



## I - 017 – EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL APLICADO A TRATAMENTO DE ESGOTOS BRUTOS DO CONDOMÍNIO BOSQUI DO ACAMARI, EM VIÇOSA/MG

**Sandra Parreiras Pereira Fonseca** <sup>(1)</sup>

Eng. Civil, MS em Engenharia Agrícola - Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Engenheira de Projetos e Obras de Saneamento da Superintendência Operacional Sudeste - SPSD da COPASA.

**Antônio Alves Soares** <sup>(2)</sup>

Eng. Agrícola, PhD em Engenharia de Irrigação, Prof. Titular do DEA/UFV.

**Carlos Augusto de Lemos Chernicharo** <sup>(3)</sup>

Eng. Civil e Sanitarista, PhD em Engenharia Ambiental, Prof. Adjunto do DESA/UFMG.

**Marcos Rocha Vianna** <sup>(4)</sup>

Eng. Civil e Sanitarista, MS em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Prof. Adjunto do DEHD/UFMG.

**Antônio Teixeira de Matos** <sup>(5)</sup>

Eng. Agrícola, DS em Solos e Nutrição de Plantas, Professor Adjunto do DEA/UFV.



**Endereço** <sup>(1)</sup> : Rua Gomes Barbosa, 79 apto.200 - Centro - Viçosa - MG - CEP: 36.570-000, Brasil - Tel: (0xx) (31) 891.1044 – (0xx) (32) 539.6034 – Fax: (0xx) (31) 539.6045 - E-mail: fonseca@mail.ufv.br.

### RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência do tratamento de esgoto bruto de origem doméstica, por disposição no solo, pelo método do escoamento superficial. O sistema foi constituído de unidade de tratamento preliminar e 12 faixas de irrigação, de 2,0 m de largura por 20 m de comprimento, cultivadas com capim-coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). Foram testadas as taxas de aplicação de 0,24 e 0,36 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup> (quatro repetições), em um período de oito horas e cinco dias de aplicação. Avaliaram-se as características físicas, químicas e microbiológicas dos efluentes gerados nas faixas de tratamento. A temperatura e o pH do efluente praticamente não variou, entretanto o pH foi maior para a menor taxa de aplicação. A eficiência de remoção de sólidos sedimentáveis no efluente foi superior a 98,8%. A remoção de sólidos totais variou de 35,3 e 41,2%, correspondentes as concentrações médias de 442 e 402 mg.L<sup>-1</sup>, para as taxas de aplicação de 0,36 e 0,24 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>, respectivamente. A alcalinidade nos efluentes decresceram de 6,5 e 13,1% para a maior e menor taxa de aplicação respectivamente. A condutividade elétrica decresceu atingindo valores médios de 0,525 e 0,496 dS.m<sup>-1</sup>, para a maior e menor taxa de aplicação, respectivamente. A remoção da Demanda Química de Oxigênio variou de 48 a 75% correspondente as concentrações de 362 a 205 mg.L<sup>-1</sup>, de 49 a 67 %, o que confere as concentrações de 313 a 278 mg.L<sup>-1</sup>, para as taxas de aplicação de 0,24 e 0,36 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>, respectivamente. A remoção da DBO variou de 54 a 75 %, correspondente às concentrações de 207 a 95 mg.L<sup>-1</sup>, e de 47 a 75 %, o que confere as concentrações de 213 a 80 mg.L<sup>-1</sup>, para as taxas de 0,24 e 0,36 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>, respectivamente. O decréscimo de coliformes totais e fecais - *Escherichia coli* no efluente, foi menor que uma unidade logarítmica para ambas as taxas de aplicação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de esgoto, escoamento superficial, disposição no solo.

### INTRODUÇÃO

No método de escoamento superficial o esgoto é aplicado na parte mais alta do terreno, sobre faixas cultivadas, com declividades de 2% a 8%, e coletado na parte inferior das faixas para lançamento nos corpos receptores d'água. Os solos a serem utilizados devem apresentar baixa permeabilidade, por isso a probabilidade de contaminação do lençol freático é moderada. A depuração do esgoto depende da absorção de minerais pelas plantas e da decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos, nos filmes biológicos a serem desenvolvidos na interface do colo da planta com a superfície do solo.

