

Irrigação de Eucalipto com Efluente Sanitário de Lagoa Facultativa: Eficiência do Sistema Solo-Planta no Pós-Tratamento

Irrigation With Eucalyptus Health Effluent Pond Optional: Efficiency of The System Soil-Plant in Post-Treatment

Bruno Coraucci Filho

Graduado em Engenharia Civil pela Unicamp (1975). Mestre em Engenharia Civil, Área de Concentração: Hidráulica e Saneamento (1982) pela Escola de Engenharia de São Carlos (USP) e doutor (1991), em Engenharia Civil, Área de Concentração: Hidráulica e Sanitária na Escola Politécnica da USP em São Paulo. Obteve a Livre Docência em 1998. Atualmente é Professor Titular (2004) e está alocado no Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, onde atua desde 1975.

Ronaldo Stefanutti

Professor adjunto no Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (UFC); professor colaborador na pós graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP. Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), mestrado em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (USP) e doutorado em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (1997 / USP).

Alex Henrique Veronez

Graduado em Engenharia Civil pela Unifran; Especialização em Gestão Ambiental na Agroindústria - Universidade Federal de Lavras (2005) e mestrado na área de Saneamento e Ambiente - UNICAMP (2009). Professor do curso técnico de meio ambiente do Centro Paula Souza. Engenheiro do Depto Desenv. Operacional – RGO da SABESP.

*Endereço: * Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - Universidade Estadual de Campinas. Av. Albert Einstein, 951 - Caixa Postal: 6021 - CEP: 13083-852 - Campinas - SP
e-mail: bruno@fec.unicamp.br*

RESUMO

O trabalho experimental foi desenvolvido na UGRHI 08 (Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Sapucaí/Grande), no município de Franca-SP, e teve a finalidade de avaliar a eficiência do sistema solo-planta no pós-tratamento de efluente, por meio da irrigação de cultura de eucalipto, da espécie *urograndis*, monitorando a qualidade dos lixiviados, nas profundidades de 0,30; 0,60 e 0,90 m, e, o DAP - Diâmetro à Altura do Peito da planta. Foram instaladas parcelas, constituindo 8 tratamentos, com 4 repetições cada. Dos 8 tratamentos, 2 foram irrigados com água, 5 com efluente e 1 não recebeu nenhum tipo de irrigação artificial. Quanto à adubação, 5 tratamentos receberam NPK, B e Zn; sendo 4 deles irrigados com água residuária e 1 com água natural. Os lixiviados coletados na área da pesquisa evidenciaram a presença de nitrato na maioria dos tratamentos irrigados com efluente e uma elevada eficiência na remoção de DBO e DQO. Em relação à planta, o tratamento estatístico mostrou que o desenvolvimento do DAP foi maior nos tratamentos irrigados com efluente quando comparado aos demais tratamentos. Os resultados comprovam que o pós-tratamento de efluente na cultura de eucalipto é efetivo quanto aos aspectos sanitários e agrônomicos.

Palavras chave: efluente sanitário, irrigação, cultura de eucalipto, pós-tratamento

ABSTRACT

The experiment was developed in the city of Franca-SP. It aimed to evaluate

the efficiency of the plant – ground system at the effluent post treatment, through the process of irrigation of the eucalyptus cultivation, monitoring the leachate quality, in the depths of 0,30; 0,60 e 0,90m, and the DAP (Diameter at the High of the Plant Chest). Parcels were installed, forming 8 treatments, with 4 repetitions each one. From the 8 treatments, 2 were irrigated with water, 5 with effluents and 1 didn't receive any kind of artificial irrigation. Referring to the seasoning 5 treatments received NPK, B and Zn; 4 of them were irrigated with wastewater and 1 with natural water. The leachate collected in the research area showed the presence of nitrate in the most of the treatments irrigated with effluent and a high efficiency in the BOD and COD removing. In relation to the plant, the statistic treatment, showed that the DAP development was bigger in the treatments irrigated with effluents than in the other ones. The results so far prove that the post treatment of effluent in the eucalyptus cultivation is effective concerning the sanitary and agronomic aspects.

