



Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.5, n°. 1, p.68–74, 2011
 ISSN 1982-7679 (On-line)
 Fortaleza, CE, INOVAGRI – <http://www.inovagri.org.br/rbai>
 Protocolo 014 118 – 20/06/2010 Aprovado em 03/03/2011

QUALIDADE DA ÁGUA PARA USO EM IRRIGAÇÃO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO CINTURÃO VERDE, MUNICÍPIO DE ILHA SOLTEIRA

Renata da Silva Moura¹; Fernando Braz Tangerino Hernandez²; Maurício Augusto Leite³;
 Renato Alberto Momesso Franco⁴; Diego Gonçalves Feitosa⁵; Lilian Fernandes Machado⁶.

¹ Engenheira Agrônoma e Mestranda na UNESP Ilha Solteira. Caixa Postal 34. CEP: 15385-000. Ilha Solteira – SP. Fone: (18) 3742 - 4451. E-mail: renatacage@ig.com.br

² Professor Titular, DEFERS, UNESP Ilha Solteira. Caixa Postal 34. CEP: 15385-000. Ilha Solteira – SP. Fone: (18)3742 – 3294. E-mail: fbthtang@agr.feis.unesp.br

³ Professor Assistente, DEFERS, UNESP Ilha Solteira. Caixa Postal 34. CEP: 15385-000. Ilha Solteira – SP. Fone: (18)3743 – 1259. E-mail: mauricio@agr.feis.unesp.br

⁴ Biólogo e Doutorando na UNESP Ilha Solteira. Caixa Postal 34. CEP: 15385-000. Ilha Solteira – SP. E-mail: bioramfranco@yahoo.com.br

⁵ Graduando em Agronomia na UNESP Ilha Solteira. Caixa Postal 34. CEP: 15385-000. Ilha Solteira – SP. Fone: (18) 8811-9753. E-mail: diegogoncalvesagro@hotmail.com

⁶ Graduanda em Ciências Biológicas na UNESP Ilha Solteira. Caixa Postal 34. CEP: 15385-000. Ilha Solteira – SP. Fone: (17) 9708-2312. E-mail: lilithyfernandes@hotmail.com

RESUMO

Para realizar a irrigação, além de considerar a disponibilidade hídrica, torna-se importante, considerar a qualidade da água, pois a presença, em excesso, de alguns íons e partículas de diversas origens como as do solo podem causar danos ao sistema de irrigação, através de obstrução da tubulação e de emissores. Portanto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade de água para a irrigação no Córrego do Cinturão Verde, localizado na cidade de Ilha Solteira. Com os resultados obtidos das análises de cálcio, magnésio, sólidos dissolvidos e sólidos em suspensão pode-se concluir que a água do Córrego do Cinturão Verde pode ser utilizada para a irrigação, pois os parâmetros analisados, com exceção do ferro, estão dentro do valor aceitável. No caso do ferro, os valores observados estão bem acima do limite permitido, o que confere alto potencial de danos ao desempenho do sistema de irrigação. Logo, produtores que utilizarem esta água devem ter atenção com o uso de filtros para evitar a deposição de ferro na tubulação do sistema.

PALAVRAS-CHAVE: monitoramento hídrico, ferro, perda de carga

WATER QUALITY FOR THE IRRIGATION IN THE WATERSHED OF CINTURÃO VERDE, ILHA SOLTEIRA

ABSTRACT

To perform the irrigation, and consider water availability, it is important to consider water quality, since the presence, in excess of some ions and particles of various origins as the soil can cause damage to system irrigation, through obstruction of tubing and emitters. Therefore, this study aimed to evaluate the quality of water for irrigation in the watershed of Cinturão

QUALIDADE DA ÁGUA PARA USO EM IRRIGAÇÃO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO CINTURÃO VERDE, MUNICÍPIO DE ILHA SOLTEIRA

Verde, located in the city of Ilha Solteira. With these results, we can conclude that the water watershed of Cinturão Verde can be used for irrigation, because the parameters analyzed, except iron, are within the acceptable value. In the case of iron, the observed values are well above the allowable limit, which gives a high potential for damage to the performance of the irrigation system. Thus, producers who use this water must be careful with the use of filters to prevent the deposition of iron in the system piping.

