

VAZÃO RELATIVA E TEMPO DE IRRIGAÇÃO EM GOTEJADORES
SUBMETIDOS À APLICAÇÃO DE FERRO SOLÚVEL

Flávio Henrique Ferreira Gomes¹, Lilian Cristina Castro de Carvalho², Rubens Duarte Coelho³, Marconi Batista Teixeira⁴, Thomas Jefferson Cavalcante¹

¹ Discente do curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. E-mail: flaviohenriquefg@hotmail.com, tjc_net@hotmail.com.

² Docente do Instituto Federal do Ceara, IFCE; E-mail: liliancarv@ifce.edu.br.

³ Docente do DER - Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. E-mail: rdcoelho@esalq.usp.br.

⁴ Docente do curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. E-mail: marconibt@gmail.com .

RESUMO

Esta pesquisa foi desenvolvida visando quantificar possíveis distúrbios de vazão em emissores gotejadores submetidos à aplicação de ferro solúvel, sólidos em suspensão (partículas de solo). Foi realizado o experimento com 26 modelos de tubos gotejadores em uso, com suas respectivas linhas gotejadoras montadas em uma bancada de ensaios em estrutura metálica localizada no Laboratório de Irrigação, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP. No experimento, foi realizado um tratamento onde se avaliou a susceptibilidade de diferentes tubos gotejadores em uso ao entupimento por ferro solúvel. Os modelos 19 e 21 apresentaram o pior desempenho quando submetidos aos ensaios realizados com o tratamento (hidróxido de ferro + água LAB).

Palavras-chave: emissores, entupimento, qualidade da água, hidróxido de ferro.

INTRODUÇÃO

O ferro nas águas é proveniente da intemperização do material geológico de origem, como solos e rochas, bem como do carreamento de materiais sólidos do entorno da bacia, proveniente das ações antrópicas. Na água de irrigação o ferro encontra-se em sua forma,

9ª JORNADA ACADÊMICA
26 a 28 de Novembro de 2015
UEG - Câmpus Santa Helena de Goiás, GO

reduzido (Fe^{+2}), mais solúvel, que ao passar pelo sistema de filtragem oxida-se, precipitando e adquirindo a forma de Fe^{+3} (MANTOVANI, 2006).

A obstrução de emissores, causada por bactérias que oxidam o ferro apresentam um difícil controle. Até mesmo concentrações férreas muito pequenas, menores que $0,5 \text{ mg L}^{-1}$, são suficientes para promover o crescimento bacteriano, que geralmente apresenta coloração avermelhada. A precipitação do ferro e o rápido crescimento das bactérias criam um material volumoso que pode entupir um sistema de irrigação por gotejamento completamente em questão de algumas semanas (TEIXEIRA, 2006).

O entupimento pode ser parcial, reduzindo a uniformidade de aplicação, ou total, interrompendo por completo o funcionamento do sistema, causando sérios problemas às culturas, devido à deficiência hídrica (CARARO, 2004).

O objetivo deste experimento foi avaliar a ocorrência de alteração de vazão entre tubos gotejadores ao entupimento por ferro solúvel na água de irrigação (óxido de ferro, sulfato ferroso e hidróxido de ferro).

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi conduzida no Laboratório de Irrigação de Irrigação da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, localizada no município de Piracicaba - SP, cujo clima é classificado como Cwa - subtropical úmido, segundo classificação climática de Köppen, temperatura média máxima superior a 22° C e média mínima de 18° C , ocorrendo chuvas de verão e secas de inverno.

O experimento foi desenvolvido em uma bancada de ensaios, construída em estrutura metálica composta por três andares, com 11 m de comprimento, 4 m de largura e 5,8 m de altura, sendo cada andar da bancada independente dos demais.

O sistema de pressurização utilizado no experimento foi composto por um conjunto de motobomba centrífuga da marca KSB, modelo KSB Hydrobloc C 750, cuja operação de funcionamento foi realizada manualmente, obedecendo rigorosamente os horários de início e fim de cada aplicação. Para evitar a entrada de partículas em suspensão no sistema, foi utilizado um filtro de disco de 120 mesh/Amiad, com capacidade para $15 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ de vazão, cuja limpeza foi feita a cada 12 horas de funcionamento.