INTRODUÇÃO

Parte da população mundial deverá enfrentar sérios problemas relacionados à escassez de quantidade e qualidade de água num futuro próximo. Nesse sentido, o tratamento do esgoto e o seu posterior reuso, tornou-se uma alternativa viável para a irrigação, atividade que utiliza em torno de 70 % de toda a água consumida no planeta.

O pós-tratamento por meio do reuso de efluentes sanitários na irrigação de culturas agrícolas deve atender a duas premissas básicas: a sanitária que tem por finalidade a depuração do esgoto sem que ocorra a contaminação do ambiente e a agrônômica que visa ao aproveitamento pela planta da água e dos nutrientes presentes no efluente. Dessa forma, a disposição de efluentes no solo além de ser uma alternativa viável tecnicamente, atuando na remoção da carga poluidora, também se torna interessante economicamente, pois possibilita a redução do uso de fertilizantes.

Neste contexto, o experimento em questão conta com vários outros pesquisadores, contemplando além dos objetivos da presente pesquisa, a avaliação econômica da produtividade da planta, o monitoramento da qualidade da água subterrânea, a avaliação da toxicidade da água percolada, bem como o estudo do impacto ambiental da pesquisa na área experimental. Apresenta-se neste trabalho a avaliação da eficiência do sistema solo-planta no pós-tratamento de efluentes sanitário, por meio da irrigação de cultura de eucalipto, bem como o monitoramento do desenvolvimento da planta por meio da análise do DAP (Diâmetro à Altura do Peito).

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida na UGRHI 08 (Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Sapucaí/Grande), no município de Franca-SP, em uma área cedida pela Escola Técnica Estadual Professor Carmelino Correa Junior (Colégio Agrícola), unidade escolar ligada ao Centro Paula Souza. Toda área cedida perfaz um montante de aproximadamente 18.000 m². As coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator – sistema de coordenadas) de um dos pontos da área do experimento são 249.764 m E, 7.735.225 m N e altitude de 975 m. O solo é

artigos técnicos

classificado como Neossolo Quartzarenico, conforme a EMBRAPA (2006). A topografia do local é plana a suavemente ondulada.

O Clima no local do experimento com base na classificação climática proposta por Köppen é do tipo Cwb (temperado úmido com estação seca). A precipitação média anual excede 1.500 mm, o volume de chuva no mês mais seco é menor que 30 mm. A temperatura média no mês mais quente é inferior a 22 °C e no mês mais frio é menor que 18 °C (IPT, 1999).

Para definição do posicionamento das parcelas determinaram-se as lin-

has equipotenciais do lençol freático, obtendo-se assim o direcionamento do fluxo da água subterrânea. Foram implantados 8 tratamentos, com 4 repetições cada, totalizando 32 parcelas. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados. Conforme pode ser observado na Figura 1, cada parcela contou com uma área de 108 m² (9 m x 12 m), entre as parcelas de um mesmo tratamento foi delineada uma bordadura de 72 m² (6 m x 12 m) e entre as parcelas de tratamentos diferentes uma bordadura de 108 m² (9 m x 12 m).

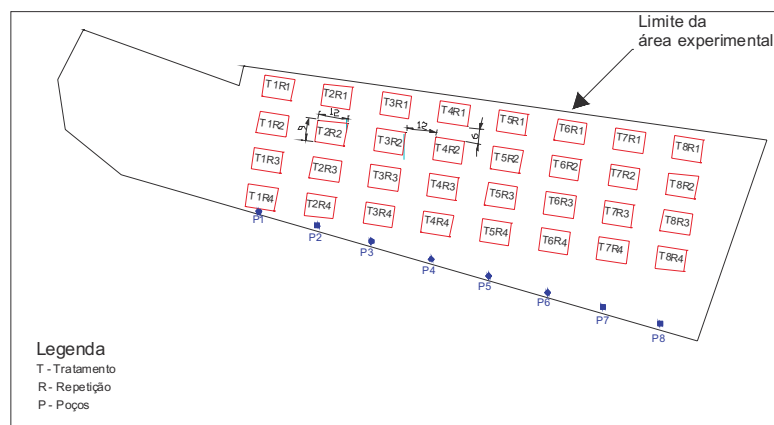


Figura 1 - Delineamento experimental implantado

Os tratamentos implantados na pesquisa foram irrigados e adubados, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Formas de irrigação e adubação dos tratamentos implantados

