

CONTAMINAÇÃO POR NITRATO E SÓDIO DA ÁGUA PERCOLADA E DA PLANTA DE ALFACE IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA

NITRATE AND SODIUM CONTAMINATION IN PERCOLATED WATER AND LEAF TISSUE IN LETTUCE CROP IRRIGATED WITH DOMESTIC SEWAGE WATER

Ribeiro, A.G.¹.; Galbiatti, J.A.²

¹Centro de Estudos Ambientais, CEA-UNESP – Rio Claro – SP –
galbi@fcav.unesp.br

²Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – Jaboticabal – SP –
galbi@fcav.unesp.br

RESUMO

O trabalho foi desenvolvido no Centro de Estudos Ambientais/UNESP (CEA), em ambiente protegido, com o objetivo de se estudar os efeitos da fertilização orgânica, da fertilização mineral e da irrigação por sulcos, com água tratada e servida, em cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), observando-se a presença de nitrato (NO_3^-) e sódio (Na^+) no tecido foliar e bactérias coliformes totais (CT) e coliformes fecais (CF) na água percolada. As parcelas experimentais distribuídas em um delineamento experimental em blocos casualizados, constituíram-se de 30 caixas de amianto com volume de 500 L e área superficial de 1 m^2 , preenchidas com solo previamente peneirado. Os tratamentos caracterizaram-se pela associação entre fertilizantes e água contaminada e tratada. Três cultivos de alface foram realizados. Coletores de água foram instalados a 15, 30 e 60 cm de profundidade. Duas coletas de água foram realizadas em cada cultivo, 15 dias após o transplante e uma na colheita, para verificar a presença de NO_3^- , Na^+ , CT e CF. Ao término de cada cultivo realizaram-se amostragens de tecido vegetal das folhas para análises químicas. As concentrações

médias de NO_3^- e Na^+ na solução percolada foram indicadoras de que plumas de contaminação avançaram lentamente em profundidade nos solos estudados. As análises de CF da água realizadas a 60 cm de profundidade não apresentaram contaminação. O tratamento fertilizado com cama de frango apresentou os maiores valores de NO_3^- .

PALAVRAS-CHAVE: irrigação, esgoto, matéria orgânica, nitrato, sódio.

ABSTRACT

With the objective of characterizing and simulating the contamination of the percolated water in the soil, were analyzed lettuce crops fertilized with organic and mineral compounds and irrigated along furrows with residual water contaminated by total and fecal coliforms that originated from the dilution of domestic sewers with treated water. The experiment was conducted using thirty 500L amianthus boxes with a surface area of 1 m^2 per box filled with sifted soil with a bottom layer of broken stones, 10cm thick. Three lettuce crops were used. The incorporation of organic and mineral fertilizers occurred during the first and third crops. Four irrigation furrows were used, which resulted in five rows of planted lettuce. Collectors of percolated water were made using $\frac{1}{2}$ inch plastic tubes, sawed length-wise and covered with a sieve, and were installed at depths of 15 and 30 cm. A water collector was placed at 60cm depth of at the bottom of the boxes, and remained closed except for when collecting the two water samples taken during each crop cycle: 15 days after planting the lettuce seedlings and right before harvesting the lettuce. Chemical, physical and bacteriological analyses of the water collected at depth were carried out. The average concentration of nitrate and sodium in the three crops is indicative that feathers of contamination move slowly at depth in agricultural soils and in areas of organic and inorganic residue deposition. The microbial analyses of the water collected from the lower layer at a depth of 60 cm did not show contamination from fecal coliforms.

KEYWORDS: irrigation, domestic sewers, organic matter, nitrate, sodium

INTRODUÇÃO

O aumento populacional verificado neste século originou distúrbios ambientais sem precedentes nos países subdesenvolvidos e, mais marcadamente naqueles em desenvolvimento, onde os recursos naturais são abundantes. A

apropriação indevida de áreas reconhecidamente degradadas pelo lançamento de efluentes líquidos e resíduos sólidos orgânicos contaminantes, reflete o descaso em se buscar soluções para os problemas ambientais em curso, problemas estes que excluem grande parte da população do convívio direto com a natureza e levam à incapacidade de se analisar como um todo os parâmetros indicadores de qualidade de vida como saneamento básico, habitação, saúde e educação.

