidade de efluente lançado diretamente nos corpos hídricos e economia de água de melhor qualidade, viabilizando o seu uso para o atendimento de outras demandas estão entre os muitos benefícios proporcionados pela utilização de efluente doméstico na irrigação (OLIVEIRA *et al.*, 2014). A redução dos impactos ambientais também é outra realidade do reúso, uma vez que os nutrientes presentes (como o nitrogênio) podem contaminar os aquíferos, provocando o desequilíbrio ambiental. Este problema é minimizado na irrigação das culturas agrícolas, já que as plantas requerem grande quantidade de nutrientes, e grande parte destes elementos são retirados da água de reúso, funcionando como uma espécie de filtro ecológico. Desta forma, além de minimizar os impactos ambientais, o reúso de água na agricultura pode reduzir os custos com fertilizantes químicos (RAMOS, 2007).

Deon (2010), avaliando a disponibilidade de nutrientes nas camadas do solo (da superfície até 100 cm de profundidade) constatou que a lâmina de irrigação de 1091,6 mm com esgoto doméstico tratado pode fornecer até 163 kg ha<sup>-1</sup> de N, 14 kg ha<sup>-1</sup> de P, 145 kg ha<sup>-1</sup> de K, 80 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 28 kg ha<sup>-1</sup> de Mg, 207 kg ha<sup>-1</sup> de S, 0,45 kg ha<sup>-1</sup> de B, 0,07 kg ha<sup>-1</sup> de Cu, 0,25 kg ha<sup>-1</sup> de Fe e 0,18 kg ha<sup>-1</sup> de Mn, relevando as vantagens agronômicas e ambientais.

Incrementos em variáveis de crescimento e produção são atrativos para a utilização do EDT na agricultura irrigada, Rego *et al.* (2005) e Freitas *et al.* (2012), em experimentos com a utilização de água residuária na irrigação de melancia e cana de açúcar, respectivamente, obtiveram resultados satisfatórios. Ainda segundo os autores citados anteriormente, a irrigação com EDT na cultura da melancia supri as necessidades nutricionais da planta, reduzindo os custos com fertilizantes, além da não utilização de água de poço. Para a cultura da cana de açúcar a reutilização de água proporciona incrementos nas variáveis vegetativas.

Outro atrativo para a reutilização da água está na quantidade disponível. Considerando um consumo médio per capita para o estado do Ceará de  $128 \text{ L hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (BRASIL, 2014). Desta forma, uma pequena cidade com 10.000 habitantes poderia produzir efluente suficiente para irrigar uma área de 43 ha, considerando um consumo hídrico diário de aproximadamente 3 mm de água pela cultura.

#### 2.2.4 Desafios e desvantagens

Embora o reúso de água seja uma estratégia hídrica já utilizada por vários países, há desafios que devem ser constantemente pesquisados para que este recurso possa ser utilizado de forma segura na produção agrícola.

O lançamento excessivo de efluentes “in natura” nos recursos hídricos resulta em impactos significativos ao ambiente. A matéria orgânica presente nos dejetos, ao entrar em um sistema aquático, leva a uma grande proliferação de bactérias aeróbicas, provocando o consumo de oxigênio dissolvido, que pode se reduzir a um valor muito baixo, gerando impactos à vida aquática aeróbica, podendo ocorrer a eutrofização dos mananciais, agravando do problema de escassez de água potável. Estima-se que 80% de todas as moléstias e mais de um terço dos óbitos dos países em desenvolvimento sejam causados pelo consumo de água contaminada (MORAES; JORDÃO, 2002).

Mesmo tratado, o lançamento excessivo de esgoto sobre os corpos hídricos pode causar poluição (MOTA; SPERLING, 2009). Este problema pode se agravar nas regiões semiáridas, em que nos períodos de estiagem os rios sazonais secam, permitindo que parte da água presente na composição do esgoto infiltre, aumentando a concentração da matéria orgânica e minerais do efluente.

Dentre os cuidados que se devem ter quanto à utilização de esgotos domésticos na irrigação pode-se citar: o aumento de pH, a presença considerável dos íons cloreto e sulfato que, associados ao sódio, são potenciais causadores de salinização do solo. Desta forma, o controle da salinização e da sodificação deve ser considerado imprescindível para a prática de irrigação com esgoto tratado. Outra atenção deve-se aos metais pesados tóxicos (Cd, Pb e Ni), que embora se encontrem geralmente em baixa concentração na maioria dos esgotos tratados e não pareçam representar maiores problemas para a utilização de tais efluentes na irrigação, devem ser monitorados para garantir a sustentabilidade ambiental da prática (MOTA; SPERLING, 2009).

As concentrações elevadas de sódio (Na) na água de irrigação, decorrentes da própria dieta humana e da intensa utilização dos produtos de limpeza, acompanhadas de baixas concentrações de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) representam elevadas razões de absorção de sódio (RAS), diminuindo a qualidade física do solo por causa da dispersão das argilas e obstrução dos poros do solo (MEURER, 2004; MOTA; SPERLING, 2009).

Algumas técnicas de reversão de sodicidade, em relação aos solos, são consideradas auxiliares. As seguintes técnicas: drenagem, aração, aplicação de resíduos orgânicos, sistematização e nivelamento, agem indiretamente sobre algumas propriedades do solo que facilitam a recuperação. No processo de recuperação, geralmente são utilizadas de forma sucessiva e simultânea (PEDROTTI *et al.*, 2015).

#### 2.2.5 Quanto à saúde pública

Atualmente pequenas áreas de produção agrícola, localizadas a jusante da estação de tratamento esgoto (ETE) da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) de Tianguá - CE, utilizam o esgoto tratado na produção agrícola. Porém, a falta de conhecimento por parte dos produtores e instrução quanto ao uso desta fonte hídrica, contrariando a legislação estadual (PORTARIA N.º154/2002). O sistema de irrigação por microaspersão, utilizado por agricultores locais, compromete a saúde dos consumidores, haja vista que o esgoto doméstico é lançado diretamente nas folhas dos vegetais a serem ingeridos crus e sem remoção de película.

Embora sejam escassos os trabalhos relacionados à contaminação por doenças infecciosas por irrigantes que entram em contato prolongado e direto com esgoto doméstico tratado, diversos tipos de patógenos são encontrados em efluentes domésticos como bactérias, parasitas e vírus (HUTTON; HALLER, 2004). Mesmo assim, segundo Toze (2006), não há risco de contaminação dos produtores agrícolas que utilizam o esgoto doméstico tratado para a irrigação devido à baixa disponibilidade destes contaminantes.

Outra barreira a ser quebrada é o preconceito e a dificuldade de aceitação da sociedade quanto ao uso do efluente, principalmente na produção agrícola. Segundo Mota *et al.* (2013), iniciativas para o uso racional da água se constituem em elementos fundamentais em qualquer planejamento de conservação, pois atua de forma direta na disponibilidade deste recurso natural para atender o crescimento da população, implantação de novas indústrias e na preservação do ambiente.

## 2.3 Irrigação

Em se tratando de tecnologias, a irrigação, quando corretamente aplicada, evita restrições hídricas nas culturas, ocasionadas pela má distribuição de chuvas, principalmente na região nordeste do Brasil, sendo altamente recomendada por influenciar direta e positivamente a produtividade. Além de propiciar aumento do rendimento agrícola, a prática da irrigação também possibilita a obtenção de mais de uma safra por ano. Desta forma, a irrigação tornou-se técnica fundamental para a produção agrícola não somente para as regiões semiáridas, mas para todas as regiões produtoras agrícolas (COSTA, 2003).

Embora a prática da irrigação seja fundamental para a produção agrícola, atualmente esta técnica tem sido considerada como um divisor de águas entre a sustentabilidade e o conflito social. Em face da grande demanda de água para irrigação, alguns países utilizam cerca de 80% desta demanda para produção agrícola, menos de 20% para a indústria e apenas 6% para o consumo doméstico (HESPANHOL, 2002). Além das pesquisas direcionadas a quantificar as necessidades hídricas das culturas agrícolas, o reúso de água também tem sido evidenciado como estratégia de fonte hídrica para produção agrícola.

A irrigação permite complementar ou até mesmo substituir totalmente a precipitação pluviométrica em períodos de estiagem, garantindo a produtividade agrícola e a fixação do homem no campo, possibilitando emprego permanente. Neste contexto, a irrigação passou a ser um valioso componente para tornar viável a agricultura, e de uma maneira peculiar nas regiões áridas e semiáridas, em que, as precipitações naturais não são distribuídas em quantidades suficientes para assegurar uma umidade no solo apropriada durante todo o ciclo das culturas (ACOSTA, 2009).

A aplicação de água no solo por gotejamento é um dos tipos de microirrigação. Esse termo é amplamente utilizado, por enfatizar que somente uma fração do volume de solo é molhada. O termo microirrigação é substituto da palavra em inglês *trickle*, por esta não poder ser traduzida diretamente para outros idiomas como português, francês e espanhol. (FRIZZONE *et al.*, 2012).

Ainda de acordo com Frizzone *et al.* (2012), a irrigação localizada possui as seguintes características: (i) aplicação de água com vazão baixa; (ii) tempo e frequência elevados; (iii) aplicação próxima ou dentro da zona radicular; (iv) sistemas com baixa pressão; (v) aplicação de água acima ou abaixo do nível do solo, sendo que ainda pode-se utilizar a água como veículo de fertilizantes e outros produtos químicos. Com isso pequenos

volumes de solo podem conter elevados graus de umidade, onde geralmente se encontra a zona radicular das plantas. É comum a aplicação de água e/ou solução com fertilizantes na forma de gotas, sub e/ou superficialmente (gotejamento), utilizando micro aspersores (microaspersão/difusão) ou em fluxo contínuo (bubbler), sendo mais facilmente encontrado sistemas com emissores instalados ao longo de uma tubulação, paralela à linha de plantas.

O bom aproveitamento dos fertilizantes pela planta depende muito da adequada disponibilidade de água. A absorção de alguns nutrientes é marcadamente prejudicada pela falta de água. Entretanto, o excesso de água pode elevar em demasia as perdas causadas pela lixiviação de nutrientes, tais como N ( $\text{NO}_3^-$ ) e K (RAIJ, 1991).

Na cultura do maracujazeiro, a falta de umidade no solo determina queda das folhas e dos frutos na fase inicial de desenvolvimento, e pode causar, na fase final de desenvolvimento, enrugamento em frutos verdes e grandes. O requerimento de água é elevado quando o fruto se encontra próximo da maturação. A deficiência hídrica durante o desenvolvimento do fruto pode levar a decréscimos no peso e no volume de polpa, murcha e, por fim, à queda dos frutos (TEIXEIRA, 1989). Quando manejada de forma correta a prática da irrigação pode prolongar o período de produção, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos frutos (RUGGIERO *et al.*, 1996).

O manejo da água é o condicionante para o sucesso ou o fracasso da agricultura irrigada. As pesquisas relacionadas ao manejo de irrigação, como a aplicação de diferentes lâminas de irrigação, podem determinar de forma prática e racional as necessidades hídricas das culturas (AZEVEDO; BEZERRA, 2008). A determinação *in loco* da quantidade de água que a cultura necessita para crescer e produzir dentro dos limites impostos por seu potencial genético é importante para manejo correto da irrigação, podendo ser recomendada para outras regiões com clima e solo semelhantes.

Lucas (2002) trabalhando com o maracujazeiro irrigado em Piracicaba-SP, constatou que sob irrigação suplementar de 118,5 mm somada à precipitação pluviométrica de 1.345,6 mm houve incremento da produção. Embora o uso da irrigação seja uma estratégia de se maximizar a produtividade agrícola a falta de conhecimentos técnicos tem sido questionada. De acordo com a Santana (2008), a agricultura irrigada, de uma maneira geral é praticada de maneira indiscriminada, com baixa eficiência na utilização da água. Acredita-se na carência de pesquisas que objetivem quantificar as necessidades hídricas das culturas, nas diversas condições edafoclimáticas e o não entendimento por parte dos produtores, das informações geradas com as pesquisas já realizadas.

Há fatores físicos, químicos e biológicos presentes no esgoto que podem promover a obstrução dos emissores, principalmente quando se utiliza de irrigação por gotejamento. A formação de depósitos gelatinosos, resultantes da interação entre mucilagens bacterianas e algas, tem sido o principal desafio no entupimento de gotejadores (RAVINA *et al.*,1997).

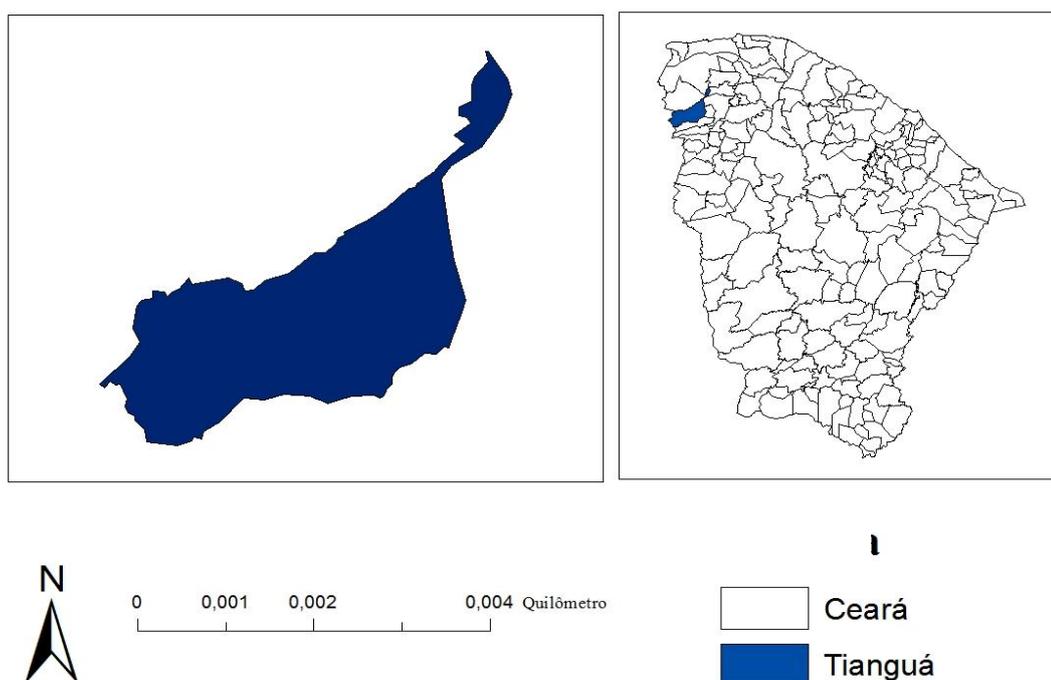
Segundo Batista; Souza e Ferreira (2010), a formação do biofilme no interior dos gotejadores acarreta mudanças no regime de escoamento e deposição de partículas sobre os mesmos. Ainda segundo os autores, com o aumento da massa do biofilme ocorrem os entupimentos parciais e totais dos emissores, reduzindo a vazão dos gotejadores e na uniformidade de distribuição de água.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização do experimento

O experimento foi desenvolvido no período de julho de 2015 a junho de 2016, sendo realizado na Estação de Tratamento de Água e Esgoto, pertencente à Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), no município de Tianguá (Figura 1), com acesso pela CE 075, nas coordenadas 3°43'48" de latitude sul e 41°00'00" de longitude oeste, com altitude aproximada de 800 m. Segundo a classificação de Koppen, o clima de Tianguá é AW (clima tropical com estação seca de inverno).

Figura 1 - Localização do município de Tianguá



Fonte: Próprio autor.

#### 3.2 Solo

O experimento foi instalado em um Neossolo Quartzarênico, franco-arenoso, em que sua classificação foi baseada no Manual de Classificação de Solos da EMBRAPA (2013). As caracterizações físico-químicas foram realizadas no laboratório de solos da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, com exceção da umidade na tensão de 7 kPa (capacidade de campo), sendo está determinada, in situ, pelo método do perfil instantâneo,

metodologia utilizada por Mota (2010). Para determinação dos atributos do solo antes do experimento (Tabela 1) foram coletadas amostras de solo nas camadas 0 - 20 e 20 - 40 cm, já para determinações químicas efetuadas após o experimento, foram realizadas coletas nas camadas 0 - 20; 20 - 40 e 40 - 60 cm.

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do solo antes do experimento, Tianguá - CE, 2016

Parâmetros	0 - 20 (cm)	20 - 40 (cm)
Umidade 7 kPa ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	-	0,09
Umidade 33 kPa ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	0,077	0,085
Umidade 1500 kPa ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	0,048	0,049
Condutividade elétrica (CE) ( $\text{dS m}^{-1}$ )	0,24	0,15
Densidade do Solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ )	1,37	1,3
pH	5,1	4,9
$\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ )	0,4	0,3
$\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ )	0,4	0,3
$\text{Na}^+$ ( $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ )	0,15	0,12
$\text{K}^+$ ( $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ )	0,27	0,16
P assimilável ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	9	3

Fonte: Próprio autor.

