

APPLICATION OF SEWER IN THE SOIL AS ALTERNATIVE OF TREATMENT IS REUSE IN FERTIRRIGATION OF FORAGE - A CASE IN GENERAL MINES ¹

Sandra Parreiras Pereira Fonseca ²

Engenheira Civil pela Faculdade de Engenharia Kennedy, Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Engenheira de Projetos e obras de Saneamento da Superintendência Operacional Sudeste/SPSD da Cia. de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

Antônio Alves Soares ³

Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, Pós-Doutorado em Engenharia de Irrigação pela University of California – Davis. Professor Titular do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV.

Endereço ²: Rua Gomes Barbosa, 79 apto.200, Bairro Centro, CEP: 36.570-000, Viçosa, MG, Tel.: (31) 891.1044 e (32)539.6034. E-mail: fonseca@mail.ufv.br.

ABSTRACT: With the objective of evaluating the wastewater treatment, for disposition in the soil, and the use sewer in coastcross-grass irrigation, an experimental unit was implanted in the Federal University of Viçosa. The system was constituted of unit of preliminary treatment and irrigation border strips. The wastewater application rates were of 0,24 and 0,36 m³.h⁻¹.m⁻¹. The pH and TS of the effluent were larger for the smallest rate, while the alkalinity. The wastewater before and after treatment was classified as medium salinity. There was no variation, in the removal of DQO and DBO, between the largest and smaller application rate, with a maximum value of 75%. The treatment of the wastewater was not efficient in the removal of total and fecal coliforms-*E.coli*. The concentration of PB and P in the grass irrigated with wastewater were higher than the one irrigated with water. The DIVMS of the treated grass with or without sewer did not vary. The number of fecal coliforms/*E.coli* in the forage was less than one seven days after stopping the system and 12 days after fenation for both application rates and it was always less than one for the parcel irrigated with water.

KEY WORDS: wastewater, overland flow, fertirrigation.

¹ Parte da tese do 1º autor apresentada no Depto. de Engenharia Agrícola da UFV, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, objeto do convênio de parceria entre o DEA/UFV e a DVDT/ SPDT/ COPASA.

APLICAÇÃO DE ESGOTO NO SOLO COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO E REUSO NA FERTIRRIGAÇÃO DE FORRAGEM – UM CASO EM MINAS GERAIS

1. INTRODUÇÃO

O aproveitamento planejado de águas residuárias, efluentes tratados ou não, na agricultura é uma alternativa para controle da poluição de corpos d'água, disponibilização de água e fertilizantes para as culturas, reciclagem de nutrientes e aumento de produção agrícola. Trata-se de técnicas que envolvem duas áreas específicas da engenharia: a sanitária, que visa à depuração do resíduo líquido; e a agrícola, que visa ao aproveitamento de águas servidas para a irrigação de culturas.

Há evidências da utilização de sistemas de aplicação de águas residuárias em áreas agrícolas desde os tempos da civilização ocidental na antiga Atenas. Segundo METCALF e EDDY (1985) e a ORGANIZAÇÃO...– OMS (1989), a maior proliferação dos sistemas de aplicação de esgoto doméstico no solo ocorreu durante a segunda metade do século 19, principalmente em países europeus e nos Estados Unidos e México. Já no início do século 20 houve redução na aplicação de esgoto em solos agrícolas, devido ao receio de riscos sanitários e em razão do desenvolvimento de sistemas modernos de tratamento de esgoto (ANDRADE NETO, 1991).

OMS (1989) e ANDRADE NETO (1991) citaram que, no período pós-guerra, a crescente necessidade de otimização dos recursos hídricos, aliada ao desenvolvimento de critérios científicos de avaliação dos riscos sanitários, renovou o interesse pela prática de aplicação de resíduos na agricultura irrigada em diversos países como Argentina, Austrália, Chile, China, Alemanha, Índia, Israel, Kuwait, México, Peru, Arábia Saudita, África do Sul, Sudão, Tunísia e EUA, destacando-se a China com uma área irrigada de 1.330.000 hectares.

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 (COPASA, SABESP, CAESB, SAAE) em parceria com as universidades brasileiras (UFV, UFMG, USP, UNB) têm pesquisado essa alternativa de tratamento e fertirrigação, principalmente, de forrageiras (FONSECA, 2000).

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 e que fosse respeitado o prazo de duas semanas entre o término da irrigação da forrageira com águas residuárias e a alimentação de animais.

Tendo em vista a necessidade do tratamento do esgoto doméstico e o seu uso planejado na agricultura, este trabalho teve como objetivos avaliar a eficiência do tratamento do esgoto bruto de origem doméstica pelo método do escoamento superficial e os aspectos qualitativos e sanitários do capim-coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), cultivado nas faixas de irrigação.