A reutilização de águas servidas ou residuárias não é prática comum na Sociedade Brasileira devido à abundância de recursos hídricos aqui existentes, tornando-se fácil, muitas vezes, a solução temporária dos problemas de poluição, pelo lançamento de esgotos domésticos e poluentes industriais em mananciais hídricos. Desta forma, o tratamento de esgotos domésticos e industriais, tem sido postergado, entre outros, pelo alto custo dos empreendimentos e pela relativa facilidade de alternativas existentes para a captação de águas superficiais e subterrâneas.

A aplicação de esgotos e efluentes no solo é vista como uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica, sendo os maiores benefícios desta tecnologia os aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (MADEIRA *et al.* 2002; PAGANINI, 2003).

O uso racional de águas residuárias, considerando uma política definida, é um importante instrumento para evitar a contaminação das águas superficiais, reduzindo significativamente a contaminação ambiental, doenças de veiculação hídrica, que representam 65% das internações no Brasil, como também melhora a qualidade de vida da população (SOUSA *et al.* 1999).

A agricultura é responsável pela maior utilização de água, 69% contra 23% da indústria e 8% do consumo doméstico. Na década de 50 eram utilizados $1.360 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$, atualmente o volume de água utilizado é maior que $4.130 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$ e, é devido a este aumento de consumo crescente verificado no setor industrial e doméstico que os problemas de contaminação das águas superficiais e subterrâneas se agravam (ABES, 1992).

O cultivo de plantas utilizando fertilizantes orgânicos tem contribuído com aumento da deposição de resíduos no solo, melhorando suas propriedades físicas e químicas, importantes para o desenvolvimento biológico. No entanto, deve-se atentar para o fato de que estes fertilizantes podem conter CT e CF, e ainda, nitrogênio (N) que poderá ser transformado em NO_3^- , contaminante de águas subterrâneas e de superfície.

Vários são os problemas decorrentes da disposição direta de esterco animal no solo, destacando-se: contaminação e aumentos na concentração de N, P e Na na solução do solo (SARTAJ *et al.*, 1997); além da lixiviação dos mesmos para o lençol freático (GHANG & JANZEN, 1996).

Desse modo, os resíduos poluem o meio através da lixiviação e percolação de sais minerais e nutrientes responsáveis pela eutrofização dos corpos d'água, além da alteração do pH e da microbiota do solo (PEREIRA NETO, 1992).

No Brasil, várias áreas já apresentam sinais bem evidentes de contaminação das águas por resíduos orgânicos. Adicionalmente, em alguns países o uso da irrigação está contribuindo fortemente com o esgotamento dos mananciais subterrâneos e de superfície, sendo agravado com o decaimento da qualidade da água, em função das atividades agrícolas, pecuárias e pelas descargas de dejetos urbanos.

Na agricultura o problema passa a ser mais expressivo quando se pratica irrigação com água contaminada, principalmente pelo sistema de aspersão, pois este método coloca a parte aérea da planta em contato direto com os contaminantes.

Em razão destas considerações, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de se verificar os efeitos da fertilização orgânica e da irrigação com água servida, na contaminação por NO_3^- e Na^+ na água percolada no solo, no tecido foliar e a presença de CT e CF na água percolada.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação do tipo arco conjugado, coberto com filme plástico de polietileno. Três cultivos de alface (*Lactuca sativa* L.) foram realizados, o primeiro no período de 21/05/97 a 26/06/97 (37 dias), o segundo de 09/08/97 a 16/09/97 (38 dias), e o terceiro de 27/11/97 a 08/01/98 (43 dias). A variedade de alface utilizada foi a comercialmente cultivada na região, “Verônica”. Utilizaram-se mudas transplantadas com aproximadamente 15 dias da semeadura, homogêneas em altura e diâmetro nos cultivos. Realizou-se o plantio no espaçamento de 25 cm entre linhas, perfazendo-se quatro sulcos de irrigação e 20 cm entre plantas.

