

## Alterações nos atributos químico e físicos de um Latossolo Vermelho irrigado com água residuária e vinhaça

*Changes in chemical and physical attributes of a Dusky Red Latossol irrigated with Waste water and vinasse*

Monica de Albuquerque Bonini <sup>1</sup>; Lucas Massayuki Sato <sup>1</sup>; Reinaldo Gaspar Bastos <sup>2</sup>; Claudinei Fonseca Souza <sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Programa de Pós Graduação em Agricultura e Ambiente (PPGAA), Araras, SP, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Araras, SP

<sup>3</sup> Autor para Correspondência (*Author for correspondence*): cfsouza@cca.ufscar.br

### Resumo

O uso de resíduos orgânicos é uma alternativa sustentável nos sistemas agrícolas, uma vez que podem reduzir custos com fertilizantes, permite que águas potáveis sejam poupadas para outros fins. Entretanto, tal prática deve ser vista de forma criteriosa, uma vez que pode acarretar alterações nas propriedades químicas e físicas dos solos. Objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações nos atributos químicos e físicos de um Latossolo vermelho após a aplicação de água residuária e de vinhaça. O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da UFSCar (as coordenadas geográficas locais são as seguintes: 22°18' de latitude sul e 47°23' de longitude oeste), em Araras - SP, Brasil. Os tratamentos avaliados foram: água destilada (testemunha), águas residuária e vinhaça, estes em colunas de PVC preenchidas com solo. Foram avaliados a condutividade elétrica, teores de Na, Ca e Mg, e as características dos atributos químicos e físicos após a irrigação com os resíduos citados. Não foram verificadas limitações de natureza química, entretanto, do ponto de vista físico, a aplicação de vinhaça levou a uma drástica redução na condutividade hidráulica do solo. Assim, recomenda-se que a utilização de águas residuárias e vinhaça na irrigação sejam realizadas de forma criteriosa, monitorando-se principalmente os teores de sódio e buscando-se alternativas para minimizar as possíveis alterações nas propriedades físicas do solo.

**Palavras-chave:** impacto ambiental, irrigação, reúso de água, resíduos orgânicos.

### Abstract

The use of organic waste is an alternative for sustainable agriculture systems, since it can reduce costs fertilizers, allows drinking water to be saved for other purposes. However, this practice should be viewed carefully, as it may be able to cause changes in the chemical and physical properties of soils. This study aims to evaluate changes in physical and chemical attributes in a Dusky Red Latossol after application of wastewater and vinasse. The experiment was conducted at Center for Agricultural Sciences of the UFSCar (local geographic coordinates are: latitude 22° 18' south and longitude 47° 23' west), in Araras - SP, Brazil. PVC columns were filled with soil and received the application of distilled water, wastewater and vinasse. The treatments were: distilled water (control), wastewater and vinasse waters, and these PVC columns filled with soil. Electrical conductivity levels were evaluated Na, Ca and Mg, and the characteristics of the chemical and physical properties after irrigation with waste cited. No limitations of chemical, however, the physical were verified, the application of vinasse led to a drastic reduction in soil hydraulic conductivity. Thus, it is recommended that the use of wastewater in irrigation water and vinasse are performed carefully, especially by monitoring the levels of sodium and seeking alternatives to minimize possible changes in soil physical properties.

**Keywords:** environmental impact, irrigation, water reuse, organic waste.

## INTRODUÇÃO

A atividade agrícola demanda de uma quantidade de água em grande escala. Assim, a falta de manejo e gestão dos recursos hídricos pode causar grandes problemas relacionados à produção de alimentos, degradação dos recursos naturais renováveis, e conseqüentemente os eixos socioeconômicos (Hespanhol, 2003). Adicionalmente, poupam-se fontes de água

com melhores características de qualidade para o abastecimento público e outros fins mais exigentes, contribuindo para conservação dos recursos hídricos, controle da poluição, possíveis impactos ambientais, reciclagem de efluentes, aumento da produção agrícola e economia de fertilizantes (Nascimento et al., 2006; Costa, 2007).



Em virtude da desenfreada degradação dos recursos hídricos, seja por quantidade ou qualidade das águas, buscaram-se alternativas de utilização de resíduos líquidos utilizados na forma de fertirrigação visando alcançar os pilares do desenvolvimento sustentável. Entre os diversos resíduos oriundos das atividades agroindustriais, a água residuária e a vinhaça são de alta disponibilidade na região.

A utilização de águas residuárias urbanas como fonte de nutrientes é uma das grandes vantagens associadas à fertilidade do solo, e consequentemente reuso na agricultura. Fonseca (2001); Souza et al. (2005); Medeiros et al. (2008) relatam melhorias nas condições químicas do solo, tais como diminuição dos teores de Al trocável e saturação de alumínio, elevação dos teores de N, P, K<sup>+</sup>, S, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, soma de bases matéria orgânica, CTC, saturação por bases e micronutrientes.

A presença de nutrientes em águas residuárias é um fator de alta relevância na sua utilização em agroecossistemas. Porém presença de substâncias tais como sais e sólidos dissolvidos, agentes tóxicos, microrganismos, substâncias inorgânicas nestas, podem ser considerados pontos críticos na análise da sustentabilidade e eficiência da mesma na agricultura, em virtude do comprometimento da saúde pública, e o acúmulo de nitratos, compostos tóxicos e contaminantes químicos no solo, os quais podem acarretar salinização e contaminação do solo e lençol freático (Fonseca, 2001; Costa, 2007). O aumento da salinidade do solo pode ser considerado o risco potencial de maior importância quando se utilizam águas residuárias, já que, em longo prazo, acarretando uma série de efeitos fisiológicos nas plantas cultivadas, e consequentemente redução da produtividade.

A vinhaça é um resíduo líquido proveniente da destilação da solução obtida do processo de fermentação sendo este dentre os diversos resíduos gerados pela indústria sucroalcooleira,

A vinhaça é um resíduo líquido proveniente da destilação da solução obtida do processo de fermentação sendo este dentre os diversos resíduos gerados pela indústria sucroalcooleira, o maior problema ambiental, já que é produzida na proporção de cerca de 10 litros para cada litro de álcool produzido pelos processos convencionais de fermentação etanólica utilizados no Brasil. De maneira geral, a vinhaça apresenta elevados teores de matéria orgânica e de potássio, seguindo-se do cálcio e sulfatos, com teores razoáveis e, baixo teores de N, P e Mg (Freire & Cortez, 2000; Cazetta & Celligoi, 2005), sendo uma alternativa para a fertilização de solos agricultáveis.

No Brasil a aplicação de vinhaça nos canaviais, como fertirrigação, é uma prática antiga e muito difundida, proporcionando melhorias nas qualidades físicas, químicas e biológicas do solo, e ainda aumento da produtividade da cultura da cana-de-açúcar (Pinto, 1999; Freire & Cortez, 2000; Paulino et al., 2002; Silva et al., 2007).

Apesar de seu efeito benéfico, é necessário que se tenha prévio conhecimento da dose adequada de vinhaça a ser aplicada no solo, já que o excesso pode acarretar uma série de alterações nos atributos do solo e queda na produtividade da cultura (Pinto, 1999; Paulino et al., 2002; Lyra et al., 2003).

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações nos atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho argiloso após a aplicação de água residuária e de vinhaça.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Esta pesquisa foi conduzida na área experimental do Centro de Ciências Agrárias - CCA, da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, localizado no município de Araras - SP. As coordenadas geográficas locais são as seguintes: 22°18' de latitude sul e 47°23' de longitude oeste. A altitude média da área é de aproximadamente

700 m.

O clima da região, segundo o sistema de Köppen, é do tipo Cwa, mesotérmico, com verões quentes e úmidos, e invernos secos. As normais climatológicas anuais são as seguintes: precipitação pluvial: 1.414 mm; temperatura: 21,1°C; evaporação de tanque Classe A: 1.443 mm, velocidade do vento: 1,44 m s<sup>-1</sup>; umidade relativa do ar: 69% e insolação: 2.573 horas.

O solo predominante na área experimental é classificado como sendo Latossolo Vermelho, distrófico, A moderado, de textura argilosa, segundo classificação Brasileira de Solos (EMBRAPA, 1997). As características físico-químicas deste solo foram determinadas pelo Laboratório de Física e Química de Solo do Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental do CCA-UFSCar. Os atributos físicos e químicos do solo estão apresentados na Tabela 1.

O solo foi acondicionado em um módulo hidráulico, do tipo coluna de solo com as dimensões de 80 cm de altura e 10 cm de diâmetro, construído com canos de PVC e tendo na parte inferior um dreno para permitir a saída e movimento de água. A coluna de solo foi preenchida com o auxílio de um cano de PVC de menor diâmetro (2,54 cm) acoplado a um funil, de modo a distribuir o solo de maneira uniforme dentro da coluna e reproduzir, o mais próximo possível, a densidade existente no campo (1,40 g cm<sup>-3</sup>). A distribuição dos efluentes nas colunas de solo foi feita através de um frasco de Mariotte, viabilizando uma carga hidráulica pré-definida.

O estudo constituiu-se de três tratamentos em colunas de solo, estes sendo: 1) água destilada (testemunha), 2) água residuária e 3) vinhaça. Previamente, todas as colunas foram saturadas com água destilada e, no interior de cada uma delas foi instalada uma sonda contínua de TDR, visando o monitoramento da condutividade elétrica (CE) do solo durante a aplicação dos efluentes.

**Tabela 1.** Características físicas e químicas do solo utilizado no preenchimento das colunas.

**Table 1.** Physical and chemical properties of the soil used to fill in the columns.

Física		CC	PMP	Ds	Dp	Areia	Silte	Argila		
Profundidade		(cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )		(g cm <sup>-3</sup> )		(%)				
0 – 20 cm		0,33	0,17	1,40	2,58	15	14	71		
Química		pH	P	MO	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
Profundidade		CaCl <sub>2</sub>	Mg dm <sup>-3</sup>	(%)	Mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					(%)
0 – 20 cm		5,7	6	2,5	1,1	41	16	58,1	89,1	65

CC (Capacidade de Campo). PMP (Ponto de Murchamento Permanente). Ds (densidade do solo). Dp (densidade da partícula). P (fósforo). MO (Matéria Orgânica). K (Potássio). Ca (Cálcio). Mg (Magnésio). SB (Soma de Bases). CTC (Capacidade de Troca Catiônica). V (Saturação por Bases).

CC (field capacity). PMP (permanent wilting point). Ds (bulk density). Dp (particle density). P (phosphorus). OM (Organic Matter). K (Potassium). Ca (Calcium). Mg (Magnesium). SB (sum of bases). CEC (Cation Exchange Capacity). V (base saturation).

A sonda, composta por três hastas de aço conectadas a um cabo coaxial, foi acoplada a um reflectômetro TDR100 (Campbell Scientific, Logan-Utah) equipado com uma interface RS232, que analisa o sinal eletromagnético automaticamente, através de um coletor de dados (CR1000-Dataloger-Campbell Scientific).

A água residuária utilizada foi proveniente de uma estação de tratamento de efluentes da Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, SP (Coordenadas geográficas: 22° 49' de latitude sul e 47° 03' de longitude oeste). A vinhaça foi obtida diretamente de colunas de destilação a aproximadamente 95°C, junto a uma Usina de Açúcar e Alcool da região de Araras-SP.



Os efluentes foram aplicados à temperatura ambiente, sem qualquer tipo de tratamento prévio.

A quantidade de líquido aplicada nas colunas foi determinada com base na necessidade hídrica da cultura da alface cv. Elisa (*Lactuca sativa*), ou seja, 150 mm (Santos & Pereira, 2004), sendo aplicados 3,6 L de cada efluente, parcelados em três aplicações de 1,2 L. Ao término de cada aplicação do líquido, realizou-se a leitura da condutividade elétrica do solo através da sonda TDR e coletaram-se amostras de efluente lixiviado para determinação do pH (método eletrométrico), teores de sódio, cálcio, magnésio e razão de adsorção de sódio (RAS, Equação 1).

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca + Mg)}{2}}} \quad \text{Eq. 1}$$

Em que a RAS é expressa em  $(mmol L^{-1})^{0,5}$  e as concentrações de Na, Ca e Mg em  $mmolc L^{-1}$  (Blum, 2003).

Ao final da aplicação dos 3,53 L de efluente, amostras de solo foram retiradas para realização da análise química. Essas amostras foram encaminhadas imediatamente ao Laboratório de Poluição do Solo, para análise dos parâmetros, tais como: pH, condutividade elétrica (CE), teores de potássio, sódio (fotômetro de chama), cálcio, magnésio (espectrofotômetro de absorção atômica), e Porcentagem de sódio trocável (PST), conforme sugerido por Blum (2003) e metodologia de acordo com APHA (2000).

A determinação da PST do solo é estimada pela Equação 2 (Almeida, 2010):

$$PST = \frac{Na}{CTC} \times 100 \quad \text{Eq. 2}$$

Sendo:

PST - Porcentagem de Sódio Trocável (%);

Na - Teor de sódio trocável ( $mmolc dm^{-3}$ );

CTC - Capacidade de Troca Catiônica ( $mmolc dm^{-3}$ ).

Os resultados foram analisados comparando as médias provenientes do monitoramento obtidos neste trabalho, sendo que para cada tratamento foi realizado 3 repetições. Foram também levado em consideração os parâmetros recomendados para aplicação de água residuária e de vinhaça na agricultura constantes na literatura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para determinar a qualidade dos efluentes utilizados no experimento, comparou-se as características iniciais (Tabela 2) com as recomendações visando o risco de salinidade no solo (Ayers & Westcot, 1999).

Os dados apresentado na Tabela 1 mostram que, considerando o potencial de toxicidade do sódio, determinado pela razão de adsorção de sódio (RAS) da água de irrigação, nenhum dos efluentes utilizados apresentaria restrição ao uso ( $RAS < 3 meq L^{-1}$ ), e apenas a água residuária poderia ser utilizada na irrigação no que se refere ao pH, ou seja, não sendo recomendada a utilização da vinhaça, cujo pH foi inferior ao considerado normal seguindo as diretrizes propostas por Ayers & Westcot (1999).

**Tabela 2.** Análise química da água drenada das colunas de solo nos diferentes tratamentos.

**Table 2.** Chemical analysis of water drained from the soil columns in the different treatments.

Parâmetro	Água destilada	Água residuária	Vinhaça
CE ( $dS m^{-1}$ )	0,26	1,14	9,2
RAS ( $meq L^{-1}$ )	1,51	1,83	1,75
pH	6,98	7,91	4,06

Segundo as mesmas diretrizes, e considerando o potencial de salinidade, com base na condutividade elétrica da água de irrigação, a água residuária apresenta grau de restrição de leve a moderado (CE entre 0,7 e 3,0  $dS m^{-1}$ ), enquanto a vinhaça apresenta grau de restrição severo ( $CE > 3,0 dS m^{-1}$ ). Madejón et al. (2001), trabalhando com uma mistura de vinhaça de beterraba e outros compostos na fertilização do solo, observaram aumento da salinidade.

Com relação ao pH da água de irrigação, a faixa considerada normal situa-se entre 6,5 e 8,4. Adotando-se este critério, apenas a água residuária poderia ser utilizada na irrigação, não sendo recomendada a utilização da vinhaça, cujo pH foi inferior ao considerado normal. Entretanto, conforme relatam Glória & Orlando Filho (1983), uma vez adicionada ao solo, a vinhaça contribui para o aumento do pH. Nos primeiros dez dias após a aplicação, o pH do solo tende a diminuir para, em seguida, elevar-se bruscamente e, dependendo do volume de vinhaça adicionado, atingir valores de pH superiores a 7,0 (Matiazzo & Glória, 1980).

A salinização é o processo de aumento da concentração de sais no solo e traz prejuízos ao desenvolvimento e produção de hortaliças e outras culturas. Uma das maneiras de indicar a salinidade da solução do solo consiste na determinação da condutividade elétrica (CE), a qual mede a concentração de íons em uma solução (Trani et al., 2011).

Com base nas recomendações de Ayers & Westcot (1999), para que a água de irrigação não apresente grau de restrição quanto à aplicação no solo, a CE deve ser menor que 0,7 dS m<sup>-1</sup>. A água residuária e vinhaça utilizadas no experimento antes de ser aplicada ao solo, respectivamente apresentavam CE de 1,14 dS m<sup>-1</sup> e 9,20 dS m<sup>-1</sup>, não se enquadrando nos limites adequados para irrigação e, também, apresentando restrição de aplicação no solo de ligeira a moderada para água residuária e severa para vinhaça, o que indicaram riscos de promoção de salinidade do solo.

Com relação a CE de uma solução aquosa, ela é função da quantidade de sais solúveis ali presentes, constituindo-se numa medida indireta da sua concentração salina. A principal consequência do aumento da concentração total de sais solúveis de um solo é o aumento do seu potencial osmótico, o qual diminui a disponibilidade de água para as raízes, prejudicando o desenvolvimento da planta

(Bernardo et al., 2006).

Os valores de CE observados (Tabela 2) sugerem que a utilização da água residuária e da vinhaça, principalmente, na irrigação exige cautela, uma vez que existe o perigo de salinização do solo. De fato, a aplicação de vinhaça levou a um aumento significativo da CE do solo, o que foi devido, principalmente, ao incremento nos teores de K e Na do solo propiciados pela aplicação da vinhaça (Tabela 3). Silva et al., (2006), comparando o efeito nas propriedades físico-químicas de um Argissolo Amarelo coeso em diferentes sistemas de uso e manejos do solo em área de cana-de-açúcar, verificaram que no sistema com aplicação de vinhaça, os valores de condutividade elétrica foram significativamente elevados. Contudo, o valor obtido após a aplicação da vinhaça na coluna de solo (CE = 3,68 dS m<sup>-1</sup>), ainda está abaixo do limite de 4 dS m<sup>-1</sup>, que caracteriza um solo como salino (EMBRAPA, 1997).

**Tabela 3.** Análise química e física para fins de qualidade do solo após aplicação de lâmina de irrigação.

**Table 3.** Chemical and physical analysis for quality purposes in soil after application of irrigation depth.

Parâmetros	Inicial	Após água destilada	Após água residuária	Após vinhaça
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,05	0,26	0,56	3,68
K sat (mm h <sup>-1</sup> )	19	18,5	16	1,5
PST (%)	0,29	0,78	1,96	1
Na (ppm)	6,0	14,0	40,0	32,0
Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	28	20	37	29
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,9	6,5	0,8	33
CTC (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	87,9	78,5	88,8	139,0

A água residuária e a vinhaça, quanto à água destilada propiciaram elevação nos teores de sódio no solo. No caso da água residuária não foram verificadas limitações físico-químicas, uma vez que, concomitantemente à elevação do sódio, houve elevação do teor de cálcio do solo. Como ambos são cátions, sódio e cálcio competem por uma vaga no complexo de troca do solo, anulando assim os efeitos adversos da presença do sódio (Urbano, 2013). O íon sódio é reconhecido pelo seu potencial dispersante, o qual dificulta a agregação das partículas do solo, afetando o seu grau de estruturação (Bernardo et al. (2006).

De acordo com Medeiros et al. (2005), avaliando as alterações químicas do solo em resposta a aplicação de uma água residuária filtrada de origem doméstica, averiguaram que propiciou melhorias na fertilidade do solo em relação em sistemas de manejo convencional, aumento o pH, as concentrações de P e S disponível,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  trocáveis, matéria orgânica e N total, acarretando redução da acidez trocável e potencial e da argila dispersa na água.

A PST indica a saturação do complexo de troca do solo pelo íon sódio, sendo obtida pela relação entre o teor de sódio trocável e a capacidade de troca catiônica efetiva (CTCe) do solo (Meurer, 2010). Altas concentrações de sódio em solos argilosos, não acompanhada de concentrações comparativamente elevadas de cálcio e magnésio, podem levar à consequente impermeabilização do solo. É preciso que as concentrações desses elementos no solo apresentem-se em proporções equilibradas, fixadas com base na relação de adsorção de sódio (Paganini, 2003).

Com relação à vinhaça, também não foram verificadas limitações de natureza química, uma vez que, paralelamente ao incremento do sódio, houve aumento significativo da CTC do solo, refletindo num baixo valor de PST (Tabela 3). O efeito benéfico da vinhaça na CTC do solo tem sido justificado pelo alto teor de matéria orgânica presente no efluente, que favorece a agregação do solo e, conseqüentemente, altera os atributos físico-químicos do solo (Zolin et al., 2011).

Em experimento desenvolvido em coluna de solo, Varallo et al. (2010), obtiveram valores de PST inferiores ao deste estudo. Após receber água destilada, o solo apresentou PST de 0,5%, enquanto nesse estudo o valor obtido foi de 0,78%. Após aplicar a água de reúso, os autores observaram 2% de PST contra 1,96% obtidos. Apesar de ambos os estudos utilizarem água residuária com origem predominantemente doméstica, as características químicas da água

não são similares. A composição do efluente muda diariamente, bem como o solo utilizado, justificando as diferenças observadas.

A CE da água residuária utilizada ( $1,14 \text{ dS m}^{-1}$ ) e vinhaça ( $9,2 \text{ dS m}^{-1}$ ), não apresentou risco de salinização do solo, porém, foi possível observar que, apesar dos resultados não apresentarem saturação do solo pela presença do íon sódio, houve aumento da PST. Essas observações permitem sugerir que a utilização de águas residuárias na irrigação deve ser feita de maneira cuidadosa, monitorando-se principalmente os teores de sódio e buscando-se alternativas para minimizar possíveis impactos nas propriedades físicas do solo.

De acordo com a classificação descrita em Bernardo et al. (2006), a condutividade hidráulica saturada do solo foi moderada tanto para o tratamento com água residuária quanto para o tratamento com água destilada.

Entretanto, do ponto de vista físico, a aplicação de vinhaça levou a uma drástica redução na condutividade hidráulica do solo ( $K_{sat}$ ), sendo classificado como baixa. Uyeda et al. (2013) avaliando a aplicação de diferentes doses de vinhaça em colunas de solo verificou que o aumento das doses de vinhaça levou à diminuição dos valores de condutividade hidráulica em um Latossolo vermelho escuro. Segundo o mesmo autor, o íon potássio, por se tratar de um cátion monovalente, tal como o sódio, tem a capacidade de promover a dispersão das partículas de argila, podendo levar ao “entupimento” dos poros do solo e, conseqüentemente, reduzir sua permeabilidade. Além disso, o valor da condutividade hidráulica de um solo é um fator importante na irrigação, pois é ele que indicará quais os métodos de irrigação possíveis de serem usados (Bernardo et al., 2006).

Nota-se, ainda, redução da condutividade hidráulica saturada ( $K_{sat}$ ) de 92,1% no tratamento com vinhaça, que poderá dificultar o

desenvolvimento de culturas através da absorção dos nutrientes, penetração de raízes, aeração e temperatura do solo, segundo Varallo et al. (2010); entretanto, a redução na condutividade hidráulica do solo no tratamento com água residuária (15,8%) pode ser amenizada com a utilização de um filtro lento, antes da aplicação, retendo parte dos sólidos suspensos encontrados na água.

## CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado este trabalho pode-se concluir que a aplicação de água residuária e a de vinhaça não provocaram limitações de natureza química no solo, contudo a aplicação de vinhaça reduziu drasticamente a condutividade hidráulica do solo. Embora viável, recomenda-se que a utilização de águas residuárias e vinhaça na irrigação sejam realizadas de forma criteriosa, monitorando-se principalmente os teores de sódio e buscando-se alternativas para minimizar as possíveis alterações nas propriedades físicas do solo.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O.A. 2010. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. Disponível em: <[http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/livro/livro\\_qualidade\\_agua.pdf](http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/livro/livro_qualidade_agua.pdf)>. Acesso em: 27 mar. 2012.
- APHA-AMERICANPUBLICHEALTHASSOCIATION. 2000. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington, DC: APHA.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. 1999. **A qualidade da água na agricultura**. 2 ed. Campina Grande: UFPB. 218 p. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 29, Revisado 1).
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. 2006. **Manual de Irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, 625 p.
- BLUM, J.R.C. 2003. Critérios e padrões de qualidade da água. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F.; PHILIPPI JR, A. (Coords.) **Reúso de Água**. Barueri, SP: Manole. p.125-174.
- CAZETTA, M.L.; CELLIGOI, M.A.P.C. 2005. Aproveitamento do melaço e vinhaça de cana-de-açúcar como substrato para produção de biomassa protéica e lipídica por leveduras e bactéria. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, 26(2):105-112.
- COSTA, R.H.P.G. Reúso. 2007. In: TELLES, D.D.; COSTA, R.H.P.G. (Coords.) **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Editora Blucher. p.93-140.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. **Manual de métodos de análises do solo**. Rio de Janeiro: SNCLS. 212 p.
- FONSECA, A. F. 2001. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado**, 110f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- FREIRE, W.J.; CORTEZ, L.A.B. 2000. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 203p.
- GLÓRIA, N.A.; ORLANDO FILHO, J. 1983. **Aplicação da vinhaça como fertilizante**. Boletim Técnico. PLANALSUCAR. 38p.
- HESPANHOL, I. 2003. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Bahia Análise e Dados**, 13 (n. especial): 411-437.
- LYRA, M.R.C.C.; ROLIM, M.M.; SILVA, J.A.A. 2003. Toposequência de solos fertirrigados com vinhaça: contribuição para a qualidade das águas do lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 7 (3): 525-532.
- MADEJÓN, E.; LÓPEZ, R.; MURILLO, J.M.; CABRERA, F. 2001. Agricultural use of three (sugar-beet) vinasse composts: effect on crops and chemical properties of a Cambisol soil in the Guadalquivir river valley (SW Spain). **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 84 (1): 55–65.
- MATTIAZZO, M.E.; GLÓRIA, N.A. 1980. Fracionamento de formas de fósforo em solos incubados com vinhaça. **Brasil Açucareiro**, 95:24-37.
- MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C.L.; MATOS, A.T.; SOUZA, J.A.A. 2005. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 9 (4): 603-612.

- MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C.L.; SOUZA, J.A. 2008. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 12 (2): 109–115.
- MEURER, E. J. 2010. **Fundamentos de Química do Solo**. 4. ed. Porto Alegre: Evangraf, 266p.
- NASCIMENTO, M.B.H.; LIMA, V.L.A.; BELTRÃO, N.E.M.; SOUZA, A.P.; FIGUEIRÊDO, I.C.M.; LIMA, M.M. 2006. Uso de biossólido e de água residuária no crescimento e desenvolvimento da mamona. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, 10 (1/2): 1001-1007.
- PAGANINI, W.S. 2003. Reúso de água na agricultura. In: **Reúso de Água**. Barueri: Manole. p.338-401.
- PAULINO, A. P.; MEDINA, C.C.; ROBAINA, C.R.P.; LAURANI, R.A. 2002. Produções agrícola e industrial de cana-de-açúcar submetida a doses de vinhaça. **Semina: Ciências Agrárias**, 23 (2): 145-150.
- PAULINO, J.; ZOLIN, C.A.; BERTONHA, A.; FREITAS, P.S.L.; FOLEGATTI, M.V. 2011. Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo. II. Características da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15 (3): 244–249.
- PINTO, C. P. 1999. **Tecnologia da Digestão Anaeróbia da Vinhaça e Desenvolvimento sustentável**, 1999, 157f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SANTOS, C. R.; PEREIRA, G. M. 2004. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões de água no solo, em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, 24 (3): 569-577.
- SILVA, A.J.N.; CABEDA, M.S.V.; CARVALHO, F.G.; LIMA, J.F.W.F. 2006. Alterações físicas e químicas de um Argissolo amarelo sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 10 (1): 76–83.
- SILVA, M.A.S.; GRIEBELER, N.P.; BORGES, L.C. 2007. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 11 (1): 108-114.
- SOUZA, J.A.A.; RAMOS, M.M.; SOARES, A.A.; NEVES, J.C.L.; MEDEIROS, S.S.; SOUZA, J.A. 2005. Efeitos da fertirrigação com água residuária de origem urbana sobre a produção de cafeeiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 9 (suplemento): 128-132.
- TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; CARRIJO, O. A. 2011. **Fertirrigação em Hortaliças**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), 2 ed, 51 p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 196).
- URBANO, V.R. 2013. **Aplicação de água de reúso tratada no cultivo de alface (*Lactuca sativa L.*)**, 87f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2013.
- UYEDA, C.A.; MIRANDA, J.H.; DUARTE, S.N.; MEDEIROS, P.R.F.; DIAS, C.T.S. 2013. Avaliação dos efeitos da aplicação de vinhaça em características físico-químicas de diferentes solos. **Engenharia Agrícola**, 33: 1-10.
- VARALLO, A. C. T.; CARVALHO, L.; SANTORO, B. L.; SOUZA, C. F. 2010. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-amarelo irrigado com Água de reúso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 14 (4): 372-377.
- ZOLIN, C.A.; PAULINO, J.; BERTONHA, A.; FREITAS, P.S.L.; FOLEGATTI, M.F. 2011. Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo. I. Características do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15 (1): 22–28.

Recebido em 13 de março de 2014. Aprovado em 2 de junho de 2014.