Tratamento	Quantidade de água/efluente	Adubação
T1	Água – necessidade hídrica do eucalipto	Sem adubação
T2	Água – necessidade hídrica do eucalipto	NPK + B + Zn
T3	Efluente – 1/3 da necessidade hídrica do	NPK + B + Zn
T4	Efluente – 1/2 da necessidade hídrica do	NPK + B + Zn
T5	Efluente – necessidade hídrica do eucalipto	NPK + B + Zn
T6	Efluente – necessidade hídrica do eucalipto	Sem adubação
T7	Efluente – 1,5 necessidade hídrica do eucalipto	NPK + B + Zn
T8	Sem irrigação	Sem adubação

As parcelas (dos tratamentos adubados) receberam adubação manual, sendo aplicadas em cada linha de plantio, dentro de cada parcela, as quantidades determinadas conforme a análise química da área e também com base no protocolo de adubação utilizado pela VCP (Votorantim Celulose e Papel), sendo 200 kg ha⁻¹ de 6:30:6 (NPK). Também foram aplicados os micronutrientes Boro e Zinco na quantidade de 3,30 kg ha⁻¹ cada. Foram realizadas adubações de cobertura (nos tratamentos que receberam adubação) após períodos de seis meses e um ano do plantio. Nas coberturas aplicaram-se 200 gramas por planta de 6:30:6 (NPK).

As mudas utilizadas na pesquisa foram doadas pela VCP - Votorantim Celulose e Papel, do viveiro florestal da unidade de Capão Bonito, sendo clonadas da espécie *Eucalyptus urograndis*. O plantio foi realizado no mês de abril de 2007, de forma

manual, com o auxílio de cavadeira, utilizando-se o espaçamento de 3 m x 2 m, sendo 3 m nas entrelinhas e 2 m na linha. Portanto, cada parcela contava com 3 linhas e 6 plantas na mesma, perfazendo uma média de 18 plantas por parcela.

O efluente utilizado na irrigação é oriundo do sistema de tratamento de esgotos do bairro City Petrópolis, que é operado pela concessionária Sabesp e composto por pré-tratamento (gradeamento e caixa de areia) e lagoa facultativa. O volume da lagoa é de 6.741 m³, a vazão estimada é de 3 l s⁻¹ (268 m³ dia⁻¹) e o tempo de detenção teórico do sistema é de aproximadamente 25 dias. O corpo receptor dos efluentes é o Córrego Pouso Alto, corpo d'água classe 2, afluente do Rio Canoas (manancial responsável por 80 % do abastecimento público da cidade de Franca). E a água limpa utilizada na irrigação é de uma represa, proveniente de um barramento no córrego Pouso Alto, a montante do lançamento da ETE City Petrópolis. As principais ca-

racterísticas dos efluentes e da água utilizados na irrigação estão descritas nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Resumo das características da água da represa

Atributo	Unidade	Média	Mediana	Desv. Padrão	Maior Valor	Menor Valor
Chumbo	mg L ⁻¹	0,001	0,001	-	0,001	0,001
Coli Total	NMP 100m L ⁻¹	3,75E+04	2,59E+04	3,77E+04	9,21E+04	6,24E+03
Condutividade	µs.cm-1	18,50	18,80	2,13	20,60	16,29
DBO	mg L ⁻¹	3,00	3,00	1,00	4,00	2,00
DQO	mg L ⁻¹	10,56	10,00	5,58	20,00	6,20
<i>E. coli</i>	NMP 100m L ⁻¹	8,38E+02	9,80E+02	2,85E+02	9,80E+02	4,10E+02
Nitrato	mg L ⁻¹	1,94	1,00	1,30	3,60	1,00
Nitrogênio Amoniacal	mg L ⁻¹	0,054	0,040	0,026	0,100	0,040
pH	-	6,96	6,90	0,40	7,60	6,50
Sódio Total	mg L ⁻¹	1,14	1,12	0,07	1,24	1,07
Sólidos Totais	mg L ⁻¹	24,80	21,00	9,28	37,00	15,00