KEYWORDS: iron, water quality, watershed, clogging

INTRODUÇÃO

A água é considerada de extrema importância para a vida humana, além de garantir a realização de funções vitais para o organismo. O homem utiliza os recursos hídricos para um grande conjunto de atividades, tais como, produção de energia, produção de alimentos, desenvolvimento industrial, agrícola e econômico (TUNDISI, 2003). De acordo com o mesmo autor, a produção de alimentos, devido ao uso da irrigação, é responsável por 68,3% do consumo de água no Brasil. Para o uso adequado e eficiente da água na irrigação deve-se considerar tanto a disponibilidade quanto a quantidade e a qualidade da mesma, pois alguns vegetais como alface e tomate são consumidos *in natura*, logo se torna imprescindível que a água a ser utilizada apresente características adequadas para não comprometer a qualidade do alimento.

Uma vez que os mananciais de água não são estáticos, a contaminação de determinada área pode se estender por toda uma região e muitas vezes não é possível discriminar a origem do contaminante; como é o caso dos grandes rios poluídos tanto pelas atividades agrícolas, quanto pelos efluentes urbanos (RESENDE, 2002). A falta de planejamento e uso adequado do solo prejudica não só o potencial produtivo de uma área, como interfere na qualidade da água de um manancial, pois um solo desprotegido proporciona um aumento na velocidade no qual ocorre o processo de erosão, carreando partículas de solo, resíduos de defensivos agrícolas e fertilizantes ao leito dos rios e, também, causando

assoreamento. Segundo Pereira (1997) a qualidade de água de uma microbacia pode ser influenciada por diversos fatores e, dentre eles, estão o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia, bem como o tipo, o uso e o manejo do solo da bacia hidrográfica.

A qualidade da água é um fator muito importante a ser estudado, pois existem certos íons que, em excesso, podem causar danos ao sistema de irrigação, através da deposição dos mesmos na tubulação e na saída dos emissores. Segundo Nakayama e Bucks (1986), alguns dos parâmetros de qualidade de água que estão ligados a obstrução física dos sistemas de irrigação são o cálcio, magnésio, ferro total e sólidos. Em sistemas de irrigação localizada, onde os orifícios são de pequeno diâmetro, a exigência de uma água limpa torna-se indispensável para evitar entupimento (BERNARDO, 2002).

De acordo com Telles e Domingues (2006) a corrosão e a incrustação são prejudiciais aos equipamentos de irrigação e, por esse motivo a análise da água pode definir o material de fabricação dos equipamentos e o sistema de irrigação utilizado. O conceito de qualidade de água refere-se às características que podem afetar sua adaptabilidade para o uso específico; em outras palavras, é a relação entre a qualidade da água e as necessidades do usuário (SANTOS et al., 2007). Portanto, para o uso da água na irrigação é necessário que a qualidade da mesma se apresente de forma a não comprometer a qualidade do alimento e a operacionalidade do sistema. Face ao exposto, o presente trabalho teve por objetivo realizar o monitoramento da qualidade da água na microbacia do Córrego do Cinturão Verde,

QUALIDADE DA ÁGUA PARA USO EM IRRIGAÇÃO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO CINTURÃO VERDE, MUNICÍPIO DE ILHA SOLTEIRA

localizado na cidade de Ilha Solteira, Estado de São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido na microbacia do Córrego do Cinturão Verde, localizado sob as coordenadas geográficas 20°24'04'' Latitude Sul e 51°20'55'' Longitude oeste (Figura1).

