

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FELIPE DORNELAS DA SILVA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DE MONTE  
CARMELO MINAS GERAIS

Monte Carmelo- MG  
2019

FELIPE DORNELAS DA SILVA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DE MONTE  
CARMELO MINAS GERAIS

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Rettore Neto

Monte Carmelo – MG  
2019

FELIPE DORNELAS DA SILVA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO DE  
MONTE CARMELO MINAS GERAIS

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 26 de junho de 2019.

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Osvaldo Rettore Neto  
Orientador

---

Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior  
Membro da Banca

---

Prof. Dr. Odair José Marques  
Membro da Banca

Monte Carmelo  
2019

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pois sem ele nada somos e pelas bênçãos em toda a minha vida.

Agradeço também aos meus pais Admilson Dornelas Rodrigues e Jesana Machado da Silva Rodrigues, e minha irmã Gabriela Machado Rodrigues, por serem fundamentais e me darem todo apoio e educação e caminharem juntos até o final.

Agradeço a meu orientador o Prof. Dr. Osvaldo Rettore Neto por depositar uma confiança em mim e pelos ensinamentos, paciência e sempre colaborando para meu crescimento como profissional e que me auxiliou na conclusão deste trabalho.

Agradeço a Universidade Federal de Uberlândia, em particular ao Campus Monte Carmelo pela oportunidade do estudo superior, e por me proporcionar fazer grandes amigos e grandes conquistas, e sou muito grato do corpo docente pelos ensinamentos passados e conselhos para minha vida profissional.

Aos membros da banca avaliadora, meus cumprimentos por estarem presentes e pelo auxílio na melhoria deste trabalho.

Agradeço também à Cooperativa dos Cafeicultores do Cerrado Monte Carmelo Ltda (monteCCer) e à Cooperativa de Crédito de Livre Admissão de Monte Carmelo (Montecredi), pelo aporte financeiro que possibilitou a realização desse projeto de pesquisa.

Agradeço ao Sr. Mauricio Zubioli (Grupo Zubioli), Sr. José de Alencar Branco Urtado (Fazenda Turmalina), Sr. Luiz Augusto Pereira Monguilod (Fazenda Vitória I) e Sr. Carlos Dorna (Fazenda Galícia) que disponibilizaram os sistemas de irrigação de suas propriedades para a coleta de informações as quais foram indispensáveis para a realização deste trabalho.

Agradeço ao Sr. Regis Damasio Salles, Sr. Ivaldevino Carlos Magalhães, Sr. Cláudio Sussumo Kaminnisse e Sra. Viviane Natália Pires Resende pelo apoio nas atividades executivas e administrativas relacionadas ao projeto.

Agradeço também o apoio da Fundação de Apoio Universitário (FAU) pelo auxílio administrativo, no acordo de Cooperação Técnica 018/2018, e concessão da bolsa de iniciação científica.

Meu Agradecimento aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado e me auxiliaram e ajudaram no desenvolvimento da pesquisa e que mantiveram ao meu lado até o final fazendo parte da minha formação, cujas amizades levarei para o resto da vida.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	2
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	5
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	11
6 CONCLUSÕES.....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	21

## RESUMO

Até bem pouco tempo atrás os principais relatos de problemas relacionados à qualidade da água para irrigação estavam ligados à salinidade. Problemas com alta concentração de ferro, manganês e outros sólidos em suspensão, na água de irrigação, tinham pouca relevância. Com a ampliação da utilização da irrigação localizada (microaspersão e gotejamento) mudou este cenário, já que os íons de ferro, manganês, cálcio, entre outros e altas concentrações de sólidos solúveis podem obstruir tubulações, provocando a redução da área de condução da água, aumento da perda de carga e redução da pressão no sistema e conseqüente redução na vazão dos emissores, o que pode inviabilizar o sistema de irrigação como um todo. Assim, os objetivos desta pesquisa foram: a) Determinação da concentração dos elementos químicos, ferro, manganês, cobre, zinco, dureza total, magnésio, cálcio e a condutividade elétrica da água, responsáveis pela obstrução de emissores, no ribeirão Marrecos, ribeirão São Felix e rio Perdizes; b) Verificar o comportamento da concentração do elemento ferro, presente na água de irrigação, quando pressurizado diretamente para o sistema (bombeamento do curso d'água para o sistema de irrigação), pressurização em 2 estágios (bombeamento do curso d'água para reservatório, e novo bombeamento do reservatório para o sistema de irrigação), e pressurização em 3 estágios (bombeamento do curso d'água para o reservatório 1, bombeamento do reservatório 1 para o reservatório 2 e bombeamento do reservatório 2 para o sistema de irrigação). Os resultados mostraram que no período chuvoso as concentrações de ferro aumentaram, todas as fontes foram classificadas como águas muito duras e o sistema de pressurização em 3 estágios apresentou melhor preservação do sistema de irrigação.

Palavras-Chave: curso d'água, ferro, irrigação localizada.

## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água de irrigação é um fator crucial para o desenvolvimento de diversas culturas. Dentre os sistemas utilizados temos o de irrigação localizada na qual a água é colocada diretamente sobre a raiz das plantas, o que proporciona melhor aproveitamento da água devido a maior eficiência de aplicação.

Na irrigação localizada, vários fatores podem comprometer a uniformidade de distribuição de água, tais como a desuniformidade dos emissores, o dimensionamento inadequado do sistema, bem como o entupimento ou o desequilíbrio de vazão dos emissores, causado pelas partículas minerais ou orgânicas presentes na água. (LEMOS FILHO, 2009).

O principal problema encontrado no entupimento de emissores de irrigação localizada é proveniente do teor de ferro e manganês elevado que ao oxidar precipitam-se podendo causar obstrução nos emissores, dificultando a operação dos sistemas de irrigação. (VIEIRA *et al.*, 2004).

Na região Sudeste e no Sul do Brasil, podemos encontrar cursos d'água com elevada concentração de ferro, sendo um dos elementos prejudiciais aos gotejadores levando ao entupimento dos mesmos.

Segundo Nakayama e Bucks (1986) água para irrigação com concentrações de ferro e manganês maior que  $1,5 \text{ mg L}^{-1}$  apresentam nível de risco severo de obstrução para os emissores de irrigação localizada.

A busca por intensificar a produtividade de diversas culturas agrícolas por meio do uso de irrigação, tem aumentado a demanda por busca de melhores uniformidades nos sistemas de irrigação. Um ponto importante para que o sistema de irrigação por gotejamento seja eficiente parte da necessidade de se conhecer a qualidade da água utilizada, a fim de dimensionar o sistema de filtragem e assessorios garantindo adequada funcionabilidade do sistema.

A hipótese do trabalho e a verificação da qualidade da água de irrigação em diferentes cursos d'água, sobre diferentes sistemas de pressurização direta, dois estágios e três estágios, e verificar qual comportamento do elemento ferro (Fe), como causador de entupimento de gotejadores.

Outro fator importante a ser ressaltado é sobre a condutividade elétrica da água de irrigação, que é a aptidão que a água tem de transportar corrente elétrica. Esta variável guarda relação com a presença de íons diluídos na água, inclusive íons de Fe, carregados

eletricamente. Assim quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior é a condutividade elétrica na água. Tal fato pode interferir na qualidade da água de irrigação.

A qualidade das águas é competência do Igam (Instituto Mineiro de Gestão das Águas), que é o órgão responsável pelo monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas de Minas Gerais, por meio do projeto “Águas de Minas”, em execução desde 1997, e que disponibiliza vários dados sobre a qualidade da água do Estado, assim ajudando pessoas na melhoria do manejo de recursos hídricos.

## **2. OBJETIVOS**

O trabalho teve por objetivos:

- Determinar a concentração dos elementos, cálcio (Ca), cobre (Cu), ferro (Fe), magnésio (Mg), manganês (Mn), zinco (Zn), dureza total e condutividade elétrica na água utilizada em sistemas de irrigação localizada, proveniente do ribeirão Marrecos (47° 27' 38,9" W , 18° 50' 52,2" S), rio Perdizes (47° 26' 13,8" W , 18° 43' 51,8" S) , ribeirão São Felix (47° 34' 50,8" W , 18° 45' 11,5" S) e curso d'água, sem denominação na base hidrográfica, situado nas coordenadas (47° 22' 25,4" W , 18° 40' 00,9" S).

- Verificar o comportamento do elemento Fe presente na água de irrigação quando submetido a sistema de pressurização direta, pressurização em dois e pressurização em três estágios.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

A qualidade da água para irrigação nem sempre é definida com perfeição. No entanto, os parâmetros da qualidade da água devem estar associados com aos efeitos da mesma sobre a cultura agrícola no solo e no manejo adotado para a irrigação, controlando e equilibrando os danos relacionados a qualidade da água. (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Dentre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade é um fator limitante ao desenvolvimento de algumas culturas (BERNARDO, 1987).