Tabela 3 - Resumo das características do aflente da ETE City Petrópolis

Atributo	Unidade	Média	Mediana	Desv. Padrão	Maior Valor	Menor Valor
Chumbo	mg L ⁻¹	0,10	0,10	-	0,10	0,10
Coli Total	NMP 100m	5,77E+07	6,57E+07	3,69E+07	9,07E+07	8,60E+06
Condutividade	µs.cm-1	1.164,20	1.072,00	245,16	1.588,00	987,00
DBO	mg L ⁻¹	755,80	764,00	64,55	824,00	663,00
DQO	mg L ⁻¹	1.419,60	1.470,00	132,18	1.540,00	1.198,00
<i>E. coli</i>	NMP 100m	9,88E+06	1,01E+07	8,60E+06	1,83E+07	1,00E+06
Nitrato	mg L ⁻¹	2,88	3,10	1,26	4,40	1,00
Nitrogênio Amoniacal	mg L ⁻¹	63,84	58,90	23,80	102,50	41,70
pH	-	6,80	6,80	0,12	6,90	6,60
Sódio Total	mg L ⁻¹	87,85	90,24	7,21	94,36	76,14
Sólidos Totais	mg L ⁻¹	1.020,60	1.014,00	85,32	1.135,00	899,00

Um dos atributos utilizados pela Engenharia Florestal para medir a produtividade da cultura é o DAP (diâmetro à altura do peito), medido a 1,30 m da base do tronco. A análise do DAP foi realizada bimestralmente até o mês de junho de 2008 e mensalmente após esse período. Esse atributo foi monitorado por meio de medição, utilizando como instrumento o paquímetro. Para o monitoramento da qualidade dos líquidos percolados, foram instalados, na linha central de plantio de cada parcela, 3 coletores de drenagem livre, com distância entre eles de aproximadamente 1,00 m e implantados a 0,30 m, 0,60 m e 0,90 m de profundidade.

Os coletores foram confeccionados utilizando tubos de PVC de diâmetro 150 mm, comprimento de 0,40 m (sendo 2 partes de 0,20 m). Na junção das 2 partes do tubo foi colocado um ralo e sobre este uma tela de “nylon” (tela mosquiteiro), lã de vidro e uma camada de areia de 2 cm de espessura. Para tamponamento do fundo do coletor foi acoplado um “cap” de PVC. Nesse conjunto de peças, foi conectada mangueira de borracha, para

sucção do líquido armazenado nestes coletores (Figura 2).

Para o monitoramento dos líquidos lixiviados foram realizadas 4 campanhas de amostragem, sendo a 1ª entre os meses de abril e maio de 2008, a 2ª no mês de setembro de 2008, a 3ª nos meses de novembro e dezembro de 2008 e a 4ª entre os meses de maio e junho de 2009. Nessas campanhas os líquidos armazenados nos coletores de 0,30, 0,60 e 0,90 m de profundidade foram coletados e encaminhados para análise no laboratório da SABESP/Franca.

Durante as campanhas de amostragem, alguns coletores não possuíam líquido armazenado para captação. Em todos os coletores com líquidos armazenados, foram analisados os seguintes atributos: cádmio, cromo, cobre, chumbo, zinco, sódio, condutividade elétrica e nitrato. Em um coletor de cada tratamento foi realizada a análise de DBO, DQO e sólidos totais. Na 3ª e 4ª campanhas de monitoramento foram analisados, de um coletor de cada tratamento os parâmetros: coliformes totais, *E.coli* e pH.