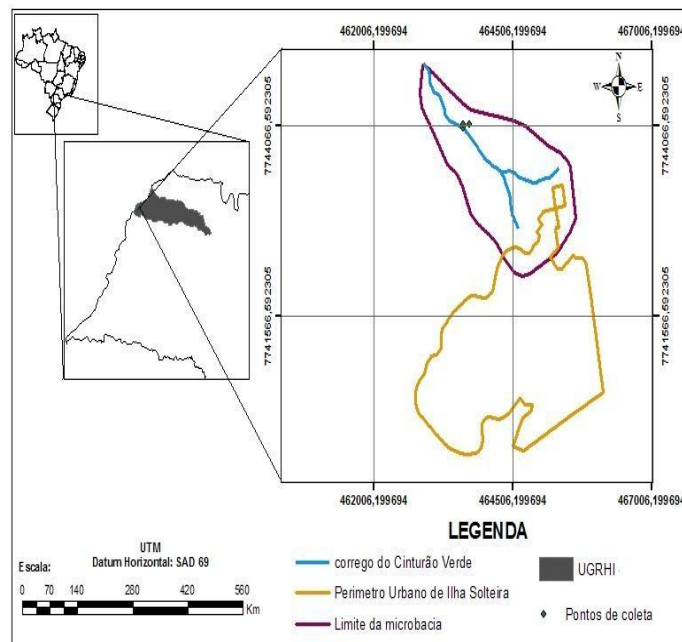


Figura 1. Localização da Microbacia do Córrego do Cinturão Verde

O clima da cidade de Ilha Solteira, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Aw, tropical úmido e, ainda, caracteriza-se por apresentar uma estação chuvosa no verão e seca no inverno, com uma temperatura média de 24,5°C, precipitação média anual de 1.232 mm e umidade relativa média anual de 64,8% (HERNANDEZ et al., 1995). O município possui 24.969 habitantes (IBGE, 2010).

A coleta de água foi realizada no ano de 2009, em três pontos ao longo da microbacia do Córrego do Cinturão Verde, totalizando sete amostragens durante o período. O ponto 1 está localizado sob as coordenadas 20°24'04,202'' Latitude Sul e 51°20'51,545'' Longitude Oeste e é caracterizado como represa; o ponto 2 possui as coordenadas 20°24'05,453'' Latitude Sul e 51°20'55,243'' Longitude Oeste e está localizado na saída da represa; já o ponto 3 está sob as coordenadas 20°24'00,760'' Latitude Sul e 51°18'48,545082'' Longitude Oeste e está

a 200 metros do ponto 2. Os parâmetros químicos e físicos da qualidade de água analisados foram cálcio, magnésio, ferro total, sólidos suspensos e sólidos dissolvidos. As amostras de água foram coletadas em garrafas de polietileno de dois litros bem higienizadas e acondicionadas em caixas de isopor com gelo, sendo posteriormente levadas ao Laboratório de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira. O cálcio e o magnésio foram determinados através de titulação, o ferro total foi determinado pelo método colorimétrico ferrospectral e as análises de sólidos dissolvidos e sólidos suspensos foram realizadas pelo método gravimétrico.

A análise dos dados da qualidade de água foi realizada através de estatística descritiva (máximo, mínimo e média) com o auxílio de tabelas utilizadas no software Excel e os dados foram distribuídos de acordo com a classe de risco de danos ao sistema de irrigação (normal ou alto para

QUALIDADE DA ÁGUA PARA USO EM IRRIGAÇÃO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO CINTURÃO VERDE, MUNICÍPIO DE ILHA SOLTEIRA

os parâmetros cálcio e magnésio, e baixo, médio ou alto para os parâmetros ferro total, sólidos dissolvidos e sólidos suspensos).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a distribuição dos dados de estatística descritiva (máximo, mínimo e média) dos parâmetros cálcio e magnésio e a classificação de acordo com o risco de danos ao sistema de irrigação durante o período de avaliação no Córrego do Cinturão Verde em Ilha Solteira, SP.