Segundo Mantovani, Bernardo e Palaretti (2006) a qualidade de água é um aspecto importante para o sucesso na utilização de sistemas irrigados, porém a avaliação da qualidade



da água é desprezada no planejamento do projeto de irrigação. E como influência, a irrigação poderá resultar em consequências desagradáveis a cultura agrícola.

Para Cavalcante (2000) a irrigação de qualidade é determinada pela pureza da água, presença de microrganismos e elementos químicos como Fe, Mn e Zn entre outros, sendo os parâmetros químicos determinados pela concentração dos elementos presentes na água. Os efeitos prejudiciais de uma água de má qualidade podem ser verificados na prática pelo desempenho de produtividade das culturas.

Na irrigação por gotejamento, a água escoar por pequenos orifícios, o que pode resultar em obstruções, devido a materiais em suspensão como Fe e Mn. O entupimento de emissores é um grave problema no sistema de gotejamento, dificultando o funcionamento, além de ser de difícil percepção e limpeza ou troca dos gotejadores entupidos é uma solução onerosa. (VIEIRA et al., 2004).

Os sistemas de irrigação que aplicam água de forma localizada se caracterizam pela economia de água, pela pequena utilização de mão de obra, pelo grande potencial de automatização, pela manutenção de elevados níveis de água no solo, para melhorar o desenvolvimento das culturas, pela possibilidade de se adequar às condições de solos pedregosos, rasos e de topografia acidentada, pela possibilidade de aplicação de produtos químicos em solução na água de irrigação e pela redução dos riscos de contaminação das culturas (SCALOPPI, 1986).

Segundo Toledo e Nicoletta (2002), o uso de parâmetros para qualidade da água deve-se empregar variáveis que se relacionam com as mudanças ocorridas na microbacia, sendo elas de origem antrópica ou natural.

Os ecossistemas aquáticos são recursos naturais extraídos para diversos propósitos entre os quais estão o abastecimento da população, geração de energia elétrica entre outros. Mas, as recorrentes ações realizadas pelo homem vêm afetando a qualidade da água e a disponibilidade dos recursos aquíferos (FRANCO, 2008).

Segundo Conte e Leopoldo (1999), os recursos hídricos vêm sendo comprometidos pelo uso inadequado ao longo do tempo pelo homem. Esse comprometimento passou a ser acentuado com o advento da industrialização, do desenvolvimento tecnológico, como a explosão demográfica e com a concentração da população em áreas urbanas, gerando um produto final de baixa qualidade e como consequência afetando o ambiente com a poluição.

Santos et al. (2003) sustentam que a uniformidade afeta o custo do sistema e, conseqüentemente, o desenvolvimento da cultura comercial. Áreas irrigadas com

desuniformidade no sistema de irrigação, tem como consequência o crescimento desuniforme de plantas devido umas receberem mais água que outras.

Bernardo et al. (2006) citam parâmetros que qualificam a uniformidade de aplicação de água dos sistemas de irrigação, os quais consideram excelente quando a uniformidade apresenta coeficientes acima de 90%, bom de 80 a 90%, regular de 70 a 80%, ruim 70 a 60% e inaceitável abaixo de 60%.

Atualmente o Fe é um dos elementos principais na qualidade da água de irrigação, pois tem a capacidade de obstruir as tubulações e gotejadores do sistema de irrigação localizada. Além disso, Hernandez *et al.* (2001) relataram que o óxido ferroso ( $\text{Fe}^{+2}$ ) ao ser oxidado para óxido férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ) pode ficar preso na parede do tubo gotejador, gerando maior atrito e aumento das perdas de carga, comprometendo o sistema de irrigação.

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água, sendo a longo prazo a qualidade um dos fatores mais importantes. De acordo com Ayers e Westcot (1999), as águas salinas utilizadas na irrigação podem representar risco para produção agrícola das culturas.

Na região Sudeste do Brasil se encontram, com frequência, águas que apresentam elevados teores de Fe total, elemento este que pode provocar sérios problemas de entupimento, podendo precipitar-se no interior das tubulações, quando oxidado, favorecendo, ainda, o desenvolvimento de ferrobactérias (CORDEIRO, 2002).

A obstrução de gotejadores afeta a uniformidade de aplicação de água e, conseqüentemente, reduz a eficiência da aplicação de produtos químicos, via água de irrigação, na mesma proporção da redução de uniformidade de aplicação (BATISTA; SOUZA; FERREIRA, 2010).

No que se refere ao manejo, uma consequência direta da baixa uniformidade de aplicação de água é o aumento do volume aplicado, já que o aplicador, ao constatar a diminuição da vazão média dos gotejadores, pelo efeito do entupimento, tem a tendência de aumentar o tempo de aplicação (CUNHA et al., 2006).

Do ponto de vista prático, a vazão média de emissores pode ser considerada um bom parâmetro para avaliar o processo de entupimento, sendo utilizada em todos os trabalhos pertinentes (GILBERT; NAKAYAMA; BUCKS, 1979; RAVINA et al., 1992).

#### 4. MATERIAL E METÓDOS

O trabalho foi realizado no município de Monte Carmelo, localizado na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Na região o sistema de irrigação localizada por gotejamento é muito utilizado para a irrigação do cafeeiro.

Nessa pesquisa foram utilizadas as fontes de água superficial proveniente do ribeirão Marrecos (47°27'38,9" W, 18°50'52,2" S), rio Perdizes (47°26'13,8" W, 18°43'51,8" S), ribeirão São Felix (47°34'50,8" W, 18°45'11,5" S) e o curso d'água, sem denominação na base hidrográfica, situado nas coordenadas (47°22'25,4" W, 18°40'00,9" S)

Foram utilizados três sistemas de pressurização, apresentado as seguintes configurações:

- I. Pressurização direta (bombeamento da fonte de água, direto para o sistema de irrigação), utilizado na Fazenda Galícia com captação no curso d'água, sem denominação;
- II. Pressurização em dois estágios (bombeamento da fonte de água para o reservatório e do reservatório para o sistema de irrigação) utilizado na Fazenda Turmalina, captação no rio Perdizes e na Fazenda do Grupo Zubioli com captação no ribeirão Marrecos;
- III. Pressurização em três estágios (bombeamento da fonte de água para reservatório 01, do reservatório 01 para o reservatório 02 e do reservatório 02 para o sistema de irrigação), utilizada na Fazenda Vitória I, com captação no ribeirão São Félix.

As coletas da água analisadas no trabalho foram realizadas nas seguintes datas: 18/07/2018; 31/08/2018; 28/09/2018; 26/10/2018; 30/11/2018; 21/12/2018; 25/01/2019; 22/02/2019 e 29/03/2019.

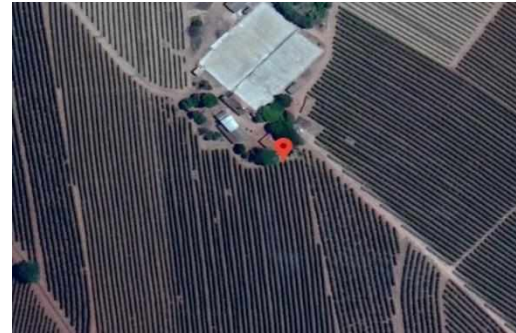
Para a coleta da água utilizou-se recipiente adequado (limpo, inerte e com tampa), devidamente identificado, sendo o procedimento em campo realizado da seguinte forma:

- I. Para o sistema com pressurização direta (Figura 1), a primeira coleta foi realizada no curso d'água, próximo a sucção do conjunto moto-bomba. Para a obtenção da água na área irrigada, segunda amostra, selecionou-se ao acaso uma linha lateral de um setor do sistema de irrigação. Após esta escolha procedeu-se a coleta da água que gotejava no último gotejador da linha lateral.



Fonte: Google Maps

(a)



Fonte: Google Maps

(b)

FIGURA 1 – Ilustração do local de amostragem no sistema de pressurização direta do sistema de irrigação da Fazenda Galícia: a) captação no curso d'água e b) reservatório.