MATERIAL E MÉTODO

O trabalho foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG. O esgoto doméstico é proveniente do conjunto residencial Condomínio Bosque do Acamari, constituído de 136 unidades residenciais unifamiliares.

A Estação de Tratamento de Esgoto Experimental (ETEe), com área total de 700 m², consiste de tratamento preliminar, constituído de gradeamento, desarenação, canal de medição de vazão e tanque de equalização de 1 m³, cuja mistura foi feita por meio de um motor de 2,0 cv de 3.500 rpm; e tratamento por disposição no solo, pelo método do escoamento superficial, em uma área dividida em seis 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.). O solo na área do tratamento é da classe Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico (OLIVEIRA, 1992).

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 m³.h⁻¹.m⁻¹, durante o período de 8 h.d⁻¹ e frequência de cinco dias (descanso aos sábados e domingos).

O esgoto foi coletado semanalmente, no intervalo das 8 às 16 horas, de hora em hora, constituindo amostras compostas por faixa, recomendado por SILVA (1977). Sendo as análises de temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, CE, DBO e DQO realizadas em triplicata, conforme AMERICAN...- APHA (1998).

As amostras do esgoto para análises de coliformes totais e de fecais – *E. Coli* foram coletadas semanalmente às oito horas, na entrada e saída do tratamento preliminar e no final de cada faixa. As contagens de coliformes totais e fecais foram realizadas pelo teste auto-análise Colilert (AC) em triplicata, conforme AMERICAN...- APHA (1998).

Escolheu-se o capim-coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) como material depurador, para ser plantado nas faixas de tratamento por ser uma espécie que adaptada-se às condições edafoclimáticas da região da Zona da Mata mineira, a vários tipos de solos e ser exigente em fertilidade. É uma forragem com bons índices de produtividade e alto valor nutritivo e, principalmente, em sistemas de produção intensiva, como os de produção de feno.

Na época de corte do capim-coastcross o sistema era paralisado por um período de 7 a 10 dias, e o corte efetuado a 15 cm do solo, para evitar a contaminação do operador do sistema.

Nos quatro cortes realizados, foram coletadas três amostras de matéria verde em uma área de 0,50 x 0,50 m, nas extremidade e meio das faixas, constituindo uma amostra composta para cada um dos tratamentos. O material coletado no último corte do capim-coastcross foi fenado no próprio campo, seguindo as recomendações de PEREIRA (1998) e REZENDE (1996). Foram confeccionados três fardos, correspondentes às faixas com taxa de aplicação do esgoto de 0,24 e 0,36 m³.h⁻¹.m⁻¹ e sem esgoto. Dos fardos foram retiradas três amostras de feno, formando amostras compostas para cada tratamento.

Nas amostras do material verde, foram realizadas análises de teores de matéria seca, proteína bruta (processo microKjeldahl), fósforo (espectrofotômetro) e digestibilidade “*in vitro*” (Tilley e Terry, 1963, primeiro estágio), segundo recomendações de SILVA (1990).

Para avaliação dos aspectos sanitários da forragem, foram coletadas, amostras da matéria verde do capim-coastcross em cada extremidade e no meio das faixas, constituindo uma amostra composta para cada tratamento (faixa com taxa de aplicação de 0,24 e 0,36 m³.h⁻¹.m⁻¹ e sem esgoto). O corte da forrageira para análise foi efetuado com o sistema em operação, após uma e dezesseis horas do sistema paralisado e após suspensão de aplicação do esgoto no sistema por sete dias. Para análise da avaliação da contaminação fecal no material submetido à fenação, o capim-coastcross foi fenado, constituindo três fardos, correspondentes aos três tratamentos em estudo. Em cada fardo foram retiradas três amostras, formando amostras compostas para análises de coliformes fecais - *E.coli*, após 3, 12, 17 e 24 dias do capim fenado.

Das amostras coletadas de material verde e feno, foram retiradas subamostras, aleatoriamente, das quais foram retiradas 10g e colocadas em proveta de 1000 mL, esterilizada. À esse material foi acrescentada água estéril (destilada, deionizada e autoclavada) até completar o volume de 1000 mL. Essa mistura foi lenta e manualmente agitada por um período de 30 segundos e colocada em repouso por um período de 30 minutos. Em seguida, retiraram-se alíquotas que foram submetidas às diluições de 10⁻¹ a 10⁻³, com três repetições, para análise de coliformes fecais - *E.Coli*. A contagem de coliformes totais e fecais - *E.coli* foi obtida pelo teste Auto-análise Colilert (AC), e recomendações descritas por APHA (1998).