TABELA 1. Distribuição dos valores da estatística descritiva dos parâmetros cálcio e magnésio para uso em irrigação e sua distribuição de acordo os padrões durante o período de amostragem na microbacia do Córrego Cinturão Verde

Parâmetro	Máximo	Mínimo	Média	Classificação	
				Normal	Alto
Cálcio¹				(% das amostras)	
Ponto 1	64	32	44	100,0	0,0
Ponto 2	50	22	40	100,0	0,0
Ponto 3	64	13	44	100,0	0,0
Magnésio²					
Ponto 1	42	12	25,67	100,0	0,0
Ponto 2	74	14	36,17	83,3	16,7
Ponto 3	70	16	43,17	66,7	33,3

¹Normal (< 400 mg L⁻¹); Alto (> 400 mg L⁻¹). ²Normal (< 60 mg L⁻¹); Alto (> 60 mg L⁻¹). Fonte: Ayers e Westcot (1986).

Para o cálcio, em todo o período de avaliação, todas as amostras se enquadraram na classificação normal proposta por Ayers e Westcot (1986).

Vanzela (2004) verificou o mesmo comportamento ao analisar o íon cálcio na água do Córrego Três Barras, onde todas as amostras se enquadraram na classificação normal. O maior valor encontrado para este parâmetro foi de 64 mg L⁻¹ no ponto 1 e 3. Já o menor valor encontrado foi de 13 mg L⁻¹ no ponto 3. Portanto, neste caso o íon cálcio não apresenta problemas de danos ao sistema de irrigação. Franco (2009) ao analisar a qualidade de água para a irrigação na microbacia do Córrego do Coqueiro verificou que 100% das amostras para o parâmetro cálcio se enquadraram na classificação normal, o mesmo resultado observado no presente trabalho.

No caso do íon magnésio, o ponto 1 apresentou 100% das amostras na classificação normal. Já o ponto 2 apresentou 83,3% das amostras dentro da classificação normal e 16,7% estavam acima do valor normal. O ponto 3

apresentou 66,7 % das amostras dentro da classificação normal e 33,3% das amostras acima do valor normal. Com essa concentração acima do tolerável, o magnésio pode precipitar nas tubulações do sistema de irrigação, prejudicando a eficiência do mesmo. Franco (2008) avaliou a concentração do íon magnésio ao longo do córrego do Coqueiro e observou que o primeiro ponto de amostragem, que se localiza próximo a nascente, e o último ponto de amostragem, que dista 24,6 km da nascente, apresentaram, respectivamente, 7,5 % e 25%, das amostras com valores acima do normal. De acordo com Coelho (2002) concentrações de magnésio acima de 43,0 mg L⁻¹ podem ser um problema no uso de fertirrigação, pois pode provocar a precipitação de fertilizantes fosfatados e obstruir os orifícios de passagem da água. O monitoramento do íon ferro na água utilizada para a irrigação é muito importante, pois o mesmo apresenta-se em duas formas: Fe²⁺ (solúvel) e em Fe³⁺ (insolúvel). A forma solúvel não apresenta problemas, mas a mesma quando entra em contato com o oxigênio sofre a reação de

QUALIDADE DA ÁGUA PARA USO EM IRRIGAÇÃO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO CINTURÃO VERDE, MUNICÍPIO DE ILHA SOLTEIRA

oxidação, tornando, assim, o ferro na forma insolúvel e, conseqüentemente, o mesmo será depositado nas paredes da tubulação, obstruindo a passagem da água. Os valores máximo, mínimo e médio de

ferro total, para cada ponto monitorado, durante o período encontra-se na Tabela 2 de acordo com a classificação de risco de danos ao sistema de irrigação.

TABELA 2. Distribuição dos valores de estatística descritiva dos resultados da análise de ferro total de acordo com a classificação de danos ao sistema de irrigação

Parâmetro	Máximo	Mínimo	Média	Classificação		
				Baixo	Médio	Alto
Ferro¹		mg L ⁻¹		(% das amostras)		
Ponto 1	4,2	1,3	3,3	0,0	16,7	83,3
Ponto 2	2,6	1,2	1,8	0,0	50,0	50,0
Ponto 3	2,3	1,1	1,6	0,0	66,7	33,3

¹Baixo (<0,2 mg L⁻¹); Médio (0,2-1,5 mg L⁻¹); Alto (>1,5 mg L⁻¹). Fonte: Nakayama e Bucks (1986).