- II. Para o sistema de pressurização em dois estágios (Figura 2), procedeu a coleta de três amostras da seguinte forma: A primeira coleta foi realizada no curso d'água, próximo a sucção do conjunto moto-bomba. A segunda amostra foi coletada no reservatório, com auxílio de um amostrador de cabo longo, propiciando a coleta da amostra a uma distância de aproximadamente 2,5 m da margem. Para a obtenção da água na área irrigada, terceira amostra, selecionou-se ao acaso uma linha lateral de um setor do sistema de irrigação. Após esta escolha procedeu-se a coleta da água que gotejava no último gotejador da linha lateral.
- III. Para o sistema de pressurização em três estágios (Figura 3), foi necessária a coleta de quatro amostras, que foram obtidas da seguinte forma: A primeira coleta foi realizada no curso d'água, próximo a sucção do conjunto moto-bomba. A segunda amostra foi coletada no primeiro reservatório, com auxílio de um amostrador de cabo longo, propiciando a coleta da amostra a uma distância de aproximadamente 2,5 m da margem. A terceira amostra foi coletada no segundo reservatório, repetindo o procedimento de coleta realizado no primeiro reservatório. Para a obtenção da água na área irrigada, quarta amostra, selecionou-se ao acaso uma linha lateral. Após esta escolha procedeu-se a coleta da água que gotejava no último gotejador da linha lateral

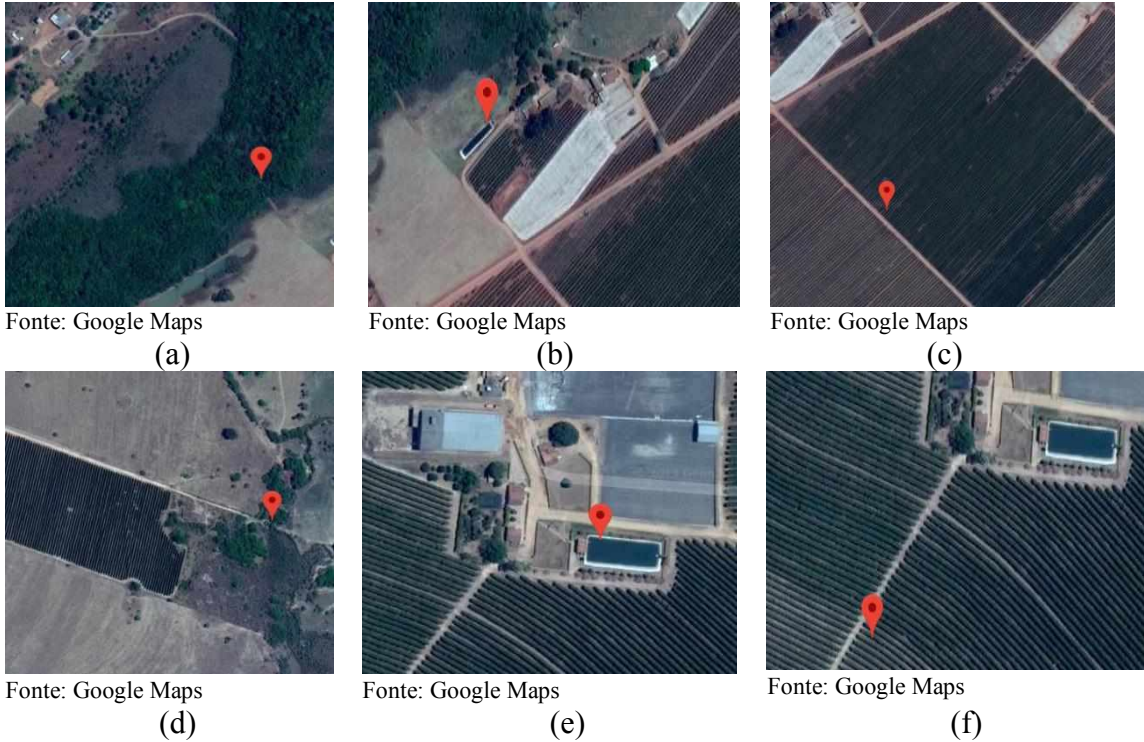


FIGURA 2 – Ilustração dos locais de amostragem no sistema de pressurização em dois estágios, do sistema de irrigação da Fazenda Turmalina: a) captação no rio Perdizes, b) reservatório e (c) linha lateral; e na Fazenda do Grupo Zubioli: c) ribeirão Marrecos, d) reservatório e (d) linha lateral.

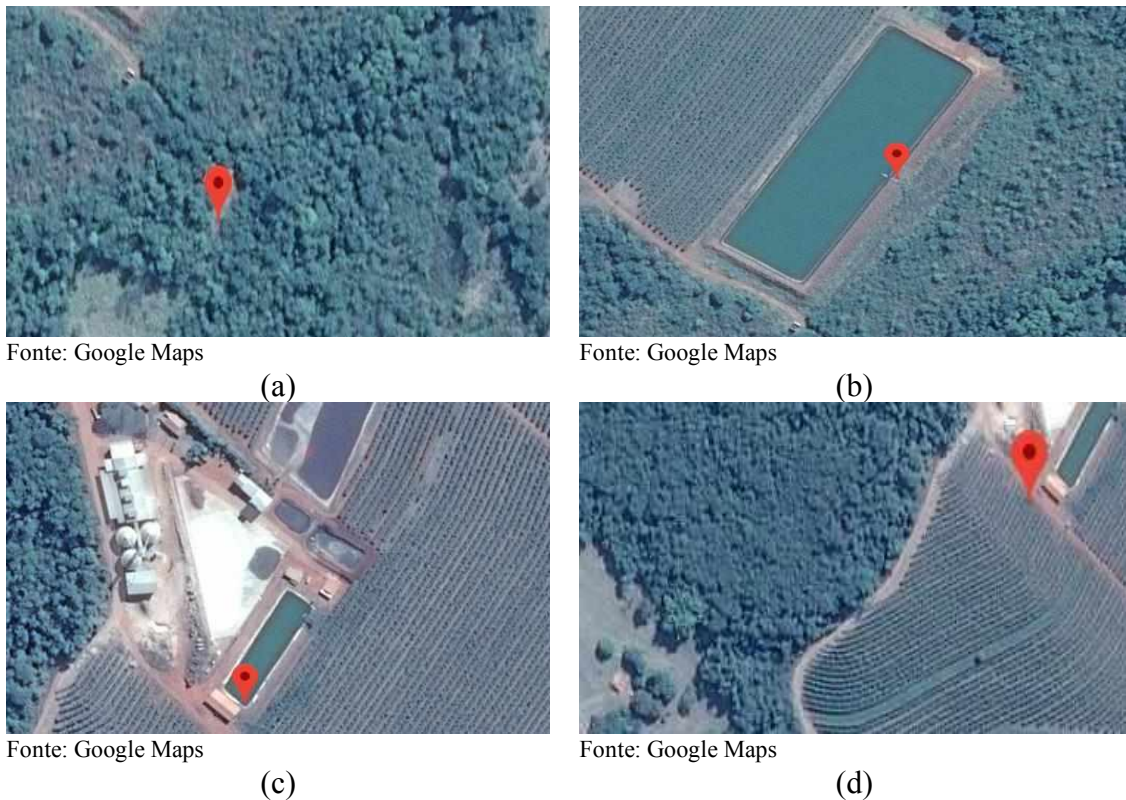


FIGURA 3 – Ilustração do local de amostragem no sistema de pressurização em três estágios, do sistema de irrigação da Fazenda Vitória I: a) captação no ribeirão São Félix, b) reservatório 01, c) reservatório 02 e (d) linha lateral.

Para a coleta, transporte e armazenamento das amostras utilizou-se como referência a proposta de PRADO et al., 2004. Nesta metodologia a escolha do frasco pode ser de vidro neutro ou plástico como polietileno, com tampas que não apresentem vazamentos, a limpeza do frasco deve ser realizada com água destilada, com pelo menos cinco enxagues, e posteriormente inverter o frasco para escorrimento da água. Para a coleta procurar pontos que sejam representativos do corpo d'água a ser analisado. Após a coleta as amostras devem ficar sob refrigeração por 4° C e, por fim, realizar as análises o mais rápido possível.

Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Engenharia de Água e Solo da UFU, Campus Monte Carmelo (Unidade Araras), onde se determinou através do aparelho fotômetro multiparâmetro os seguintes parâmetros: concentrações de Ca, Cu, Fe, Mg, Mn e Zn, dureza total e condutividade elétrica da água.

O Material e equipamentos usados para realizar o trabalho foram:

- Luvas de látex;
- Frasco de polietileno de 1000 ml;
- Máscara pff2 com filtro ksn ca 10578;
- Reagentes (descritos no procedimento de análise);
- Pipeta de Pasteur;
- Fotômetro multiparâmetro HANNA® instruments, modelo HI83300-01;
- GPS;
- Condutímetro modelo COM-80.

O Procedimento de análise laboratorial seguiu as rotinas descritas abaixo, considerando que todas as leituras de concentrações iônicas foram dadas em mg L<sup>-1</sup>:

**Determinação da concentração do elemento ferro:** Para o elemento Fe utilizou-se os reagentes Iron LR HI93746-01 para concentração de 0 a 1,5 mg L<sup>-1</sup> e Iron HR HI93721-01 para concentração de 0 a 5,0 mg L<sup>-1</sup>. Na calibração do equipamento preencheu-se a cubeta do equipamento com 10 mL de água destilada e, posteriormente, adicionou-se o reagente para Fe, agitando manualmente a cubeta por 30 s para ocorrer a diluição. Em seguida, a cubeta foi introduzida no equipamento para a calibração. Para preparação da amostra adicionou na proveta de 100 mL, 25 mL da amostra coletada juntamente com o reagente, de acordo com a faixa de medição necessária. Agitou-se a proveta manualmente por 30 s para homogeneização da amostra, sendo que após a agitação retirou-se 10 mL da solução para preencher a cubeta

do equipamento. Após inserir a cubeta com a solução no equipamento, ajustou-se o tempo de leitura em 30 s para amostra de reagente Fe baixo e 2 min. e 59 s, para a amostra com reagente Fe alto. Decorrido os tempos para cada amostra realizou-se a leitura das concentrações no visor do equipamento.