Para obtenção de uma amostra representativa, foram coletadas amostras simples, em seguida, essas foram misturadas e uma amostra composta foi retirada para cada camada de solo. O pH em água (1:2,5) foi medido utilizando um pHmetro digital; o cálcio e o magnésio foram extraídos por uma solução de KCl ( $1 \text{ mol L}^{-1}$ ), sendo determinados por absorção; o alumínio também foi extraído por meio do KCl ( $1 \text{ mol L}^{-1}$ ), e titulado com NaOH ( $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ ); o fósforo com Mehlich 1 e determinado utilizando o fotolorímetro; sódio e potássio foram diluídos em HCl e determinados por meio do fotômetro de chama, a acidez potencial (H + Al) foi determinada utilizando solução neutra de acetato de cálcio, a metodologia para avaliação química do solo está de acordo com Embrapa (2008). A densidade do solo foi obtida por meio da equação 1, a partir da razão entre massa da amostra de solo seco a  $105^\circ \text{C}$  ( $M_s$ ) e o volume do cilindro ocupado pela mesma,  $V_s$ , (BLAKE, HARTGER, 1986).

$$\rho_s = \left( \frac{M_s}{V_s} \right) \quad (1)$$

Para a instalação do perfil instantâneo foram utilizados três tensiômetros nas profundidades de 20; 40; e 60 cm, com cinco baterias (repetições) totalizando quinze tensiômetros (Figura 2). Vale ressaltar que o objetivo original da instalação do perfil instantâneo seria determinar a condutividade hidráulica do solo utilizado no estudo, determinação essa não executada, no entanto os dados obtidos possibilitaram para a camada de 20 a 40 cm, o conhecimento da real tensão de capacidade de campo do solo.

Figura 2 - Perfil instantâneo, (a) início da escavação para instalação de lonas laterais, (b) instalação dos tensiômetros, (c) perfil instalado e (d) leitura da altura da coluna de mercúrio, Tianguá - CE, 2016



Fonte: Próprio autor.

Foram utilizados tensiômetros com manômetros de mercúrio, visto sua maior sensibilidade para com as variações da tensão matricial do solo, seguindo metodologia semelhante à utilizada por Mota (2010). Assim que os tensiômetros foram instalados, a área circular de 12,5 m<sup>2</sup> foi inundada de forma que a saturação ultrapasse os 70 centímetros. Após isso foi feita uma cobertura com lona plástica a fim de evitar qualquer fluxo de água pela superfície (evaporação e/ou infiltração).

As leituras se iniciaram a partir do momento que a lona foi instalada como cobertura, tempo zero (t = 0), após as leituras em t = 0, durante as primeiras 24 horas, foram realizadas leituras espaçadas em 3 horas. Após esse período o espaçamento entre leituras passou para 24 horas até que a drenagem de água pelo perfil do solo se estabilizasse, levando tempo total de aproximadamente 270 horas. As leituras dos tensiômetros foram convertidas em potencial matricial utilizando a equação 2.

$$\psi_m = -12,6h + h_c + z \quad (2)$$

em que,  $\Psi_m$  é o potencial matricial de água no solo (m água),  $h$  é a leitura no tensiômetro (altura da coluna) em m Hg,  $h_c$  é a altura do reservatório de mercúrio em relação a superfície do solo (m) e  $z$  é a profundidade em que está instalada a capsula porosa.

### 3.3 Preparo da área e condução do experimento

O preparo da área experimental (Figura 3) foi realizado de forma convencional, com aração, gradagem cruzada, instalação de espaldeiras verticais e abertura das covas de acordo com espaçamento da cultura, 3 m entre plantas e 2 m entre linhas de plantio.

Figura 3 - Solo da área experimental arado (a), espaldeiras instaladas (b), abertura de covas (c) e aplicação de esterco bovino (d), Tianguá - CE, 2016



Fonte: Próprio autor.

As covas foram abertas entre duas estacas da espaldeira, em um espaçamento de 3,0 m na fileira e 2,0 m entre fileiras, as covas tinham dimensão de 40 x 40 x 40 cm. A aplicação de fertilizantes foi realizada segundo as orientações para adubação do maracujá (Tabela 2), buscando a produtividade máxima, prescritas por Borges *et al.* (2002). A primeira adubação foi realizada antes do transplântio (Figura 4).

Tabela 2 - Recomendação de adubação para a cultura do maracujá

	N (kg ha <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )
Transplântio	150	120	0
Dias após Transplântio			
30	10	0	0
60	20	0	10
90	30	0	20
120-180	40	0	30
Produção			
>35 (Mg Ha <sup>-1</sup> )	120	150	150

Fonte: Adaptado de Borges *et al.* (2002).

Figura 4 - Aplicação de ureia (a), mudas de maracujazeiro amarelo (b), transplântio em local definitivo (c e d), Tianguá - CE, 2016



Fonte: Próprio autor.

Quando as plantas atingiram altura aproximada de 20 cm ocorreu à retirada dos “drenos” laterais e tutoramento das plantas (Figura 5). Foram efetuadas as aplicações dos seguintes defensivos agrícolas: Pirate, Score e Glifosato, em função das ocorrências de pragas (lagarta), sintomas fitopatológicos (antracnose) e para controle de plantas invasoras, respectivamente (Figura 6). Todas as aplicações obedeceram às doses recomendadas pelos fabricantes.

Figura 5 - Retirada dos drenos laterais (a) e tutoramento das plantas (b), Tianguá - CE, 2016



Fonte: Próprio autor.

Figura 6 - Identificação de antracnose (a) e de pragas (b), aplicação de defensivos agrícolas durante período vegetativo (c) e de produção (d), Tianguá-CE, 2016



Fonte: Próprio autor.

### 3.4 Água para irrigação

O Esgoto Doméstico Tratado (EDT) utilizado é proveniente de domicílios do município de Tianguá - CE. Para o tratamento do esgoto foi utilizado o sistema de lagoas de estabilização (Figura 7). Após a chegada do esgoto na estação de tratamento, o mesmo passou por um gradeamento, para retirada de impurezas não biodegradáveis; em seguida, na caixa de areia as partículas mais densas, como os metais, ficam retidas. Posteriormente, a Calha Parshall registra a vazão do esgoto; estes processos em conjunto são denominados de tratamento preliminar. Em seguida, o esgoto segue para o tratamento secundário composto por um conjunto de lagoas em série.

Figura 7 - Estação de tratamento e área experimental



Fonte: Google Earth.

Na primeira lagoa, de menor espelho d'água e profunda, bactérias anaeróbias atuam com a floculação e decantação das partículas sólidas. Na segunda (lagoa facultativa), caracterizada pelo grande espelho e pouco profunda, existe a ação de bactérias aeróbias, algas e radiação solar para o tratamento da água. A terceira e quarta lagoas embora tenham dimensões semelhantes às anteriores, são denominadas de lagoas de maturação. O esgoto tratado utilizado no experimento foi fornecido pela última lagoa de maturação. A determinação de atributos químicos do EDT (Tabela 3) foi realizada no Laboratório de Engenharia Ambiental e Sanitária (LABOSAN), pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), campus Juazeiro do Norte. Como testemunha também foi utilizada a irrigação com água de poço (AP).

Tabela 3 - Condutividade elétrica (CE), pH, concentrações de cálcio, magnésio, cloretos, potássio, fósforo, sódio e amônia total na água de reúso utilizada na irrigação

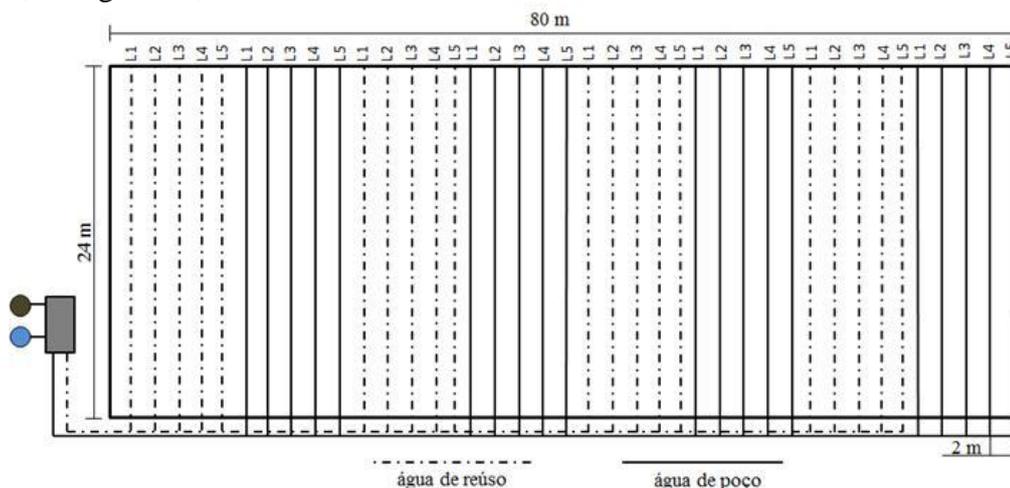
CE	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cloretos	K <sup>+</sup>	P <sup>+</sup> total	Na <sup>+</sup>	Amônia Total
dS m <sup>-1</sup>		----- mg L <sup>-1</sup> -----						mg N <sup>-1</sup> L <sup>-1</sup>
1,04	7,66	11,9	15,8	217,4	36,4	7,4	164,6	3,5

Fonte: Próprio autor.

### 3.5 Delineamento experimental e irrigação

O experimento foi instalado em uma área de 80 x 24 m (1920 m<sup>2</sup>), as plantas foram transplantadas no espaçamento de 2 m entre linhas e 3 m entre plantas, sendo que as parcelas possuíam 10 m de largura por 24 m de comprimento, com quatro repetições cada. As subparcelas eram constituídas de cinco linhas de plantas (Figura 8).

Figura 8 - Croqui da área experimental com dois tipos de água (reúso e poço) e lâminas de irrigação, Tianguá-CE, 2016



Fonte: Próprio autor

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas para duas variáveis vegetativas (número de folhas e diâmetro basal) e todas variáveis produtivas e subdivididas para uma variável vegetativa (índice de clorofila foliar), com dois tratamentos nas parcelas (fontes hídricas) e cinco (lâminas) nas subparcelas e quatro nas subsubparcelas (tempo). As parcelas possuíam 240 m<sup>2</sup> (10 x 24), com quatro repetições cada, já as subparcelas, constituídas de cinco linhas, cada uma com 8 plantas foi avaliado o efeito de cinco lâminas de irrigação baseadas na evapotranspiração da cultura (ETc). As lâminas de irrigação corresponderam à: L1, lâmina de irrigação referente a 50% da ETc; L2, lâmina de irrigação referente a 75% da ETc; L3, lâmina de irrigação referente a

100% da ETc; L4, lâmina de irrigação referente a 125% da ETc; e L5, lâmina de irrigação referente a 150% da ETc.

A evapotranspiração de referência foi estimada com a utilização do tanque Classe A (Figura 9), seguindo metodologia utilizada por Bernardo; Soares e Mantovani, (2006), sendo calculada pela equação 3.

Figura 9 - Medição da evaporação do tanque classe A (ECA), Tianguá – CE, 2016



Fonte: próprio autor.

$$ET_o = K_t \cdot ECA \quad (3)$$

em que,  $ET_o$  é a evapotranspiração de referência ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $ECA$  é a evaporação medida do Tanque Classe “A” ( $\text{mm dia}^{-1}$ ), e  $K_t$  é o coeficiente de ajuste do tanque (adimensional), foi determinado seguindo o boletim da FAO 24 (equação 4) utilizando os dados meteorológicos locais obtidos por uma estação meteorológica DAVIS modelo 651.

$$K_t = 0,108 - 0,0286 u_2 + 0,0422 \ln(b) + 0,1434 \ln(UR) - 0,00063 [\ln(b)]^2 \ln(UR) \quad (4)$$

em que,  $u_2$  – velocidade média diária do vento a 2 m de altura ( $\text{m s}^{-1}$ );  $b$  é a área coberta de bordadura ao tanque e  $UR$  é a umidade relativa do ar diária (%)

A evapotranspiração da cultura foi estimada por meio da equação 5.

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \quad (5)$$

em que,  $ET_c$  – Evapotranspiração da cultura ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $ET_o$  – Evapotranspiração de referência, ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) e  $K_c$  – Coeficiente de ajuste de cultivo (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios dos coeficientes de cultivo (Kc) do maracujá nos estádios fenológicos, obtidos pelas ETo do tanque classe A, na região do Vale do Curu, Pentecoste - CE, 2005

Estádios Fenológicos	Coefficiente de cultivo (Kc)
Vegetativo	0,69
Formação da cultura	0,92
Floração – Frutificação	1,08

Fonte: Souza *et al.* (2009a).

A irrigação total necessária foi calculada por meio da equação 6.

$$ITN = \frac{\sum_{i=1}^{TR} (ET_c - P) PAM}{Ea} \quad (6)$$

em que, ITN é a irrigação total necessária, (mm); ET<sub>c</sub> é a evapotranspiração da cultura e P é precipitação pluviométrica, ambos em mm dia<sup>-1</sup>; Ea é a eficiência de aplicação de água; PAM representa a percentagem de área molhada e TR – turno de rega.

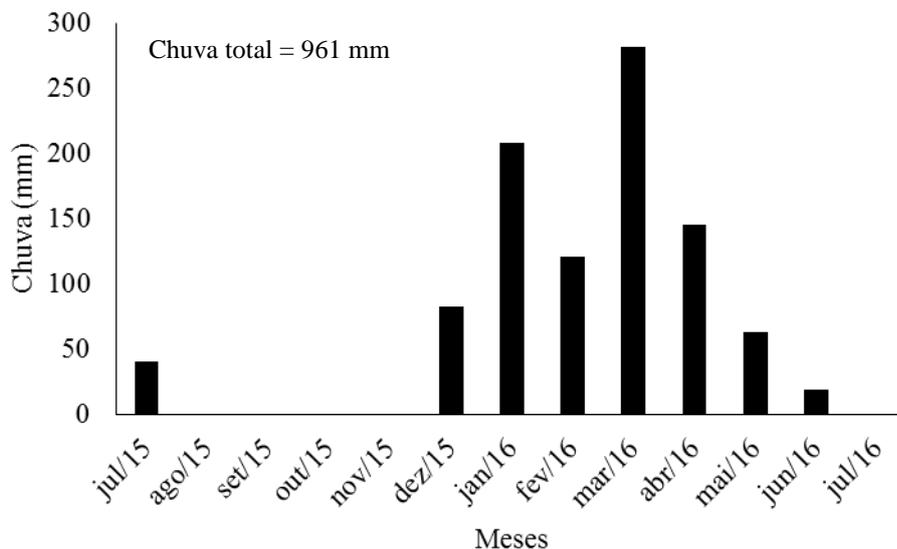
O tempo de irrigação foi calculado por meio da equação 7.

$$T = \frac{ITN S_p S_f Ft}{N_{ep} q_e} \quad (7)$$

em que, T é o tempo de irrigação (horas); ITN – Irrigação total necessária, (mm); S<sub>p</sub> é o espaçamento entre emissores; S<sub>f</sub> – espaçamentos entre fileiras de plantas; Ft é o fator de aplicação da água em função do tratamento. Os valores de Ft utilizados foram 0,50; 0,75; 1,0; 1,25 e 1,50 para os tratamentos L1, L2, L3, L4 e L5, respectivamente; N<sub>ep</sub> é o numero de emissores por planta e q<sub>e</sub> é a vazão média dos emissores, em L h<sup>-1</sup>.

O método de irrigação adotado foi o localizado, sendo dois sistemas (um para irrigação com EDT e o outro para irrigação com água de poço), com gotejadores de vazão de 2,5 L h<sup>-1</sup> na pressão de serviço de 100 kPa, espaçados de 0,5 m na linha. Os tratamentos nas parcelas foram constituídos de duas fontes hídricas para irrigação (EDT e AP) e nas subparcelas foi avaliado o efeito de cinco lâminas de irrigação baseadas em proporções da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>). Devido precipitações pluviométricas registradas no período de produção (Figura 10), houve dias que não foi necessária à aplicação de irrigação, as maiores chuvas ocorreram de janeiro a abril de 2016, com registros de precipitação pluviométrica superiores a 100 mm. O total de chuva ocorrida durante a condução do experimento foi de 961 mm (FUNCEME, 2016).

Figura 10 - Precipitação pluviométrica mensal registrada durante condução do experimento no período de julho de 2015 a julho de 2016, Tianguá-CE, 2016



Fonte: Funceme.

### 3.6 Variáveis avaliadas

#### 3.6.1 Na Planta

##### 3.6.1.1 Desenvolvimento vegetativo

Foram determinadas variáveis de crescimento: número de folhas por planta (NF) e diâmetro basal (DB), medido no caule da planta a uma altura de 5 cm do solo, utilizando paquímetro digital, aos 30, 60, 100 e 130 dias após transplântio. Os Teores de clorofila *a* (Cl<sub>a</sub>) e *b* (Cl<sub>b</sub>) foram determinados mensalmente, 30, 60, 90 e 120 dias após transplântio, sendo cada leitura uma média de 3 folhas por planta, realizadas em 6 plantas de cada linha, totalizando 18 leituras por subparcela, utilizando o Medidor Eletrônico de Teor de Clorofila (ClorofiLOG) da Falker, o qual expressa os resultados em um índice próprio denominado Índice de Clorofila Falker, ICF (FALKER, 2008).