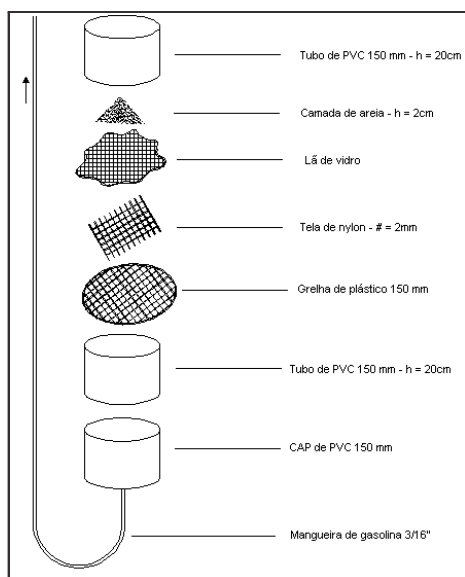


Figura 2 - Esquema dos coletores de drenagem

RESULTADOS E DISCUSSÃO

AVALIAÇÃO DO DAP

Na Tabela 4 é apresentada a síntese dos resultados da análise estatística descritiva. Observando-se a Tabela, nota-se que os tratamentos irrigados com efluente apresentaram maior desenvolvimento quando comparado aos demais. Verificou-se que o tratamento 1 (irrigado com água e que não recebeu adubação) apresentou desenvolvimento inferior ao tratamento 8 (não irrigado). Verificou-se que inicialmente as plantas apresentaram desenvolvimento desuniforme (alto coeficiente de variação), fato que foi sendo minimizado no decorrer do tempo, pois o coeficiente de variação foi se reduzindo e o desenvolvimento tornou-se mais homogêneo. Verificou-se que a maior heterogeneidade ocorreu no tratamento 1 e o desenvolvimento mais homogêneo no tratamento 7, que recebeu a maior lâmina de irrigação com efluente.

Tabela 4 - Síntese dos resultados da estatística descritiva do DAP

Tratamentos	Meses	Media (mm)	Mediana (mm)	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
T 1	fev/08	21,70	21,00	8,74	40,27
	dez/08	50,19	54,00	17,86	35,58
	mar/09	58,16	61,00	18,82	32,35
	jun/09	67,08	70,00	19,37	28,87
T 2	fev/08	27,03	26,00	8,98	33,21
	dez/08	70,63	73,50	15,51	21,96
	mar/09	81,06	83,50	16,63	20,52
	jun/09	90,43	94,00	17,49	19,35
T 3	fev/08	26,70	27,00	8,70	32,59
	dez/08	76,25	82,00	19,43	25,48
	mar/09	93,56	99,50	20,67	22,09
	jun/09	101,50	110,00	22,75	22,41
T 4	fev/08	34,28	36,00	8,50	24,78
	dez/08	82,94	85,00	12,17	15,64
	mar/09	98,81	101,50	14,89	15,07
	jun/09	105,42	110,00	17,34	16,45
T 5	fev/08	32,50	33,00	8,48	26,11
	dez/08	84,81	88,00	13,26	15,64
	mar/09	100,06	105,00	15,55	15,54
	jun/09	104,22	110,00	21,06	20,21
T 6	fev/08	23,63	22,00	10,35	43,78
	dez/08	80,31	83,00	16,35	20,36
	mar/09	94,22	98,00	17,76	18,85
	jun/09	100,43	103,00	19,40	19,32
T 7	fev/08	35,76	36,00	6,12	17,10
	dez/08	92,28	96,00	13,34	14,46
	mar/09	104,38	108,00	16,57	15,87
	jun/09	111,31	115,00	14,08	12,65
T 8	fev/08	24,96	23,00	7,46	29,88
	dez/08	55,00	55,50	15,00	27,28
	mar/09	68,31	69,50	16,43	24,05
	jun/09	78,27	80,00	17,97	22,95

De acordo com a análise de variância realizada por meio do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (ao nível de significância de 5%), verificou-se que os tratamentos irrigados com água (T1 e T2), inicialmente, não apresentaram diferenças significativas entre si. No entanto, a partir da avaliação de dezembro/2008, a produtividade do tratamento 2 tornou-se mais significativa em comparação ao tratamento 1. Os tratamentos 1 e 2 receberam quantidades de água semelhantes, porém o tratamento 2 recebeu adubação.

Todos os tratamentos irrigados com esgoto apresentaram maior desenvolvimento das plantas em relação ao tratamento 1, irrigado com água e sem adubação. Na comparação do tratamento 2 com os tratamentos irrigados utilizando efluentes, os tratamentos que receberam efluentes desenvolveram-se mais que o tratamento 2, exceto os tratamentos 3 e 6, que no estágio inicial, não apresentaram diferença significativa.