Os agentes atuantes no tratamento do esgoto pelo método do escoamento superficial são o colo da planta, as raízes e o sistema foliar TERADA *et al.* (1985). No colo da planta é formado um filme biológico, que deverá ter funções semelhantes aos filtros biológicos, ou seja, oxidação biológica do material orgânico. As raízes



absorvem os macro e microelementos mineralizados do material orgânico e disponibilizados no solo. O sistema foliar utiliza os macro e microelementos no processo de fotossíntese e produção de matéria seca. Essa interação solo-planta é que proporciona a depuração natural do esgoto nas formas física, química e biológica. No Brasil, existem poucos registros de tratamento de esgoto por disposição no solo, pelo método de escoamento superficial e da utilização de águas residuárias na fertirrigação de culturas. A partir da década de oitenta as companhias de saneamento em parceria com as universidades brasileiras têm pesquisado essa alternativa de tratamento e fertirrigação, principalmente, de forrageiras. No Quadro 1, são apresentados alguns projetos implantados e monitorados por empresas de saneamento e universidades.

Quadro 1 - Panorama geral de unidades de tratamento de esgoto doméstico pelo método do escoamento superficial

Empreendimento	Tratamento	Forragem	Características do sistema	Eficiência do sistema	Referências
Populina-SP (SABESP)	Preliminar + disposição no solo do esgoto bruto	<i>Brachiaria humidicola</i>	12 L.s <sup>-1</sup> , 3 faixas de 70m de comp. e 25 m de largura, 2% de declividade	DBO (86,4%)	TERADA et al. (1985)
Batatais-SP (USP)	Preliminar + disposição no solo do esgoto bruto	<i>Brachiaria humidicola</i>	Taxas de aplicação 0,15, 0,25 e 0,30 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> , faixas de 20m de comp. e 3,7 m de largura, 2% declividade	Sólidos sedimentáveis e DBO (>80%), NTK (65%) e C.fecais (1 unidade logarítmica)	COURACCI FILHO (1991)
Vila Varejão-DF CAESB/UNB	RAFA + disposição no solo	Taboa ( <i>Typha latifolia</i> )	Atende 4000 hab, 3 faixas de 30, 40 e 45m de comp. e 3,5 m de largura, 1% declividade, tempo de detenção 65h	Sólidos suspensão totais (95,9%), DQO (87,6%), NTK (61,9%) e fósforo (57,1%)	BERNARDES E SOUZA (1996)
Itabira-MG SAAE/UFMG	UASB + disposição no solo	<i>Brachiaria humidicola</i>	Taxas de aplicação 0,20, 0,40 e 0,60 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> , 3 faixas de 25m de comp. e 3,0 m de largura, 2 % declividade	DBO (48 a 53%), DQO (48 a 53%) e C.fecais (2 a 3 unidade logarítmica)	ARAUJO et al. (1999) e ZERBINI (1999)
Roças Nova-MG COPASA	Preliminar + disposição no solo do esgoto bruto	<i>Brachiaria arrecta Stent.</i>	Taxa de aplicação 0,14 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> , Vazão de 1,5 L.s <sup>-1</sup> , 3 faixa de 33m de comp. e 30 m de largura, 1 % declividade	DBO (82,5%), NTK (5%) e C.fecais (1 unidade logarítmica)	FREIRE (1997)
Cana Brava-MG COPASA	Preliminar + disposição no solo do esgoto bruto	<i>Brachiaria humidicola</i>	Taxa de aplicação 0,16 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> , Vazão de 3,0 L.s <sup>-1</sup> , 3 faixas de 40m de comp. e 80 m de largura, 2 % declividade	DBO (83,3%), NTK (22%) e C.fecais (1 unidade logarítmica)	FREIRE (1997)
Viçosa-MG COPASA/UFV	Preliminar + disposição no solo do esgoto bruto	Capim-coastercross ( <i>Cynodon dactylon</i> )	Taxas de aplicação 0,22 a 0,35 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup> , 10faixas de 20m de comp. e 3,0 m de largura, 2 % declividade	(3 meses) DBO (36 a 48%), DQO (48 a 58%) e C.fecais (1 unidade logarítmica)	FONSECA (2000)

No Estado do Rio Grande do Norte são utilizados efluentes de lagoas de estabilização para a fertirrigação. Na cidade de Santa Cruz, têm sido usadas para fertirrigação de milho, melancia, abóbora e forrageiras e, na cidade de Campo Redondo, para a fertirrigação de milho. Em Currais Novos, o esgoto tem sido lançado “in natura” em talvegues secos para fertirrigação de capim (ANDRADE NETO, 1991).



A OMS (1989) sugeriu, como diretriz para uso de águas residuárias em fertirrigação de culturas ingeridas cruas, campos de esportes e parques públicos, um padrão de qualidade bacteriológico de 1.000 coliformes fecais por 100 mL e, no máximo, de um ovo de helminto por litro. Citou que não existe nenhuma recomendação quanto aos limites bacteriológicos da água de irrigação para forrageiras, desde que os agricultores e a população, em geral, não sejam expostos a riscos sanitários.