De acordo com a Tabela 2, os valores médios encontrados estão bem acima do permitido, sendo no ponto 1, 2 e 3 apresentando os valores de 3,3; 1,8 e 1,6 mg L⁻¹, respectivamente. De acordo com Nakayama e Bucks (1986) os valores críticos estão acima de 1,5 mg L⁻¹, e valores acima deste nível foram verificados em todas as médias dos pontos coletados. O ponto 1 apresentou o maior valor de ferro total encontrado durante o período de amostragem, que foi de 4,1 mg L⁻¹, o que representa elevado risco de danos ao sistema de irrigação. Para Hernandez e Petinari (1998), pioneiros no relato de problemas em tubulações de irrigação no oeste paulista causados pela elevada concentração de ferro na água, alertam que acima de 0,5 mg L⁻¹ deve se despendar atenção especial por parte dos projetistas, pois pode obstruir tubulações em pouco tempo e, em grau extremo, até inutilizar o sistema de irrigação. Estes autores relataram obstrução de uma rede PVC de 50 mm de diâmetro da ordem de 58,4% da área de passagem após 25 meses de uso, mesmo empregando filtro de disco de 150 mesh. Hernandez et al. (2001) no noroeste

paulista estudaram os efeitos do íon ferro na tubulação e encontraram valores médios, nos pontos estudados, acima de 0,5 mg L⁻¹, o que representa sério risco de danos ao sistema de irrigação, pois, neste caso, existe a possibilidade de entupimento de emissores e tubulações, especialmente, em sistema de irrigação localizada.

Silva e Hernandez (2009) ao avaliar a qualidade de água para a irrigação na microbacia do Córrego Três Barras, SP, verificou que a maioria das amostras apresentaram de médio a alto risco de danos ao sistema de irrigação, sendo que o ponto 3 apresentou 16,7 % das amostras com alto risco de danos ao sistema de irrigação. A cerca de 30 metros a montante deste ponto é lançado o esgoto proveniente da estação de tratamento e o despejo do efluente dessa estação interfere diretamente na composição.

A Tabela 3 mostra a distribuição dos valores de estatística descritiva dos parâmetros físicos da qualidade de água para a irrigação: sólidos dissolvidos e sólidos suspensos nos três pontos de amostragem na microbacia do Córrego do Cinturão Verde, Ilha Solteira, SP.

QUALIDADE DA ÁGUA PARA USO EM IRRIGAÇÃO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO CINTURÃO VERDE, MUNICÍPIO DE ILHA SOLTEIRA

TABELA 3. Distribuição dos valores de estatística descritiva (máximo, mínimo e média) dos parâmetros físicos de qualidade de água para irrigação, de acordo com o risco de danos ao sistema de irrigação.

Parâmetro	Máximo	Mínimo	Média	Classificação		
				Baixo	Médio	Alto
Sólidos Dissolvidos¹		mg L ⁻¹		(% das amostras)		
Ponto 1	145	110	125,2	100,0	0,0	0,0
Ponto 2	126	87	110,5	100,0	0,0	0,0
Ponto 3	136	109	117,7	100,0	0,0	0,0
Sólidos Suspensos²		mg L ⁻¹				
Ponto 1	28	9	18,0	100,0	0,0	0,0
Ponto 2	48	13	22,8	100,0	0,0	0,0
Ponto 3	22	7	15,7	100,0	0,0	0,0

¹Baixo (< 500 mg L⁻¹); Médio (500-2.000 mg L⁻¹); Alto (> 2.000 mg L⁻¹). ²Baixo (< 50 mg L⁻¹); Médio (50-100 mg L⁻¹); Alto (> 100 mg L⁻¹). Fonte: Nakayama e Bucks (1986)

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se observar que os valores médios, tanto para os sólidos dissolvidos quanto para os sólidos em suspensão são considerados baixos e não oferecem nenhum tipo de risco de danos ao sistema de irrigação. Santos et al. (2007) avaliou os parâmetros físicos da qualidade de água para a irrigação no Córrego do Ipê e puderam observar que em um dos pontos de coleta, para os sólidos suspensos, 20% das amostras apresentaram valores considerados altos para a operação de sistemas de irrigação localizada. No presente trabalho, nenhuma amostra apresentou risco de danos ao sistema de irrigação, sendo que o valor mínimo encontrado de 87,0 mg L⁻¹ no ponto 2, já o valor máximo observado foi 145 mg L⁻¹ no ponto 1.