Na comparação dos tratamentos irrigados com água (T1 e T2) com o tratamento que não recebeu nenhum tipo de irrigação artificial (T8), verificou-se que a diferença entre eles não é significativa, dessa forma, a irrigação da cultura de eucalipto com água natural mostrou ser desnecessária, supõe-se que isso pode ser justificado pelo alto índice pluviométrico do local da pesquisa.

Na comparação entre os tratamentos irrigados com efluentes, notou-se que o tratamento 3, que recebeu quantidade de esgoto equivalente a um terço da necessidade hídrica da planta e adubação, teve um bom desenvolvimento e não apresentou diferença significativa com os demais tratamentos irrigados com efluentes, exceto o tratamento 7 (que recebeu esgoto equivalente a uma vez e meia a necessidade hídrica da planta e adubação).

O tratamento 4, que recebeu quantidade de efluente equivalente à metade da necessidade hídrica da planta mais adubação, também teve um bom desenvolvimento e não apresentou diferença significativa com os demais tratamentos irrigados com efluentes. Verificou-se que até o monitoramento realizado no mês de março de 2009 o desenvolvimento do tratamento 7 era maior e significativo.

O tratamento 5, que recebeu quantidade de efluente equivalente à necessidade hídrica da planta e adubação, resultou em um bom crescimento, não apresentando diferença significativa com os demais tratamentos irrigados com efluentes. Verificou-se que até o monitoramento realizado no mês de dezembro de 2008 o desenvolvimento do tratamento 7 era maior e significativo.

O tratamento 6, que recebeu quantidade de efluente equivalente à necessidade hídrica da planta e não recebeu adubação, apresentou uma diferença não significativa quando comparado com os outros tratamentos irrigados com esgoto, exceto na comparação com o tratamento 7, que sempre se situou em um estágio de desenvolvimento mais elevado e significativo.

O tratamento 7, que recebeu a maior quantidade de efluentes e conseqüentemente de nutrientes, apresentou, nos primeiros meses de avaliação, as melhores respostas no desenvolvimento das plantas, porém a diferença comparada com alguns tratamentos irrigados com esgoto (T3, T4 e T5) deixou de ser significativa após o crescimento da planta.

ANÁLISE DOS COLETORES DE DRENAGEM LIVRE

DBO e DQO

Verificou-se uma boa eficiência do sistema solo-planta na degradação de DBO, pois 80% das amostras dos percolados de tratamentos irrigados com esgoto apresentaram um valor inferior a 4,0 mgO₂ L⁻¹, que representa uma eficiência de remoção de 98% em relação ao efluente aplicado. Vale ressaltar que o valor de 4,0 mgO₂.L⁻¹ é o LDM (Limite de Detecção do Método aplicado). Dessa forma, a eficiência real do sistema pode ser ainda maior. Não foi possível identificar nenhuma distinção considerável quanto às diferenças de concentração nas diferentes profundidades dos coletores.

Quanto ao atributo DQO, 51% das amostras dos percolados, de tratamentos irrigados com esgoto, apresentaram um valor inferior a 10,0 mgO₂L⁻¹, representando uma eficiência de remoção de 98% em relação ao efluente aplicado. O LDM (limite de detecção do método aplicado), no caso da DQO é de 10,0 mgO₂L⁻¹.

Coliformes totais

Verificou-se que nos tratamentos irrigados com esgoto ocorreu uma redução média de 3,46 unidades log (logNMP/100mL) na 3ª campanha e 4,78 unidades log (log NMP/100mL) na 4ª campanha, comparado com a concentração de coliformes totais presentes no esgoto aplicado.

Metais

Devido às características dos esgotos tratados na ETE City Petrópolis (exclusivamente doméstico), alguns metais potencialmente tóxicos como cádmio, cobre e cromo, monitorados nos coletores, tiveram resultados abaixo do LDM - limite de detecção do método aplicado (LDM cádmio - 0,001 mg L⁻¹, LDM cobre - 0,005 mg L⁻¹ e LDM cromo - 0,005 mg L⁻¹).