A disposição das parcelas foi aleatória em esquema fatorial 5 x 2 x 3 (5 tipos de fertilização, 2 qualidades de água de irrigação e 3 repetições). Utilizaram-se 30 caixas de amianto com volume aproximado de $0,5 \text{ m}^3$ e área superficial de 1 m^2 , assentados sobre base de blocos de cimento. O solo utilizado para o enchimento das caixas foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, suas características físicas e químicas são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

TABELA 1. Características físicas do solo utilizado no experimento.

Areia*	Silte*	Argila*	Classe textural
68%	4%	28%	média - argilosa

*Valores obtidos através do método do densímetro.

TABELA 2. Características químicas do solo utilizado no experimento.

<i>pH</i>	<i>M.O.</i>	<i>P</i>	<i>S-SO₄⁻²</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Al</i>	<i>H + Al</i>	<i>SB</i>	<i>T</i>	<i>v%</i>	<i>m%</i>
4,3	13	1	35,4	0,6	8	2	3	22,5	10,6	33,1	32	22

Laboratório de Análise de Solos - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Piracicaba – S.P.

pH em CaCl₂; M.O. (g dm⁻³); P e S-SO₄⁻² (mg dm⁻³); K, Ca, Mg, Al, H + Al, SB e T (mmol_c dm⁻³)

O preenchimento das caixas com solo foi realizado gradualmente e em camadas, de modo a favorecer sua acomodação e evitar maior sedimentação durante as irrigações iniciais. Colocou-se uma camada de rocha britada com aproximadamente 5 cm de espessura no fundo das mesmas, com o intuito de evitar perda de solo e o entupimento do orifício de saída à profundidade de 60 cm. Todo o solo utilizado foi peneirado retirando-se agregados maiores que 1 cm³.

Os fertilizantes orgânicos utilizados no estudo foram obtidos junto a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, UNESP, (Tabela 3). Os tratamentos utilizados foram os seguintes:

BIO – fertilização com efluente de biodigestor e irrigação com água tratada;

BIOc – fertilização com efluente de biodigestor e irrigação com água residuária;

EB – tratamento fertilizado com esterco bovino e irrigação com água tratada;

EBc – fertilização com esterco bovino e irrigação realizada com água residuária;

CF – fertilização com cama-de-frango e irrigação realizada com água tratada;

CFc – fertilização com cama-de-frango irrigação realizada com água residuária;

AM – fertilização mineral e irrigação realizada com água tratada;

AMc – fertilização mineral e irrigação realizada com água residuária;

SA – tratamento controle, sem adubação e irrigação com água tratada;

SAC – tratamento controle, sem adubação e irrigação com água residuária;

TABELA 3. Dados das características químicas dos fertilizantes orgânicos utilizados, cama-de-frango (CF), esterco bovino (EB) e efluente de biodigestor (BIO).

	N total.	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
	gkg ⁻¹						mgkg ⁻¹							
CF	32,9	9,3	15,1	24,5	3,5	4,1	411	565	255	256	0	0	1	0
EB	13,1	3,9	19,9	11,2	4,9	2,8	102	3740	430	77,5	0	0,5	5,5	0
BIO	20,3	5,6	7,3	22,1	3,7	4,3	67,5	2555	279	235	0,5	28	9	7

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Unesp, Campus de Jaboticabal

Foram construídos coletores da água percolada utilizando-se tubos de PVC com 2,5 cm de diâmetro, cortados ao meio formando calhas. O formato em espinha de peixe dado aos coletores propiciou a uniformização da captação de água. Cada coletor foi composto de um eixo principal e 6 braços laterais de captação, três de cada lado, instalados nas profundidades de 15, 30 e 60 cm. Tomou-se o cuidado de promover a não coincidência dos braços laterais dos coletores nas profundidades de coleta.

Irrigou-se a cultura com água captada no Ribeirão Claro, afluente do rio Corumbataí após receber parte dos efluentes de esgoto doméstico da cidade de Rio Claro-SP e com água potável proveniente da estação de tratamento do Departamento de Águas e Esgotos (DAE) de Rio Claro. As características físicas, químicas e microbiológicas das águas de irrigação utilizadas são apresentadas na Tabela 4.

TABELA 4. Características físicas, químicas, coliformes totais (CT) e coliformes fecais (CF).