No preparo e armazenamento das soluções utilizaram-se caixas de amianto, com capacidade para 1000 L, que foram conectadas ao conjunto motobomba por meio de uma

9ª JORNADA ACADÊMICA
26 a 28 de Novembro de 2015
UEG - Câmpus Santa Helena de Goiás, GO

sucção de 0,06 m de diâmetro, através de um adaptador de caixa d'água e o bombeamento de cada solução foi controlado por um registro de esfera de 0,06 m, instalado na extremidade da sucção dentro da caixa, permitindo o bombeamento da solução.

O sistema de aplicação da solução foi adaptado de tal forma que permitia um processo de recirculação da mesma, onde a solução gotejada era recolhida por dois conjuntos de telhas de aço zincado (fornadas com filme plástico), com uma inclinação de 3%, aonde conduzia a solução para uma calha de zinco revestida com fibra de vidro, localizada no centro do módulo, que retornava a solução para a caixa da respectiva captação, através de um conjunto de tubos PVC de 100 mm.

Ao final da aplicação, os registros eram fechados com o sistema ainda em funcionamento, para evitar o retorno da solução ao reservatório, garantindo assim que a solução permanecesse em contato com toda a superfície interna da linha gotejadora. Para evitar uma perda acentuada da solução ao longo da semana, foram colocadas cortinas de plásticos nas laterais da bancada de ensaio. Após cada ensaio de vazão, o sistema permanecia desligado por um dia, com o objetivo de se fazer limpeza, preparo da nova solução, reparos e manutenção do sistema.

O experimento foi realizado no módulo 3 da bancada de ensaio, no setor 5, onde realizou-se o tratamento, com duração de 648 horas. O setor 5 era composto por 26 modelos diferentes de tubos gotejadores, onde destes 9 eram convencionais (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9) e 17 autocompensantes (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26).

No tratamento foi aplicado $20,0 \text{ mg L}^{-1}$ de ferro solúvel (Fe^{+2}), tendo o hidróxido de ferro como fonte do mesmo, associado a água LAB (água do laboratório) (Tabela 1). O tratamento realizado no experimento pode ser resumido da seguinte forma: tratamento (linhas gotejadoras do setor 5): $20,0 \text{ mg L}^{-1}$ de Fe^{+2} (hidróxido de ferro) + água LAB.

Tabela 1. Análise da água do Laboratório de Irrigação da ESALQ/USP, que foi utilizada na preparação da solução aplicada no tratamento.

9ª JORNADA ACADÊMICA
26 a 28 de Novembro de 2015
UEG - Câmpus Santa Helena de Goiás, GO

Parâmetro	Unidade	Resultado
Alcalinidade ($2\text{CO}_3^{2-} + \text{HC}_3^-$)	mg L ⁻¹	35,8
Cloreto (Cl ⁻)	mg L ⁻¹	33,9
Nitrato (N-NO ₃)	mg L ⁻¹	20,5
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg L ⁻¹	149,3
Fósforo (P)	mg L ⁻¹	0,05
Nitrogênio Amoniacal (N-NH ₃)	mg L ⁻¹	0,11
Sódio (Na ⁺)	mg L ⁻¹	44,0
Potássio (K ⁺)	mg L ⁻¹	7,1
Cálcio (Ca ²⁺)	mg L ⁻¹	33,2
Magnésio (Mg ²⁺)	mg L ⁻¹	9,2
Ferro (Fe ²⁺)	mg L ⁻¹	0
Cobre (Cu)	mg L ⁻¹	0,01
Manganês (Mn)	mg L ⁻¹	0,09
Zinco (Zn)	mg L ⁻¹	1,14
Boro (B)	mg L ⁻¹	0
Alumínio (Al)	mg L ⁻¹	0
Cor aparente	PtCo	4
Turbidez	FTU	4
Sedimentos em suspensão	mg L ⁻¹	6,0
Condutividade elétrica (CE)	mS cm ⁻¹	0,37
pH	---	7,5
Gás carbônico (CO ₂)	mg L ⁻¹	1,9
Acidez (CaCO ₃)	mg L ⁻¹	6,5
Dureza total (CaCO ₃)*	mg L ⁻¹	120,6

*Dureza total calculada com base no equivalente de carbonato de cálcio (CaCO₃).