**Determinação da concentração do elemento zinco:** Para avaliação do elemento Zn foram utilizados dois reagentes o Zinc Reagent A HI93731A-0 e 0,5 mL do Zinc Reagent B. Para preparação utilizou-se uma proveta de 100 mL na qual foi inserido 20 mL da amostra e adicionado o reagente de Zinc A, agitando-se manualmente durante 30 s. Posteriormente, 10 mL da solução foi retirada e inserida na cubeta. A cubeta foi inserida no equipamento para zerar o mesmo. Após esta etapa, retirou-se a cubeta do equipamento e adicionou-se 0,5 mL do reagente Zinc B, com auxílio da seringa de 1 mL. A cubeta foi recolocada no aparelho e acionou-se o tempo de 3 min. e 30 s para a leitura da concentração.

**Determinação da concentração do elemento cobre:** Para o elemento Cu utilizou-se o reagente Copper HR HI93702-01. Para calibração do equipamento utilizou-se a cubeta do equipamento, na qual foi adicionado 10 mL da amostra na cubeta para calibração do aparelho. Removeu-se a cubeta e adicionou-se o reagente, agitando-se manualmente por 15 s. Posteriormente, a cubeta foi introduzida no equipamento e acionou-se o tempo 44 s até a leitura da concentração.

**Determinação da concentração do elemento manganês:** Para o elemento Mn utilizou-se os reagentes Manganese HR HI93709A-0 e HI93709B-0. O procedimento para análise iniciou-se com a preenchimento da cubeta do equipamento com 10 mL da amostra. A cubeta foi inserida no equipamento para calibração. Na sequência, retirou-se a cubeta do equipamento e adicionou-se o reagente HI93709A-0, agitando manualmente por 2 min. Em seguida, adicionou-se o reagente HI93709B-0, agitando novamente por 2 min. Em seguida, a cubeta foi novamente inserida no equipamento acionando o tempo de 1 min. e 29 s até a leitura da concentração.

**Determinação da concentração do elemento cálcio:** Para avaliação de Ca utilizou 3 reagentes sendo: Buffer reagente (4 gotas), Calcium Reagent A HI93752A-Ca (7 mL) e Calcium Reagent HI93752B-Ca (1 mL). Para quantificação do elemento adicionou-se 3 mL da amostra na cubeta, posteriormente com auxílio da pipeta, completou-se o volume até 10

mL com o reagente A, logo após adicionou 4 gotas do Buffer reagente e agitou-se a cubeta manualmente por 1 min. Na sequência, a cubeta foi inserida no equipamento para a calibração. Posteriormente a cubeta foi retirada do equipamento e adicionou-se 1 mL do reagente B, agitando novamente por 15 s. Por fim, a cubeta foi inserida no equipamento e acionou-se o tempo de 5 min. até a leitura da concentração.

**Determinação da concentração do elemento magnésio:** Para avaliação de Mg utilizou-se dois reagentes, sendo: o Magnesium Reagent A HI93752A-Mg (1 mL) e o Magnesium Reagente B HI93752B-Mg (9 mL). Para a realização da análise inseriu 1 mL do reagente A na cubeta, com auxílio da seringa de 1 mL, em seguida, adicionou-se 9 mL do reagente B, com auxílio da pipeta. Agitou-se a solução manualmente por 5 s. Em seguida, a cubeta foi inserida no equipamento para realizar a calibração. Na sequência, retirou-se a cubeta do aparelho e adicionou-se, com auxílio da pipeta, 0,5 mL da amostra. Agitou-se novamente a cubeta manualmente por 5 s, inserindo-a no aparelho logo em seguida, acionando o tempo de 15 s até a leitura da concentração.

**Determinação da concentração do elemento dureza total:** Para avaliação da dureza total utilizou-se quatro reagentes sendo: Hardness Indicator Reagent HI93735IND-0 (0,5 mL), Hardness Medium Reagent A HI93735A-MR (9 mL), Hardness Buffer Reagente B HI93735B-0 (2 gotas) e Fixing Reagent HI93735C-0. Para o processamento inseriu-se 0,5 mL da amostra na cubeta e adicionou-se 0,5 mL do reagente indicador. Posteriormente adicionou-se 9 mL do reagente médio e 2 gotas do mediador na cubeta. A cubeta com todos reagentes e a amostra foi inserida no equipamento para calibração. Em seguida, retirou-se a cubeta no aparelho e adicionou-se o reagente fixador, sendo a cubeta agitada manualmente até dissolver o reagente. Por fim, a cubeta foi novamente inserida no equipamento e acionou-se a tecla de leitura diretamente com a apresentação imediata da concentração de  $\text{CaCO}_3$ .

**Avaliação da Condutividade:** Para a determinação da condutividade elétrica da água foi utilizado o condutivímetro, modelo COM-80 e foi selecionado a unidade  $\mu\text{s cm}^{-1}$ . A amostra da água coletada foi transferida para um becker de 100 mL no qual o sensor do equipamento foi mergulhado. Após 10 s para a estabilização da leitura, anotou-se o resultado. Posteriormente, transformou-se as leituras em  $\mu\text{s cm}^{-1}$  para  $\text{dS m}^{-1}$ .



Como não houve repetições nas amostragens, os valores absolutos foram plotados em gráficos confrontando com o período de coleta, para observação da evolução dos mesmos ao longo do tempo.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 4 apresenta-se o comportamento do elemento Fe no sistema com pressurização direta da Fazenda Galícia. Observa-se que as amostras coletadas no ponto de captação sem denominação na bacia hidrográfica apresentaram valores acima de  $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ . Segundo Nakayama e Bucks (1986), concentrações acima de  $1,5 \text{ mg L}^{-1}$  apresentam alto potencial de obstrução dos gotejadores. Analisando o comportamento do Fe no gotejador observou-se que houve aumento da concentração na linha lateral. Tal fato, provavelmente ocorreu devido à oxidação de  $\text{Fe}^{2+}$  para  $\text{Fe}^{3+}$ , por isso ao passar pelo sistema de bombeamento e filtragem, o Fe provavelmente precipitou na linha lateral, conseqüentemente, aumentando sua concentração na água coletada do gotejador.

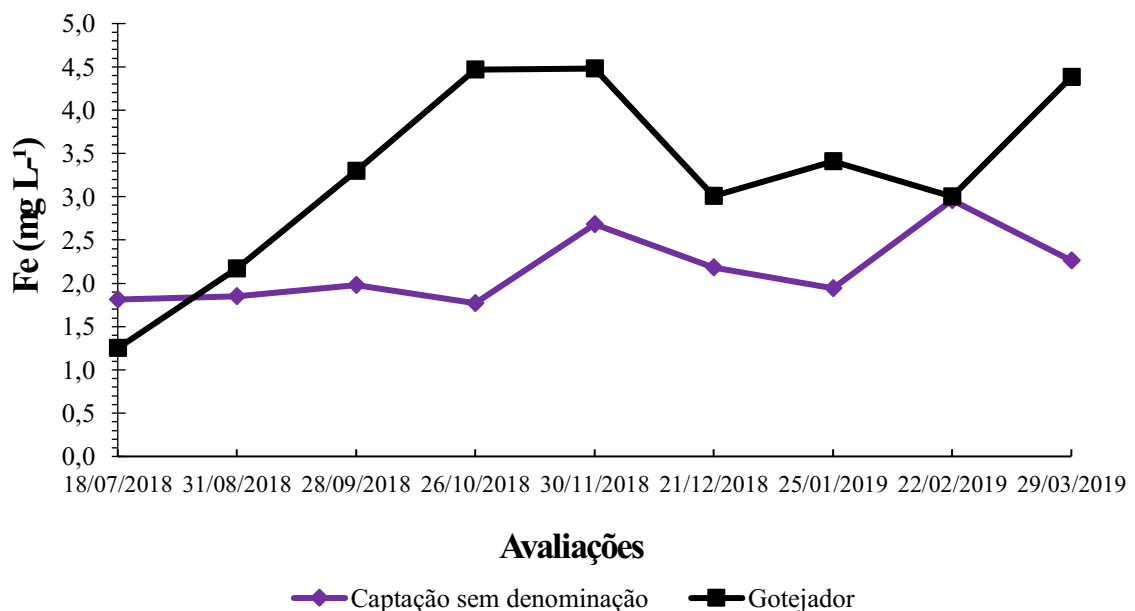


FIGURA 4- Comportamento do elemento ferro no sistema de Pressurização Direta na Fazenda Galícia.

Na Figura 5 observa-se que houve aumento da concentração de Fe na linha lateral do na Fazenda do Grupo Zubioli. Também se nota que houve aumento e decréscimo do teor de Fe no reservatório. Esse comportamento do Fe no reservatório pode estar associado à aeração inadequada (tempo de armazenamento insuficiente para que ocorra a precipitação do Fe e sua decantação). Tal falha no manejo da água de irrigação pode estar provocando a precipitação no Fe na linha lateral, como ocorreu nas amostragens de agosto, setembro e dezembro, observada pelo aumento da concentração do elemento na água coletada do gotejador.

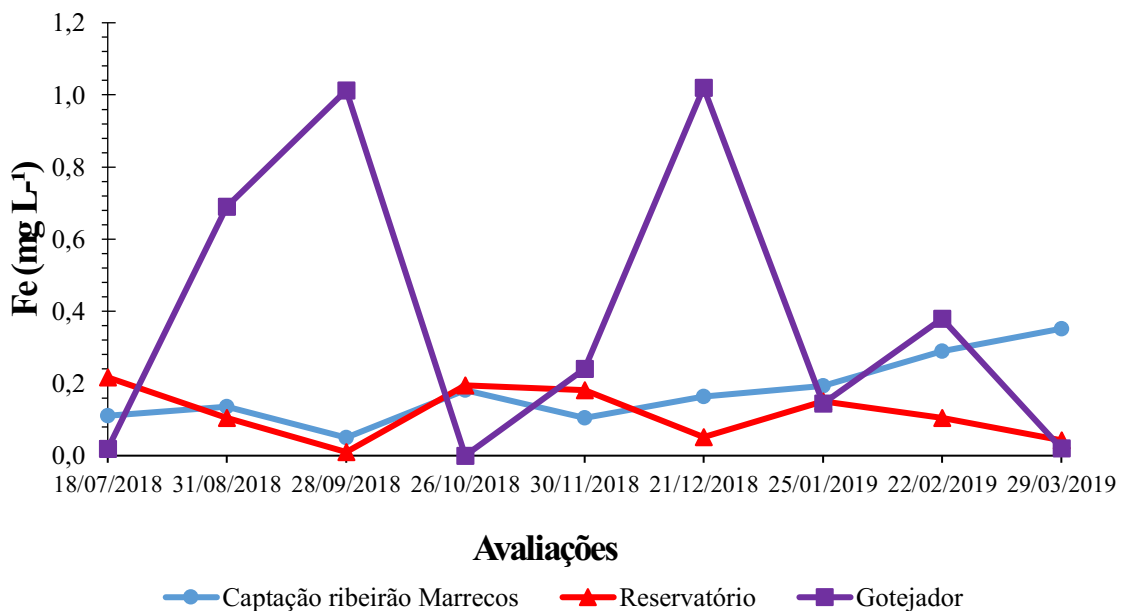


FIGURA 5 - Comportamento do elemento ferro no sistema com pressurização em dois estágios na fazenda do Grupo Zubioli.

Na Figura 6 nota-se que concentração do Fe está menor na água do reservatório em comparação com a água coletada na captação do rio Perdizes na Fazenda Turmalina. Com essa informação pode-se destacar que há uma tendência de que a utilização do reservatório possa contribuir para a redução do Fe na água de irrigação e, conseqüentemente, aumentar a vida útil do sistema. Obviamente, quando há evidências de que a concentração de Fe na água possa provocar a obstrução dos gotejadores. A água coletada no gotejador também apresentou redução na concentração do Fe em 6 das 9 amostras, quando comparado a amostra obtida na captação. Também observou-se a tendência do aumento de concentração do Fe na água da captação no período chuvoso. Este comportamento pode ser explicado pelo arraste do Fe, presente no solo da região para o curso d'água, seja por escoamento superficial ou subterrâneo.

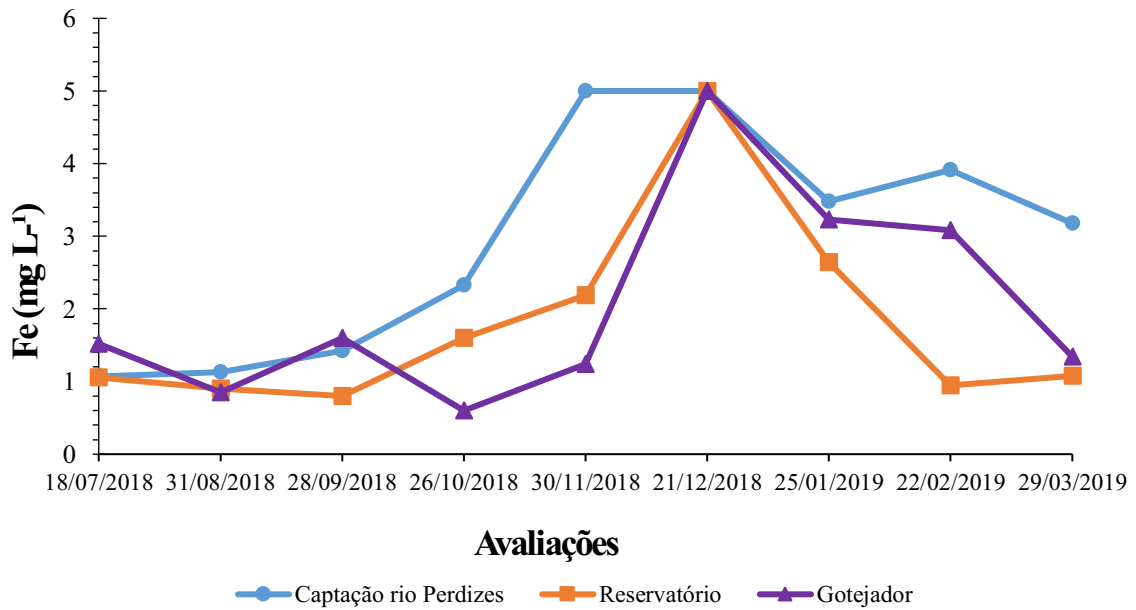


Figura 6 - Comportamento do elemento ferro no sistema de pressurização em dois estágios na Fazenda Turmalina.

Na Figura 7 observa-se que a utilização de dois reservatórios aumenta a eficiência da retirada do Fe da água de irrigação da Fazenda Vitória I. Durante todas as coletas verificou-se que sempre a água coletada no gotejador apresentou menor concentração de Fe, quando comparada com a água proveniente da captação no ribeirão São Félix. Esse comportamento, provavelmente, está associado a um melhor processo de areação da água nos reservatórios, bem como ao tempo de decantação propiciado pela utilização de dois reservatórios. Esta opção tende a preservar o sistema de irrigação, pois apresenta, dentre as opções estudadas neste trabalho, a que resultou na menor concentração de Fe na água coletada no gotejador.

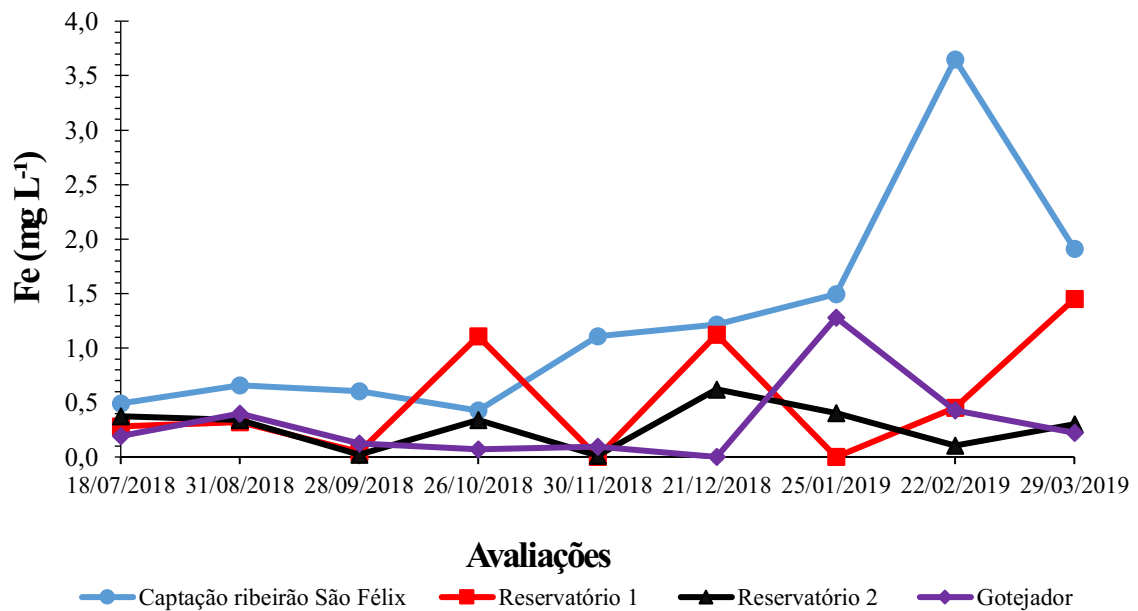


FIGURA 7 - Comportamento do elemento ferro no sistema de pressurização em três estágios Fazenda Vitória I.

Na Figura 8 observa-se que o comportamento do Zn, considerando todo o período entre julho de 2018 e março de 2019, bem como todas as fontes avaliadas. A maior concentração do Zn foi observada na água de irrigação coletada na captação do ribeirão São Félix, na Fazenda Vitória I, apresentando concentração de 0,59 mg L<sup>-1</sup>. Segundo Pratt (1972) a concentração máxima recomendada para utilização da água em sistema de irrigação é 2 mg L<sup>-1</sup>, portanto apresentando baixo potencial de comprometimento do sistema de irrigação. Apenas na coleta de fevereiro/2019 observou-se aumento das concentrações de Zn, provavelmente, devido ao período chuvoso na região.

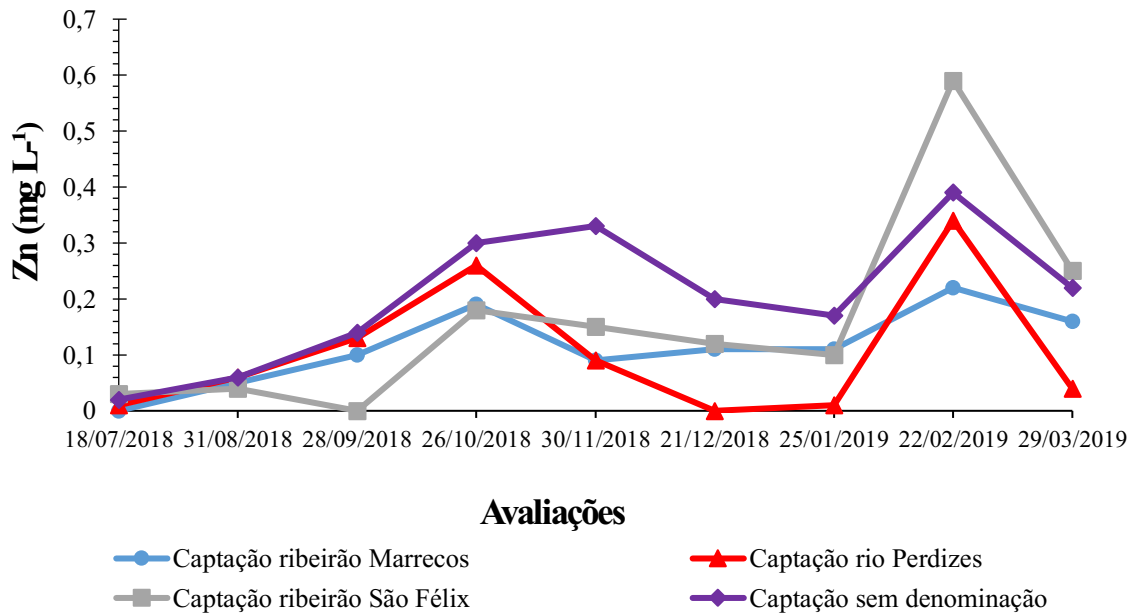


FIGURA 8 - Concentração do elemento zinco nos cursos d'água utilizados para irrigação.

Na Figura 9 mostra-se a concentração do Cu, considerando todo o período entre julho de 2018 e março de 2019, bem como todas as fontes avaliadas. A maior concentração do Zn foi observada no ribeirão São Félix, na Fazenda Vitória I, com 1,4 mg L<sup>-1</sup>. Pratt (1972) indica a concentração máxima de Zn é de 0,20 mg L<sup>-1</sup>. Outro fato a se observar é que no período de chuvas as concentrações aumentaram nas captações estudadas, exceto no ribeirão Marrecos. Assim a concentração do Cu apresenta-se, na maioria das amostras, abaixo do limite máximo, porém com alguns pontos acima, o que pode ter sido ocasionado por algum poluente acima do ponto amostrado.

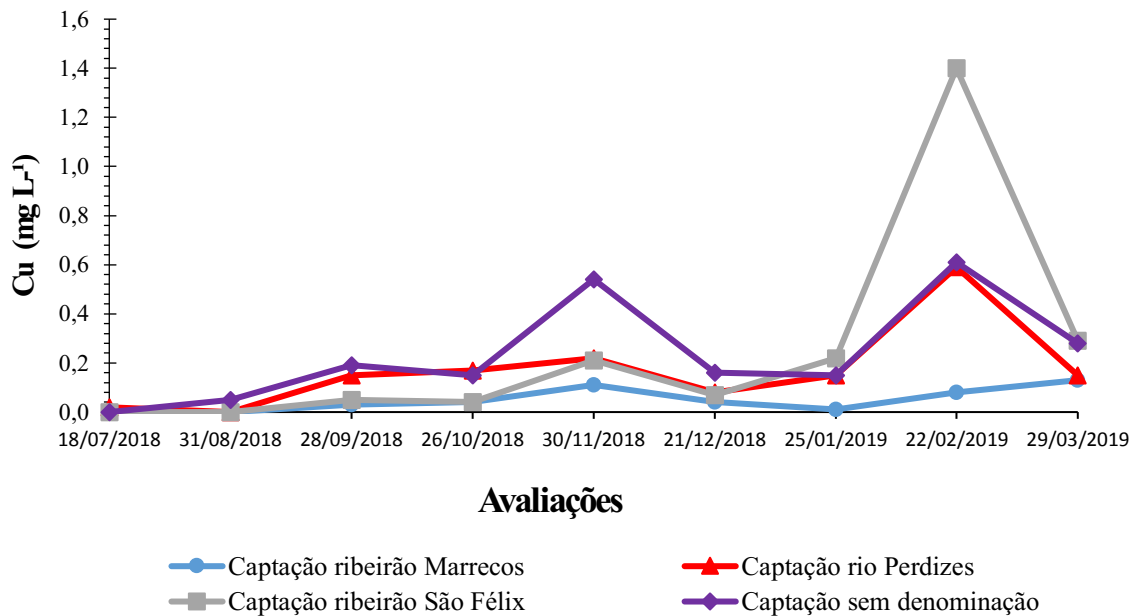


FIGURA 9 - Concentração do elemento cobre nos cursos d'água utilizada na irrigação.

Na Figura 10 observa-se o comportamento do Mn na água, considerando todo o período entre julho de 2018 e março de 2019, bem como todas as fontes avaliadas. Nakayama e Bucks (1982) relataram que concentrações de manganês menores do que  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  apresentam baixo risco de obstrução de emissores, já concentrações entre  $0,1$  a  $1,5 \text{ mg L}^{-1}$  são classificadas como de risco moderado de obstrução. Por sua vez, concentrações acima de  $1,5 \text{ mg L}^{-1}$  apresentam elevado risco de obstrução dos emissores. Observa-se que em relação a Mn, as fontes de água superficial avaliadas, nos referidos pontos de amostragem, nas condições em que foram analisadas, podem ser classificadas como de risco moderado de obstrução. Observa-se que houve aumento da concentração no mês de novembro/2018 e fevereiro/2019. Porém, não se identificou as possíveis causas para este comportamento, havendo a necessidade de estudo complementares para uma explicação mais plausível dessa observação.

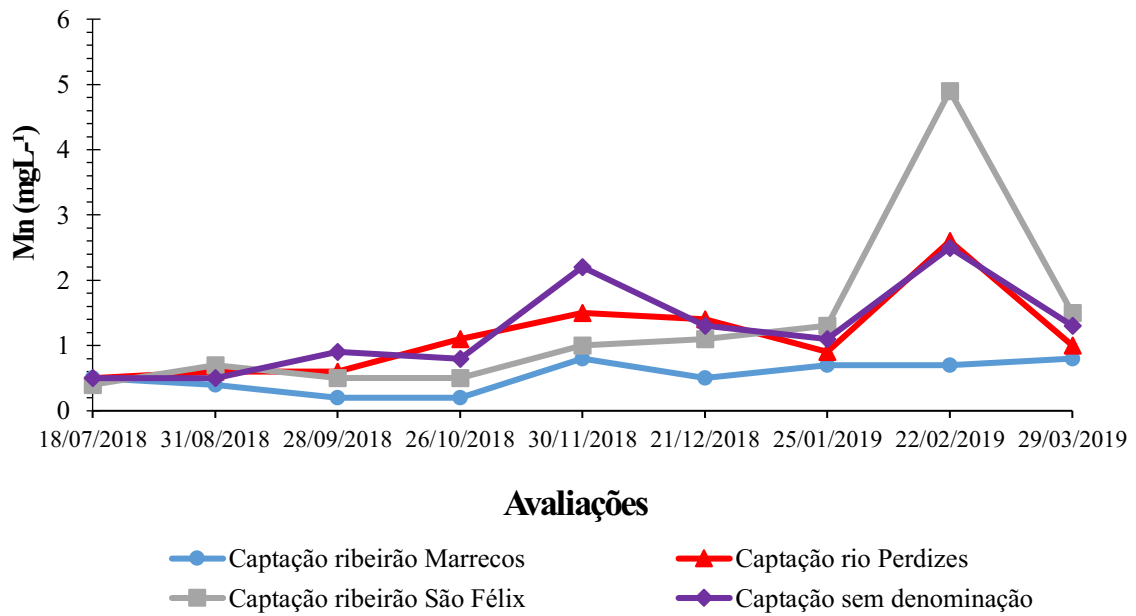


FIGURA 10- Concentração do elemento manganês na água utilizada na irrigação.

Na Figura 11, observa-se o comportamento do Ca na água, considerando todo o período entre julho de 2018 e março de 2019, bem como todas as fontes avaliadas. Percebe-se uma grande variação na concentração de Ca na água superficial, nos pontos amostrados, havendo variação entre zero a 192 mg L<sup>-1</sup>, sendo que as maiores concentrações foram encontradas no rio Perdizes e no curso d'água sem denominação. Esse comportamento está diretamente relacionado com a dureza total, apresentada mais adiante.

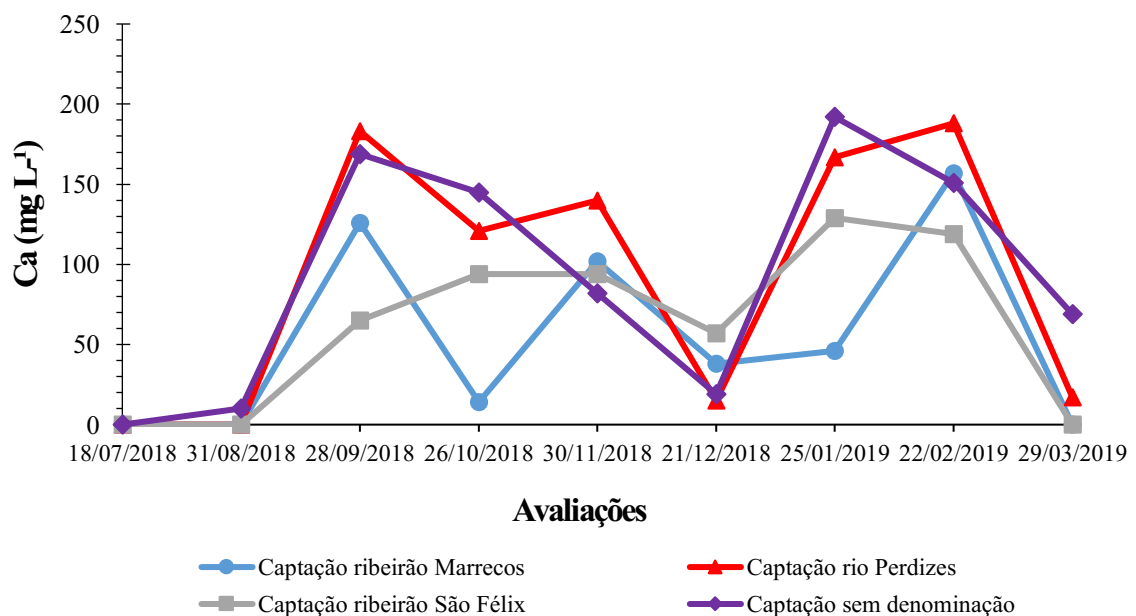


FIGURA 11- Comportamento do elemento cálcio na água utilizada na irrigação.

Na Figura 12 observa-se o comportamento do elemento Mg, considerando todo o período entre julho de 2018 e março de 2019, bem como todas as fontes avaliadas. A maior concentração observada foi de 49 mg L<sup>-1</sup>, estando dentro dos limites aceitáveis de acordo com Ayres e Westcot (1991), que apresentaram como valores ideais concentrações até o limite de 60 mg L<sup>-1</sup> na água utilizada na irrigação. Vale ressaltar que em todas as captações rio Perdizes, ribeirão São Félix, ribeirão Marrecos e curso d'água sem denominação, apresentaram concentrações de Ca apresentaram concentrações inferiores a 60 mg L<sup>-1</sup>.

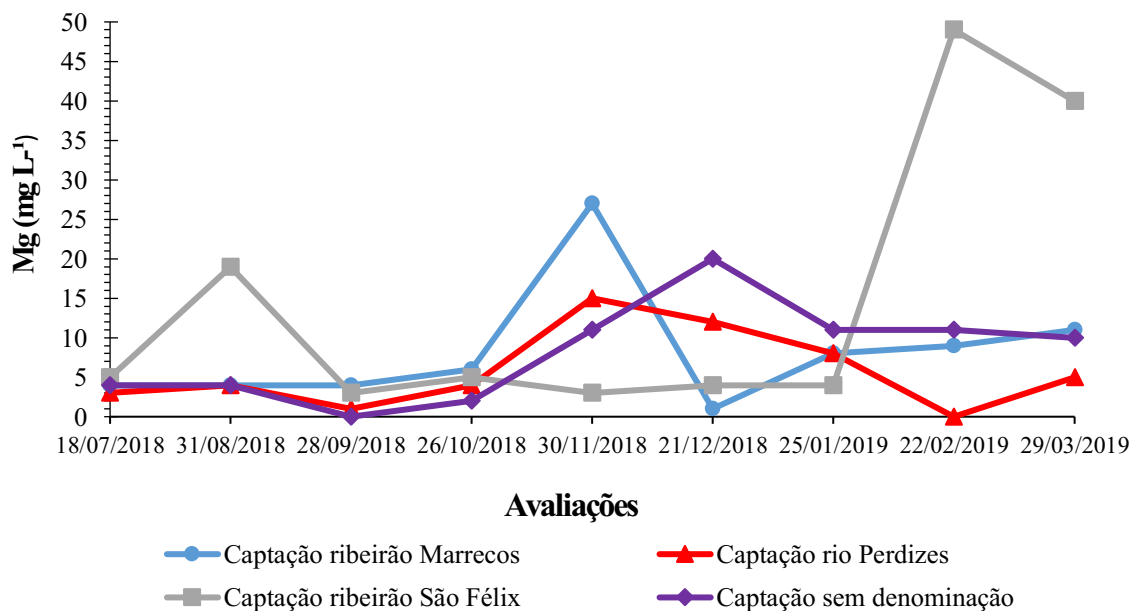


FIGURA 12 - Concentração do elemento manganês na água utilizada na irrigação.

Na Figura 13 apresenta-se o comportamento da dureza total, considerando todo o período entre julho de 2018 e março de 2019. Todas as amostras coletadas apresentaram concentrações de CaCO<sub>3</sub> iguais ou superiores à 200 mg L<sup>-1</sup>, ou seja, foram enquadradas como água muito dura. Segundo Custódio e Llamas (1983), as concentrações de CaCO<sub>3</sub> entre 100 a 200 mg L<sup>-1</sup> classificam a água como. Em relação, às avaliações na captação no curso d'água sem denominação na Fazenda Galícia, três coletas apresentaram água dura nos meses de agosto e novembro/2018 e janeiro/2019, com 200 mg L<sup>-1</sup>. Assim como, em duas coletas na Fazenda Turmalina em novembro/2018 e janeiro/2019 também classificaram a água como dura. Por outro lado, nas demais amostragens dos cursos rio Perdizes e ribeirão São Félix, a água foi classificada como muito dura, sendo a maior concentração de CaCO<sub>3</sub> observada na água da captação do rio Perdizes, com 276 mg L<sup>-1</sup>. Monte Carmelo – MG possui uma região



agrícola consolidada principalmente com a cafeicultura, que utiliza a tecnologia da calagem como neutralizador do alumínio tóxico e para aumentar o pH, o que melhora a eficiência da adubação e o uso dos nutrientes minerais pelas plantas. No entanto, acredita-se que essa prática, quando realizada em excesso, o que não é incomum na cafeicultura, possa contribuir para o carreamento do  $\text{CaCO}_3$  para os cursos d'água, de modo que estas apresentem dureza. Assim, entende-se que há a necessidade premente de mais estudos acerca deste fator para confirmar esta suposição. Segundo Agrawal e Jagetai (1997), a dureza alta pode causar incrustações nas tubulações usadas tanto para abastecimento de água, quanto para irrigação, inclusive podendo causar obstrução dos gotejadores.

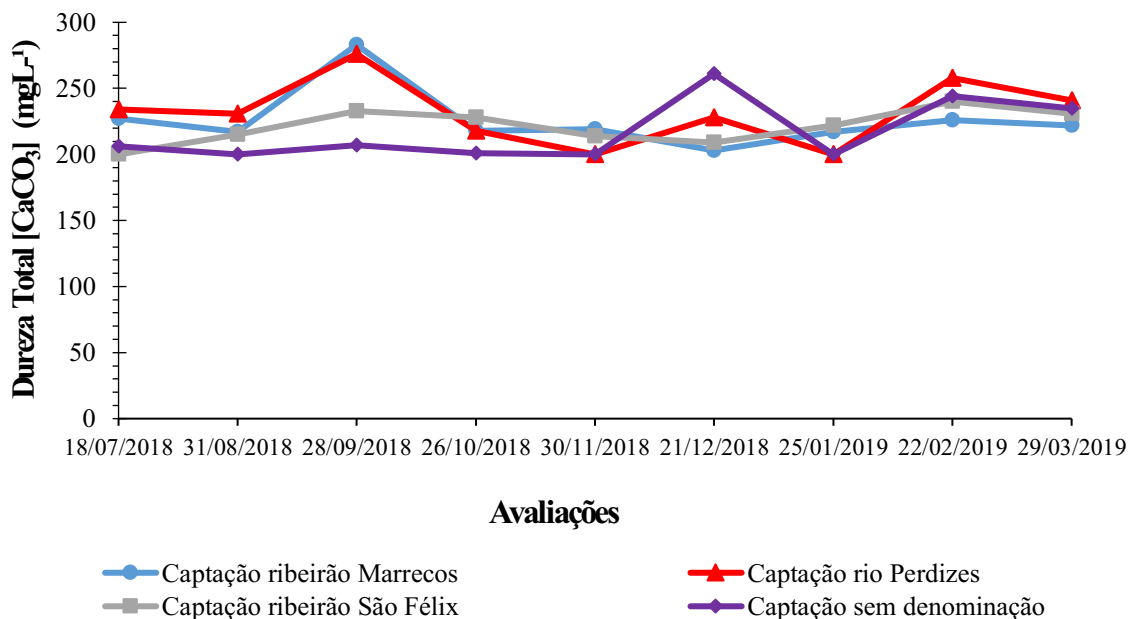


FIGURA 13- Comportamento do elemento dureza total na água utilizada na irrigação.

Na Figura 14 observa-se os valores encontrados de condutividade elétrica da água, considerando todo o período entre julho de 2018 e março de 2019. Segundo Ayers e Westcot (1991), águas utilizadas para irrigação com condutividade elétrica menores que  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$  não apresentam nenhum problema de salinidade para as plantas. Assim, de acordo com as observações fica evidente que as fontes de água utilizadas para a irrigação em Monte Carmelo, considerando obviamente apenas os pontos amostrados neste trabalho, não apresentam risco de salinização, podendo ser utilizadas para a irrigação sem restrição.

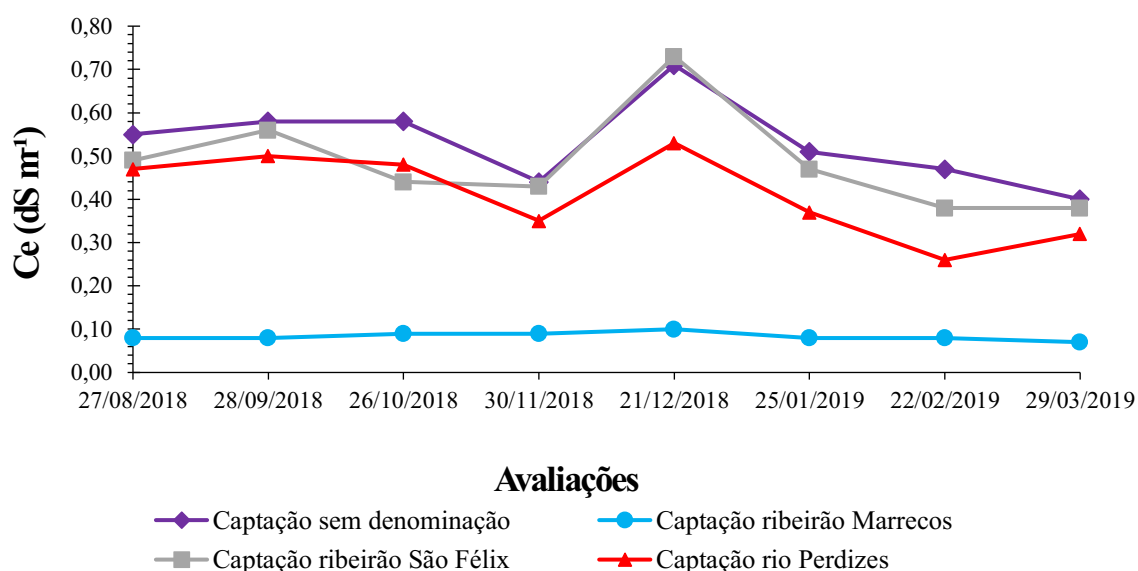


FIGURA 14- Comportamento da condutividade elétrica (Ce) no sistema na água superficial.

## 6. CONCLUSÕES

O Fe apresentou aumento das concentrações em todos os cursos d'água estudados, no período chuvoso.

A menor concentração do Fe foi observada na água coletada no gotejador da linha lateral, no sistema de irrigação em três estágios.

A utilização de ao menos um reservatório apresentou potencial para a redução do Fe presente na água, possibilitando assim, o aumento da vida útil de sistema de irrigação por gotejamento.

De acordo com as análises realizadas neste trabalho as águas coletadas no ribeirão Marrecos (47°27'38,9" W , 18°50'52,2" S), no rio Perdizes (47°26'13,8" W , 18°43'51,8" S), no ribeirão São Felix (47°34'50,8" W , 18°45'11,5" S) e curso d'água sem denominação na base hidrográfica (47°22'25,4" W, 18°40'00,9" S) possuem aptidão para utilização em sistema de irrigação localizada, apesar de apresentarem restrições de uso em determinadas épocas do ano, devido ao risco de obstrução dos sistemas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRAWAL, V, JAGETAI, M. **Hydrochemical assessment of groundwater quality Udaipur city, Rajasthan, India.** In: Proc. Indian Conference on Dimensions of Environmental Stress in India. Department of Geology, MS University, Baroda, India. p. 151-154, 1997.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 153p.
- AYRES, R. S.; WESTCOT, D.W. **Qualidade de água na agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1991 (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem).
- 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 v.44, n.3, p.385–402, DOI: 10.1590/S0034- 737X2010000100004 (2010).
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação.** 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados.** Areia: UFPB, 2000. 71 p.
- CUNHA, F. F., MATOS, A. T.; BATISTA, R. O.; MONACO, P. A. L. Uniformidade de distribuição em sistemas de irrigação por gotejamento utilizando água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 143-147, 2006.
- CONTE, M. L; LEOPOLDO, P.R. Avaliação de recursos hídricos: Rio pardo, um exemplo. **Rev.Ciência Geográfica-Ensino-Pesquisa-Método.** AGB (Associação dos geógrafos Brasileiros), set/dez. 1999, v3, n.14, p.25.
- CORDEIRO, E.A. **Influência do tratamento de água Ferrugionosa no desempenho do sistema de irrigação por gotejamento.** 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola ) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- CUSTÓDIO,E.; LLAMAS, M.R. Hidrologia Subterrânea. Tomo I. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, 1983.
- FRANCO, R. A. M. **Qualidade da água para irrigação na microbacia do córrego do coqueiro no noroeste paulista.** (Mestrado em Sistema de Produção)- Faculdade de engenharia do Campus de ilha solteira ,UNESP. 2008.
- GILBERT, R. G.; NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation: prevention of clogging.** Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 22, p. 514-519, 1979.
- HERNANDEZ, F. B. T.; SILVA, C. R.; SASSAKI, N.; BRAGA, R. S. Qualidade de água em um sistema irrigado no noroeste paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz de Iguaçu. **Anais[...]** do 30º Congresso

**Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM.

HERNANDEZ, F.B.T; PETINARI, R.A. Qualidade de água para irrigação localizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXVII, Poços de Caldas. **Anais[...] do 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. 1998 (CD-ROM).

LEMOS FILHO, M.A.F. **Sistema com aeração, decantação e filtração para melhoria da qualidade da água para irrigação localizada**. 2009. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias campus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2009.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARTTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 328 p.

NAKAYAMA, F.S; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production: Design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 1986. 164p.

PPRADO, R. B.; TAVARES, S. R. de L.; BEZERRA, F. B.; RIOS, L. C.; ESCALEIRA, V. Manual técnico de coleta, acondicionamento, preservação e análises laboratoriais de amostras de água para fins agrícolas e ambientais. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2004. 97 p. - (Embrapa Solos) Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88633/1/doc65-2004-manual-coleta-agua.pdf>. Acesso em: 07 fev.2019.

PRATT, P.F. **Quality criteria for trace elements in irrigation waters**. California: California Agricultural Experiment Station, 1972. 46p.

SANTOS, R. A.; HERNANDEZ, F. B. T.; FERREIRA, E. J. S.; VANZELA, L. S.; LIMA, R. C.. Uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento em sub-superfície instalado na cultura de pupunheiras (*Bactris gasipaes* H. B. K.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003, Goiânia. Anais [...]. Goiânia. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/c2003rsantos.pdf> . Acesso em: 06 dez .2018.

SCALOPPI, E. D. Características dos principais sistemas de irrigação. ITEM – **Irrigação e Tecnologia Moderna**, n. 25, p. 22-27, 1986.

RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCUS, A.; SCHISCHA, A.; SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. **Irrigation Science**, v. 13, p. 129-39, 1992.

RESENDE, R.S; CASARINI, E; FOLEGATTI, M.V; COELHO,R.D. Ocorrência de entupimento de origem biológica em sistemas de irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, p. 156-160, 2001.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**. v5, n.1. 2002.

VIEIRA, G.H.S.; MANTOVANI, E.C; SILVA, J.G.F; RAMOS, M.M; SILVA, M.C. Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [Campina Grande, PB], v.8, n.1, p.1-6, 2004.