<i>parâmetros</i>	<i>água tratada</i>	<i>água residuária</i>
<i>pH</i>	7,02	6,6 – 8,8
<i>Turbidez (UNT)*</i>	2,17	66,9 - 89
<i>Condutividade(μS cm⁻¹)</i>	123	96 - 350
<i>Salinidade (‰)</i>	0,1	0,2 – 0,4
<i>Sólidos.Totais Dissolvidos</i>	58	45 - 166

<i>(mg L⁻¹)</i>		
<i>Nitrato (mgL⁻¹)</i>	<i>0,05 – 0,09</i>	<i>0,3 – 3,50</i>
<i>Amônia (mgL⁻¹)</i>	<i>0,04 – 0,11</i>	<i>0,13 – 3,55</i>
<i>Sódio (mgL⁻¹)</i>	<i>1 – 16</i>	<i>27</i>
<i>CT/100⁻¹ ml (NMP)*</i>		<i>> 2.419,2 100⁻¹ m</i>
<i>CF/100⁻¹ ml (NMP)*</i>		<i>2.419,2 100⁻¹</i>

Laboratório de Análises - Centro de Estudos Ambientais da UNESP, Campus de Rio Claro

* NMP = números mais prováveis de CT e CF; UNT= unidades nefelométricas de turbidez

A incorporação dos fertilizantes orgânicos foi realizada segundo as recomendações técnicas de adubação e calagem para o Estado de São Paulo e com base em resultados de análises químicas de solo realizadas (LOPES & GUIDOLIN, 1989; RAIJ *et al.*, 1996). Para os tratamentos com fertilização orgânica, foram aplicados 8 kg m⁻² de EB, 2 kgm⁻² de CF e 32 L m⁻² de BIO, correspondendo respectivamente a 80 t ha⁻¹ de EB, 20 t ha⁻¹ de CF e 320 m³ha⁻¹ de BIO. Nos tratamentos com fertilização mineral utilizaram-se no 1^o cultivo, de acordo com as análises químicas do solo e exigências da cultura, 250 g m⁻² de superfosfato simples, 30 g m⁻² de cloreto de potássio e 10 g m⁻² de nitrato de amônio. Como corretivo da acidez do solo, 300 g m⁻² de calcário dolomítico em todas as parcelas. Todos os fertilizantes orgânicos e inorgânicos foram incorporados à profundidade de 20 cm. As adubações nitrogenadas nos tratamentos com adubação mineral, foram de uma única vez em cada cultivo, sendo utilizado no 1^o cultivo nitrato de amônio, no 2^o cultivo sulfato de amônio e no 3^o cultivo uréia.

A irrigação foi baseada na Evapotranspiração (ET) média de 5 mm diários corrigidos pelos (coeficientes de cultura) Kc da alface recomendados por PEREIRA & ALLEM (1997). Realizou-se a irrigação com regadores manuais com um tubo plástico flexível como bico visando promover descargas d'água diretamente no solo e nas extremidades dos sulcos, sem molhar as folhas das plantas.

Coletaram-se para análise de NO₃⁻ 6 plantas por parcela, no final de cada cultivo. A matéria seca foi obtida com a pesagem das folhas após a secagem em estufa de ventilação forçada à 60°C até peso constante. A seguir o material foi triturado em moinho tipo Wiley em peneira de malha 2 mm e do qual quantificou-se o NO₃⁻.

Coletaram-se amostras de água percolada a cada 15 dias em cada cultivo,

das quais após filtração em papel filtro Whatman GF/C de fibra de vidro com retenção de partículas de 1,2 μm quantificaram-se NO_3^- pelo método da redução por cádmio (APHA, 1992) e Na^+ pela metodologia de eletrodo seletivo (ISE, Ion Specific Electrode “Sodium Electrode Model 44520 HACH”) acoplado.

Na água diretamente coletada avaliou-se a presença de coliformes (CT eCF) pelo método “COLILERT” (EATON *et al.*, 1995).