Figura 11 – Medição de diâmetro basal na cultura do maracujazeiro amarelo, Tianguá-CE, 2016

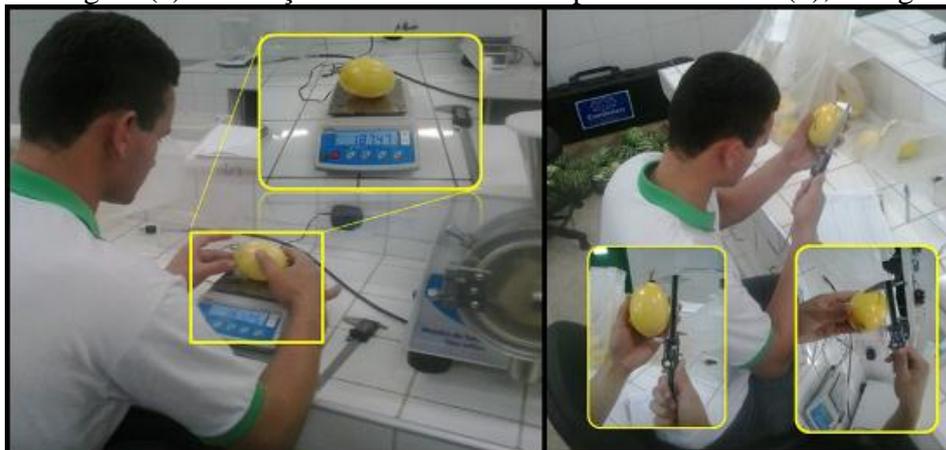


Fonte: Próprio autor.

### 3.6.1.2 Frutos e potencial produtivo

A colheita foi realizada três vezes por semana, em um período de dezembro de 2015 a junho de 2016. Foram determinadas como variáveis de produção: número de frutos (NFR), massa média dos frutos (MFR), diâmetro médio dos frutos (DFR), comprimento médio dos frutos (CFR) e potencial produtivo (PP).

Figura 12 - Pesagem (a) e Medição de diâmetro e comprimento médio (b), Tianguá-CE, 2016



Fonte: Próprio autor.

### 3.6.2 No Solo

Após a realização do período de análise produtiva, a análise química do solo foi realizada em amostras retiradas das camadas de 0 - 20; 20 - 40 e 40 - 60 cm, de modo a diagnosticar as mudanças ocorridas com a utilização de diferentes quantidades de EDT no solo agrícola. Foram avaliados potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), fósforo (P), alumínio (Al) e hidrogênio (H).

### 3.7 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade, usando o software: Sistema de análise estatística para dados balanceados (SISVAR), desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2000). Foi realizada análise de regressão para estimativa de NF, DB, NFR e PP, utilizando o Microsoft Excel<sup>®</sup>, buscando ajustes que representem os comportamentos biológicos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Desenvolvimento vegetativo e teores de clorofila

De acordo com a análise de variância (Tabela 5), não houve diferença significativa da variável número de folhas (NF), em função das fontes hídricas, porém as diferentes lâminas e a interação dos fatores tipo e quantidade de água de irrigação influenciaram significativamente ( $P < 0,01$ ). Para diâmetro basal (DB) verificou-se efeito significativo para as fontes hídricas (A) e em função das lâminas de irrigação (L), sobretudo não foi verificado efeito significativo para interação (A x L).

Tabela 5 - Análise de variância para número de folhas (NF) e diâmetro basal (DB), sob lâminas de irrigação com água e efluente doméstico, Tianguá – CE, 2016

FV	GL	NF	DB
Blocos	3	396,5 <sup>ns</sup>	11,29 <sup>ns</sup>
Trat. A (Água)	1	43,12 <sup>ns</sup>	51,39 <sup>*</sup>
Resíduo A (Água)	3	139	1,80
Trat. L (Lâmina)	4	13936,10 <sup>**</sup>	55,34 <sup>**</sup>
A x L	4	2080,08 <sup>**</sup>	2,89 <sup>ns</sup>
Resíduo L (Lâmina)	24	54,96	3,59

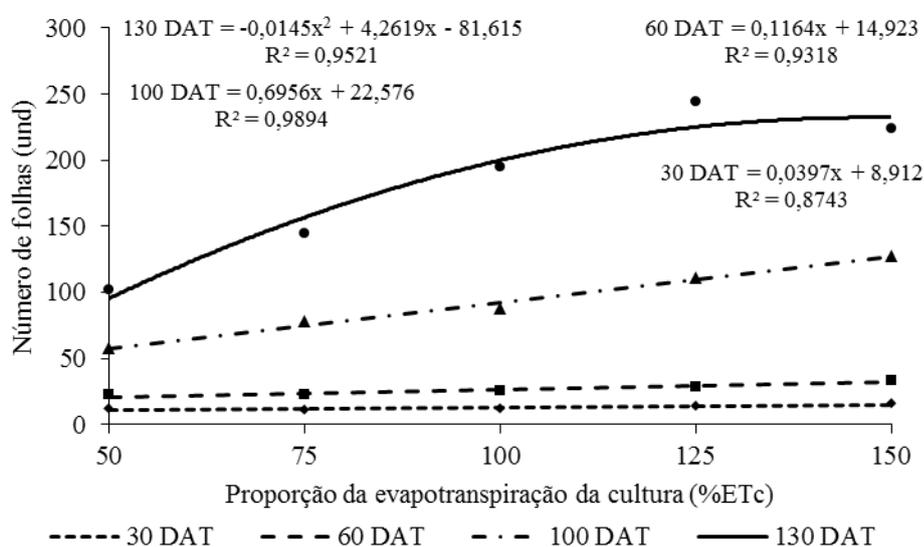
\* Siginificativo (0,05); \*\* significativo (0,01); ns – não significativo; FV – fonte de variação; GL – graus de liberdade; NF – número de frutos; DB – diâmetro basal (mm).

Para as variáveis clorofilas *a* e *b* (Cl<sub>a</sub> e Cl<sub>b</sub>) não foram verificadas diferenças significativas em função dos tratamentos (A e L) e em nenhuma de suas interações. Já em função do fator Tempo (T), as variáveis avaliadas diferiram estatisticamente, resultado esperado, dado os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura.

A não ocorrência de diferença significativa para NF, em função do tipo de fonte hídrica, evidência que para essa variável vegetativa o EDT pode substituir a AP. O fator lâmina de irrigação altera significativamente os valores de NF, no entanto existe pouca influência da fonte hídrica para essa variável vegetativa. Com base nesses resultados é seguro afirmar que o aporte de nutrientes dissolvidos não foi suficiente para causar incrementos significativos na quantidade de folhas para o maracujazeiro, corroborando com Santana (2015), analisando o crescimento do sorgo, irrigado com água de reúso e de poço, também não constatarem diferenças estatísticas no número de folhas. Já Ribeiro *et al.* (2012) e Freitas *et al.* (2012) trabalhando com as culturas da mamoneira e girassol, verificaram maior número de folhas para a cultura irrigada com EDT, diferenciando-se significativamente do número de folhas obtido com água de poço.

A variável NF apresentou comportamento linear em função do período de avaliação e disponibilidade hídrica, exceto para o último período de avaliação, 130 dias após transplante (DAT). Aos 30 DAT foi observado incremento de 33% obtido com a lâmina de 150% da ETc (L5) em comparação ao obtido com a lâmina de 50% da ETc (L1), esse comparativo sobe para 83% aos 130 DAT (Figura 13), com o desenvolvimento da cultura fica claro o maior incremento no número de folhas para as plantas que não foram submetidas a déficit hídrico.

Figura 13 - Comportamento do número de folhas em função da disponibilidade hídrica e período de avaliação, Tianguá – CE, 2016



Fonte: Próprio autor.

Na análise de regressão da variável NF com os dados do último período de avaliação, (130 DAT), o modelo com melhor ajuste foi o polinomial quadrático ( $R^2 = 0,95$ ), sendo possível verificar que o valor máximo estimado é de 235 folhas, proporcionado por uma lâmina referente a 147% da ETc (aproximadamente 476 mm). Este resultado indica que a aplicação de uma lâmina igual ou superior a 150% da ETc ocasiona a diminuição da produção de folhas, possivelmente em função da lixiviação de nutrientes e/ou estresse hídrico por excesso de água.

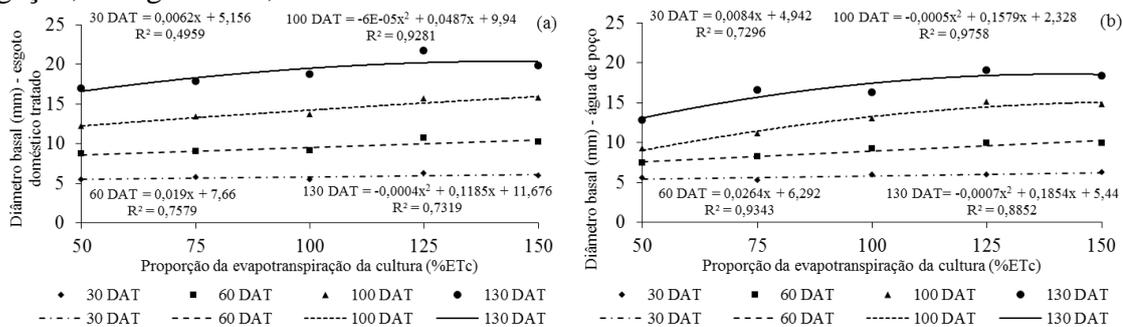
Corroborando com os resultados obtidos por Santos *et al.* (2011) observaram aumento linear da variável NF do maracujazeiro em função do desenvolvimento da cultura. Ainda segundo os autores supracitados a média de aproximadamente 24 folhas por planta aos 127 dias após a semeadura, período que se aproxima aos 76 dias após transplante do presente trabalho são próximas as médias de 28 e 25 folhas aos 60 dias pós transplante obtidos no

presente trabalho, com irrigação por AP e EDT, respectivamente. O comportamento de incremento linear também foi observado por Silva *et al.* (2011) para a cultura do pinhão-manso e por Santos *et al.* (2010) para a cultura do gergelim.

Os nutrientes dissolvidos na fonte hídrica alternativa causaram influência significativa no maracujazeiro amarelo com relação a variável DB (12 mm), diferenciando estatisticamente da média obtida com a cultura irrigada com AP (11 mm). Freitas *et al.* (2012) trabalhando com a cultura do girassol também constataram diferença estatística da variável DB em função a fonte hídrica, o maior valor também foi constatado para a fonte hídrica EDT em relação ao obtido pela irrigação com AP. Já Ribeiro *et al.* (2012) trabalhando com a cultura da mamoneira não verificaram efeito significativo para DB em função da fonte hídrica. Essas divergências podem estar associadas à sensibilidade desta variável vegetativa, intrínseca de cada cultura, em função da qualidade da água de irrigação e da fertilidade do solo, uma vez que para cada irrigação com esgoto também há o fornecimento de nutrientes.

A variável DB aumentou de forma linear em função das lâminas de irrigação nos dois primeiros períodos de avaliação de desenvolvimento (30 e 60 DAT), já nas avaliações realizadas com 100 e 130 DAT foi observado incremento polinomial, para as duas fontes hídricas (Figura 14a e 14b). Esse comportamento ocorreu em função do desenvolvimento da cultura, como nos primeiros períodos de avaliação as plantas ainda se encontravam jovens, seu sistema radicular pouco profundo não teve acesso às quantidades excessivas de água proporcionadas pelas maiores lâminas, sendo que a percolação da água para as camadas mais profundas não causou estresse hídrico por excesso até o terceiro período de avaliação, após 100 DAT foi constatado uma diminuição do crescimento da variável DB para as lâminas referentes a 125 e 150% da ETc..

Figura 14 - Diâmetro basal (DB) em função dos tipos de fontes hídricas e lâminas de irrigação, Tianguá – CE, 2016



Divergindo do presente trabalho Carvalho *et al.* (2010) não observaram efeito significativo da disponibilidade hídrica no diâmetro do caule do maracujazeiro amarelo, o que pode estar associado a amplitude do estresse hídrico submetido, uma vez que, os autores trabalharam com a cultura em solo argiloso (solo com capacidade de armazenamento de água elevada) associado a precipitação pluviométrica de 1.902 mm, bem distribuída durante o ano.

Independente da fonte hídrica, foi constatado incremento da variável DB ao passar do tempo, comportamento também verificado por Carvalho *et al.* (2010). Na análise de regressão para a variável DB no ultimo período de avaliação (130 DAT), o modelo que obteve melhor ajuste foi o polinomial quadrático, os maiores valores de DB, 20 e 18 cm, foram estimados sob lâminas de 148 e 136 % da ETc para a cultura irrigada com EDT e AP, respectivamente. Carvalho *et al.* (2010) em experimento testando diferentes tensões de água no solo chegaram a valores máximos de DB próximos a 20 mm.

Cavichioli *et al.* (2011) avaliando porta-enxertos de maracujazeiro observaram variação no diâmetro médio do caule de 9,81 e 20,81 mm medido a 1 cm do colo da planta aos 90 e 180 dias, variação de diâmetro que abrange o observado aos 130 dias no presente trabalho. Já Nogueira Filho *et al.* (2010) constataram diâmetros de 10,02 a 12,73 mm nos intervalos de 120 a 150 dias, valores inferiores ao observado na presente pesquisa.

Os menores valores de DB verificados com as menores lâminas de irrigação (menor disponibilidade hídrica) também podem estar associados à elevação da concentração de íons no solo (salinidade). Esse efeito foi constatado por Lima (2015) ao observar efeito negativo do desempenho do feijoeiro em função da diminuição da lâmina de irrigação, sendo esse efeito intensificado quando aumentada a dose de fertilizante.

O consumo máximo de água pelo maracujá no município de Tianguá, CE, considerando a lâmina de 100% da ETc (L3) durante a fase de desenvolvimento vegetativo (130 DAT) foi de 320 mm, com consumo máximo diário de 5,25 mm dia<sup>-1</sup>. Já nas condições de Piracicaba, SP, o consumo hídrico máximo da mesma cultura irrigada no mesmo estágio fenológico foi de 432,9 mm, com máximo consumo de água de 4,68 mm dia<sup>-1</sup> registrado no início da floração (ALENCAR, 2000), constatando-se que o clima do município de Tianguá, na região Nordeste, ocasiona uma maior demanda evapotranspirativa diária, entretanto, também proporciona precocidade na cultura, visto que, o início da fase de floração do maracujazeiro em Piracicaba foi obtido aos 180 dias do transplantio, refletindo em economia de água utilizada na irrigação.

Para as variáveis clorofilas *a* e *b* (CLa e CLb) não foram verificadas diferenças significativas em função dos tratamentos (A e L) e em nenhuma de suas interações. Já em função do fator tempo (T), as variáveis avaliadas diferiram estatisticamente, dado os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (Tabela 6).

Tabela 6 - Análise de variância para clorofilas *a* (CLa) e *b* (CLb) sob diferentes lâminas de irrigação com água e efluente doméstico, em diferentes tempos de avaliação

FV	GL	CLa	CLb
Blocos	3	58,33 <sup>ns</sup>	91,39 <sup>ns</sup>
Trat. A (Água)	1	83,86 <sup>ns</sup>	350,41 <sup>ns</sup>
Resíduo A (Água)	3	13,55	53,54
Trat. L (Lâmina)	4	1,37 <sup>ns</sup>	4,99 <sup>ns</sup>
A x L	4	1,72 <sup>ns</sup>	5,05 <sup>ns</sup>
Resíduo L (Lâmina)	24	3,46	11,59
Trat. T (Tempo)	3	11,59 <sup>*</sup>	138,79 <sup>**</sup>
Int. A x T	3	0,77 <sup>ns</sup>	5,77 <sup>ns</sup>
Int. L x T	3	2,72 <sup>ns</sup>	6,09 <sup>ns</sup>
Int. A x L x T	12	2,71 <sup>ns</sup>	6,02 <sup>ns</sup>
Resíduo T	12	2,99	7,4

\* Significativo (0,05); \*\* significativo (0,01); ns – não significativo; FV – fonte de variação; GL – graus de liberdade; CLa – clorofila *a*; CLb – clorofila *b*.

Em se tratando da quantidade de água aplicada, esses resultados corroboram com Silva Júnior e Santana (2013), os autores não identificaram diferenças estatísticas nos índices de clorofila total mensurados em plantas de coqueiro irrigadas com diferentes lâminas, equivalentes a 150, 100 e 50 L planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

Para espécies gramíneas (milho, sorgo e milheto) a disponibilidade de água causa influência significativa nas concentrações de clorofila, onde o estresse hídrico, tanto por excesso como por déficit prejudicaram o desenvolvimento dessas culturas, em que o manejo do solo saturado e com 30% da capacidade de campo proporcionaram níveis inferiores de clorofila quando comparados aos tratamentos submetidos a 60% da capacidade de campo (BONFIM-SILVA *et al.*, 2011). Já para a cultura da berinjela, irrigada sob diferentes níveis, foi constatado incremento nos níveis de clorofila nos tratamentos referentes a 123 e 166% da ETc (SILVA *et al.*, 2015).