Com a necessidade de implementação de sistemas de tratamento de esgoto doméstico em comunidades de pequeno e médio porte, de baixo custo de implantação e monitoramento, foi firmado um convênio de cooperação técnica entre a Divisão de Desenvolvimento Tecnológica - DVD/SPDT da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA e o Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa-UFV, com o objetivo de avaliar a eficiência de tratamento do esgoto doméstico por disposição no solo, pelo método do escoamento superficial.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola - UFV, situado na cidade de Viçosa, Zona da Mata mineira, próximo à Universidade Federal de Viçosa, latitude sul - 20°45' e longitude oeste - 42°51', altitude de 689 m, na rodovia que liga a cidade de Viçosa à de Paula Cândido. O esgoto doméstico foi proveniente do conjunto residencial Condomínio Bosque do Acamari, constituído por 136 unidades residenciais unifamiliares.

A Estação de Tratamento de Esgoto experimental (ETEe) (Figura 1), com área total de 700 m<sup>2</sup>, consiste em tratamento preliminar, constituído de gradeamento, desarenação, canal de medição de vazão e tanque de equalização de 1 m<sup>3</sup> com misturador de 2,0 cv de 3500 rpm; e tratamento pelo método do escoamento superficial.

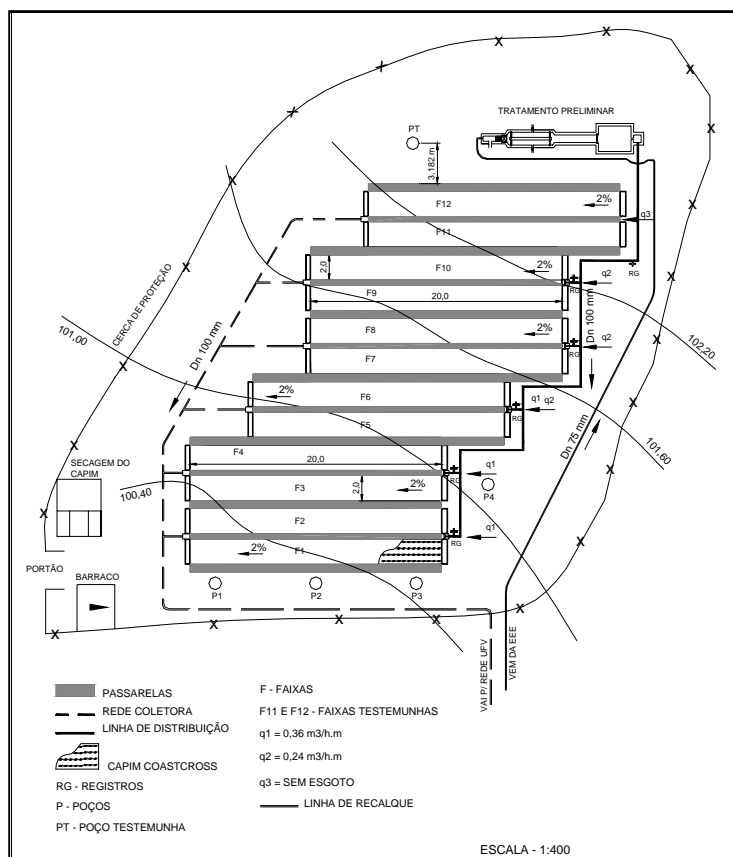


Figura 1 - Croqui da Estação de Tratamento de Esgoto Experimental (ETEe).

No tratamento pelo método do escoamento superficial a área foi dividida em 6 planos de sistematização, cada um com duas faixas, de 2,0 m de largura, 20 m de comprimento e declividade de 2%, cultivadas com capim-coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). Das doze faixas de tratamento implantadas, duas serviram de controle, as quais foram molhadas com água uma vez por semana; e das 10 restantes, duas foram descartadas e as demais irrigadas com esgoto doméstico bruto, com taxas de aplicação de 0,24 e 0,36 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup> (quatro



repetições por taxa), durante o período de 8 h.d<sup>1</sup> e frequência de cinco dias (descanso aos sábados e domingos). O solo na área de tratamento foi classificado como Podzólico Vermelho Amarelo Câmbico.

Durante o período de seis meses foram coletadas amostras do esgoto na entrada e saída do tratamento preliminar e no efluente do tratamento secundário, ao final de cada faixa. As amostras do esgoto para análises físicas e químicas foram coletadas às terças-feiras ou quartas-feiras, nos dias e horários de maior concentração da carga orgânica, no intervalo de 8:00 às 16:00 horas, de hora em hora, constituindo amostras compostas por faixa. Todas as análises foram realizadas com três repetições e executadas em, no máximo, em 24 horas, sendo as análises da DQO realizadas em, no máximo em três dias; conforme recomendações de SILVA (1977), APHA (1998), COPASA (1988, 1991 e 1997).