Os dados foram analisados estatisticamente pelo Sistema de Análise Estatística (S.A.S.), utilizado pelo Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computacional do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, UNESP. Efetuou-se ainda a análise de variância do tipo fatorial, aplicando-se o Teste de Tukey para avaliar as diferenças entre as médias encontradas entre cultivos, tratamentos utilizados e profundidades de amostragens.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que houve aumento da concentração de NO_3^- nas folhas de alface (Tabela 5) nos cultivos subsequentes e isto está relacionado com o aumento na disponibilidade de nitrogênio (N). As plantas superiores são capazes de absorver o N de diferentes formas: N_2 (gasoso, como no caso das leguminosas e outras espécies), aminoácidos, uréia e NH_4^+ . Predominantemente a absorção do N nas condições naturais aeróbias e na forma de NO_3^- . Ao absorver NH_4^+ há aumento de acidez devido à saída de H^+ proveniente, por exemplo, da dissociação do H_2CO_3 respiratório. Havendo absorção de NO_3^- diminui a acidez pelo aparecimento de OH^- que pode originar-se da sua redução, (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

CETESB (1978) e CEPIS (1987), observaram que esgotos domésticos contêm diversas e significativas quantidades de compostos carbonatados e nitrogenados e com exceção do N, admitem como irrelevantes as concentrações dos outros possíveis poluentes.

Os resultados encontrados para NO_3^- no tecido foliar da alface indicam que houve relação direta entre a sua absorção, e a disponibilidade no solo (Tabela 4) concordando com trabalhos desenvolvidos por RODRIGUES (1990) e KATAYAMA (1990). No entanto, a produtividade das plantas, pode não estar correlacionada

diretamente com as concentrações de NO_3^- absorvidas como afirmam STOPES *et al.* (1989) que encontraram baixa concentração de NO_3^- nas folhas das plantas com alta produtividade.

Os tratamentos apresentaram maiores valores NO_3^- no 3^o cultivo, talvez, devido a fertilização nitrogenada de cobertura com uréia, que favoreceu a absorção do N.

Sintomas visuais de toxicidade foram observados nos cultivos 2 e 3, nos tratamentos CF e CFc em função dos altos teores de NO_3^- neste fertilizante (Tabela 5). Pelos dados pode se inferir que os sintomas de toxicidade não estão relacionados somente às concentrações de NO_3^- do tecido foliar, mas também à sinergia de outros fatores (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

As concentrações de NO_3^- no tecido foliar apresentadas pelos demais tratamentos com exceção dos SA e SAc no 3^o cultivo (Tabelas 5), embora altos, não exteriorizaram sintomas de toxicidade às plantas de alface, como queimas e murchamento, apresentando apenas forte turgidez e coloração verde intensa.

TABELA 5. Concentrações de nitrato, em mg kg^{-1} , no tecido foliar da alface.

	AM	AMc	BIO	BIOc	CF	CFc	EB	EBc	SA	SAc
Cult 1	3.3	3.8	3.7	4.6	1.8	2.2	2.2	3.6	0.9	0.8
Cult 2	7.5	7.0	5.8	4.6	10.5	10.8	9.9	10.7	1.6	1.6
Cult 3	15.3	16.4	13.3	13.0	12.8	14.5	14.4	13.1	2.7	2.3

Laboratório de Análises da Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz' - ESALQ, Piracicaba – S.P.

A Tabela 6 mostra que as concentrações de NO_3^- na água percolada são dependentes de cultivo, tipo de fertilizante e profundidade do perfil do solo.

As maiores concentrações de NO_3^- foram encontradas na profundidade de 60 cm, evidenciando a ação da lixiviação, ocorrendo acumulação na região não explorada pelas raízes das plantas. A 60 cm os teores foram menores que a 30 cm, talvez, pela distribuição no perfil do solo.

Os valores médios das concentrações de NO_3^- estão na Tabela 6. As concentrações de NO_3^- nos cultivos são dependentes da incorporação de matéria orgânica ou da fertilização mineral anterior ao cultivo, desta forma, os valores são significativamente maiores no 3^o cultivo.

As diferenças existentes entre tratamentos foram significativas, no entanto, ocorreu tendência de elevação nas concentrações de acordo com as concentrações nos fertilizantes (Tabela 3 e 6). As concentrações em profundidade foram diferentes estatisticamente, indicando forte lixiviação de NO_3^- associado à exploração das raízes.

TABELA 6. Concentrações médias de NO_3^- (mg L^{-1}) na água percolada.