Franco (2008) também avaliou o parâmetro sólidos suspensos, ao realizar o monitoramento do Córrego do Coqueiro, e constatou que os pontos 4 e 5 foram os que apresentaram a maioria de suas amostras dentro da classificação de alto risco de danos de operação do sistema de irrigação com 9% das amostras dentro desta classificação.

CONCLUSÃO

Com exceção do ferro, a qualidade da água no Córrego do Cinturão Verde está adequada para o uso em irrigação, pois a

maioria das amostras apresentou resultados dentro da classificação aceitável para cada parâmetro. No caso do ferro, existe excesso deste ao longo do córrego, indicando elevado potencial de danos ao sistema de irrigação. Neste caso, os irrigantes devem estar atentos ao uso de filtros para impedir a passagem deste íon, impedindo a deposição ao longo do sistema de irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Calidad del agua para la agricultura.** Estudio FAO Riego y Drenaje, n. 29, Roma: FAO, 1986. 85 p.
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação.** 6. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2002. 656 p.
- COELHO, E. F.; OLIVEIRA, A. S.; BORGES, A. L. Aspectos básicos da fertirrigação. In: BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. **Fertirrigação em fruteiras tropicais.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. cap. 1, p. 9-14.
- FRANCO, R. A. M. **Qualidade da água para a irrigação na microbacia do Córrego do Coqueiro no noroeste paulista.** 2008. 84 f. Dissertação

QUALIDADE DA ÁGUA PARA USO EM IRRIGAÇÃO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO CINTURÃO VERDE, MUNICÍPIO DE ILHA SOLTEIRA

(Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 772-780, 2009.

HERNANDEZ, F. B. T., LEMOS FILHO, M. A. F., BUZZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: FEIS/UNESP, 1995. 45p. (Série Irrigação, 1).

HERNANDEZ, F. B. T.; PETINARI, R. A. Qualidade de água para irrigação localizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Jaboticabal: SBEA.

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, Foz do Iguaçu. **Anais...** Jaboticabal: SBEA.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico 2010. Brasília 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 nov. 2010.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production**. St Joseph: ASAE, 1986. 383p.

PEREIRA, V. P. **Solo: manejo e controle de erosão hídrica**. Jaboticabal: FCAV, 1997. 56 p.

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade de água: contaminação da água por nitrato**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 29p. (Documentos, 57)

SANTOS, R. T.; NETO, J. D.; FARIAS, S. A. R.; BARRETO, J. F.; SANTOS, A. H. O.; DANTAS, T. B. Levantamento da qualidade da água da zona rural do município de Serra Branca, PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36, 2007, Bonito. **Anais...** Jaboticabal: SBEA.

SANTOS, T. E. B.; FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; CALDAS, R. R. Avaliação da qualidade física da água para fins de irrigação no Córrego do Ipê. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36, 2007, Bonito. **Anais...** Jaboticabal: SBEA.

SILVA, M. C.; HERNANDEZ, F. B. T. Avaliação química da qualidade de água para fins de irrigação em microbacia degradada. In: CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DA ASSOCIAÇÃO DE UNIVERSIDADES GRUPO DE MONTEVIDÉU, 6, 2009 São Carlos. **Anais...** São Carlos.

TELLES, D. D.; DOMINGUES, A. F. Água na agricultura e pecuária. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editoras, 2006. cap.10, p. 325-364.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, 2003. 248p.

VANZELA, L. S. Qualidade de água para a irrigação na microbacia do Córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP. 2004. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira.