

## ESTADO NUTRICIONAL DA BETERRABA DE MESA IRRIGADA COM EFLUENTE TRATADO DE LATICÍNIO

TAMARA M. GOMES<sup>1</sup>, FABRÍCIO ROSSI<sup>2</sup>, LETÍCCIA G. FERREIRA<sup>3</sup>,  
GIOVANA TOMMASO<sup>4</sup>, ROGERS RIBEIRO<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Enga. Agrônoma, Profa. Doutora, Depto. de Engenharia de Biossistemas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos-FZEA,USP, Pirassununga-SP, Fone (0xx19) 3565-6709, tamaragomes@usp.br.

<sup>2</sup> Engo. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia de Biossistemas, FZEA,USP, Pirassununga-SP.

<sup>3</sup> Graduanda em Engenharia de Biossistemas, Depto. de Engenharia de Biossistemas, FZEA,USP, Pirassununga-SP.

<sup>4</sup> Enga. de Alimentos, Profa. Livre Docente, Depto. de Engenharia de Alimentos, FZEA,USP, Pirassununga-SP.

<sup>5</sup> Engo. Químico, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia de Alimentos, FZEA,USP, Pirassununga-SP.

Apresentado no  
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015  
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

**RESUMO:** A agroindústria é grande geradora de efluentes orgânicos, com potencial para utilização na irrigação de cultivos, fornecendo umidade aos solos e parcial economia de fertilizantes às plantas. Com o objetivo de avaliar o balanço nutricional de plantas irrigadas com águas residuárias foi conduzido experimento, em ambiente protegido, no município de Pirassununga/SP. Foi utilizado efluentes tratados de laticínio por dois processos biológicos, aplicados por gotejamento na beterraba de mesa, sob três lâminas de irrigação, em comparação a água de torneira, no período de 30/04/2014 a 22/07/2014. Foi aplicado 50% da adubação nitrogenada mineral recomendada para a cultura nos tratamentos, com exceção da testemunha. Avaliou-se o estado nutricional das folhas e raízes da beterraba. Os resultados mostraram influência das fontes de águas no estado nutricional da beterraba. Os valores de macro e micronutrientes nas folhas foram adequados à nutrição das plantas, com exceção do Zn, em todos os tratamentos. Os teores de sódio foram superiores na irrigação com águas residuárias, e a absorção para alguns nutrientes foi reduzida nos tratamentos com efluente.

**PALAVRAS-CHAVE:** reuso agrícola, gotejamento, nutrientes.

## NUTRITIONAL STATUS OF IRRIGATED TABLE BEET WITH TREATED DAIRY EFFLUENT

**ABSTRACT:** The agro industrial sector is generator of large amounts of organic effluents, which has a huge potential for crop irrigation. Such practice provides moisture to the soil, partially supplying the plant's needs for fertilizers. Aiming the evaluation of the nutritional balance of table beets irrigated with agro industrial effluents, this experiment was conducted, in protected environment, in Pirassununga City. Two kinds of biologically treated effluents were applied by drip, under three depths, in comparison to the application of tap water, from 04/30/2014 to 07/22/2014. Fifty percent of the recommended nitrogen fertilization was applied in all treatments with exception made for the control. The nutritional state of the leaves and roots of the table beets was evaluated. The results showed the effect of the water sources in the nutritional balance of the table beet. The concentrations of macro and micro nutrients in the leaves were suitable to the nutrition of the plants, exception made for Zn. The

sodium levels were higher in the treatments in which effluent was applied, and in addition, some nutrients absorption were reduced in such conditions.

**KEYWORDS:** agricultural reuse, drip sytem, nutrients.

## INTRODUÇÃO

O Brasil embora possua apenas 1% de toda a área irrigada no mundo, classificado na 16º posição, com cerca de 4,6 milhões de hectares irrigados, tem na irrigação uma demanda de consumo em torno de 69% (ANA, 2009). A competição crescente por água de boa qualidade dentre os diferentes usos (doméstico, industrial, agricultura, etc) juntamente com o aumento populacional, gerando águas residuárias, tem se tornado um grave problema ambiental nos grandes centros urbanos e na zona rural.

As águas residuárias tratadas de origem orgânica aplicadas aos cultivos agrícolas têm mostrado grande potencial de aplicação, principalmente como forma complementar aos sistemas biológicos de tratamento de efluentes, preservando os corpos d' água e fornecendo umidade aos solos, com parcial economia em fertilizantes.

Caso a considerar é a situação dos laticínios de pequeno e médio porte, com dificuldades financeiras para manter pessoal especializado, impossibilitados de implantar inovações tecnológicas que permitam a deposição ambientalmente correta das suas águas residuárias (SALÉH et al., 2009), entretanto com a vantagem na maioria das vezes, por estarem localizados na zona rural, propiciando a logística para a prática do reuso.

No Brasil, através da Resolução CNRH nº 54/05, o reuso agrícola tornou-se uma das modalidades de reuso direto, não potável de água, e com isso, prática integrante dos mecanismos de gestão dos recursos hídricos.

Estudos têm revelado significativos benefícios na produtividade das culturas irrigadas com efluentes tratados de origem orgânica (FONSECA et al., 2007; LEAL et al., 2009) e redução de até 50% na dose de fertilizante nitrogenado (GOMES, et. al., 2009).

Vários aspectos têm sido amplamente avaliados e discutidos quanto às implicações da prática da irrigação com águas residuárias: (i) ordem sanitária, relaciona-se às diretrizes microbiológicas recomendadas para uso de efluentes orgânicos na agricultura (WHO, 2006,); (ii) ordem ambiental, possível acumulação de metais pesados e elementos tóxicos nos solos e plantas, à contaminação das águas subterrâneas por estas substâncias e pelo nitrato (YADAV et al., 2002, LEAL et al., 2009); (iii) aumento da salinidade e sodicidade dos solos (TORCHOUNA et al., 2010, ASSOULINE & NARKIS, 2011), mudanças em suas propriedades físicas (GLOAGUEN, 2005); (iv) aporte desbalanceado de nutrientes às plantas (BLUM 2011, PEREIRA et al., 2011).

A seleção da cultura a receber a irrigação com efluentes tem sido uma importante questão no tocante a sustentabilidade do sistema solo-planta, principalmente pela necessidade de tolerância a presença dos sais e quanto ao comportamento em situações de desbalanço nutricional. A beterraba de mesa é uma cultura considerada moderadamente tolerante a salinidade, permitindo que sua produtividade seja mantida em condições de condutividade elétrica próxima a  $2,7 \text{ dS m}^{-1}$  (AYRES & WESTCOT, 1999).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o estado nutricional da beterraba de mesa irrigada com diferentes fontes de água (efluentes tratados de laticínio) e lâminas de irrigação, três porcentagens da evapotranspiração da cultura-ETc (50%, 100% e 150%), nas estações outono-inverno.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (210 m<sup>2</sup>), do tipo arco, sem controle ambiental, na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, localizado no município de Pirassununga/SP, Brasil, latitude 21°59'S, longitude 47°26'W e altitude de 634 m. O clima é subtropical, tipo Cwa, com inverno seco, e verão quente e chuvoso, de acordo com a classificação de Köppen (OLIVEIRA & PRADO, 1984).

O delineamento empregado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 3 + 1, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de três fontes de água: (1) efluente anaeróbio- EAN, tratado por um reator anaeróbio sequencial em batelada, com biofilme; (2) efluente aeróbio - EA, reator combinado anaeróbio / aeróbio de leito fixo e (3) a água da torneira - AT, tratado por filtração direta seguido por cloração. Três lâminas de irrigação, W1, W2 e W3, reposição de 50%, 100% e 150% da estimativa de evapotranspiração da cultura (ETc). Os tratamentos foram aplicados em combinação com 50% da adubação nitrogenada mineral recomendada para a beterraba de mesa, além da testemunha- beterraba com 100% da necessidade de adubação nitrogenada mineral e 100% da ETc - W2.

As mudas de beterraba, híbrido 'Cabernet' foram transplantadas em 30/04/2014, dispostas em caixas de fibra de vidro com uma área de base de 1 m<sup>2</sup> e profundidade livre de 40 cm, totalizando 40 parcelas experimentais. Cada parcela recebeu 24 mudas de beterraba, em quatro fileiras espaçadas em 20 cm e 15 cm entre plantas. Apenas as duas linhas centrais foram consideradas para avaliação.

Quanto às fontes de águas, os efluentes foram filtrados por tecido geotêxtil e desinfetados por lâmpadas ultravioletas. Durante o experimento, os efluentes e amostras AT foram coletadas para análises nos pontos que antecedem o sistema de irrigação, com frequência quinzenal, totalizando seis campanhas. A amostragem e condicionamento foram realizados de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de amostras de água (CETESB / ANA, 2011) e analisados de acordo com APHA / AWWA / WEF (1999) para os parâmetros apresentados na Tabela 1. Antes e após os reatores (EAN e EA) foi determinada a demanda química de oxigênio (DQO). A DQO bruta e filtrada na entrada da estação de tratamento de efluentes (ETE) do laticínio, anterior ao tratamento, foi de 3.587,50±2.337,39 mg L<sup>-1</sup> e 1.890,35±757,68 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, havendo uma redução, após tratamento, de 88,40 % no sistema anaeróbio e 95,10 % no sistema aeróbio.

TABELA 1. Média e desvio padrão dos parâmetros avaliados de efluente anaeróbio (EAN), efluente aeróbio (EA) de laticínio e água da torneira (AT), no período de 30/04/2014 a 22/07/2014. FZEA/USP, Pirassununga-SP, 2014.

Parâmetro	EAN	EA	AT
N-NTK (mg L <sup>-1</sup> )	89,69 ± 35,25	49,89 ± 35,01	19,46 ± 2,47
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	51,24 ± 31,11	22,16 ± 25,73	0,00 ± 0,00
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,71 ± 0,75	15,24 ± 24,34	0,26 ± 0,05
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,05 ± 0,05	0,90 ± 1,24	0,00 ± 0,00
P total (mg L <sup>-1</sup> )	5,70 ± 1,78	4,47 ± 1,87	0,21 ± 0,17
Psolúvel (mg L <sup>-1</sup> )	4,49 ± 1,60	3,65 ± 1,55	0,05 ± 0,03
K <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	59,67 ± 17,56	54,17 ± 26,57	0,23 ± 0,05
Ca <sup>+2</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	54,41 ± 20,26	67,05 ± 17,46	6,85 ± 1,06
Mg <sup>+2</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	86,16 ± 7,22	65,83 ± 16,42	1,83 ± 0,27
Na <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	366,83 ± 111,22	318,83 ± 133,63	1,78 ± 0,65
Cl <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	171,32 ± 60,22	149,22 ± 57,74	2,39 ± 1,98

Fe (mg L <sup>-1</sup> )	0,16 ± 0,02	0,16 ± 0,01	0,15 ± 0,00
Mn (mg L <sup>-1</sup> )	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,01 ± 0,01
RAS (mmol/L) <sup>-1/2</sup>	7,28 ± 2,44	6,66 ± 2,76	0,16 ± 0,05
CE (dS m <sup>-1</sup> )	3,53 ± 1,35	2,43 ± 0,80	0,04 ± 0,02
pH	8,03 ± 0,35	8,28 ± 0,20	6,92 ± 0,18

AT - água de torneira; EA – efluente aeróbio; EAN – efluente anaeróbio; NTK – nitrogênio total Kjeldahl; RAS – razão de adsorção de sódio; CE – condutividade elétrica.

A irrigação foi realizada utilizando um sistema de gotejamento com vazão nominal de 2,4 L h<sup>-1</sup> e pressão nominal de 150 kPa, espaçados em 20 cm, com uma linha de irrigação para cada duas linhas da cultura. O manejo da irrigação foi baseado na reposição da estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc), pela evaporação do tanque classe A reduzido, instalado na parte central da casa de vegetação, com frequência adotada de dois dias. Os coeficientes da cultura (Kc) utilizados foram propostos por Marouelli et al. (2008) para as diferentes fases de desenvolvimento. O coeficiente de correção do tanque reduzido (Kp), proposto para ambiente foi de 1, conforme recomendado pelo Prados (1986), citado por Farias et al. (1994).

As lâminas de irrigação totais aplicadas para os três tipos de água (EAN, EA, AT) foram AT – 112,75; 185,13; 256,00 mm para W1, W2, W3, respectivamente; EAN – 116,75,00; 184,00; 252,75 mm para W1, W2, W3, respectivamente; e EA – 156,50; 199,00; 272,00 mm para W1, W2, W3, respectivamente.

O solo utilizado para preencher as parcelas experimentais, predominante na região, foi classificado como Latossolo Vermelho, de acordo com a Embrapa (1999).

Foram coletadas amostras nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm e encaminhadas para o Laboratório de Ciências Agrárias/Solos da FZEA/USP para análise química de fertilidade, segundo metodologia descrita em RAIJ et al. (2001), com determinação de sódio. Pela análise estatística não foi verificada diferença entre as camadas de solo estudadas (Tabela 2). Os valores de porcentagem de sódio trocável (PST) calculados foram 0,29%, 0,73%, 9,12% e 7,16% para testemunha, AT, EA e EAN, respectivamente.

Tabela 2. Análise química do solo na profundidade de 0-20 cm, para os diferentes tratamentos. FZEA/USP, Pirassununga-SP, 2014

Tratamentos	pH	P	S	K	Ca	Mg	Na	H+Al	
	CaCl <sub>2</sub>	---- mg dm <sup>-3</sup> ----				mmolc dm <sup>-3</sup>			
Testemunha	5,87 c	11,25 b	74,00 a	1,12 a	12,75 b	5,50 c	0,09 b	12,46 a	
AT	6,02 bc	15,83 b	89,33 a	1,30 ab	15,75 b	6,33 b	0,25 b	12,28 a	
EA	6,28 ab	31,58 a	108,17 a	2,55 b	32,50 b	8,50 a	5,70 a	10,22 b	
EAN	6,52 a	34,42 a	99,25 a	1,51 ab	40,00 b	8,75 a	5,26 a	9,56 b	
C.V. (%)	3,56	27,09	70,25	60,07	38,02	7,93	97,33	6,34	
Continuação									
Tratamentos	MO	SB	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>	--- mmolc dm <sup>-3</sup> ---		-- % --			mg dm <sup>-3</sup>		
Testemunha	11,45 a	19,5 b	31,75 b	60,82 b	0,17 a	0,57 a	18,75 a	5,65 a	1,42 a
AP	11,16 a	23,6 b	35,92 b	65,33 b	0,24 a	0,63 a	17,67 a	6,13 a	1,02 a
EA	11,47 a	49,2 a	59,58 a	81,77 a	0,23 a	0,63 a	17,67 a	7,52 a	0,42 a

EAN	11,24	a	55,5	a	64,92	a	84,32	a	0,27	a	0,63	a	17,50	a	6,77	a	0,47	a
C.V. (%)	4,85		33,00		26,25		5,97		56,78		24,16		7,54		45,62		109,20	

T=testemunha: reposição de 100% da evapotranspiração da cultura (ETc) com água de torneira e 100% da adubação nitrogenada recomendada para a cultura; AT=água de torneira, 50% da adubação nitrogenada recomendada para a cultura; EA=efluente de laticínio tratado por sistema aeróbio, 50% da adubação nitrogenada recomendada para a cultura; EAN=efluente de laticínio tratado por sistema anaeróbio, 50% da adubação nitrogenada recomendada para a cultura.

A adubação de plantio foi determinada pela análise química das parcelas experimentais, conforme a recomendação para a cultura (RAIJ et al., 1996), os valores aplicados foram diferenciados em função da fonte de água, pois anteriormente o mesmo solo já havia sido cultivado com um ciclo de beterraba com os mesmos tratamentos desse estudo (Tabela 3). A adubação nitrogenada de cobertura foi aplicada na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>, conforme recomendação de Raij et al., 1996, para o tratamento testemunha e 60 kg ha<sup>-1</sup> para AT, EA e EAN, todos na forma de nitrato de amônio (32%), parcelado em três vezes, aos 15, 30 e 44 dias após o transplântio das mudas.

Tabela 3. Quantidade de corretivos e fertilizantes aplicados por fonte de água, em cada parcela experimental. FZEA/USP, Pirassununga-SP, 2014.

Produto	Fonte de água		
	AT	EA	EAN
	-----g m <sup>-2</sup> -----		
Super triplo (46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	200,00	135,00	135,00
KCl (60% K <sub>2</sub> O)	32,00	22,00	22,00
Ácido bórico (17% B)	11,70	11,70	11,70
Calcário PRNT 100%	88,00	88,00	88,00
Substrato comercial	2.000,00	2.000,00	2.000,00

AT=água de torneira, 50% da adubação nitrogenada recomendada para a cultura; EA=efluente de laticínio tratado por sistema aeróbio, 50% da adubação nitrogenada recomendada para a cultura; EAN=efluente de laticínio tratado por sistema anaeróbio, 50% da adubação nitrogenada recomendada para a cultura.

A colheita ocorreu no dia 22/07/2014 (83 dias após o plantio das mudas) e a massa fresca da raiz e folha foram obtidas nas parcelas experimentais. As amostras de folha e raiz foram lavadas com solução de água e ácido clorídrico, numa diluição de 0,1%, visando retirar as impurezas e secas em estufa com circulação forçada até 65 °C. Posteriormente, foram processadas em moinho e encaminhadas para análises de diagnose nutricional, conforme Malavolta et al. (1997), pelo Laboratório de Ciências Agrárias/Solos da FZEA/USP.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Para as situações em que houve diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com nível de significância de 5%. Para as comparações entre a testemunha e os tratamentos, o teste de Dunnett foi aplicado com um nível de significância de 5%. O software utilizado foi SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da massa fresca da raiz e folha da beterraba cultivada, na estação de outono-inverno, são apresentados na Tabela 4. Para os parâmetros avaliados houve interação entre fonte de água e lâmina de irrigação. Os tratamentos com AT foram inferiores à testemunha na raiz e aos tratamentos com efluente na raiz e folha. As lâminas W2 e W3, nos tratamentos com efluente foram superiores W1 e à testemunha. O efluente anaeróbio foi

somente superior ao aeróbio na lâmina com reposição de 150 % da ETc (W3). Muitas pesquisas têm revelado aumento significativo na produtividade das culturas irrigadas com efluentes tratados de origem orgânica, nas condições tropicais (DEON et al, 2010; GOMES et al.; 2015; AZEVEDO & OLIVEIRA, 2005).

Tabela 4. Fontes de águas (efluente tratado de laticínio e água de torneira) e três lâminas de irrigação (50%, 100% e 150%) aplicadas por gotejamento, na massa fresca da raiz e folha da beterraba de mesa. FZEA/USP, Pirassununga-SP, 2014.

Fonte de água	Lâmina de Irrigação		
	W1	W2	W3
<i>Massa fresca da raiz (g m<sup>-2</sup>)</i>			
AT	790,50 Ab#	1.290,00 Ab#	1.507,50 Ac#
EA	2.064,00 Ba	3.397,50 Aa#	3.312,00 Ab#
EAN	2.217,00 Ba	3.934,50 Aa#	4.912,50 Aa#
T	-	1.722,00	-
C.V. (%) = 23,55			
<i>Massa fresca das folhas (g m<sup>-2</sup>)</i>			
AT	327,00 Ab	630,00 Ab	691,50 Ac
EA	1.252,50 Ba#	1.719,00 Aba#	1.999,50 Ab#
EAN	1.266,00 Ca#	2.110,50 Ba#	2.776,50 Aa#
T	-	795,00	-
C.V. (%) = 21,14			

AT - água de torneira; EA – efluente aeróbio; EAN – efluente anaeróbio; T-testemunha; W1- lâmina 50% da evapotranspiração da cultura (ETc); W2 - 100% ETc; W3 - 150% ETc. C.V. coeficiente de variação. Letras maiúscula e minúsculas iguais na linha e coluna, respectivamente, não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05). # difere da testemunha pelo teste de Dunnett (p<0,05).

A seguir são apresentados os valores nutricionais para folha e raiz da beterraba (Tabela 5, 6,7 e 8).

Tabela 5. Lâmina de irrigação e fonte de água, para teores de fósforo na folha de beterraba, ciclo outono-inverno, em comparação com a literatura. FZEA/USP, Pirassununga/SP, 2014.

Fonte de Água	Lâmina de Irrigação			Trani et. al. 1997
	W1	W2	W3	
Fósforo (g kg <sup>-1</sup> )				
AT	3,18 Aa	2,33 Bb#	3,30 Aa	
EA	2,20 Ab#	2,48 Aab#	2,28 Ab#	2-4
EAN	2,43 Aab#	2,68 Aab#	2,43 Ab#	
T		3,28 a		
C.V. (%) = 16,53				

Letras iguais maiúsculas ou minúsculas nas linhas e nas colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p < 0,05). AT= água de torneira; EA= efluente aeróbio; EAN= efluente anaeróbio; W1= 50% da evapotranspiração da cultura (ETc); W2= 100% da ETc; W3= 150% da ETc; C.V.= coeficiente de variação. # difere da testemunha pelo teste de Dunnett (p < 0,05).

Tabela 6. Teores de macro e micronutrientes na folha de beterraba, para as diferentes fontes de águas, ciclo outono-inverno, em comparação com a literatura. FZEA/USP, Pirassununga/SP, 2014.

Fonte de Água	N	K	Na	Ca	Mg	S
	g kg <sup>-1</sup>					
	30-50*	20-40*	-	25-35*	3-8*	2-4*
AT	26,34 b	42,79 a	12,08 b	27,95 a	7,28 a	2,57 a
EA	28,26 ab	38,63 a	37,58 a	24,39 b	4,46 b	1,73 b
EAN	30,53 a	39,85 a	42,00 a	24,46 b	4,28 b	2,04 ab
T	29,98 ab	40,70 a	8,75 b	29,00 a	4,05 b	2,43 a
C.V (%)	9,42	14,75 a	13,04	8,47	26,32	19,05
Continuação...						
Fonte de Água	B	Cu	Fe	Mn	Z	
	mg kg <sup>-1</sup>					
	40-80*	5-15*	70-200*	70-200*	20-100*	
AT	82,45 a	7,96 a	219,43 a	134,06 a	17,03 ab	
EA	86,43 a	7,45 a	209,09 a	78,37 b	12,76 bc	
EAN	86,99 a	7,88 a	176,38 a	67,67 b	11,31 c	
T	86,04 a	7,68 a	185,01 a	141,93 a	19,86 a	
C.V (%)	12,21	11,04	20,33	13,25	22,94	

\*Teores adequados, Trani et. al., 1997. Letras iguais minúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p < 0,05). AT= água de torneira; EA= efluente aeróbio; EAN= efluente anaeróbio; W1= 50% da evapotranspiração da cultura (ETc); W2= 100% da ETc; W3= 150% da ETc; C.V.= coeficiente de variação.

Tabela 7. Lâmina de irrigação e fonte de água, para teores de enxofre na raiz da beterraba, ciclo outono-inverno. FZEA/USP, Pirassununga/SP, 2014.

Fonte de água	Lâmina de irrigação		
	W1	W2	W3
	Enxofre (g kg <sup>-1</sup> )		
AT	1,25 Aa#	1,23Aa#	1,20 Ab#
EA	1,33 Ba#	1,33 Ba#	1,85 Aa#
EAN	1,15 Aba#	1,10 Ba#	1,53 Aab
T		1,45	
C.V. (%)	16,97		

Letras iguais maiúsculas ou minúsculas nas linhas e nas colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p < 0,05). AT= água de torneira; EA= efluente aeróbio; EAN= efluente anaeróbio; W1= 50% da evapotranspiração da cultura (ETc); W2= 100% da ETc; W3= 150% da ETc; C.V.= coeficiente de variação. # difere da testemunha pelo teste de Dunnett (p < 0,05).

Tabela 8. Teores de macro e micronutrientes na raiz da beterraba, para as diferentes fontes de águas, ciclo outono-inverno. FZEA/USP, Pirassununga/SP, 2014.

Fonte de Água	N	P	K	Na	Ca	Mg
	g kg <sup>-1</sup>					
AT	14,90 a	29,78 a	29,78 a	2,50 b	6,68 ab	1,77 a
EA	17,12 a	33,18 a	33,18 a	9,42 a	6,32 ab	2,17 a
EAN	18,21 a	31,47 a	31,47 a	11,25 a	5,77 b	2,14 a
T	17,15 a	30,68 a	30,68 a	0,50 b	7,58 a	1,83 a
C.V (%)	16,71	19,24	11,60	68,04	17,10	22,15
Continuação...						
Fonte de	B	Cu	Fe	Mn	Z	

Água	-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
	AT	39,59 a	8,07 a	18,87 a	40,96 a
EA	42,68 a	7,76 a	28,03 a	33,15 b	16,00 c
EAN	42,99 a	8,17 a	20,20 a	30,26 b	14,07 c
T	46,10 a	7,82 a	28,90 a	44,40 a	27,18 a
C.V (%)	23,41	7,02	65,98	13,46	12,38

Letras iguais nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). AT= água de torneira; EA= efluente aeróbio; EAN= efluente anaeróbio; W1= 50% da evapotranspiração da cultura (ETc); W2= 100% da ETc; W3= 150% da ETc; C.V.= coeficiente de variação.

Na folha da beterraba, de maneira geral os valores encontrados foram próximos pelo sugeridos como adequado pela literatura (Trani et al., 1997), com exceção do micronutriente Zn, inferior em todos os tratamentos, inclusive na testemunha (Tabela 5 e 6).

Houve interação entre os tratamentos (fonte de água e lâminas de irrigação) somente para P na folha e S na raiz (Tabela 5 e 7), no caso do fósforo os tratamentos com efluentes foram inferiores à testemunha. Herpin et al. (2007), após três anos de cultivo de café com água residuária tratada de esgoto doméstico, encontrou redução nos teores de fósforo e nitrogênio a níveis deficientes. Prosseguindo com a análise dos teores dos nutrientes nas folhas (Tabela 6), o nitrogênio, nas fontes com efluente, não apresentou diferença, em relação à testemunha, para EA e EAN, comprovando a hipótese que os efluentes suplementariam 50% da adubação nitrogenada, promovendo economia de fertilizante, situação verificada por Gomes et al., 2009 em cana-de-açúcar e Fonseca et al. (2007) em capim tifton 85, ambos experimentos cultivados com efluente tratado de esgoto doméstico. Ainda na folha os valores de Ca, Mg, Mn e ZN foram inferiores, potássio, boro, cobre e ferro não diferiram estatisticamente entre os tratamentos.

Na raiz os teores de N, P, K, Mg, B, Cu e Fe não mostraram diferença entre os tratamentos. Como na folha, nos tratamentos com efluente, os teores de Ca, Mn e Zn na raiz, foram inferiores (Tabela 8).

Quanto ao sódio na folha e na raiz os teores foram muito superiores nos tratamentos com águas residuárias, em comparação à AT (Tabela 6 e 8), corroborando com os valores de PST determinado no solo antes do plantio (0,29%, 0,73%, 9,12% e 7,16% para testemunha, AT, EA e EAN, respectivamente). O excesso de sódio no solo aportado pelos efluentes de laticínio promove alta concentração desse elemento na solução do solo, o que inibe a absorção passiva de outros cátions, através dos canais protéicos (EPSTEIN & BLOOM, 2005). Dessa forma, a redução nos teores de Ca, Mg, Mn e Zn nas plantas de beterraba irrigadas com águas residuárias de laticínio, pode estar associada ao antagonismo com os teores de sódio na solução do solo.

Os nutrientes extraídos pelas plantas de beterraba, considerando uma produção de 20 t ha<sup>-1</sup> (raízes e folhas), as quantidades ficaram na faixa apresentada por Tivelli et al. (2011) para macro e micronutrientes (N=78 kg/ha; P=18; K=83 kg/ha; Ca=20 kg/ha; Mg=27 kg/ha; B=44; Fe=406; Mn=24; Zn=62), nos tratamentos com efluente, em todas as lâminas estudadas.

## CONCLUSÕES

A irrigação com efluentes tratados de laticínio na cultura da beterraba possibilitou maior produção e teores adequados de nutrientes às plantas. A adubação nitrogenada foi reduzida em 50% nesses tratamentos.

O aumento da lâmina de irrigação foi significativo na produção da beterraba, somente nos tratamentos com efluentes.

A forma de tratamento das águas residuárias não influenciou na resposta dos

parâmetros avaliados (produção e nutrição).

O excesso de sódio nas águas residuárias de laticínio reflete em altas concentrações no solo, podendo provocar redução na absorção de outros cátions.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP, auxílio pesquisa N° 2012/19239-0.

## REFERÊNCIAS

- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. 2009. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA)-AMERICAN WATER WORKSASSOCIATION (AWWA). **Standard methods for the examination for water and wastewater**. 20.ed. Washington, 1999, 1220p.
- ASSOULINE, S.; NARKIS, K. Effects of long-term irrigation with treated wastewater on the hydraulic properties of a clayey soil. **Water Resources Research**, Washington. 47.2011
- AYRES, R.S., WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros, F.A.V. Damasceno, v. 29 revisado 1 (FAO). Tradução de Water quality for agriculture. Campina Grande: UFPB, 1999, 218p.
- AZEVEDO, L.P., OLIVEIRA, E.L. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e na produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**. 25:253-263, 2005.
- BLUM, J. **Aspectos agronômicos e ambientais da irrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto e aplicação de fosfogesso em sistema de produção de cana de açúcar**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, 2011, 108p.
- CETESB/ANA – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental/Agencia Nacional de Águas. **Guia Nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Org. Carlos Jesus Brandão et al. São Paulo: CETESB, Brasília: ANA, 2011, 326 p.
- DEON, M.D., GOMES, T.M., MELFI, A.J., MONTES, C.R., SILVA, E. Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 45:1149-1156, 2010.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional e Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília. 1999, 412 p.
- EPSTEIN, E., BLOOM, A. J. 2005. **Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives**, Massachusetts, Sinauer Associates, Massachusetts, 2005.
- FARIAS, J.R.B., BERGAMASCHI, H., MARTINS, S.R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria. 2:17-22, 1994.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. 35:1039-1042, 2011.
- FONSECA, A.F.; HERPIN, U.; PAULA, A.M. DE; VICTÓRIA, R.; MELFI, A.J. Agricultural use of treated sewage effluents: agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba. 64:194-209, 2007.
- GLOAGUEN, R.A.B.G. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado nas propriedades físico-hídricas de um latossolo**. 120 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

GOMES, T.M.; MELFI, A.J.; MONTES, C.R.; SILVA, E.; SUNDEFELD JUNIOR, G.C.; DEON, M.D.; PIVELI, R.P. Aporte de nutrientes e estado nutricional da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto com e sem desinfecção. **Revista DAE**, São Paulo. 180:17-23, 2009.

GOMES, T.M., ROSSI, F., TOMMASO, G. RIBEIRO, R., MACAN, N.P.F., PEREIRA, R.S. Treated dairy wastewater effect on the yield and quality of drip irrigated table beet. **Applied Engineering in Agriculture**. 31(2): 255-260, 2015.

HERPIN, U., GLOAGUEN, T.V., FONSECA, A.F., MONTES, C.R., MENDONÇA, F.C., PIVELI, R.P., BREULMANN, FORTI, G.M.C., MELFI, A.J. Chemical effects on the soil-plant system in a secondary treated wastewater irrigated coffee plantation - a pilot field study in Brazil, **Agric. Water. Manage.** 89:105-115, 2007.

LEAL, R.M.P., FIRME, L.P., MONTES, C.R., MELFI, A.J., PIEDADE, S.M.S. Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **Scientia Agricola**, Piracicaba. 66:242-249, 2009.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997, 319p.

MAROUELLI, W.A., SILVA, W.L.C., SILVA, H.R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica, 2° ed, 2008, 150p.

OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H. 1984. **Levantamento pedológico do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos**. II Memorial descritivo. Campinas, IAC, 1984, 188 p. (Boletim técnico, 98).

PEREIRA, B.F.F., HE, Z.L., SILVA, M.S., HERPIN, U., NOGUEIRA, S.F., MONTES, C.R., MELFI, A.J. 2011. Reclaimed wastewater: Impacto on soil-plant system under tropical conditions. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam. v: 54-61, 2011.

TARCHOUNA, L.G., MERDY, P., RAYNAUD, M., PFEIFER, H.R., LUCAS, Y. Effects of long-term irrigation with treated wastewater. Part I: Evolution of soil physico-chemical properties. **Applied Geochemistry**, Aberystwyth. 25:1703-1710, 2010.

TIVELLI, S.W., FACTOR, T.L., TERAMOTO, J.R.S., FABRI, E.G., MORAES, A.R.R., TRANI, P.E., MAY, A. **Beterraba: do plantio à comercialização**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2011, 45 p. (Série Tecnológica APTA, Boletim Técnico IAC, 210).

TRANI P.E., CANTARELLA. H., TIVELLI S.W. 2005. Produtividade de beterraba em função de doses de sulfato de amônio em cobertura. **Horticultura Brasileira**. 23: 726-730, 2005.

RAIJ, B. VAN., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. 1996. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996, 285p. (Boletim técnico 100).

RAIJ, B. VAN., ANDRADE, J.C., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A. 2001. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001, 285p.

SALÉH, B.B., CAMPOS, C.M.M., FIGUEIREDO, J.G. Levantamento de parâmetros cinéticos medidos em reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) em escala-piloto tratando efluentes de laticínio. **Acta Scientiarum Technology**. 31:51-56, 2009.

YADAV, R.K., GOYAL, B., SHARMA, R.K., DUBEY, S.K., MINHAS, P.S. Post-irrigation impact of domestic sewage effluent on composition of soils, crops and ground water – a case study. **Environment International**, New York. 28:481-486, 2002.

WHO-World Health Organization. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Genebra, v. 2: Wastewater use in agriculture. 2006, 196 p.