<i>nitrito</i>	<i>ciclo/coleta</i>		<i>nitrito</i>	<i>trat.</i>		<i>nitrito</i>	<i>prof.</i>	
							<i>cm</i>	
46,5	3 ^o – 2 ^a col.	A	33,8	CF	A	38,3	30	A
28,9	3 ^o – 1 ^a col.	A B	30,5	CFc	A	25,8	60	B
27,4	1 ^o – 1 ^a col.	B	27,8	BIOc	A	3,1	15	C
12,7	2 ^o – 2 ^a col.	B	24,4	AMc	A B			
11,7	1 ^o – 2 ^a col.	B	23,7	EB	A B			
			23,0	AM	A B			
			22,0	EBc	A B			
			19,9	BIO	A B			
			3,3	SAc	B			
			2,6	SA	B			

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

As concentrações elevadas de NO_3^- no tecido foliar da alface evidenciaram que a absorção pelas raízes foi uma das causas que diminuíram o seu teor na camada inicial do solo.

Os resultados das concentrações de NO_3^- na solução percolada, evidenciam que a lixiviação dos compostos oriundos da mineralização e solubilização de fertilizantes nos solos agrícolas é dependente das suas características químicas e físicas do material aí incorporado, da sua estrutura e granulometria natural e principalmente da condutividade hidráulica e do seu volume de água em percolação no perfil, seja oriundo da irrigação ou de precipitações (ALVES & KLAR, 1997).

Os dados não indicaram diferenças significativas nas concentrações dos

parâmetros avaliados em função da qualidade da água utilizada na irrigação.

O íon NO_3^- é um poluente de grande preocupação. As práticas culturais utilizadas na agricultura excluem medidas de controle que possibilitem preservar as águas em sua qualidade original. Medidas de controle visando o uso racional dos fertilizantes devem ser tomadas para que os valores atuais dos parâmetros qualitativos dos recursos hídricos sejam mantidos (CONAMA, 1986).

Os dados de teor de Na^+ encontram-se na Tabela 7 demonstram sua alta solubilidade e lixiviação no perfil do solo. As variações nas concentrações de Na^+ são dependentes do material incorporado ao solo, e evidenciam a tendência de que, quanto maior o volume de composto incorporado rico neste elemento, maior será a sua concentração na solução em percolação (CHANG & JANZEN, 1996). Os teores de Na^+ dos tratamentos controle, também apresentaram-se elevados em todos os cultivos e amostras de água, com pequeno incremento nas concentrações do tratamento SAc sobre SA. A Tabela 7 indica a forte lixiviação do Na^+ no perfil do solo, observando-se diferenças significativas nos resultados entre tratamentos, entre cultivos e entre profundidades.

TABELA 7. Concentrações médias de Na^+ (mgL^{-1}) na água.

Na^+	<i>cultivo/coleta</i>		Na^+	<i>prof.</i>		Na^+	<i>trat.</i>			
233	1 ^o – 2 ^a col.	A	190	60 cm	A	133	CFc	A		
105	2 ^o – 1 ^a col.	B	27	30 cm	B	115	CF	A B		
104	2 ^o – 2 ^a col.	B	22	15 cm	B	107	AMc	A B C		
59	3 ^o – 1 ^a col.	C				94	AM	B C D		
47	3 ^o – 2 ^a col.	C				83	EB	C D E		
						83	BIO	C D E		
						79	BIOc	D E F		
						76	EBc	D E F		
						62	SAc	E F		
						58	SA	F		

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

A lixiviação do Na^+ pode causar fortes modificações nas águas dos aquíferos, pela dissolução deste íon nos compostos orgânicos e minerais e o arraste pelas águas em percolação no perfil do solo (SILVA, 1983; BARTONE & ARLOSOROFF, 1987; GLOEDEN, 1994).

O íon Na^+ é um bom indicador das modificações antrópicas promovidas em reservatórios de água, devido a sua solubilidade, lixiviação no perfil do solo e acumulação nos aquíferos (GLOEDEN, 1994).

Quanto à presença de CF, verificou-se ausência na água percolada à 60 cm de profundidade, embora a presença de CT tenha sido verificada em todas as amostras de água e em todos os cultivos.

A capacidade de depuração verificada no perfil do solo é dependente de vários fatores. A quantidade de material orgânico incorporado, o período de irrigação com águas residuárias, o tempo de pousio do solo entre cultivos e a lâmina de irrigação adotada.