Durante o ensaio foram mantidos os espaçamentos originais das linhas gotejadoras, com o objetivo de evitar diferenças relacionadas à influência de emendas e da proximidade dos emissores, reduzindo os erros e mantendo, assim, as mesmas condições das linhas utilizadas pelos irrigantes. Desta forma o número de gotejadores presentes na linha dependeu do espaçamento fornecido pelo fabricante, porém foi assegurado um número mínimo de 10 emissores para cada modelo analisado.

A Tabela 2 apresenta os emissores com suas características técnicas e a vazão mais comercializada pelos irrigantes. Em função dos emissores ensaiados serem produtos comerciais e os ensaios a que foram submetidos não serem normatizados, os dados e análises realizados em todos os ensaios foram codificados para evitar qualquer tipo de especulação comercial dos resultados apresentados. A codificação utilizada na representação dos modelos de emissores, não tem nenhuma relação com os nomes comerciais dos produtos e nem tampouco com a sequência de emissores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Características técnicas: fluxo, vazão, diâmetro nominal (\emptyset N) e espaçamento entre gotejadores dos modelos utilizados no experimento.

9ª JORNADA ACADÊMICA
26 a 28 de Novembro de 2015
UEG - Câmpus Santa Helena de Goiás, GO

Fabricante	Modelo	Fluxo	Vazão (L h ⁻¹)	Ø N (mm)	Espaçamento entre gotejadores (m)
Naandan	Naan tif PC	AC	1,6	16	0,50
	Naan Paz	NC	2,0	16	0,75
	Naan PC	AC	2,1	16	0,80
	Naan PC	AC	3,8	16	0,90
Netafin	Drip Net	AC	1,6	16	0,75
	Uniran	AC	1,6	16	0,33
	Ram	AC	2,3	16	0,50
	Ram	AC	2,3	17	0,50
	Tiran	NC	2,05	16	0,75
	Super Typhoon	NC	2,0	16	0,60
Plastro	Hydrogol	NC	3,0	17	0,40
	Hydro Pc	AC	2,0	17	0,80
	Hydro Pc	AC	2,2	17	0,80
	Hydro Pc	AC	2,2	16/25	0,75
	Hydro Pc Nd	AC	2,35	16/40	0,80
	Hydro Drip	AC	2,0	16	0,80
Amanco	Carbo Drip	AC	2,0	17	0,80
	Carbo Drip Cd/Ac	NC	2,2	16	0,50
Irimon	Twin Plus	AC	1,8	17,5	1,00
	Vip Line	AC	3,6	16	1,00
	Irridrip Plus	AC	2,5	16	1,00
	Irriloc	NC	1,1	16,4	0,40
Azud	Azudline	NC	1,4	17	0,50
Toro Ag	Drip In	AC	2,5	17	0,75
Petroisa	Petroisa G1	NC	1,5	16	0,30
Queen Gil	Queen Gil	NC	4,0	16,5	0,10

Fonte: Catálogo dos fabricantes.

Depois de tabulados os pesos, procederam-se os cálculos da vazão e vazão relativa, através da Equação 1 e 2.

$$q = \frac{P}{1000 t d} 60 \quad (1)$$

em que:

q – vazão do gotejador, L h⁻¹;

P – peso da água coletada, g;

t – tempo de coleta, min e

d – densidade da água utilizada no ensaio, g L⁻¹ (o valor médio utilizado para conversão da água para 25°C foi de 0,997).

$$Q_r = \frac{Q_{x,y}}{Q_i} \quad (2)$$

em que:

Q_r – vazão relativa, % ;

Q_{x,y} – vazão de um emissor x num dia y de irrigação, L h⁻¹ e

9ª JORNADA ACADÊMICA
26 a 28 de Novembro de 2015
UEG - Câmpus Santa Helena de Goiás, GO

Q_i – vazão desse emissor no primeiro dia de irrigação, L h⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 encontram-se os valores de vazão relativa (%) para os emissores avaliados com tratamento de 20,0 mg L⁻¹ de Fe⁺² (hidróxido de ferro) + água LAB. É importante lembrar que os emissores ensaiados no tratamento são usados, de modo que, a vazão inicial utilizada para obtenção da vazão relativa não foi a dos gotejadores novos e sim a vazão obtida na primeira leitura após o tratamento de desobstrução dos emissores.

Conforme as Figuras de 1 a 4 os emissores avaliados apresentaram comportamento diferenciado quanto à redução de vazão, em função do entupimento. Na Figura 1 observa-se que os gotejadores dos modelos 1 e 24 foram os que apresentaram uma maior variação de vazão, onde o modelo 1 apresentou uma redução de vazão de 35% após 216h de funcionamento, no entanto a partir deste momento apresentou elevação de vazão, chegando a um aumento de 44% ao final do experimento (648h); o modelo 24 apresentou 100% de elevação de vazão após 288h de aplicação, reduzindo em seguida e ao final de 648h de funcionamento apresentou uma elevação de vazão de 39 %. Esta elevação de vazão deve-se, possivelmente, a uma fase inicial do entupimento com aumento de vazão, devido a possíveis danos na membrana de compensação dos emissores autocompensantes. Os demais modelos (2, 3, 7 e 13) mantiveram-se praticamente constantes por todo o ensaio. Coelho et al. (2014) observaram a variação da taxa de fluxo em 20 modelos de gotejadores submetidos a aplicação de ferro, argila do solo e da água com alta concentração orgânica (algas), e concluíram que os modelos de gotejadores ensaiados apresentaram maior redução de vazão quando se aplicou água contendo elevado teor de ferro total associado à carga orgânica (algas) mais solo argiloso.

9ª JORNADA ACADÊMICA
26 a 28 de Novembro de 2015
UEG - Câmpus Santa Helena de Goiás, GO

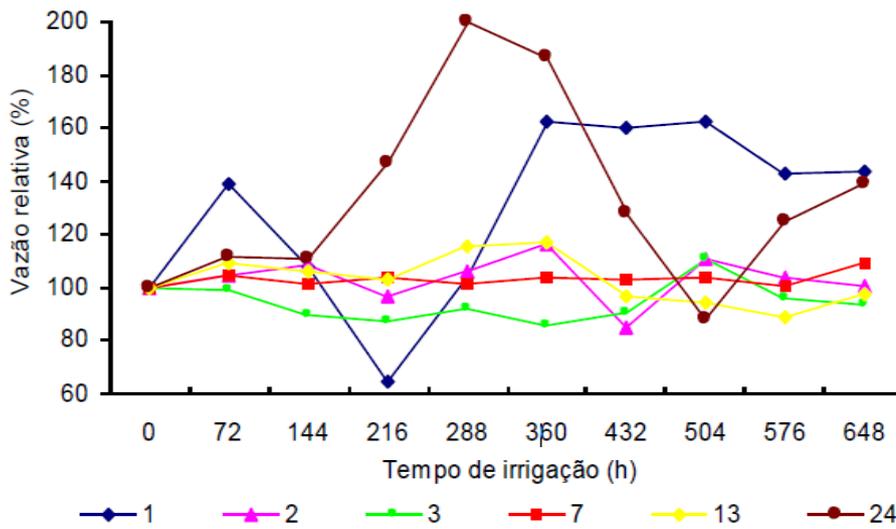


Figura 1. Vazão relativa (%) dos gotejadores 1, 2, 3, 7, 13 e 24 em função do tempo de irrigação.

Observando a Figura 2, os modelos 4, 6, 9 e 10 apresentaram redução de vazão, após 648h de funcionamento, da ordem de 10, 11, 17 e 15%, respectivamente e os modelos 17 e 25, apresentaram aumento de 4 e 6%, respectivamente, ao final do ensaio.

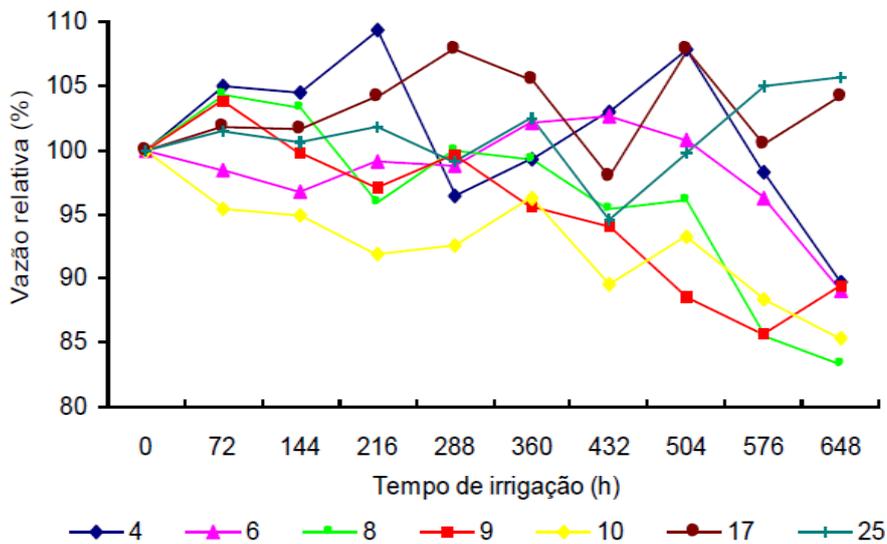


Figura 2. Vazão relativa (%) dos gotejadores 4, 6, 8, 9, 10, 17 e 25 em função do tempo de irrigação.

Analisando os modelos 5, 11, 14, 15, 16, e 22 (Figura 3) e estabelecendo comparação entre o tempo de funcionamento de 0 e 648 horas verificou-se redução de vazão igual a 29, 27, 28, 29, 40 e 33%, respectivamente.

9ª JORNADA ACADÊMICA
26 a 28 de Novembro de 2015
UEG - Câmpus Santa Helena de Goiás, GO

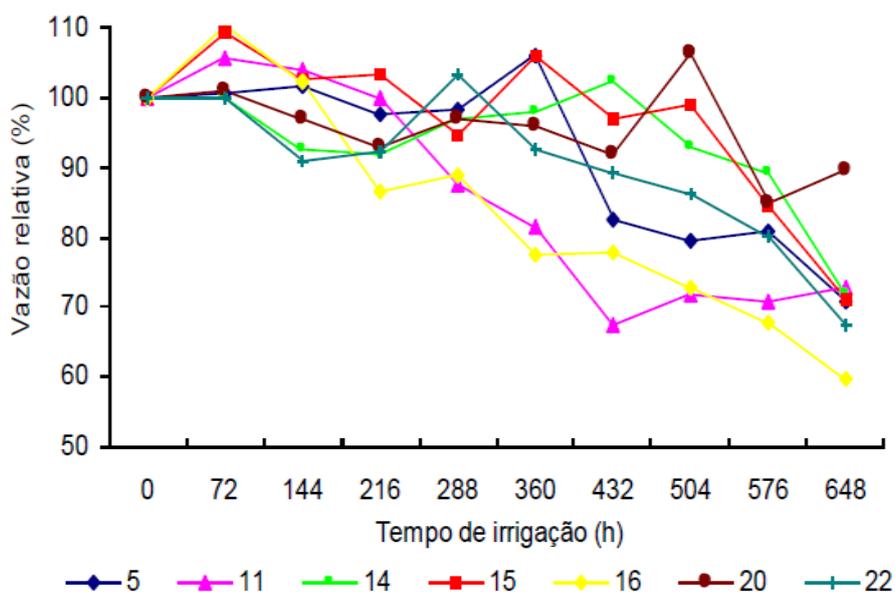


Figura 3. Vazão relativa (%) dos gotejadores 5, 11, 14, 15, 16, 20 e 22 em função do tempo de irrigação.

As reduções de vazão mais acentuadas ocorreram nos modelos 19 e 21 (Figura 4) que apresentaram obstrução total da vazão a partir de 360 e 648 horas de funcionamento, respectivamente.

O modelo 12, também não apresentou um bom resultado, pois sofreu uma redução de vazão de 71%. Nos modelos 18, 23 e 26 as reduções de vazão foram de 51, 31 e 62% ao final do experimento (648 h). Estes resultados estão corroboram Batista et al. (2013), que trabalharam com água residuária de suinocultura e observaram que as características de sólidos suspensos, ferro total e população bacteriana representaram risco severo de entupimento de gotejadores e que as porcentagens de entupimento dos gotejadores podem ser menores em função do menor tempo de funcionamento do equipamento para aplicação sustentável da água residuária da suinocultura.

9ª JORNADA ACADÊMICA
26 a 28 de Novembro de 2015
UEG - Câmpus Santa Helena de Goiás, GO

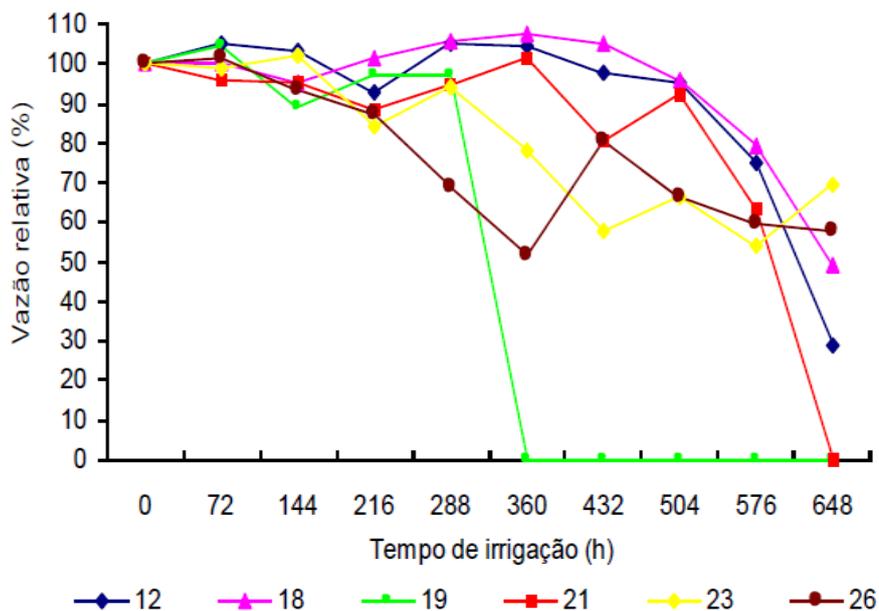


Figura 4. Vazão relativa (%) dos gotejadores 12, 18, 19, 21, 23 e 26 em função do tempo de irrigação.

CONCLUSÕES

Os modelos de tubos gotejadores apresentaram desempenhos variáveis na suscetibilidade ao entupimento.

A velocidade com que o entupimento parcial tende ao entupimento total propende a ser maior em função da arquitetura interna dos emissores.

Os modelos 19 e 21 apresentaram os piores desempenhos quando submetidos a tratamento com hidróxido de ferro + água LAB.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e ao Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

9ª JORNADA ACADÊMICA
26 a 28 de Novembro de 2015
UEG - Câmpus Santa Helena de Goiás, GO

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, D. B.; OLIVEIRA, A. F. M.; AZEVEDO, C. A. V.; MEDEIROS, S. S. Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicando-se efluente da suinocultura. **Revista brasileira engenharia agrícola ambiental**, Campina Grande, v.17, n.7 Jul. 2013.

CARARO, D.C. **Manejo de irrigação por gotejamento para aplicação de água residuária visando a minimização do entupimento de emissores**. 2004. 130p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, L. C. C.; CUNHA, F. C.; SILVA, N. F. Distúrbios de vazão em gotejadores devido o uso de água com presença de ferro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.8, nº. 3, p. 234 - 246, 2014

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: Ed UFV, 2006. 318 p.

TEIXEIRA, M.B. **Efeitos de dosagens extremas de cloro e pH na vazão de gotejadores autocompensantes (irrigação localizada)**. 2006. 322 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2006