A concentração de Mg contido no EDT (15,8 mg L<sup>-1</sup>), responsável por um incremento de 75 kg ha<sup>-1</sup> de Mg no solo (Tabela 7), obtido como resultado da utilização da maior lâmina não acarretou em incrementos significativos nos índices das clorofilas *a* e *b*,

contrariando a hipótese de que a disponibilidade de Mg afeta o teor de clorofila nas folhas de maracujazeiro ao ponto de se obter diferenças estatisticamente significativas.

Tabela 7 - Aporte de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e sódio em função das diferentes lâminas da água de esgoto doméstico tratado, Tianguá – CE, 2016

	Lâmina (mm)	Nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> )					
		N	P <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
L1	160	5,60	11,84	58,22	19,04	25,27	263,29
L2	240	8,40	17,76	87,34	28,55	37,91	394,94
L3	320	11,20	23,67	116,45	38,07	50,55	526,58
L4	400	14,00	29,59	145,56	47,59	63,18	658,23
L5	480	16,80	35,51	174,67	57,11	75,82	789,88

Fonte: Próprio autor.

Possivelmente as quantidades de Mg já contidas no solo somadas a adubação impossibilitaram a ocorrência de influência significativa, causando efeito de tamponamento, tornando o incremento de Mg aplicado não suficiente para diferença estatística nos índices de clorofila foliar em função das fontes hídricas (Tabela 8), pois segundo Marschner (1995) a disponibilidade do magnésio, quando suficiente, interfere diretamente nesses teores.

Tabela 8. Médias das leituras do sensor falker® de Índices de Clorofila Falker® nas interações entre tratamentos de quantidades e tipos de água<sup>1</sup>, Tianguá – CE, 2016

Água	Clorofila a					Clorofila b				
	L1	L2	L3	L4	L5	L1	L2	L3	L4	L5
Reúso	38,8 <sup>a</sup>	38,28 <sup>a</sup>	38,9 <sup>a</sup>	38,7 <sup>a</sup>	38,8 <sup>a</sup>	19,5 <sup>a</sup>	18,9 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	19,2 <sup>a</sup>	19,6 <sup>a</sup>
Poço	36,7 <sup>a</sup>	37,3 <sup>a</sup>	37,2 <sup>a</sup>	37,7 <sup>a</sup>	37,2 <sup>a</sup>	15,5 <sup>a</sup>	16,2 <sup>a</sup>	16,7 <sup>a</sup>	17,4 <sup>a</sup>	16,6 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.  
Fonte: Próprio autor.

O magnésio é um componente central das moléculas das clorofilas *a* e *b* e existem esclarecidos relatos disponíveis na literatura acerca das atribuições desse macronutriente secundário na composição dessa molécula (STREIT *et al.* 2005; TAIZ & ZAIGER 2006). Sob essa perspectiva, supõe-se que o Mg contido nas soluções do solo seja absorvido pelas plantas, transferido para as folhas e cause influência na síntese de clorofilas (MOGÓR *et al.*, 2013).

Em análises espectrais, via sensoriamento remoto, na cultura do algodoeiro sob irrigação utilizando água residuária e de abastecimento, foi constatado que as plantas irrigadas com água residuária apresentaram menor reflectância espectral, evidenciando segundo Fideles Filho *et al.*, (2003) uma maior concentração de clorofila.

Sob diferentes formas de aplicação, o incremento de Mg também ocasiona em outras culturas o aumento de clorofila foliar. Para a cultura do tomateiro, cultivado em casa de vegetação instalados em vasos de 10 dm<sup>3</sup>, doses de Mg de até 2,0 mL L<sup>-1</sup> de Mg(OH)<sub>2</sub> e de 3,75 mL L<sup>-1</sup> de MgCl<sub>2</sub> aplicando adubação via foliar (MÓGOR *et al.*, 2013) causaram aumento nos níveis de clorofila das folhas. Fávoro *et al.* (2011) testando a relação de doses de Mg com os índices de clorofila do eucalipto, entre outras variáveis, detectaram respostas positivas na aplicação de magnésio no solo até a quantidade de 0,5 mg dm<sup>-3</sup>.

A amônia total contida na água de reúso (3,5 mg de N<sup>-1</sup> L<sup>-1</sup>) também não contribuiu com significância para a elevação dos índices de clorofila, possivelmente devido a sua baixa concentração e elevada volatilização, o nitrogênio além de fazer parte de ácidos nucléicos e aminoácidos, também é constituinte da clorofila formando os quatro anéis que estão em torno da molécula de magnésio (EPSTEIN; BLOOM, 2005).

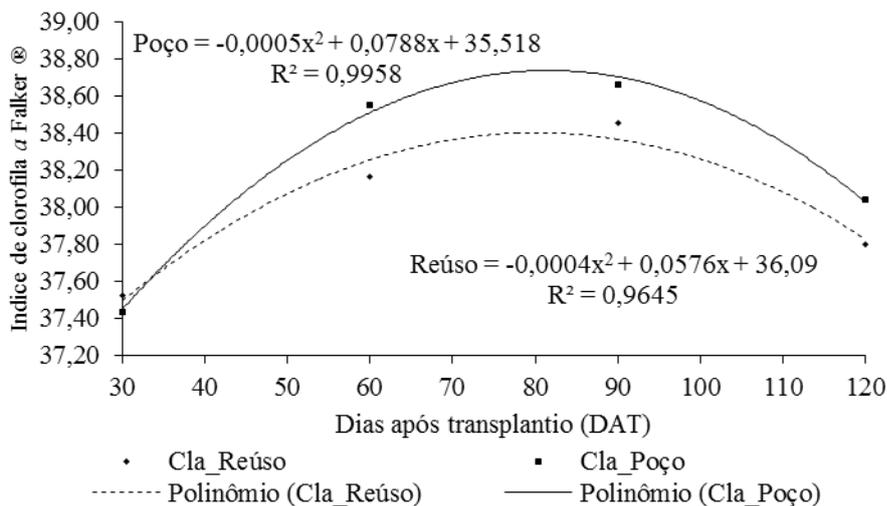
Araújo *et al.* (2012) testando doses de fertilizante líquido em mudas de maracujá amarelo verificaram aos 70 dias após semeadura valores de ICF *total* (Falker®) com variação de 40,0 a 45,7. Silva Junior *et al.* (2013) em experimento analisando níveis de biofertilizantes, calagem e diferentes doses de N e K obtiveram ICF *total* (Falker®) máximo de 48,3; não sendo verificada diferença significativa entre tratamentos. Esses resultados são inferiores aos obtidos no presente trabalho, que, levando em conta o somatório das clorofilas *a* e *b* aos 30 DAT, os índices ICF *total* obtidos são de 57,81 e 56,93 para irrigação com EDT e AP respectivamente. Esse resultado fomenta a explicação de que o tamponamento ocasionado pela quantidade de nutrientes pré-disponibilizados as plantas é o responsável pela não ocorrência de diferença estatística, sendo que os nutrientes aplicados via adubação se apresentaram como suficientes para a variável clorofila.

As clorofilas *a* se comportaram de forma semelhante ao longo do período de avaliação, ambas as fontes hídricas apresentaram comportamento polinomial, evidenciando melhor ajuste a uma equação quadrática, com R<sup>2</sup> de 0,99 e 0,96, para AP e EDT respectivamente.

A partir da equação gerada pela regressão (Figura 15) é possível verificar que os valores máximos estimados de clorofila *a* (CLaPoço = 38,73; CLaReúso = 38,39) são observados entre o segundo e terceiro períodos de coleta de dados (60 e 90 DAT), aproximadamente aos 80 dias. Comportamento semelhante ao observado na cultura da goiabeira, Rozane *et al.* (2009), em experimento analisando a influencia da cultivar, tipo de folha e época de medição de clorofila também verificou comportamento polinomial

quadrático, em que, os índices SPAD (Soil Plant Analysis Development) apresentaram seus maiores valores próximos aos 90 dias após transplantio.

Figura 15 - Análise de regressão para estimativa dos valores máximos de clorofila *a* da cultura do Maracujá, irrigado com água residuária e de poço, Tianguá – CE, 2016



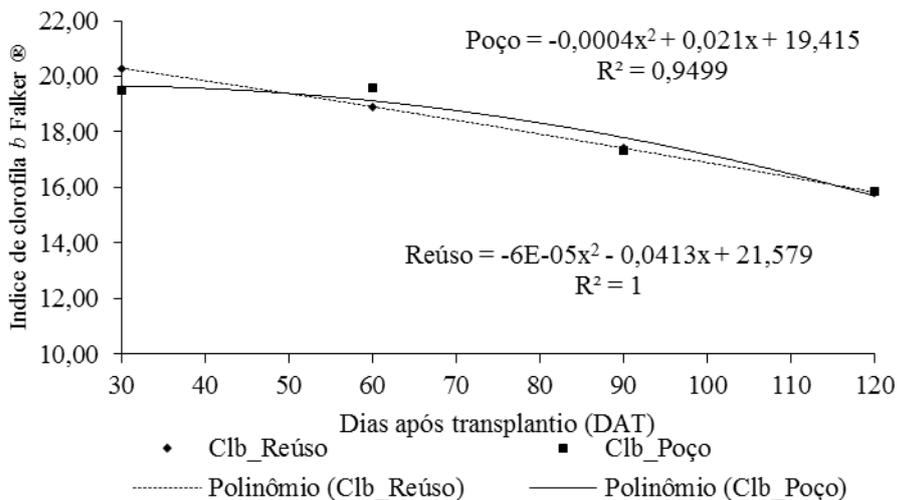
Fonte: Próprio autor.

Fatores fisiológicos das culturas também podem interferir e/ou mascarar diferenças significativas na quantificação da CL*a*, dois produtos da degradação natural desse pigmento, o feoforbídeo *a* e a feofítina *a* absorvem a luz e fluorescem na mesma região de espectro da clorofila, caso as folhas selecionadas para leitura possuam esses pigmentos, a quantificação da concentração de clorofila *a* pode ser prejudicada (BARROSO, 1998).

Segundo Rigon *et al.* (2012), em experimento com a cultura da mamoneira, as leituras obtidas pelo medidor de clorofila da Falker foram satisfatórias, sendo realizadas com alta precisão da concentração de CL*a*, quando comparado com método padrão (extração utilizando dimetilsulfóxido - DMSO), metodologia sugerida por Richardson *et al.* (2002). Em comparações entre o ClorofiLOG® da Falker e o método padrão, em folhas de seringueira, as clorofilas *a* e total foram estimadas com coeficiente de correlação de Pearson de 0,88, enquanto que a clorofila *b* obteve correlação de 0,74 (CONFORTO *et al.*, 2014).

Para os Índices de CL*b*, foram verificadas variações semelhantes entre os resultados obtidos com as duas fontes hídricas (Figura 16), sendo que, os resultados de CL*b* obtidos se ajustaram também a um modelo polinomial quadrático. Quanto mais próximo do fim do período vegetativo, menores eram os valores de CL*b* obtidos.

Figura 16 - Análise de regressão para estimativa dos valores máximos de clorofila *b* da cultura do Maracujá, irrigado com água residuária e de poço, Tianguá – CE, 2016



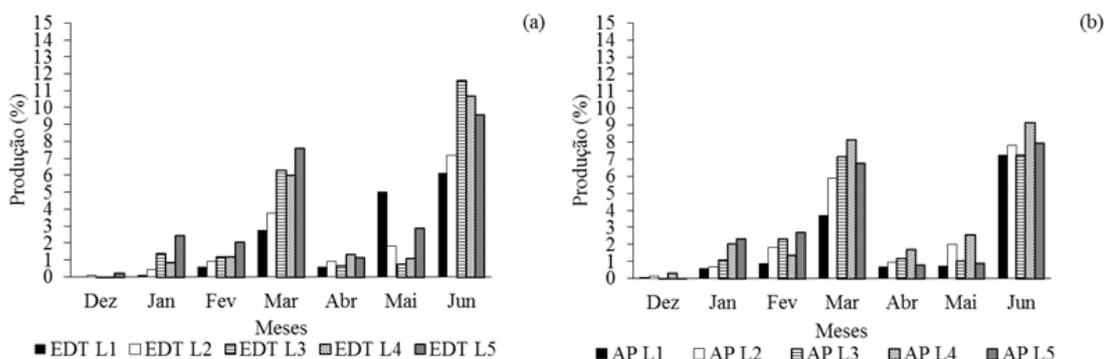
Fonte: Próprio autor.

Na literatura são encontrados diversos estudos realizados para explicar a biossíntese da CL*b*, apesar disso, a sua formação ainda não foi totalmente elucidada (TANAKA *et al.*, 1998), a clorofila *b* é sintetizada a partir de um grupo metil da clorofila *a*, entretanto uma enzima chamada clorofila *a* oxigenase converte o pigmento CL*b* em CL*a* (XU *et al.*, 2001), essa conversão explica a diminuição da concentração de CL*b*, em função da reposição da CL*a* degradada.

## 4.2 Produção e características dos frutos

O início da fase produtiva foi registrado no mês de dezembro de 2015, 130 dias após o transplantio (Figura 17), durante o período produtivo avaliado, os picos de produção ocorreram nos meses de março e junho, em que junho foi o mês de maior produção, sendo 45,20 e 39,40% da produção total, para EDT e AP respectivamente.

Figura 17 - Percentual de produção do maracujazeiro amarelo em função das lâminas aplicadas e fontes hídricas (a) esgoto doméstico tratado, (b) água de poço, no período de dezembro de 2015 a julho de 2016, Tianguá - CE, 2016



L1 – lâmina referente a 50% da ETc; L2 – lâmina referente a 75% da ETc; L3 – lâmina referente a 100% da ETc; L4 – lâmina referente a 125% da ETc; L5 – lâmina referente a 150% da ETc; EDT – Esgoto doméstico tratado; AP – Água de poço. Fonte: Próprio autor.

Houve influência significativa ( $P < 0,05$ ) em função das fontes hídricas para as variáveis MFR e DFR, já para os diferentes níveis de irrigação foram constatadas diferenças estatísticas ( $P < 0,01$ ) para NFR e PP, por sua vez a interação entre tratamentos (A x L) influenciou com significância as variáveis NFR, MFR e PP. A variável CFR não sofreu influência significativa em função de nenhum dos tratamentos e/ou interações (Tabela 9).

Tabela 9 - Análise de variância para número de frutos (NFR), massa de frutos (MFR), diâmetro de frutos (DFR), comprimento de frutos (CFR) e potencial produtivo (PP) da cultura do maracujazeiro sob lâminas de irrigação com água e efluente doméstico, Tianguá – CE, 2016

FV	GL	Quadrado Médio				
		NFR	MFR	DFR	CFR	PP
Blocos	3	289392913,71ns	84,15ns	1,89ns	19,47ns	17,97ns
Trat. A (Água)	1	39866950,82ns	861,62*	21,99*	3,99ns	15,23ns
Resíduo A (Água)	3	45793911,35	61,46	1,78	3,19	2,68
Parcelas	7					
Trat. L (Lâmina)	4	2764452388,76**	365,58ns	9,93ns	10,03ns	153,39**
Int. A x L	4	539036010,06**	801,21**	3,45ns	4,50ns	49,74**
Resíduo L	24	32781670,10	109,69	4,7	4,4	2,56
Total	39					

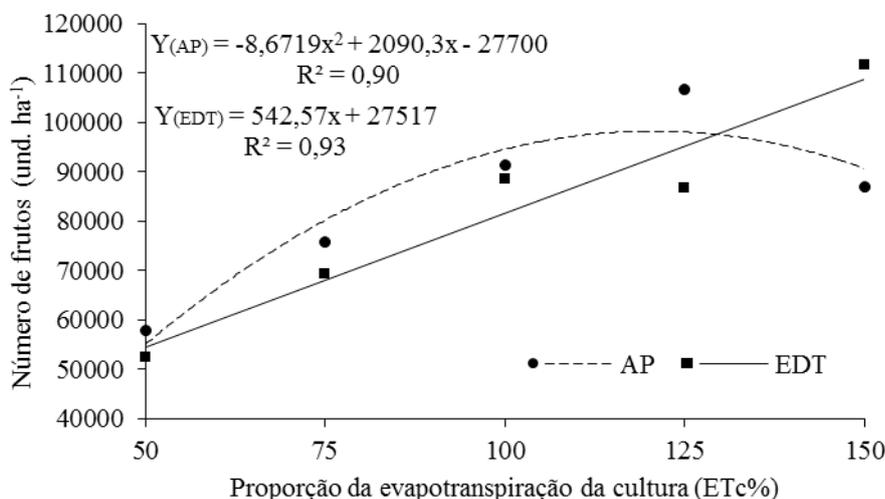
\* Significativo (0,05); \*\* significativo (0,01); ns – não significativo; FV – fonte de variação; GL – graus de liberdade, NFR – número médio de frutos, MFR – massa média dos frutos, DFR – diâmetro médio dos frutos, CFR – comprimento médio dos frutos, PP – potencial produtivo. Fonte: Próprio autor.

Os maiores valores de NF por hectare foram de 106.744 (L4-AP) e 111.761 (L5-EDT), em que se identificam diferenças significativas entre lâminas e interações, os resultados obtidos evidenciam que sob déficit hídrico (L1 e L2) ocorre redução na quantidade

de frutos produzidos, independentemente da fonte hídrica. A média de número de frutos por hectare foi de 83.771 e 81.774 para AP e EDT respectivamente, não apresentando diferença estatística.

Na análise de regressão para a variável NFR (Figura 18), são perceptíveis que as diferentes fontes hídricas proporcionaram comportamentos distintos, os resultados obtidos com o tratamento AP se ajustaram de melhor forma a um modelo matemático polinomial quadrático ( $R^2 = 0,93$ ), já para EDT o melhor modelo foi o linear ( $R^2 = 0,90$ ).

Figura 18 - Análise de regressão para estimativa dos valores máximos de número de frutos da cultura do Maracujá, em um período de dezembro de 2015 a Julho de 2016, irrigado com água residuária e de poço submetidas a diferentes lâminas



Fonte: Próprio autor.

O comportamento dos modelos quadráticos indica uma tendência de se atingir pontos de máxima aplicando uma lâmina próxima a 120% da ETc, assim como Sousa *et al.* (2003), testando diferentes níveis de irrigação na cultura do maracujazeiro amarelo também constataram efeito quadrático, e ainda, que as máximas produtivas foram atingidas com níveis intermediários de irrigação.

Possivelmente a quantidade de água aplicada referente a 150% da ETc ocasionou estresse hídrico por excesso de água e/ou lavagem dos nutrientes contidos no solo aplicados nas adubações de fundação e manutenção, fato não ocorrido com a irrigação utilizando EDT, os nutrientes contidos na fonte hídrica alternativa tornaram possível a reposição de parte dos nutrientes possivelmente lixiviados pela L5 (150% da ETc).

Outra abordagem para explicar o comportamento linear obtido pela irrigação com EDT é a quantidade de sais dissolvidos no efluente, os íons dissolvidos na água aumentam a

energia requerida para que se ocorra a evapotranspiração, sendo que, quanto maior a quantidade de sais dissolvidos, menor a intensidade de evaporação (GARCEZ; ALVAREZ, 2012). A salinidade também causa redução no potencial osmótico das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2006) fazendo com que a água se torne menos disponível, diminuindo a transpiração. Com isso, a lâmina de irrigação L5 - EDT disponibilizou para consumo da planta uma quantidade inferior de água que a L5 - AP, esse comportamento linear indica que para esse solo (textura arenosa) se faz necessário aplicar lâmina superior a L5 de EDT (150% da ETC) para determinação do nível de irrigação que possibilite valores máximos de NF.

O número médio de frutos obtidos no presente trabalho foi inferior aos de outros experimentos com maracujá testando diferentes doses e/ou tipos de fertilizantes, em solo com características semelhantes (Neossolo Quartzarênico). Borges *et al.* (2003) em Jaíba - MG e Rodolfo Junior *et al.* (2008) em Remígio - PB obtiveram respectivamente valores máximos de 292.863 e 171.021 frutos por hectare, essa disparidade entre quantidade de frutos obtidas no presente trabalho pode ser explicada por três fatores: (i) maior tempo de avaliação da produção, (ii) não ocorrência de déficit hídrico e (iii) não ocorrência de diferenças significativas quanto as diferentes doses de fertilizantes aplicadas. Mesmo com valores de NF obtidos pelos autores citados anteriormente superiores aos do presente estudo, é importante notar que esses resultados sozinhos não implicam em uma maior produção, já que os valores de massa média obtidos pelos mesmos autores foram de 160 g por fruto, valores de massa média dos frutos (MF) inferiores aos obtidos com EDT e AP.

A variável MFR apresentou variação de 221 a 230 gramas, para EDT e AP respectivamente (Tabela 10), isso evidencia que nem a quantidade e nem a fonte hídrica influencia na massa dos frutos, esses resultados estão de acordo com os obtidos por Sousa *et al.* (2003), em que os diferentes níveis de irrigação e adubação potássica não influenciaram o peso médio do fruto do maracujá amarelo, entretanto os valores obtidos pelo autor citado foram inferiores aos do presente trabalho, apresentando valor médios próximos a 137 g. Não foi determinado um modelo matemático que se ajustasse aos dados de massa de frutos.

Tabela 10 - Massa média do fruto (MFR) em função dos tipos de fontes hídricas e lâminas de irrigação, no período de dezembro de 2015 a julho de 2016. Tianguá - CE, 2016

Fonte hídrica	Lâmina de irrigação (% ETc)					Média
	L1	L2	L3	L4	L5	
	Massa do fruto (g)					
AP	227 aAB	237 aA	213 aB	247 aA	230 aAB	230 a
EDT	233 aA	206 bB	220 aAB	215 bAB	232 aA	221 b

Letras iguais minúsculas entre colunas e maiúsculas entre linhas não possuem diferença estatisticamente significativas. Fonte: Próprio autor.

Ainda com relação da influência significativa das lâminas de irrigação nos valores de MFR, esse presente estudo diverge dos valores obtidos por Martins (1998) e Carvalho *et al.* (2000), esses autores obtiveram valores de MF variando de 108 a 151g e 147 a 161 g, respectivamente, sendo verificado incrementos significativos em função dos níveis de irrigação.

Os valores de MFR ressaltam a potencialidade da exploração dessa cultura em regiões com clima e solo semelhantes ao do presente trabalho. A variável MFR apresentou o dobro do peso mínimo para que sejam considerados satisfatórios pelo mercado (RUGGIERO *et al.*, 1996), evidenciando a viabilidade de produção, visto que segundo São José *et al.* (1999), produções com peso médio inferior a 120 g podem não ser economicamente vantajosas.

Os diâmetros médios dos frutos (DFR) foram de 79,54 e 78,06 mm para irrigação com AP e EDT, apresentando o mesmo comportamento da variável MF, diferenciando estatisticamente a 5% de probabilidade. Não foi constatado efeito significativo para esta variável em função das lâminas de irrigação. Esse resultado indica que os elementos dissolvidos no EDT, causam influencia sobre essas características morfológicas dos frutos de maracujá amarelo (massa e diâmetro), mas não ao ponto de causarem prejuízos, visto que mesmo os menores valores, obtidos com EDT, foram superiores aos verificados na literatura, Araújo *et al.* (2005) e Carvalho *et al.* (1999) obtiveram 65,04 e 74,00 mm respectivamente, em experimentos testando doses de potássio no maracujazeiro amarelo.

Os comprimentos médios dos frutos (CFR) foram de 92,47 e 91,84 mm para AP e EDT respectivamente, não diferindo estatisticamente. Também não foram constatados efeitos significativos em função das lâminas de irrigação, valores superiores ao obtidos por Carvalho *et al.* (2000), em experimento utilizando lâminas de irrigação e quantidades de fertilizante nitrogenado, os autores obtiveram para a variável CFR valor máximo de 73,70 mm, com a lâmina referente a 77% da ETc, nesse experimento as quantidades de nitrogênio não

influenciaram significativamente essa variável. Araújo *et al.* (2005), Fortaleza *et al.* (2005) e Borges *et al.* (2003), em experimentos testando doses de nitrogênio e potássio em plantas de maracujazeiro amarelo e azedo verificaram valores de CFR máximos de 67,76; 69,00 e 77,90 mm respectivamente.

Para o potencial produtivo médio não foram verificadas diferenças significativas em relação às fontes hídricas, os valores médios de PP foram de 19,3 e 18,1 Mg Ha<sup>-1</sup> para AP e EDT respectivamente. Já em função das diferentes lâminas aplicadas foram constatados incrementos na produtividade, corroborando com Carvalho *et al.* (2000) e Sousa *et al.* (2003), trabalhando com diferentes níveis de irrigação e adubação (nitrogenada e potássica, respectivamente) no maracujazeiro amarelo, constataram influência significativa do aumento dos níveis de irrigação no incremento da produção.

As lâminas L4-AP e L5-EDT foram os tratamentos com os maiores potenciais produtivos (26,3 e 25,9 Mg Ha<sup>-1</sup>, respectivamente), acima da produtividade média nacional, que é de aproximadamente 13,6 Mg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2016).

Pequenos períodos de estresse de umidade podem limitar o crescimento vegetativo e o potencial produtivo, concluindo que a irrigação na cultura do maracujazeiro amarelo deveria manter o perfil de umidade do solo próximo à capacidade de campo, principalmente durante o florescimento (MENZEL *et al.*, 1986), o que justifica a diminuição do potencial produtivo proporcionada pelas menores lâminas de irrigação no presente trabalho. Sobretudo, mesmo as menores produtividades apresentaram resultados satisfatórios, sob o tratamento L1 foram verificados valores de PP de 13,07 e 12,26 Mg ha<sup>-1</sup> para AP e EDT respectivamente, valores próximos da produtividade média nacional.

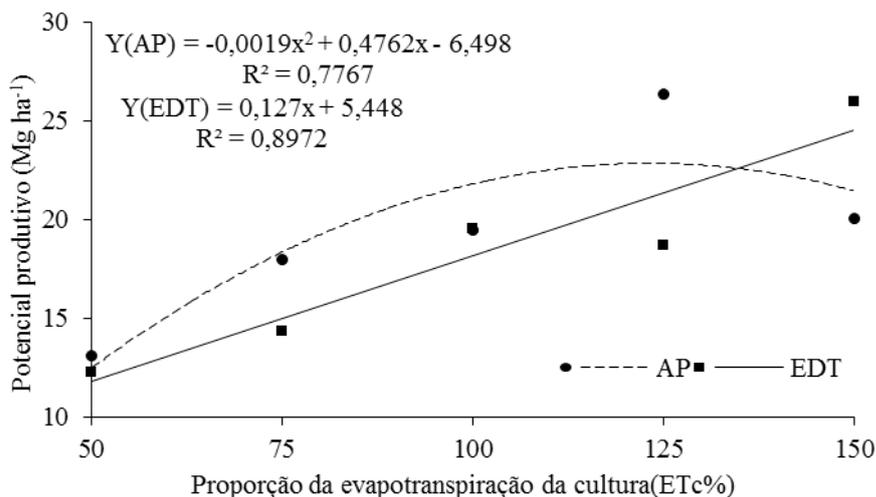
A adoção de adubação e irrigação manejadas de forma racional em conjunto com polinização manual elevam a produtividade do maracujá, podendo atingir até 45 Mg ha<sup>-1</sup> em alguns polos no estado de São Paulo (MELETTI e MAIA, 1999) que corroboram com RUGGIERO *et al.* (1996), esses autores afirmam a possibilidade de uma produtividade de até 40 Mg ha<sup>-1</sup>.

Os resultados referentes ao potencial produtivo se apresentaram inferiores aos valores máximos obtidos na literatura, sobretudo em função do curto período de análise, visto que segundo Araújo *et al.*, (2005) o período de safra do maracujá amarelo, na região nordeste, pode chegar até doze meses, o dobro de tempo de avaliação do presente trabalho.

Na análise de regressão para a variável PP (Figura 19), constata-se comportamento semelhante a variável NF, em que os valores de produtividade obtidos com o

tratamento AP se ajustaram de melhor forma a um modelo polinomial quadrático ( $R^2 = 0,77$ ), e EDT mais uma vez a um modelo linear ( $R^2 = 0,89$ ).

Figura 19 - Análise de regressão para estimativa dos valores de potencial produtivo para a cultura do Maracujá, em um período de dezembro de 2015 a Julho de 2016, irrigado com água residuária e de poço submetidas a diferentes lâminas, Tianguá – CE, 2016



Fonte: Próprio autor.

A lâmina que proporcionou a maior produtividade para a fonte hídrica AP foi a referente a 125% da ETc, esse comportamento pode ser justificado pelo mesmo motivo verificado para variável NF, discutidos anteriormente. Em relação ao curto período de avaliação, a variável PP apresentou resultados satisfatórios, sendo que em um outro experimento testando diferentes lâminas de irrigação realizado no município de Campos dos Goytacazes - RJ, em um período de 18 meses (dezembro de 1995 a junho de 1997), o valor máximo obtido superou o do presente trabalho somente em 10 Mg Ha<sup>-1</sup>, nesse trabalho o tratamento que proporcionou a máxima produtividade de maracujá amarelo foi referente a 72,3% da ETc, correspondendo a uma lâmina total de 1228 mm (CARVALHO *et al.*, 2000).

Ainda sobre a variável PP, a mesma atingiu somente 36% da produtividade média obtida por Carvalho *et al.* (2010), testando diferentes tensões de água em solo argiloso (15, 30, 45 e 60 kPa), foram obtidos valores de potencial produtivo de 68,7 e 75,2 Mg ha<sup>-1</sup>, em ambiente protegido e natural, respectivamente. Vale ressaltar que nesse experimento não houve diferenças significativas em função das lâminas de irrigação e que os autores afirmam ainda que essa alta produtividade ocorreu em função do elevado adensamento de plantio (2,0 x 1,75 m).

Os resultados indicam a potencialidade da cultura do maracujazeiro amarelo para o tipo de solo e clima da região, sendo que essa cultura possui período de safra prolongado no nordeste do Brasil, posto isso, é seguro afirmar que com maior período de avaliação pode-se atingir valores de PP próximos ou superiores a máximas produtividades da cultura, ainda que, segundo Carvalho *et al* (2000), a prática de irrigação proporciona floração e frutificação praticamente continua para o maracujazeiro amarelo.

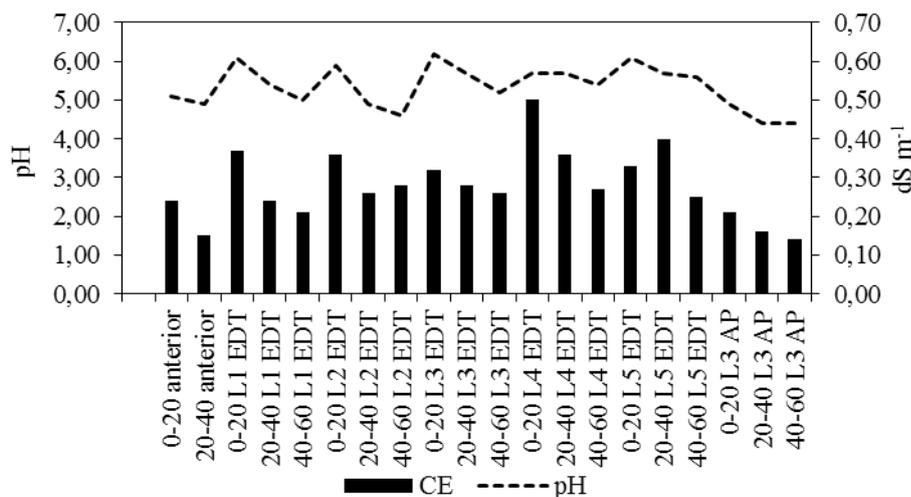
A produtividade obtida pela irrigação com EDT não proporcionou os maiores valores de PP, em função do comportamento linear na análise de regressão, o tipo de fonte hídrica não foi o fator limitante, e sim a quantidade de água aplicada, corroborando com os resultados obtidos, Rego *et al.* (2005) acompanhando o desenvolvimento da cultura da melancia irrigada com efluente doméstico demonstram que existe viabilidade técnica e econômica dessa prática. Resultados obtidos por Fonseca (2002), Azevedo (2004), Pereira (2006) e Duarte (2006), reforçam que os nutrientes contidos na água residuária incrementam o potencial produtivo das plantas, em estudos realizados nas regiões de Piracicaba e Botucatu com milho, alface, *Brachiaria* e pimentão respectivamente, os autores obtiverem resultados satisfatórios.

#### **4.3 Características do solo antes e após o final do experimento**

Para um melhor entendimento dos efeitos da irrigação com esgoto doméstico tratado, foram feitas análises químicas do solo cultivado com maracujazeiro amarelo, onde são apresentadas características químicas do solo para diferentes lâminas de irrigação, em três profundidades após o período de experimento e em duas com dados de amostras de solo coletadas antes da aplicação de EDT.

A aplicação de EDT proporcionou aumento no pH do solo, nas camadas de 0 a 20 cm (Figura 20), mesmo comportamento observado por Pires *et al* (2008), aplicando matéria orgânica, via adubação em solo cultivado com maracujazeiro amarelo, verificaram a elevação do pH, sendo esse, segundo esses autores um efeito positivo na cultura, proporcionando aumento na absorção dos nutrientes. A elevação dos valores de pH em função da irrigação com EDT também influenciam características físicas do solo, como a capacidade de contenção de água pelo mesmo. (MAGESAN *et al.*, 2000).

Figura 20 - Condutividade elétrica e pH do solo nos períodos anterior e posterior ao experimento, em diferentes profundidades e lâminas de esgoto doméstico tratado, Tianguá – CE, 2016



pH – Potencial hidrogeniônico; CE – Condutividade elétrica; L1 – lâmina referente a 50% da ETc; L2 – lâmina referente a 75% da ETc; L3 – lâmina referente a 100% da ETc; L4 – lâmina referente a 125% da ETc; L5 – lâmina referente a 150% da ETc; EDT – Esgoto doméstico tratado; AP – Água de poço.

Em contrapartida a irrigação com AP aumentou a acidez, principalmente na profundidade de 0 a 20 cm, assim como verificado por Duarte *et al.* (2008) em que, a água de poço utilizada na irrigação apresentava pH levemente ácido, reduzindo também o pH do solo. Vários autores relatam diminuição da acidez em solos de diferentes sistemas irrigados com EDT: sistemas agrícolas (JOHNS & McCONCHIE, 1994), pastagens (QUIN & WOODS, 1978) e silvicultura (FALKINER & SMITH, 1997).

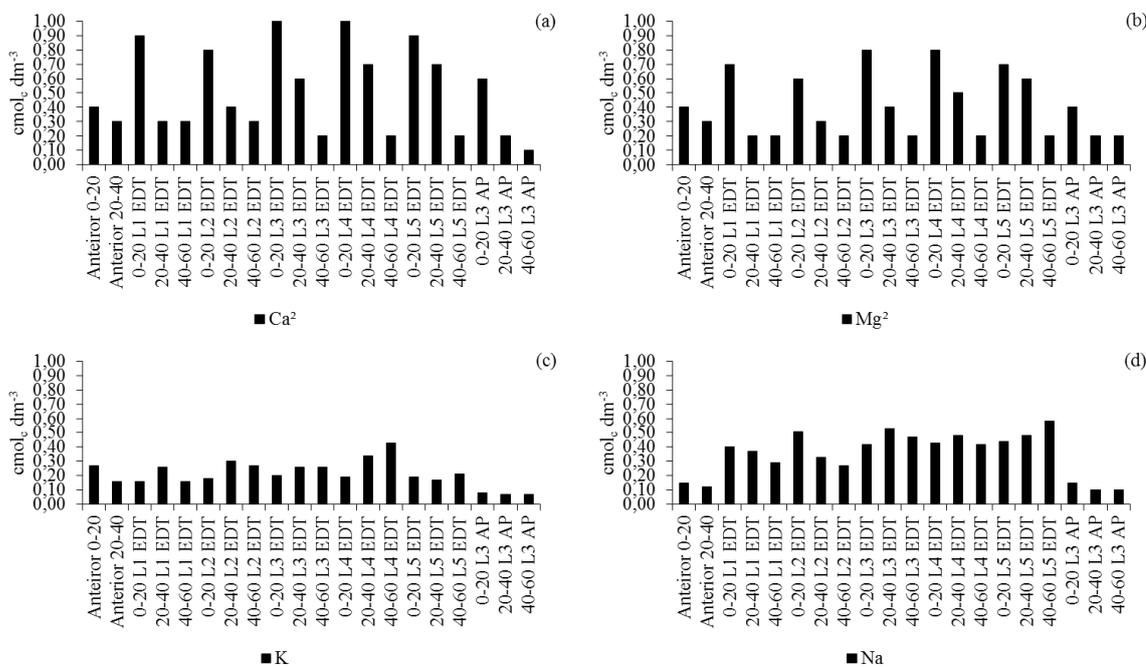
Quanto à condutividade elétrica (CE), seus maiores valores foram verificados nas camadas superficiais (0 - 20 cm), salvo a L5-EDT, em que quantidade de água referente a 150% da ETc proporcionou uma produção que possivelmente exportou alguns elementos e lixiviou parte desses sais, tornando a CE da camada intermediária (20 a 40 cm) superior a das demais profundidades para esse tratamento. Sobretudo, de forma geral não foram verificados problemas de salinidade ao solo, visto que o valor máximo observado chegou a 0,5 dS m<sup>-1</sup>. Segundo Richards (1954), o valor limite para que um solo seja considerado salino é de uma CE superior a 4,0 dS m<sup>-1</sup>, entretanto, pode-se encontrar plantas sensíveis a níveis de salinidade inferiores ao proposto por esse autor, como a cultura do maracujazeiro amarelo, 1,3 dS m<sup>-1</sup>, (AYERS E WESTCOT, 1999).

O aumento da CE ocorre em função do aporte de sais contidos no EDT, principalmente em função dos cátions Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Na<sup>+</sup>. Segundo Bouwer e Chaney (1974) a presença de sais dissolvidos em águas de reúso aumenta a interação desses elementos com os colóides do solo, interagindo sob a forma de trocas iônicas, dispersão e floculação das argilas.

A disponibilidade de água para as culturas pode ser reduzida em função do excesso de sais na solução do solo (AYERS & WESTCOT, 1985). Fato não ocorrido no presente estudo, no qual, foi verificado aumento da CE, entretanto não atingindo os limites críticos indicados na literatura. Comportamentos semelhantes foram obtidos por Mota *et al.* (2007), analisando alterações químicas de um solo cultivado com a cultura do coqueiro irrigado com EDT durante vinte anos e por Varallo *et al.* (2012), em um solo cultivado com alface durante dois ciclos da cultura, ambos os autores verificaram aumentos discretos na CE do solo.

A irrigação com EDT causou incrementos nas concentrações de sais do solo (Figura 21), dentre esses sais estão os cátions cálcio (Ca) e o magnésio (Mg). Para os incrementos do cálcio foram constatados aumentos de 3,0 e 2,3 vezes nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente, corroborando com Mota *et al.* (2007), onde os autores constataram em função da irrigação com EDT um aumento nas concentrações de cálcio de 2,6 e 3,0 vezes, para as profundidades de 0 a 30 e 30 a 60 cm, respectivamente.

Figura 21 - Níveis de cálcio (a), magnésio (b), potássio (c) e sódio (d) do solo nos períodos anterior e posterior ao experimento, em diferentes profundidades e lâminas de esgoto doméstico tratado.



Ca<sup>2+</sup> - Cálcio; Mg<sup>2+</sup> - Magnésio; K<sup>+</sup> - potássio; Na<sup>+</sup> - Sódio; L1 – lâmina referente a 50% da ETC; L2 – lâmina referente a 75% da ETC; L3 – lâmina referente a 100% da ETC; L4 – lâmina referente a 125% da ETC; L5 – lâmina referente a 150% da ETC; EDT – Esgoto doméstico tratado; AP – Água de poço.

Por sua vez, o magnésio apresentou aumento de 2,0 vezes em ambas às profundidades, valor próximo ao obtido por Mota *et al.* (2007), que verificaram aumento médio de 2,05 para a mesma variável. Mesmo com incrementos para essas duas variáveis, suas quantidades ainda se encontram baixas, indicando que somente a irrigação com EDT não repõe as quantidades de Ca e Mg recomendadas para solos agrícolas. Segundo Fernandes (1993), quando o somatório desses dois cátions não ultrapassa  $3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  em zonas irrigadas, se faz necessário a calagem do solo.

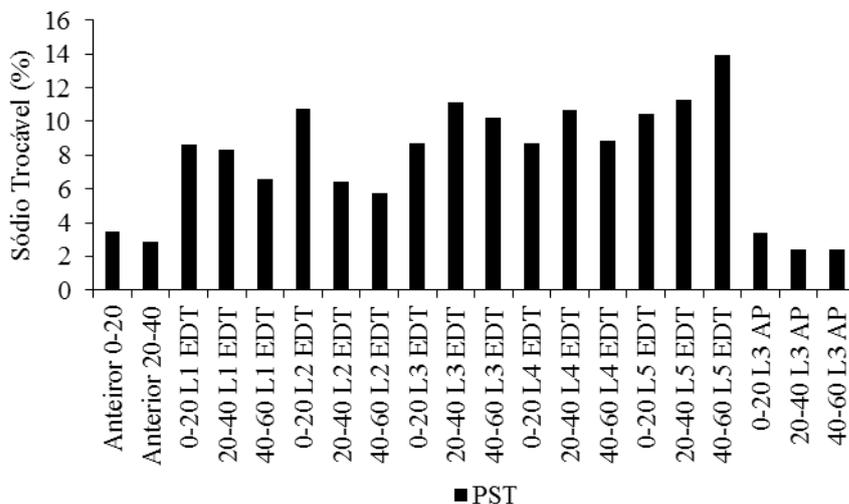
Os níveis de potássio (K) verificados não apresentaram alta variação em função das lâminas, em que os valores desse nutriente após o experimento foram semelhantes aos obtidos antes da aplicação de EDT, todos acima de  $0,16 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , por outro lado, a irrigação com AP proporcionou diminuição nos níveis desse elemento no solo, todos abaixo de  $0,08 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Corroborando com resultados obtidos por Kouraa *et al.* (2002) durante um ano com irrigação com EDT, onde não foram verificadas diferenças significativas entre os níveis de  $\text{K}^+$  no solo, em relação aos períodos anterior e posterior às irrigações.

A pouca variação das quantidades de K em relação às diferentes lâminas de EDT pode ser explicada pela ocorrência de lixiviação em solos de textura arenosa, com baixos teores de matéria orgânica e baixa capacidade de troca de cátions que proporciona uma elevada translocação do K, se intensificando quando esse elemento vem de fontes solúveis, como o caso do EDT (LANA *et al.*, 2003).

Duarte *et al.* (2008) analisando as alterações químicas de um solo irrigado com EDT verificaram no final da etapa experimental concentrações médias de  $\text{K}^+$  no solo iguais a 0,19; 0,71; 0,21; 0,20 e 0,26  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Al-Nakshabandi *et al.* (1997) e Adekalu & Okunade (2002) também verificaram aumento dos teores de  $\text{K}^+$  no solo em diferentes períodos de irrigação com EDT.

Se tratando dos níveis de sódio (Na) a irrigação com EDT proporcionou uma potencial desvantagem (Figura 22). Os valores de Porcentagem de Sódio Trocável (PST) oscilaram de 7 a 14%, segundo a classificação de Pizarro Cabello (1996) o solo após o experimento apresentou potencialidade de se tornar sódico, caso o pH ultrapasse 8,5. Diferentemente do solo analisado no período anterior ao experimento e o irrigado com AP, ambos não apresentaram essa característica, com valores máximos de PST iguais a 3%.

Figura 22 - Porcentagem de Sódio Trocável (PST) do solo nos períodos anterior e posterior ao experimento, em diferentes profundidades e lâminas de esgoto doméstico tratado, Tianguá – CE, 2016



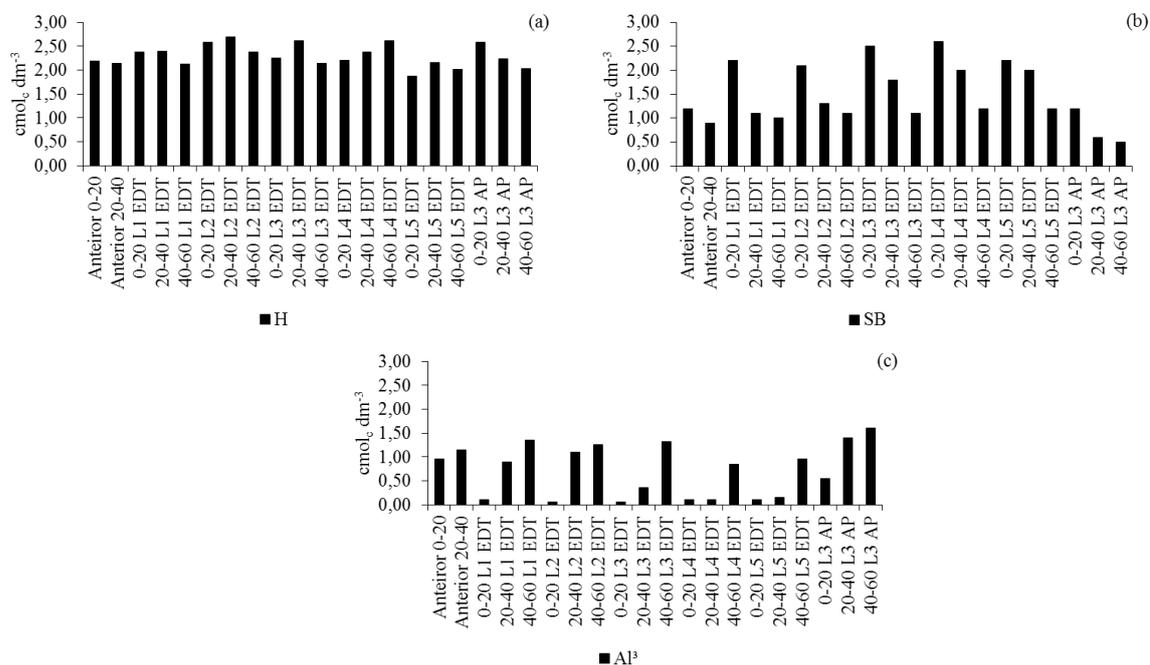
Os solos saturados com Na ficam mais hidratados que os saturados com Ca, se dispersando e dilatando excessivamente, tornando-se impermeáveis, o que não ocorre com os solos saturados com Ca (AMARO FILHO *et al.*, 2008), essas condições físicas ocasionadas pela alta concentração de Na no solo são adversas para o crescimento e desenvolvimento das plantas, reduzindo também a mineralização do nitrogênio (DIAS; BLANCO, 2010).

Não foi observado durante o experimento nenhum prejuízo causado pelo efeito direto da concentração de sódio no solo, entretanto, a aplicação posterior de água comum para lavagem do perfil do solo se apresenta necessária, em função da manutenção de níveis tolerantes de CE e PST.

Al-Hamaiedeh e Bino (2010), em experimento realizado na Jordânia, constataram que a utilização de água residual na irrigação não afeta características químicas das plantas e frutos avaliadas no estudo, entretanto os autores afirmam a necessidade da aplicação de água comum para lavagem do perfil do solo, possivelmente em função de altos teores de sódio depositados.

A quantidade de hidrogênio (Figura 23) sofreu pouca influência das lâminas de EDT aplicadas, sendo verificado de forma geral com valores próximos a  $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , seus efeitos sobre a acidez ativa do solo foram afetados diretamente pelos níveis de Ca e Mg aplicados via irrigação, principalmente na camada de 0 a 20 cm, fato também ocorrido em função sua relação antagônica com o aumento do pH do solo.

Figura 23 - Hidrogênio (a), soma de bases (b) e alumínio (c) do solo nos períodos anterior e posterior ao experimento, em diferentes profundidades e lâminas de esgoto doméstico tratado.



$\text{H}^+$  - Hidrogênio;  $\text{Al}^{3+}$  - Alumínio; SB – Soma de bases; L1 – lâmina referente a 50% da ETc; L2 – lâmina referente a 75% da ETc; L3 – lâmina referente a 100% da ETc; L4 – lâmina referente a 125% da ETc; L5 – lâmina referente a 150% da ETc; EDT – Esgoto doméstico tratado; AP – Água de poço.

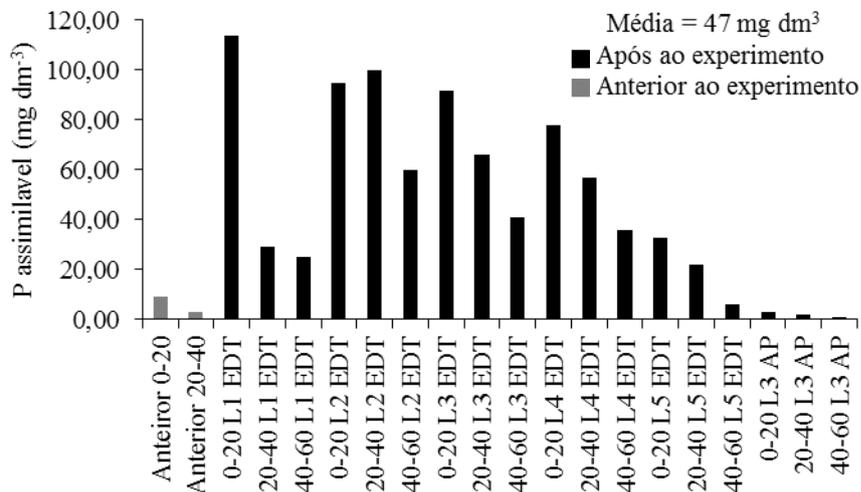
Pode-se observar que praticamente não ocorre a presença do íon alumínio (Al) na camada mais superficial do solo, reduzindo a possibilidade de toxidez por esse cátion em função da sua solubilidade reduzida em meio com pH próximo de 6,0. Assim como verificado por Almeida *et al.* (1999), em testes de alternativas para recomendação de aplicação de calcário, foi concluído que a saturação média de alumínio caiu de 52 para 8% com elevação do pH para 5,2.

O aumento no pH proporcionado pela aplicação de EDT foi fundamental para a manutenção da qualidade do solo, causando diminuição na solubilidade do Al, principalmente, visto que, em solos com pH inferior a 5,0, o íon alumínio representa 50% da CTC (EVANS e KAMPRATH, 1970).

Houve aumento na quantidade de fósforo assimilável (P) em função da irrigação com EDT (Figura 24), quando comparado com os valores verificados anteriormente ao período do experimento. Por sua vez, a irrigação com água de poço apresentou comportamento inverso, ocasionando diminuição na quantidade desse mesmo nutriente. No solo irrigado com EDT, os maiores incrementos de fósforo foram de 1267% (0 - 20 cm) e de 3333% (20 - 40 cm), para as lâminas L1 e L2, respectivamente. Esse aumento dos teores de P em sistemas de agricultura

irrigada com efluente de esgoto tem se tornado frequente (SCHALSCHA *et al.*,1979; LATTERELL *et al.*, 1982; JOHNN; McCONCHIE, 1994).

Figura 23 - Quantidade de fósforo assimilável no solo após o experimento em função das diferentes profundidades e lâminas de irrigação, Tianguá – CE, 2016



L1 – lâmina referente a 50% da ETc; L2 – lâmina referente a 75% da ETc; L3 – lâmina referente a 100% da ETc; L4 – lâmina referente a 125% da ETc; L5 – lâmina referente a 150% da ETc; EDT – Esgoto doméstico tratado; AP – Água de poço.

Observa-se maior concentração de fósforo nas camadas superiores de solo, principalmente no solo irrigado com o tratamento L1 (114 mg dm<sup>-3</sup>); O solo irrigado com água de poço apresentou valores de 3 e 2 mg dm<sup>-3</sup> de P, para as profundidades de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente. Segundo Raji *et al.*, (2001), teores de P acima de 120 mg kg<sup>-1</sup> são considerados elevados para algumas culturas. A alta frequência e a baixa intensidade de aplicação de água, comum em sistemas de irrigação localizada, em conjunto com o alto poder de adsorção de P na superfície dos colóides do solo, não proporcionaram a lixiviação desse nutriente. Kardos e Hook (1976) ao longo de nove anos de estudo, utilizando efluente de esgoto na irrigação, verificaram que 96% do P aplicado no solo estava ainda na camada de 0 – 120 cm.

De forma geral, verificou-se uma relação negativa com a quantidade de P na camada superficial e a quantidade (Lâmina) de efluente aplicado. Esse comportamento se dá em função da transferência de P ocasionada pela maior lâmina para a camada de 20 - 40 cm. É notável a diminuição da concentração desse elemento em função do aumento da profundidade, tal comportamento também foi observado por Souza *et al.*, (2009b).

Segundo Ceretta *et al.* (2005), baixas concentrações de fósforo assimilável P nas camadas mais profundas do solo devem-se à baixa mobilidade desse elemento no solo, sendo, provavelmente, este adsorvido pelas partículas do solo, absorvido pelas plantas e o restante

precipitado. Ainda segundo Tomé Jr (1997), o fósforo P possui ligação direta com o teor de matéria orgânica (MO), onde ocorre a diminuição de ambos com a profundidade.

Dos tratamentos com efluente doméstico, o tratamento L5 EDT apresentou as menores concentrações de P na camada superior do solo, isso se dá em função de dois fatores: (i) a maior lâmina proporcionou o maior desenvolvimento da cultura, possibilitando maior extração de fósforo do solo, exportando-o em seus frutos; (ii) a lâmina de irrigação excessiva pode ter transportado o excesso de fósforo não exportado nos frutos para uma camada de solo abaixo dos 60 cm, profundidade máxima avaliada.

A irrigação com água de poço causou diminuição nos valores de fósforo detectados originalmente, para L3 (100% da ETc). Foram constatadas quantidades de 33 e 66% de fósforo disponível, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, respectivamente, em relação aos valores anteriores ao experimento. Contrariando os resultados do presente estudo, Duarte *et al.* (2008) e Varallo *et al.* (2012), não observaram diferenças nos teores de fósforo quando comparados os solos irrigados com efluente de esgoto e com água potável.

Em experimento em que foram utilizados para irrigação: esgoto, EDT e AP foi constatado que em um ano de cultivo não houve alterações nos níveis de P do solo cultivado. Os autores relataram, ainda, que para ocorrer alterações químicas no solo são necessários vários anos de irrigação, em função da dinâmica deste nutriente ocorrer lentamente (KOURA *et al.*, 2002) Al-Nakshabandi *et al.* (1997) contrariam os autores mencionados acima, em apenas cinco meses cultivando berinjela irrigada com EDT, verificaram aumento significativo nos teores de P disponível do solo.

Os solos diferem quanto à sensibilidade da resposta da adição de P na solução, esse fenômeno é denominado de poder tampão. Solos com maior poder tampão demonstram pouca e/ou nenhuma flutuação na quantidade fósforo lábil que deveria ocorrer em função da variação desse elemento no solo, o tamponamento controla os excessos e carências de fósforo, dentro das limitações de cada tipo de solo. (MARCOLAN, 2006).

Solos com alta capacidade de retenção de P diminuem a perda desse nutriente por lixiviação e/ou percolação para fora da zona radicular, possibilitando assim a sustentabilidade de cultivos que utilizem irrigação com EDT (FALKINER; POLGLASE, 1997), em função disso, as transferências de P por percolação não tem recebido a devida atenção (TOOR *et al.*, 2003).

Do ponto de vista ambiental, os altos níveis de P detectados no presente trabalho tornam necessária uma atenção especial sobre esse elemento na utilização de EDT na

irrigação. Segundo Klein e Agne (2013), existe a possibilidade de impactos negativos em função do excesso do fósforo no solo, em especial na qualidade das águas, podendo causar eutrofização excessiva. O fósforo em demasia, juntamente com o nitrogênio estimula o crescimento de plantas subaquáticas, que interferem na qualidade da água.

Como a produtividade do maracujazeiro amarelo obtida com as menores lâminas atingiu a média nacional e não causou translocação do fósforo e outros elementos dissolvidos para camadas mais profundas, a utilização da lâmina de EDT referente a 50% da ETc ainda se apresenta como uma forma sustentável de se obter uma produção economicamente viável.

## 5 CONCLUSÃO

A utilização da água residual na agricultura irrigada é viável para o desenvolvimento vegetativo e produção do maracujazeiro.

A concentração de clorofilas *a* e *b* nas folhas do maracujazeiro amarelo não apresentam diferenças significativas, independentemente da fonte e/ou quantidade de água.

A máxima produtividade foi obtida pela irrigação com lâmina referente a 125% da ETc para água de poço, já para água de reúso não se estimou um valor máximo em função do seu comportamento linear.

As fontes hídricas e lâminas de irrigação não causam influência significativa para o comprimento médio dos frutos.

O diâmetro e a massa dos frutos apresenta influência sob as diferentes fontes hídricas, fato que não ocorre em função das lâminas de irrigação.

Do ponto de vista agrícola, a irrigação com efluente de esgoto doméstico não causa prejuízos às características químicas do solo, possibilitando produtividade satisfatória e ambientalmente viável.

## REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. F. **Consumo hídrico da cultura do girassol irrigada na região da Chapada do Apodi, RN**. 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.
- ADEKALU, K. O.; OKUNADE, D. A. Effects of pond water and sewage effluent treatments on yield and nutrient uptake of maize. **Tropical Agriculture**, v.79, n.2, p.120-124, 2002.
- ALENCAR, C. de A. **Consumo de água do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis Sims var flavicarpa Deg*)**. 2000. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- AL-HAMAIIEDEH, H.; BINO, M. Effect of treated grey water reuse in irrigation on soil and plants. **Desalination**, v. 256, n. 1, p. 115-119, 2010.
- ALMEIDA, J. A. ERNANI, P. R. MAÇANEIRO, K. C. Recomendação alternativa de calcário para solos altamente tamponados do extremo sul do Brasil. **Ciência Rural**, v. 29, n. 4, 1999.
- AL-NAKSHABANDI, G. A.; SAQQAR, M. M.; SHATANAWI M. R.; FAYYAD, M.; AL-HORANI, H. Some environmental problems associated with the use of treated waste water for irrigation in Jordan. **Agricultural Water Management**, v.34, n.1, p.81-94,1997.
- AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. **Física do solo: conceitos e aplicações**. Fortaleza: Imprensa Universitária, v. 1, 2008.
- ARAÚJO, J. F., SANTANA, M. D. B., NETO, J. P., SILVA, F. M. D., LIMA, C. B. D. A., & SILVA, N. M. C. Crescimento de mudas de maracujá amarelo com biofertilizante líquido. In: **VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**. 2012.
- ARAÚJO, J. L. P; ARAÚJO, E. P; CORREIA, R. C. **Análise do custo de produção e rentabilidade do maracujá explorado na região do submédio São Francisco**. Petrolina: Embrapa semiárido, 2005a. (Documentos/ Embrapa semiárido, 122)
- ARAÚJO, R. C, BRUCKNER, C. H., MARTINEZ, H. E. P., SALOMÃO, L. C. C., VENEGAS, V. H. A., DIAS, J. M. M., ... & ALMEIDA DESOUZA, J. Crescimento e produção do maracujazeiro-amarelo em resposta à nutrição potássica. **Rev. Bras. Fruticultura.**, v. 27, n. 1, 2005b.
- AYERS, R. S., e WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985.
- AYERS, R.S. E WESTCOT, D.W. (1999) - **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 180 p.
- AZEVEDO, J. H. O; BEZERRA, F. M. L. Resposta de dois cultivares de bananeira a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 28-33, 2008.
- AZEVEDO, L. P. **Avaliação da qualidade microbiológica e da produção de alface americana sob diferentes sistemas de irrigação utilizando águas residuárias**. 77p. 2004.

Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu.

BARROSO, G.F. **BMLP - Programa Brasileiro de Intercâmbio em Maricultura. Programa de Monitoramento Ambiental. Protocolo para Análise de clorofila *a* e feopigmentos pelo método fluorímetro TD-700.** Vitória, Espírito Santo, 1998. p.1-21.

BASTOS, R. K. X., Bevilacqua, P. D., Andrade Neto, C. O., & Von Sperling, M. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e psicultura,** 2003.

BATISTA, R. O; SOUZA, J. A. R.; FERREIRA, D. C. Influência da aplicação de esgoto doméstico tratado no desempenho de um sistema de irrigação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.1, p. 18-22, 2010.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Irrigation manual.** 2006.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. **Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods**, n. methodsofsoilan1, p. 377-382, 1986.

BONFIM-SILVA, E. M., DA SILVA, T. J. A., CABRAL, C. E. A., KROTH, B. E., & REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 180-186, 2011.

BORGES, A. L., RODRIGUES, M. G. V., LIMA, A. D. A., ALMEIDA, I. D., & CALDAS, R. C. Produtividade e qualidade de maracujá-amarelo irrigado, adubado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 25, n. 2, p. 259-262, 2003.

BORGES, A.L., B. van RAIJ, A.F. de J. MAGALHÃES, A.C. de C. BERNARDI, and A. de A. LIMA. 2002. **Nutrição mineral, calagem e adubação do maracujazeiro irrigado.** Embrapa-CNPMPF. Circular Técnica 50:1-8.

BOUWER, Herman; CHANEY, R. L. Land treatment of wastewater. **Advances in agronomy**, v. 26, p. 133-176, 1974.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** – 2013. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014. 181 p.

BRUCKNER, C. H.; PICANÇO, M. C. **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado.** Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. 286p.

CAOVILLA, F. A., SAMPAIO, S. C., SMANHOTTO, A., NÓBREGA, L. H., QUEIROZ, M. D., e GOMES, B. M. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 692-697, 2010.

CARVALHO, A. D., MARTINS, D. D. P., Monnerat, P. H., & BERNARDO, S. D. Adubação nitrogenada e irrigação no maracujazeiro-amarelo. I. Produtividade e qualidade dos frutos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 6, 2000.

CARVALHO, A.J.C. de; MARTINS, D.P.; MONERAT, P.H.; BERNARDO, S. Produtividade e qualidade do maracujazeiro amarelo em resposta à adubação potássica sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.21, n.3, p.333-337, 1999.

CARVALHO, J. D. A., KOETZ, M., DE SOUSA, A. M., & SOUZA, K. J. D. Desenvolvimento e produtividade do maracujazeiro-amarelo irrigado sob diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido e natural. **Engenharia Agrícola**, 2010.

CAVALCANTE, L. F., COSTA, J. R. M., OLIVEIRA, F. K. D., CAVALCANTE, I. H. L., & ARAÚJO, F. A. R. Produção do maracujazeiro-amarelo irrigado com água salina em covas protegidas contra perdas hídricas. **Irriga**, v. 10, n. 3, p. 229-240, 2005.

CAVICHIOLO, J. C. S.; CORRÊA, L. S.; GARCIA, M. J. M.; FISCHER, I. H. Desenvolvimento, produtividade e sobrevivência de maracujazeiro amarelo enxertado e cultivado em área com histórico de morte prematura de plantas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 567-574, 2011.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; VIEIRA, F. C. B.; HERBES, M. G.; MOREIRA, I. C. L.; BERWANGER, A. L. Dejetos líquidos de suínos: I – perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 35, p. 1296-1304, 2005.

CONFORTO, E. D. C., CORNÉLIO, M. L., ANDREOLI, R. P., & GONÇALVES, E. C. P. Validação das unidades arbitrárias de teor de clorofilas obtido em folhas intactas de seringueira. **Agroambiente On-line**, p. 288-292, 2014.

COSTA, J. R., LIMA, C. D. A., LIMA, E. D. A., CAVALCANTE, L. F., & OLIVEIRA, F. D. Caracterização dos frutos de maracujá amarelo irrigados com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 143-146, 2001.

COSTA, S. G. D. **Irrigação, a dualidade no semiárido nordestino: desenvolvimento econômico x impactos sócio-ambientais**. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA, 2., 2003, Uberlândia. Anais... Uberlândia: Instituto de Geografia, 2003.

DEON, M. D. **Reciclagem de água e nutrientes pela irrigação da cana-de-açúcar com efluente de estação de tratamento de esgoto**. 2010. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

DIAS, N. da. S.; BLANCO, F. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**.

DUARTE, A. S., AIROLDI, R. P., 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.

DUARTE, A. **Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 187f. 2006. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

EMBRAPA SOLOS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio e Janeiro: Atual, 2008. 212 p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Embrapa Produção de Informação, 2013. 342 p.

EMBRAPA: Disponível em: **Produção de Maracujá: alternativas de renda para agricultores**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/dia-de-campo-na-tv/busca-de-noticias/noticia/dia-de-campo-na-tv-producao-de-maracuja-alternativa-de-renda-para-agricultores>>. Acessado em 11 nov.2015.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. Mineral Nutrition of plants: principles and perspective. 2.ed. Sunderland, Sinauer Associates, 2005. 400p

EVANS, C. E.; KAMPRATH, E. J. Lime response as related to percent Al saturation, solution Al, and organic matter content. Soil Science Society of America Proceedings, v. 34, p. 893-896, 1970.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. Manual do medidor eletrônico de clorofila ClorofiLOG CFL 1030, Porto Alegre, 2008. 4p.

FALKNER, R. A.; POLGLASE, P. J. Transport of phosphorus through soil in an effluent-irrigated tree plantation. **Australian Journal of Soil Research**, v. 35, n. 2, p. 385-397, 1997.

FALKNER, R. A.; SMITH C. J. Changes in soil chemistry in effluent-irrigated *Pinus radiata* and *Eucalyptus grandis*. **Australian Journal of Soil Research**, v.35, p.131-147, 1997.

FÁVARO, É. A. VITORINO, A. C. T., DANIEL, O., & NOVELINO, J. O. Boro e magnésio na produção de óleo essencial de *Corymbia citriodora* e teor de clorofila. **Floresta**, v. 41, n. 1, p. 39-46, 2011.

FEIDEN, A. **Avaliação da eficiência de lagoas de tratamento de resíduos líquidos**.

Disponível em:

<<http://www.md.utfpr.edu.br/Intranet/professores/adm/download/apostila/172510.pdf>>.

Acesso em: 26 fev. 2016.

FERNANDES V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza: UFC/BNB, 1993. 248 p.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análise estatística para dados balanceados (SISVAR)**. Lavras: UFLA-DEX. 2000. 145 p.

FIDELES FILHO, J; FERREIRA, O. E; BELTRÃO N. E. M; DIAS, J. M; KONIG, A. Características espectrais do algodoeiro herbáceo irrigado com água residuária e adubação nitrogenada. in: congresso brasileiro do algodão, 4., 2003, Goiânia. Algodão: um mercado em evolução: **anais**. Embrapa Algodão; Goiânia: Fundação GO, 2003. Disponível em: <[cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos\\_cba4/188.pdf](http://cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba4/188.pdf)>. Acesso em: 26 fev 2016.

FONSECA, A. F. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado**. 2002. 126 f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

FORTALEZA, J. M., PEIXOTO, J. R., JUNQUEIRA, N. T. V., OLIVEIRA, A. D., & RANGEL, L. E. P. Características físicas e químicas em nove genótipos de maracujá-azedo cultivado sob três níveis de adubação potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 124-127, 2005.

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; DIAS, T. J.; SOUTO, A. G. L. necessidade hídrica do maracujazeiro amarelo cultivado sob estresse salino, biofertilização e cobertura do solo. **Revista Caatinga**, v.24, n.1, p.82-91, 2011.

FREITAS, C. A. S. Crescimento vegetativo de cana-de-açúcar (*saccharum officinarum* L.) irrigada com água de esgoto doméstico tratado. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 1, 2012.

FREITAS, C. A. S.de; SILVA, A. R. A. da; BEZERRA, F. M. L.; ANDRADE, R. R. de; MOTA, F. S. B.; AQUINO, B. F. Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.10, p.1031–1039, 2012.

FRIZZONE, J. A., FREITAS, P. D., Rezende, R., & FARIA, M. D.. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem, 2012.

FUNCEME. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorológico/572-postos-pluviométricos>>. Acesso em: 8 dez. 2016.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2.ed., rev. e atual. São Paulo, SP: Blücher, 2012.

HAFLE, O. M. Produtividade e qualidade de frutos do maracujazeiro amarelo submetido à poda de ramos produtivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 763-770, 2009.

HESPAHOL, 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.

HUTTON, G.; HALLER, L. **Evaluation of the costs and benefits of water and sanitation improvements at the global level**. Geneva: WHO, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1613&z=t&o=11&i=P>>. Acesso em: 28 de nov. 2016.

JOHNS, G. G.; MCCONCHIE, D. M. Irrigation of bananas with secondary treated sewage effluent. II. Effect on plant nutrients, additional elements and pesticide residues in plants, soil and leachate using drainage lysimeters. **Crop and Pasture Science**, v. 45, n. 7, p. 1619-1638, 1994.

KARDOS, L. T.; HOOK, J. E. Phosphorus balance in sewage effluent treated soils. **Journal of Environmental Quality**, v. 5, n. 1, p. 87-90, 1976.

KLEIN, C., & AGNE, S. A. A. FÓSFORO: DE NUTRIENTE À POLUENTE!. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1713-1721, 2013.

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

LANA, R.M.Q.; VILELA FILHO, C.E.; ZANÃO JUNIOR, L.A.; PEREIRA, H.S. & LANA, A.M.Q. Adubação superficial com fósforo e potássio para soja. **Scientia Agrária**, Piracicaba, v. 4, n. 1/2, p. 53-60, 2003.

LATTERELL, J. J., DOWDY, R. H., CLAPP, C. E., LARSON, W. E., & LINDEN, D. R. Distribution of phosphorus in soils irrigated with municipal waste-water effluent: a 5-year study. **Journal of Environmental Quality**, v. 11, n. 1, p. 124-128, 1982.

LIMA, A. de A.; TRINDADE, A. Propagação. In: LIMA, A. de A.; CUNHA, M. A. P. **Maracujá: produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p. 109-116.

LIMA, R. M. M. de. Reúso de água como estratégia hídrica e nutricional para o feijoeiro cultivado na agricultura familiar. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará.

LUCAS, A. A. T; **Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg) a lâminas de irrigação e doses de adubação potássica**. 2002. 88f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MACEDO. J. P. **Desempenho do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina, em função do espaçamento, cobertura do solo e poda da haste principal**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

MACIEL, N.; BATUTISTA, D.;AULAR, J. Crecimiento, desarrollo y arquitectura de *Passiflora edulis f. flavicarpa*. **Proceeding Interamerican Society Tropical Horticultural**, Homestead, n.38, p.133-138, 1994.

MAGESAN, G. N., WILLIAMSON, J. C., YEATES, G. W., & LLOYD-JONES, A. R. Wastewater c: n ratio effects on soil hydraulic conductivity and potential mechanisms for recovery. **Bioresource Technology**, v. 71, n. 1, p. 21-27, 2000.

MARCOLAN A. L. **Suprimento e absorção de fósforo em solos submetidos a diferentes sistemas de preparo**. Tese. Programa de Pós-graduação em ciência do solo Faculdade Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande Sul. Porto Alegre, p.107, 2006.

- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995.
- MARTINS, D. P. **Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* sins var *flavicarpa* deg.) a laminas de irrigacao e doses de nitrogenio e de potassio**. Campos dos Goytacazes, 1998.
- MELETTI, L.M.M.; MAIA, M.L. Maracujá: produção e comercialização. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1999. p.2-26 (Boletim Técnico, 181).
- MELO, K.T. **Comportamento de seis cultivares de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) em Vargem Bonita, no Distrito Federal**. 1999. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 1999.
- MENZEL, C. M. SIMPSON, D. D. DOWLING, A. J. Water realtions in passion fruit: effect of moisture stress on growth, flowering and uptake. **Scientia Horticultural**, v.29, p. 239-249, 1986.
- MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 2 ed. Porto Alegre: Gênese, 2004. 290p.
- MÓGOR, Á. F. T. B. PAULETTI, V. OLIVEIRA, J. BETTONI M. M.; Teores de clorofila em cultivares de tomateiro submetidas a aplicações foliares de magnésio. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 43, n. 4, p. DOI: 10.1590/S1983-40632013000400008, 2013.
- MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 3, p.370-374, jun. 2002.
- MOTA DE OLIVEIRA, N; SILVA, M. P; CARNEIRO, V. A. Reúso da água: um novo paradigma de sustentabilidade. **Élisée-Revista de Geografia da UEG (ISSN 2316-4360)**, v. 2, n. 1, p. 146-157, 2013.
- MOTA, F. S. B.; SPERLING, M. V. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: AESB, 2009.
- MOTA, J. C. A. **Componentes do balanço de água em um Cambissolo cultivado com meloeiro irrigado por gotejamento, com e sem cobertura da superfície**. 2010. 106p. 2010. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- MOTA, Suetônio; SANTOS, André Bezerra dos; ALVES, Igor Ramos. Avaliação das modificações nas propriedades de um solo pelo uso de esgoto doméstico tratado na irrigação do coqueiro. **Rev. Technol.** Fortaleza, v. 28, n. 1, p. 42-50, jun. 2007.
- NOGUEIRA FILHO, G. C, RONCATTO, G., RUGGIERO, C., DE OLIVEIRA, J. C., & MALHEIROS, E. B. Desenvolvimento e produção das plantas de maracujazeiro-amarelo produzidas por enxertia hipocotiledonar sobre seis porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 535-543, 2010.
- OLIVEIRA, A. D. F. M., FERNANDES, F. G. B. C., BATISTA, R. O. DI SOUZA, L., E GURGEL, M. T. Teores de metais pesados em cambissolo irrigado com água residuária

doméstica e água de poço/Heavy metal contents in irrigated cambisol with domestic wastewater and well water. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 2, p. 302, 2014.

PEDROTTI, Alceu *et al.* Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

PEREIRA, E. **Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu reúso no ambiente agrícola**. 2006. 129 f. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem)-Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 2006.

PIMENTA, H. C. D.; TORRES, F. R. M.; RODRIGUES, B. S.; DA ROCHA JÚNIOR, J. M. O esgoto: a importância do tratamento e as opções tecnológicas. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABEPRO; ENEGEP, 2002.

PIMENTEL, L. D.; SANTOS, C. E. M.; FERREIRA, A. C. C.; MARTINS, A. A.; WAGNER JÚNIOR, A.; BRUCKNER, C. H. Custo de produção e rentabilidade do maracujazeiro no mercado agroindustrial da Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, p.397-407, 2009.

PIRES, A. A., MONNERAT, P. H., MARCIANO, C. R., PINHO, L. D. R., ZAMPIROLI, P. D., ROSA, R. C. C., & MUNIZ, R. A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 11, p. 1997-2005, 2008.

PIZARRO CABELLO, F. Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersión, exudación. 2. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996. 471 p.

PRADO, R.M.; NATALE, W. Folha diagnóstica da caramboleira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004. CD-ROM.

QUEIRÓS. M. S. **Tipos de covas e cobertura morta sobre a produção e qualidade dos frutos de maracujazeiro amarelo**. 1997. 67f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

QUIN, B. F; WOODS, P. H. Surface irrigation of pasture with treated sewage effluent. I Nutrient status of soil and pastures. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.21, p419-426, 1978.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba : Ceres/Potafos, 1991. 343 p.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. 4. ed. Campinas: Fundação Cargill, 2001, 343p

RAMOS, J. M. O. Uso da água residuária na adubação: vantagens e limitações. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 6, n. 10, p. 1-20, 2007.

RAVINA I. *et al.* Control of clogging in drip irrigation with stored treated municipal sewage effluent. **Agricultural Water Management**, v. 33, p. 127-137, 1997.

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

REITER, J. M. W.; HEIDEN, F. C. Maracujá: Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina, 1998. 69p. (Estudo de economia de mercado e produtos agrícolas, 5). remoção. Rio de Janeiro: AESB, 2009.

RIBEIRO, M. C. DE F.; ROCHA, F. A.; SANTOS, A. C. DOS; SILVA, J. O. DA; PEIXOTO, M. de F. S. P.; PAZ, V. P. DA S. Crescimento e produtividade da mamoneira irrigada com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. vol.16 no.6 Campina Grande, 2012.

RICHARDS, L.A. (ed.). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington D.C.: U.S. Salinity Laboratory, 160p, 1954. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

RICHARDSON, A.D.; DUGAN, S.P.; BERLYN, G.P. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytologist*, Lancaster, v.153, n.1, p.185-194, 2002.

RIGON, J. P. G., CAPUANI, S., BELTRÃO, N. D. E. M., BRITO NETO, J. F. D., SOFIATTI, V., & FRANÇA, F. V. D. Non-destructive determination of photosynthetic pigments in the leaves of castor oil plants. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, n. 3, p. 325-329, 2012.

RODOLFO JUNIOR, F. R., CAVALCANTE, L. F., & DE SOUZA BURITI, E. Crescimento e produção do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizantes e adubação mineral com NPK. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, 2008.

RODRIGUES, R. S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: Proposta de regulamentação do reúso no Brasil**. 2005. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

RODRIGUES, R.S. **As Dimensões Legais e Institucionais de Reúso de Água no Brasil: Proposta de Regulamentação do Reúso no Brasil**, 2005. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ROZANE, D. E., SOUZA, H. A. D., PRADO, R. D. M., NATALE, W., FRANCO, C. F., & LEAL, R. M. Influência do cultivar, do tipo de folha e do tempo de cultivo na medida indireta da clorofila (SPAD) em mudas de goiabeira. **Ciência e Agrotecnologia**, p. 1538-1543, 2009.

RUGGIERO, C. **Estudos sobre floração e polinização do maracujá amarelo** (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). FCAVJ: Jaboticabal, 1973, p. 92.

RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A.R.; VOLPE, C.A.; OLIVEIRA, J.C. de; DURIGAN, J.F.; BAUMGARTNER, J.G.; SILVA, J.R. da; NAKAMURA, K.; FERREIRA, M.E.; KAVATI, R.; PEREIRA, V. da P. **Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: Embrapa- SPI, 1996. 64p. (Publicações Técnicas Frupex, 19).

SANTANA, E. W. *et al.* **Pacto das Águas - “Iniciando o Diálogo”**. Fortaleza: Assembléia Legislativa do Estado do Ceará. 2008. 63 p.

SANTANA, M. G. S.; **Efeito do reúso de efluente de esgoto sobre os parâmetros de crescimento e nutrição de sorgo**. 2015. 62 f. Tese de Doutorado, (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SANTOS, C. E. M. D., BRUCKNER, C. H., CRUZ, C. D., SIQUEIRA, D. L. D., & PIMENTEL, L. D. Características físicas do maracujá-azedo em função do genótipo e massa do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal. 2009.

SANTOS, C. J. O. **Avaliação do maracujazeiro e do solo submetido a condicionadores químicos, adubação potássica e irrigação com água salina**. 2001. 88 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2001b

SANTOS, G. P. **Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg) à adubação fosfatada**. 2005, 41 f. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SANTOS, J. B. **Estudo das relações nitrogênio: potássio e cálcio: magnésio sobre o desenvolvimento vegetativo e produtivo do maracujazeiro amarelo**. 2001a. 88f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SANTOS, M. DA S.; LIMA, V. L. A. DE; BELTRÃO, N. E. DE M.; BARROS, H. M. M.; SAMPAIO, M. V.; MARTINS, E. S. C. DA S. Produção de gergelim sob irrigação com água residuária tratada e adubação com torta de mamona. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.4, p.31-35, 2010.

SANTOS, P. C. dos; LOPES, L. C.; FREITAS, S. de J.; SOUSA, L. B. de; CARVALHO, A. J. C. de. Crescimento inicial e teor nutricional do maracujazeiro amarelo submetido à adubação com diferentes fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 722-728, 2011.

SÃO JOSÉ, A.R.; REBOUÇAS, T.N.H.; BONFIM, M.P.; PIRES, M. DE M. Situação regional da cultura do maracujá-Nordeste. In: Reunião Técnica de Pesquisa em Maracujazeiro. Londrina, PR: IAPAR/ SBF. 1999. p.4-10.

SCHALSCHA, E. B., VERGARA, I., SCHIRADO, T., & MORALES, M. Nitrate movement in a Chilean agricultural area irrigated with untreated sewage water. **Journal of Environmental Quality**, v. 8, n. 1, p. 27-30, 1979.

SILVA JÚNIOR, C. D.; SANTANA, M. C. de . Effects of Vapour Pressure Deficit on Gas Exchange of Coconut Palm Tree Grown under Irrigation. *Acta Horticulturae*, v. 1, s.n, p. 191-195, 2013.

SILVA, F. G. DUTRA, W. F., DUTRA, A. F., DE OLIVEIRA, I. M., FILGUEIRAS, L. M., e DE MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob

lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015.

SILVA, F. G., DUTRA, W. F., DUTRA, A. F., DE OLIVEIRA, I. M., FILGUEIRAS, L. M., & DE MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015.

SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; DANTAS NETO, J.; NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; VIÉGAS, R. A. Crescimento e produção do pinhão-mansô irrigado com água residuária sob condições de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.6, p.621–629, 2011.

SIMON, P.; KARNATZ, A. Effect of soil and air temperature on growth and flower formation of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **Acta Horticulturae, Wageningen**, v.139, p.120-128, 1983.

SOUSA, V. D., FOLEGATTI, M. V., FRIZZONE, J. A., CORRÊA, R. D. L., & ELOI, W. M. Produtividade do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio via fertirrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 497-504, 2003.

SOUZA, J. A. R., MOREIRA, D. A., FERREIRA, P. A., & MATOS, A. T. Variação do nitrogênio e fósforo em solo fertirrigado com efluente do tratamento primário da água residuária da suinocultura. **Revista Ambiente & Água, Taubaté**, v. 4, n. 3, p. 111-122, 2009b.

SOUZA, M. S. M. de; BEZERRA, F. M. L; VIANA, T. V. A; TEÓFILO, E. M; CAVALCANTE. Í. H. L. **Evapotranspiração do Maracujá nas condições do Vale do Curu**. Revista Caatinga, v. 22, n. 2, 2009a.

STREIT, N. M. *et al.* As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 748-755, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2006. 722 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant physiology. **Sunderland**: Sinauer Associates, 2006.

TANAKA, A., ITO, H., TANAKA, R., TANAKA, N. K., YOSHIDA, K., & OKADA, K. Chlorophyll a oxygenase (CAO) is involved in chlorophyll b formation from chlorophyll a. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 95, n. 21, p. 12719-12723, 1998.

TEIXEIRA, D.M.M. **Efeito de vários níveis de fertirrigação na cultura do maracujazeiro-amarelo (*P. edulis f. flavicarpa*)**. Piracicaba : USP-ESALQ, 1989. 83p. Dissertação de Mestrado.

TEIXEIRA, D.M.M.; OLITTA, A.F.L.; VASCONCELOS, L.A.B.C. de. Efeito de vários níveis de fertirrigação na cultura do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*). **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.1, n.1, p.1-76. 1990.

TEIXEIRA, L.A.J.; SILVA, J.A.A. Nutrição mineral de populações e híbridos de coqueiro (*Cocus nucifera* L.) cultivados em Bebedouro (SP). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.371-374, 2003.

TOMÉ JUNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Livraria e Editora Agropecuária, 1997.

TOOR, G. S.; CONDRON, L. M.; DI, H. J.; CAMERON, K.C.; MENUN-CADE, B.J. Characterization of organic phosphorus in leachate from a grassland soil. **Soil Biology and Biochemistry**. Oxford, 2003.

TOZE, S. Reuse of effluent water: benefits and risks. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 80, n. 3, p. 147-159, 2006.

TUCCI, C. E. M.; MELLER, A. **Regulação das águas pluviais urbanas**. [http://www.capnetbrasil.org/arquivos/Regulacao% 20das% 20aguas% 20plu vias% 20urbanas\\_TUCCI&MELLER. pdf](http://www.capnetbrasil.org/arquivos/Regulacao%20das%20aguas%20pluviais%20urbanas_TUCCI&MELLER.pdf) em 27 de Novembro de 2015, v. 13, n. 02, p. 2007.

VARALLO, A. C. T.; SOUZA, C. F.; SANTORO, B. de L. Mudanças nas características físico-químicas de um latossolo vermelho-amarelo distrófico após a irrigação com água de reuso na cultura da alface-crespa (*Lactuca sativa*, L.). **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 2, 2012.

VENÂNCIO, J. B., RODRIGUES, É. T., DA SILVEIRA, M. V., ARAÚJO, W. F., CHAGAS, E. A., & DE CASTRO, A. M. Produção, qualidade dos frutos e teores de nitrogênio foliar em maracujazeiro-amarelo sob adubação nitrogenada. **Científica**, v. 41, n. 1, p. 11-20, 2013.

VERAS, M.C.M. Fenologia, produção e caracterização físico-química dos maracujazeiros ácido (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) e doce (*Passiflora alata* Dryland) nas condições de cerrado de BrasíliaDF. 1997. 103f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

VITOUSEK, P.M. et.al., Agriculture: Nutrient Imbalances in Agricultural Development. Policy Fórum. **Science** Vol. 34:1519-1520. June 2009.

XU, H. *et al.* Chlorophyll b can serve as the major pigment in functional photosystem II complexes of cyanobacteria. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.98, n.24, november, 2001.