CONCLUSÕES

O tecido foliar apresentou alta concentração de nitrato e sódio e está relacionada com o tipo de fertilizante e suas concentrações de N;

Verificou-se forte contaminação de nitrato e sódio na água percolada na profundidade de 60cm no solo, porem, não ocorreu contaminação por coliformes fecais;

Os tratamentos fertilizados com cama-de-frango apresentaram os maiores incrementos de nitrato à solução do percolado do solo, seguidos de esterco bovino, efluente de biodigestor e da fertilização mineral.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. *Reuso da água*. São Paulo, 25p.,1992.

ALVES, D. R. B.; KLAR, A. E. Efeito de adubação nitrogenada via fertirrigação e aplicação de forma convencional na produção de alface (*Lactuca sativa* L.) em estufa. *Irriga*, Botucatu-SP, v.2, p.76-89, 1997.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater.16 ed. New York: APHA, p.926-73, 1992.

BARTONE, C. R.; ARLOSOROFF, S. Irrigation reuse of pond effluents in developing countries. In: MARA, D. D., MARECOS DO MONTE, M. H. *Waste stabilization ponds*. s.l.: Pergamon, v.19, p.289-297, 1987.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. *Las águas subterrâneas: un valioso recurso que requiere protección*. Lima, 1987.

- CENTRO TECNOLÓGICO DE SANEAMENTO BÁSICO. *Poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo* : estudo preliminar. São Paulo. 88p.,1978.
- CHANG, C.; JANZEN, H.H. Long-term fate of nitrogen from annual feedlot manure applications. *J. Environ. Qual.*, n.25, p. 785-90, 1996.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução CONAMA 1984 – 1986*. Brasília: SEMA, 96p.,1986.
- EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19 ed.,1995.
- GLOEDEN, E. *Monitoramento da qualidade da água da zonas não saturada e saturada em área de fertirrigação com vinhaça*.151p.,1994. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1990, Jaboticabal. *Anais...* Piracicaba: Potafos, p.141-148, 1993.
- LOPES, A. S.; GUIDOLIN, J. A. *Interpretação de análise de solo: conceitos e aplicações*. São Paulo, 50p.,1989.
- MADEIRA, C.A.; PEÑA, M. R.; MARA, D. D. Microbiological quality of a waste stabilization pond effluent used for restricted irrigation in Valle Del Cauca, Colombia. *Water Sci. Technol.* v.45, n.1, p. 139-143, 2002.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: Potafos,. 319p., 1997.
- PAGANINI, W.S. Reuso de água na agricultura. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H. F. *Reuso de água*. USP, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de informações em Saúde Ambiental. São Paulo: Manole, p.339-402, 2003.
- PEREIRA, L.S.; ALLEN, R.G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. *Eng. Agr.*, Jaboticabal, v.16, n.4, p. 118-143, 1997.
- PEREIRA NETO, J. T. P. Tratamento, reciclagem e impacto ambiental de dejetos agrícolas. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE, Viçosa. *Anais...* p. 61-74, 1992.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, Fundação IAC, 284p.,1996.
- RODRIGUES, E. T. *Efeito das adubações orgânica e mineral sobre o acúmulo de*

- nutrientes e sobre o crescimento da alface (Lactuca sativa L.)*. 60p., 1990. Dissertação (Magister Scientiae em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa.
- SARTAJ, M.; FERNANDES, L.; PATNI, N.K. Performance of forced, passive, and natural aeration methods for composting manure slurries. *Trans. ASAE*, v.40, n.2, p. 457-63, 1997.
- SOUSA, J.T.; ARAUJO, H.C.; CATUNDA, P.F.C. Reuso de esgotos sanitários para a agricultura. Disponível em. <<http://www.iica.org.br/AguaTrab/Jose%20Tavares/P2TB06.htm>> acesso em 18 de fev. de 1999.
- SILVA, A. B. *Evolução química das águas subterrâneas*. 22p., 1983. Exame de qualificação. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- STOPES, C. et al. Effects of composted FYM and compound fertilizers on yield and nitrate accumulation in three summer lettuce cultivars grown in an organic system. *Agric, Ecosyst and Environ*, v.27, n.1-4, p.555-559, 1989.