As amostras do esgoto para as análises de coliformes totais e fecais - *E.Coli*, foram coletadas todas as terças-feiras ou quartas-feiras, às 8:00 horas, na entrada e saída do tratamento preliminar e no final de cada faixa.. Esse horário da coleta foi selecionado tendo em vista ser o de maior concentração de coliformes de todo o dia. As contagens de coliformes totais e fecais foram realizadas pelo método enzimático, por meio de um teste comercial, Auto-análise Colilert (AC). Os resultados foram expressos em Número Mais Provável (NMP) por 100 mL de esgoto em triplicata. As análises de microbiologia foram efetuadas em, no máximo, seis horas após cada coleta, conforme APHA (1998), COPASA (1997c) e Prof. Daniel Adolpho Cerqueira<sup>1</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observa-se, no Quadro 2, que a temperatura do esgoto se manteve estável no tratamento preliminar, apresentando decréscimo de 1°C nos efluentes das faixas, em ambas as taxas de aplicação. Tal fato se deveu, possivelmente, à dissipação de energia na forma de calor latente de vaporização e à temperatura na superfície do solo, mais baixa em razão do sombreamento proporcionado pela vegetação.

No tratamento preliminar (Quadro 2), observou-se que o pH do efluente praticamente não variou, mantendo-se em média 7,0 – 7,3, sendo satisfatório às recomendação de AYERS et al. (1991) para uso em fertirrigação.

Nos efluentes do tratamento por disposição no solo, os valores de pH variaram de 7,3 a 7,6 e 7,6 a 7,7 para as taxas de aplicação 0,36 e 0,24 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>, respectivamente. Os valores de pH encontrados situam-se dentro dos limites de 6,5 a 8,5 estabelecidos pela Deliberação Normativa da COPAM nº 010/86, para características dos efluentes a serem lançados em cursos d'água. Acredita-se que a acidificação do efluente é devida à interação do esgoto com o solo ácido, tendo havido retenção das bases no complexo de troca e neutralização de grupos que conferiam basicidade à solução.

A quantidade de sólidos sedimentáveis (Quadro 2) decresceu 1 mL.L<sup>-1</sup>, no tratamento preliminar, e para menos de 0,1 mL.L<sup>-1</sup> no efluente de todas as faixas, apresentando eficiência (P>0,05) de remoção superior a 98,8%, nas duas taxas de aplicação. Portanto, praticamente, todos os sólidos sedimentáveis foram retidos na superfície do solo, ao longo da faixa, o que proporcionou a formação do filme biológico e o aumento do conteúdo de matéria orgânica. Os valores encontrados situaram-se dentro do limite de 1 mL.L<sup>-1</sup>, estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM nº 010/86, para característica dos efluentes a serem lançados em cursos d'água.

Observou-se que a eficiência de remoção de sólidos totais variou (P<0,05) entre os tratamentos, nos quais se obtiveram valores médios de 35,3 e 41,2%, correspondentes às concentrações médias de 442 e 402 mg.L<sup>-1</sup>, nas taxas de aplicação de 0,36 e 0,24 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>, respectivamente. Como era esperado, na menor vazão de aplicação, a eficiência de remoção foi maior, devido à menor velocidade de escoamento na faixa.

A alcalinidade (Quadro 2) do esgoto aumentou no tratamento preliminar, enquanto no efluente do tratamento por disposição no solo variou (P<0,05) entre tratamentos, tendo reduzido, em média, de 6,5 e 13,1%, nas taxas de aplicação de 0,36 e 0,24 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>, respectivamente. Como o esgoto contém concentrações elevadas de íons de bicarbonatos e carbonatos, possivelmente ocorreu sua precipitação, formando com cátions do solo sais de baixa solubilidade. Maior decréscimo na alcalinidade ocorreu nas faixas de menor taxa de aplicação, devido ao maior tempo de detenção, e, com isso, houve a oportunidade para a ocorrência dessas reações.

Quadro 2 - Características físicas e químicas do afluente e efluente do sistema de tratamento do esgoto pelo método do escoamento superficial (médias das análises efetuadas de Março a setembro de 1999)

Parâmetros avaliados	Unidades	Efluente do tratamento por escoamento superficial			
		Tratamento preliminar		Taxa de aplicação	
		Afluente	Efluente	0,36 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup>	0,24 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> .m <sup>-1</sup>
Temperatura	°C	24	24	23	23

<sup>1</sup> Prof. Daniel Adolpho Cerqueira - Biólogo, Microbiologista da COPASA.



pH	pH	6,8 a 7,3	7,0 a 7,3	7,3 a 7,6 <sup>A</sup>	7,6 a 7,7 <sup>B</sup>
Varição	%	-1,6 a	+3,2	-4,3 a -5,8	-5,8 a -6,3
Sólidos sedimentáveis	mL.L <sup>-1</sup>	10	9	< 0,1	< 0,1
Eficiência	%	10,0		98,8	98,8
Sólidos Totais	mg.L <sup>-1</sup>	690 ± 70,01 <sup>C</sup>	683 ± 68,79 <sup>C</sup>	442 ± 7,14 <sup>A</sup>	402 ± 15,80 <sup>B</sup>
Eficiência	%	1,0		35,3	41,2
Alcalinidade	mg.L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	196 ± 16,07 <sup>C</sup>	198 ± 16,44 <sup>C</sup>	185 ± 5,18 <sup>A</sup>	172 ± 5,31 <sup>B</sup>
Varição	%	+ 0,9		-6,5	-13,1
CE	dS.m <sup>-1</sup>	0,552 ± 0,032 <sup>C</sup>	0,557 ± 0,034 <sup>C</sup>	0,525 ± 0,013 <sup>A</sup>	0,496 ± 0,009 <sup>B</sup>
Varição	%	+ 0,9		-5,7	-10,9
DQO	mg.L <sup>-1</sup>	709 ± 81,83 <sup>C</sup>	715 ± 84,10 <sup>C</sup>	310 ± 27,54 <sup>A</sup>	263 ± 27,69 <sup>A</sup>
Eficiência	%	-0,8		56,7	63,2
DBO <sub>5</sub> <sup>20c</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	360 ± 64,42 <sup>C</sup>	340 ± 58,95 <sup>C</sup>	157 ± 5,80 <sup>A</sup>	137 ± 18,94 <sup>A</sup>
Eficiência	%	0,3		53,9	61,2
Coliforme total	NMP/100mL	9x10 <sup>7</sup> ± 70,01 <sup>C</sup>	1x10 <sup>8</sup> ± 70,01 <sup>C</sup>	6x10 <sup>7</sup> ± 4x10 <sup>6</sup> <sup>A</sup>	5x10 <sup>7</sup> ± 6x10 <sup>6</sup> <sup>B</sup>
Coliformes fecais- <i>E.coli</i>	NMP/100mL	9x10 <sup>6</sup> ± 70,01 <sup>C</sup>	1x10 <sup>7</sup> ± 70,01 <sup>C</sup>	9x10 <sup>6</sup> ± 4x10 <sup>5</sup> <sup>A</sup>	8x10 <sup>6</sup> ± 2x10 <sup>6</sup> <sup>A</sup>

**Nota:** Letras maiúsculas sobrescritas diferentes indicam variação significativa entre os tratamentos (Taxas de aplicação), em nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

A condutividade elétrica do esgoto sofreu ligeiro acréscimo com o tratamento preliminar (Quadro 2). No efluente do tratamento por escoamento superficial, decresceu ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos até atingir valores médios de 0,525 e 0,496 dS.m<sup>-1</sup>, para a maior e a menor taxa de aplicação, respectivamente.

A condutividade elétrica foi menor na menor taxa de aplicação (0,24 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>), devido ao maior tempo de detenção do esgoto nessas faixas, o que, possivelmente, favoreceu à precipitação de sais do esgoto. De acordo com esse resultado, o esgoto antes e depois do tratamento pode ser classificado como água com salinidade média – C2 (CE entre 0,250 e 0,750 dS.m<sup>-1</sup>, a 25°C), podendo ser utilizado na fertirrigação de culturas com moderada tolerância aos sais, na maioria dos casos sem práticas especiais de controle da salinidade (AYRES, 1991 e BERNARDO, 1995).

A demanda química de oxigênio no tratamento preliminar sofreu ligeiro acréscimo (0,8%), passando de 709 a 715 mg.L<sup>-1</sup> (Quadro 2). No efluente das faixas do tratamento por escoamento superficial, nas taxas de aplicação de 0,36 e 0,24 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>, foram reduzidas de 56,7 e 63,2%, correspondentes às concentrações médias dos efluentes de 310 e 263 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente. Não foi encontrada diferença significativa ( $P > 0,05$ ) na remoção de DQO entre as taxas de aplicação.

A eficiência de redução da demanda química de oxigênio variou de 48 a 75%, correspondente às concentrações médias de 362 a 205 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente, na taxa de aplicação de 0,24 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>. Na taxa de 0,36 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>, a remoção variou de 49 a 67%, proporcionando às concentrações de 313 a 278 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente, tendendo a aumentar ligeiramente com o tempo entre tratamentos (Figura 2), provavelmente devido à formação do filme biológico.

No tratamento preliminar, observou-se (Quadro 2) ligeira remoção da demanda bioquímica de oxigênio de 0,3%, o que se deve, possivelmente, ao tempo de detenção do esgoto no tanque de equalização. Nos efluentes das faixas de tratamento por escoamento superficial, nas taxas de aplicação de 0,36 e 0,24 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>, as remoções médias foram de 53,9 e 61,2%, correspondentes às concentrações médias dos efluentes de 157 e 137 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente. Não foi encontrada diferença significativa ( $P > 0,05$ ) na remoção de DBO entre as taxas de aplicação.

A remoção da DBO variou de 54 a 75%, correspondendo às concentrações de 207 a 95 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente, para a taxa de aplicação de 0,24 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>; e de 47 a 75%, o que confere com as concentrações de 213 a 80 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente na taxa de 0,36 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>, tendendo a aumentar ligeiramente com o tempo entre tratamentos (Figura 3).

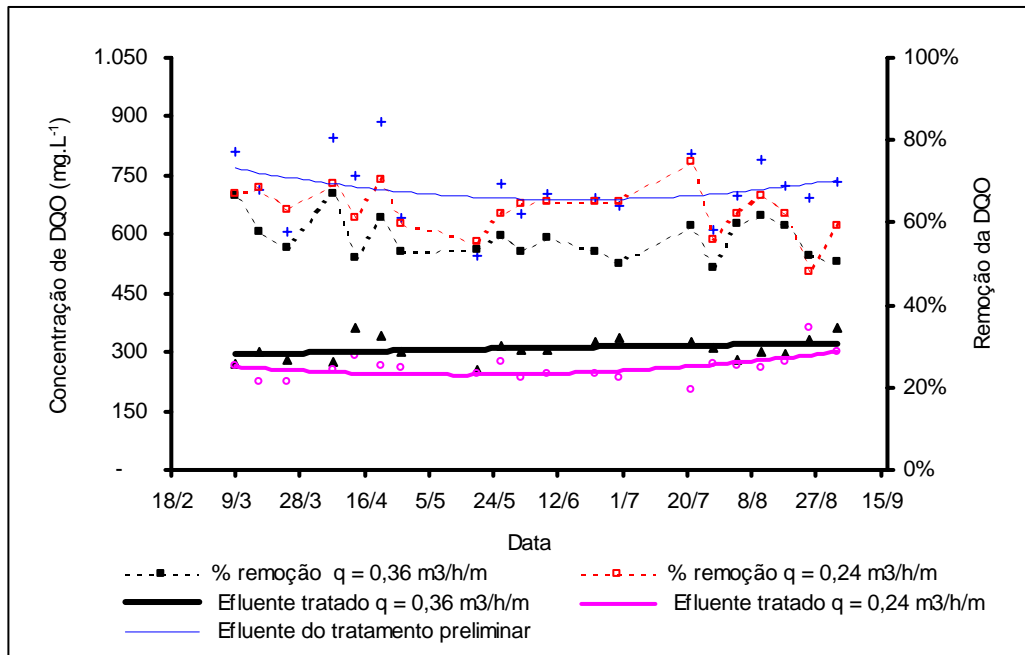


Figura 2 - Variação temporal da concentração da demanda química de oxigênio do esgoto dos efluentes dos tratamentos preliminar e de disposição no solo.

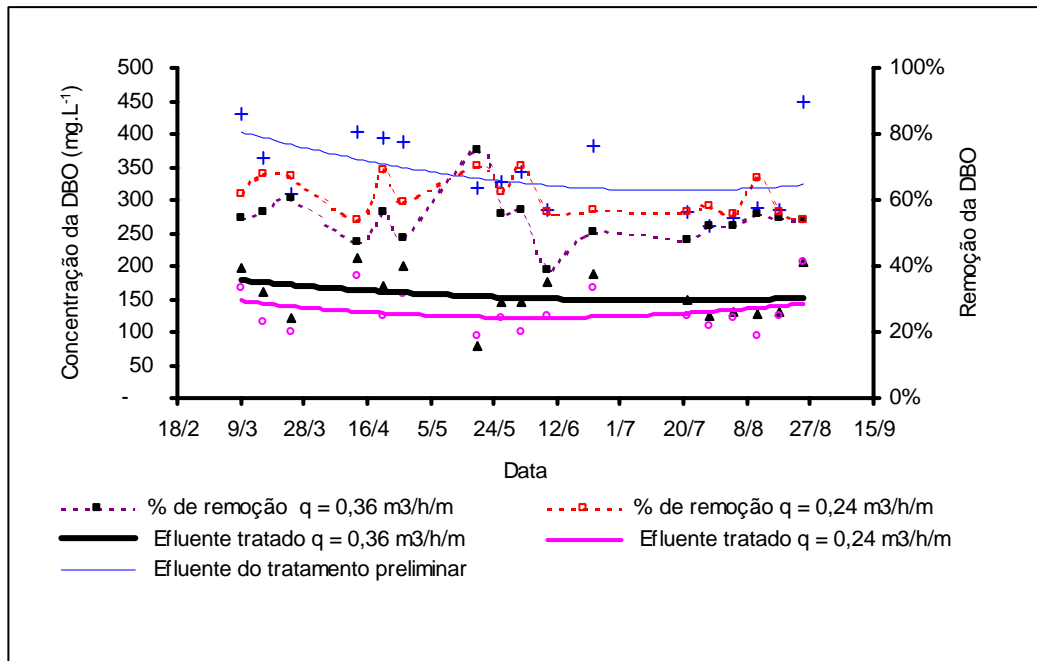


Figura 3 - Variação temporal da concentração da Demanda Bioquímica de Oxigênio do esgoto dos efluentes dos tratamentos preliminar e de disposição no solo.

Os resultados obtidos não atenderam aos padrões de lançamento de efluentes nos corpos receptores de água no Estado de Minas Gerais, deliberação do COPAM nº 010/86, que é de 90 e 60  $\text{mgL}^{-1}$  (ou 85% de remoção), em termos de DQO e DBO, respectivamente. Os resultados não satisfatórios, em termos de matéria orgânica do efluente final no sistema, devem-se, provavelmente, a dois fatores principais: i) o tempo de operação (coleta de dados) de seis meses, provavelmente, insuficiente para a completa formação do filme biológico; e ii) o tamanho das faixas de escoamento superficial de 20 metros, considerando-se que não houve variação



significativa na remoção do material orgânico no efluente das faixas em ambas as taxas de aplicação estudadas; possivelmente, na taxa de  $0,36 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ , o comprimento da faixa poderia ser superior a 20 metros. Observa-se no Quadro 2 que a quantidade de coliformes totais e fecais – *Escherichia coli* no esgoto sofreu um acréscimo, da ordem de menos que uma unidade logarítmica, no tratamento preliminar, tal fato, possivelmente, deve-se à ligeira decomposição do material orgânico no tanque de equalização.

No tratamento por disposição no solo, pelo método do escoamento superficial, a contagem de coliformes totais estatisticamente variou entre tratamentos ( $P < 0,05$ ), sendo menor no efluente das faixas nas quais a taxa de aplicação foi de  $0,24 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$  e para coliformes fecais – *E. coli* não houve variação significativa entre tratamentos. O decréscimo na contagem de coliformes totais e fecais – *E. coli* foi menor que uma unidade logarítmica na contagem de coliformes. A pequena remoção de coliformes totais e fecais – *E. coli* no efluente do tratamento por escoamento superficial deveu-se, provavelmente, às condições favoráveis do meio à sobrevivência das bactérias, ou seja, o pH alcalino, manutenção de elevada umidade no solo, freqüente adição de material orgânico ao solo e, principalmente, baixa insolação na superfície do solo (BILTON e GERBA, 1984). Entretanto, acredita-se que, com a formação e maturação completa do filme biológico, poderá haver aumento na eficiência da remoção de coliformes.

## CONCLUSÕES

De maneira geral, nas condições desta pesquisa, o tratamento pelo método do escoamento superficial foi eficiente no tratamento do esgoto doméstico bruto, podendo-se concluir que:

- O sistema de tratamento por escoamento superficial mostrou-se eficiente na remoção de sólidos sedimentáveis, atendendo ao estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM nº 010/86 para sólidos totais, de maneira geral.
- Os valores de pH do efluente das faixas de tratamento situaram-se dentro dos limites recomendados por AYERS et al. (1991) e da deliberação do COPAM nº 010/86.
- O esgoto manteve a classificação de salinidade média-C2 (AYERS et al., 1991) após ser submetido ao tratamento por escoamento superficial, podendo ser utilizado na fertirrigação do capim-coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), sem as práticas especiais de controle da salinidade.
- A remoção de matéria orgânica, medida pelos parâmetros demanda química de oxigênio – DQO e demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apesar de significativas, não atenderam à deliberação Nº 010/86 da COPAM.
- O tratamento do esgoto pelo método do escoamento superficial não foi eficiente quanto à remoção de coliformes totais e fecais – *E. coli*.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Engenharia Agrícola e a Universidade Federal de Viçosa - UFV, pelo apoio na realização do projeto de pesquisa e à Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA pelo financiamento do presente estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington, 1998.
2. ANDRADE NETO, C. O. O uso de esgoto sanitários e efluentes tratados na irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9, 1991, Natal. **Anais...** Natal, RGN: CONIRD, 1991. p.1961 - 2006.
3. ARAÚJO, G. C., COSTA, R. S., CHERNICHARO, C. A. L., SPERLING, M. V. Avaliação da operação em regimes hidráulicos permanentes e transiente de um sistema de aplicação superficial de esgotos no solo para o pós-tratamento de efluentes de reatores UASB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: ABES, 1999. (CD.ROOM).
4. AYERS, R. S., WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. UFPB, 1991. p.142-146. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).



5. BERNARDES, R. S., SOUZA, L. E. L. In: ASSEMBLÉIA NACIONAL DA ASSEMAE. 22, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, MG, 1996. p.126-129.
6. BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6.ed. Viçosa, MG: UFV, 1995. 657p.
7. BITTON, G., GERBA, C. P. **Groundwater pollution microbiology**. New York: John Wiley & Sons, 1984. 379p.
8. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. **Norma T-083/0**. Sólidos sedimentáveis determinação gravimétrica. Belo Horizonte: COPASA, 1988a.2p.
9. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. **Norma T-084/0**. Sólidos (Resíduos) totais em água determinação gravimétrica. Belo Horizonte: COPASA. 1988b.3p.
10. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. **Norma T-107/2**. Coleta de amostras de águas para análise físicas e químicas. Belo Horizonte: COPASA, 1997a.4p.
11. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. **Norma T-125/2**. Coleta de amostras de águas para análises bacteriológica. Belo Horizonte: COPASA, 1997b.4p.
12. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. **Norma T-134/1**. Leitura de temperatura. Belo Horizonte: COPASA, 1997c.2p.
13. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. **Norma T-157/0**. Alcalinidade-Método da titulação potenciométrica até pH pré-det. Belo Horizonte: COPASA, 1991a.6p.
14. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. **Norma T-161/0**. Determinação da demanda bioquímica de oxigênio para método iodimétrico. Belo Horizonte: COPASA, 1991b.5p.
15. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. **Norma T-162/0**. Determinação da demanda química de oxigênio para método oxidimétrico. Belo Horizonte: COPASA, 1991c.4p.
16. CORAUCCI FILHO, B. **Tratamento de esgotos domésticos no solo pelo método do escoamento superficial**. São Paulo: UNICAMP, 1991. 1336p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Estadual de Campinas, 1991.
17. Deliberação normativa da comissão de política ambiental - COPAM N.º 010, de 16 de dezembro de 1986. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de água, e dá outras providências. In: VIANNA, M. R. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água**. 3. ed. Belo Horizonte: Imprimatur, 1997. p.540-552.
18. FONSECA, S.P.P. **Tratamento de esgoto doméstico pelo método do escoamento superficial utilizando o capim-coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.)**. Viçosa: UFV. 2000. 133p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.
19. FREIRE, A. O. Wastewater recycling in Minas Gerais - Brazil: case studies in Roças Novas e Canabrava. In: BENEFICIAL REUSE OF WATER AND BIOSOLIDS, Málaga, Espanha. **Anais...** Málaga, Espanha: WATER ENVIRONMENT FEDERATION-WEF, 1997. (CD-ROM).
20. ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD-OMS. **Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura**. Genebra: 1989. 93p. (Série de Informes Técnicos, 778).
21. SILVA, M. O. S. A. **Análises físico-químicas para controle de estações de tratamento de esgotos**. São Paulo: CETESB, 1977. 226 p.
22. TERADA, M., ZUCCOLO, A. C. F., PAGANINI, W. S. Tratamento de esgotos domésticos por disposição no solo com utilização de gramíneas. **Revista DAE**, v.49, n.142, p.249-254, 1985.
23. ZERBINI, A. M., CHERNICHARO, C. A. L., VIANA, E. M. Estudo da remoção de ovos de helmintos e indicadores bacterianos em um sistema de tratamento de esgotos domésticos por reator anaeróbio e aplicação superficial no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: ABES, 1999. (CD-ROOM).

### Referência:

FONSECA, S. P. P.; SOARES, A.A.; CHERNICHARO, C. L.; VIANNA, M. R.; MATOS, A. T. Eficiência de um sistema de escoamento superficial aplicado ao tratamento de esgotos brutos do condomínio Bosque do Acamari em Viçosa/MG. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre, 2000.