Os resultados do atributo sódio nos lixiviados dos tratamentos irrigados com efluente chegaram a suplantarem a concentração do esgoto aplicado, isso pode ser justificado pela lixiviação de parte de sais anteriormente retida no solo (REZENDE et al., 2009).

Quanto ao atributo chumbo, os valores dos percolados, em algumas ocasiões, também foram superiores a concentração da água e do efluente utilizados na irrigação. Isso pode ser justificado pelo fato da área do experimento ser próxima ao antigo local de disposição de resíduos sólidos da cidade de Franca (lixão). Segundo informações, no passado, existiam no local do experimento resquícios de resíduos, inclusive pilhas.

Nitrato

Os resultados dos lixiviados dos tratamentos irrigados com esgotos variaram de 1,00 a 154,00 mg L⁻¹. Os tratamentos 3 e 4 que receberam, respectivamente, um terço e metade da necessidade hídrica da planta de esgotos, apresentaram menor percolação de nitrato (expresso em N) em relação aos tratamentos 5, 6 e 7 que receberam maiores quantidades de esgoto.

Na comparação dos tratamentos 5 e 6, que receberam quantidades de efluente similares, notou-se, no tratamento 5, coletor de 0,90 m de profundidade, uma maior porcentagem de nitrato (expresso em N) que ultrapassaram 10 mg L⁻¹. Dessa forma, pode-se inferir que a adubação proporciona um incremento na lixiviação do nitrato (expresso em N), pois o tratamento 5, além de ter recebido a necessidade hídrica da planta de efluente também recebeu adubação.

Diante dos resultados de nitrato (expresso em N) nos percolados, verificou-se que aplicação de nitrogênio acima da demanda da planta pode ocasionar a lixiviação de nitrato, podendo comprometer a qualidade da água subterrânea, especialmente em solos com as características semelhantes às do experimento. Dessa forma, os tratamentos T3 e T4, que receberam menores quantidades de efluente, demonstraram bom desenvolvimento e menor risco de contaminação da água subterrânea, enquanto o tratamento T7, que recebeu 1,5 vezes a necessidade hídrica da planta de esgoto, apresentou valores elevados para nitrato, indicando que as plantas, embora tivessem maior desenvolvimento, não absorveram o nitrato tão bem quanto nos tratamentos onde se aplicaram subdosagens de efluente. Ressalta-se que as análises realizadas neste trabalho se referem a amostras até 0,90 m de profundidade, não se podendo chegar a conclusões sobre o que viria a acontecer com a água subterrânea.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conclui-se que o reuso de efluente sanitário, proveniente de lagoa facultativa, na irrigação da cultura de eucalipto é viável tanto no aspecto agrônômico como no sanitário, mostrando ser uma alternativa adequada no pós-tratamento de efluente e devendo ser considerado como uma possibilidade para o atendimento a padrões de lançamento mais restritivos. O desenvolvimento do DAP do eucalipto foi maior nos tratamentos irrigados com efluente quando comparado aos demais. A irrigação com subdosagens de efluente (T3 e T4), em relação à necessidade hídrica das plantas, demonstraram bom desenvolvimento e menor risco de contaminação da água subterrânea.

Recomenda-se o monitoramento freqüentemente da qualidade da água percolada, no intuito de minimizar os riscos de contaminação por meio da percolação de nitrato,

chumbo e sódio. E também a realização de um balanço mais efetivo em relação à massa de nitrogênio, tanto no que se refere à adubação, quanto à irrigação com esgoto, analisando a quantidade de nitrogênio que é realmente absorvida pela planta, o quanto é volatilizado e transformado em nitrato.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

IPT. Relatório no 40.672 - diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do plano da bacia hidrográfica do sapucaí-mirim/grande. Franca, 1999.

REZENDE, A.A.P.; MATOS, A.T.; SILVA, C.M. Aplicação da água residuária do processo de fabricação da celulose kraft branqueada na fertirrigação de eucalipto. Disponível em < <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-344.pdf>>. Acessada em julho de 2009.