RESULTADOS E DISCURSSÃO

As características físicas e químicas do sistema de tratamento de esgoto, do tratamento preliminar e por disposição no solo, pelo método do escoamento superficial, nas taxas de aplicação de 0,36 e 0,24 m³.h⁻¹.m⁻¹, estão apresentadas no Quadro 1. Observa-se que não houve variação

significativa entre os afluentes e efluentes do tratamento preliminar, isso, porém, em relação aos efluentes do tratamento por escoamento superficial.

Quadro 1 - 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	Tratamento preliminar		Efluente do tratamento por escoamento superficial	
		Afluente	Efluente	Taxa de aplicação	
				0,36 m ³ .h ⁻¹ .m ⁻¹	0,24 m ³ .h ⁻¹ .m ⁻¹
Temperatura	°C	24	24	23	23
pH	pH	6,8 a 7,3	7,0 a 7,3	7,3 a 7,6 ^A	7,6 a 7,7 ^B
Variação	%	-1,6 a +3,2		-4,3 a -5,8	-5,8 a -6,3
Sólidos sedimentáveis	mL.L ⁻¹	10	9	< 0,1	< 0,1
Eficiência	%	10,0		98,8	98,8
CE	dS.m ⁻¹	0,552 ± 0,032 ^C	0,557 ± 0,034 ^C	0,525 ± 0,013 ^A	0,496 ± 0,009 ^B
Variação	%	+ 0,9		-5,7	-10,9
DQO	mg.L ⁻¹	709 ± 81,83 ^C	715 ± 84,10 ^C	310 ± 27,54 ^A	263 ± 27,69 ^A
Eficiência	%	-0,8		56,7 (Máx 75,0)	63,2 (Máx 75,0)
DBO ₅ ^{20c}	mg.L ⁻¹	360 ± 64,42 ^C	340 ± 58,95 ^C	157 ± 5,80 ^A	137 ± 18,94 ^A
Eficiência	%	0,3		53,9 (Máx 75,0)	61,2 (Máx 67,0)
Coliforme total	NMP/100mL	9x10 ⁷ ± 70,01 ^C	1x10 ⁸ ± 70,01 ^C	6x10 ⁷ ± 4x10 ⁶ ^A	5x10 ⁷ ± 6x10 ⁶ ^B
Coliformes fecais- <i>E.coli</i>	NMP/100mL	9x10 ⁶ ± 70,01 ^C	1x10 ⁷ ± 70,01 ^C	9x10 ⁶ ± 4x10 ⁵ ^A	8x10 ⁶ ± 2x10 ⁶ ^A

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 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.

A quantidade de sólidos sedimentáveis (Quadro 1) decresceu 1 mL.L⁻¹, no tratamento preliminar, e para menos de 0,1 mL.L⁻¹ 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⁻¹, estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM nº 010/86, para característica dos efluentes a serem lançados em cursos d'água.

No tratamento preliminar (Quadro 1), observou-se que o pH do efluente praticamente não variou, mantendo-se em média 6,8 – 7,3, sendo satisfatório às recomendação de AYERS e WESTCOT (1991) para uso em fertirrigação.

Nos efluentes do tratamento por disposição no solo, a variação do pH, entre faixas de tratamento, não variou ($P > 0,05$). 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 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, 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.

A condutividade elétrica do esgoto sofreu ligeiro acréscimo com o tratamento preliminar (Quadro 1). No efluente do tratamento por escoamento superficial, decresceu ($P < 0,05$) entre os tratamentos até atingir valores médios de 0,525 e 0,496 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, para a maior e a menor taxa de aplicação, respectivamente. A condutividade elétrica foi menor na menor taxa de aplicação (0,24 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$), devido ao maior tempo de detenção do esgoto nessas faixas, o que, possivelmente, favoreceu à precipitação de sais do esgoto. A diminuição dos cátions disponíveis para a precipitação dos íons carbonatos e bicarbonatos podem ter proporcionado a manutenção de maior quantidade desses íons na solução; além de maior acidificação da solução, pode ter proporcionado o aumento da CE com o tempo de operação do sistema.

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 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 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 (BERNARDO, 1995).

A demanda química de oxigênio no tratamento preliminar sofreu ligeiro acréscimo (0,8%), passando de 709 a 715 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (Quadro 1). No efluente das faixas do tratamento por escoamento superficial, nas taxas médias de aplicação de 0,36 e 0,24 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, foram reduzidas de 56,7 e 63,2%, correspondentes às concentrações médias dos efluentes de 310 e 263 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, respectivamente. Não foi encontrada diferença significativa ($P > 0,05$) na remoção de DQO entre as taxas de aplicação. A variação entre as faixas, em ambos os tratamentos, deveu-se ao tempo de detenção do esgoto nessas faixas.

No tratamento preliminar, observou-se (Quadro 1) 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 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, as remoções médias foram de 53,9 e 61,2%, correspondentes às concentrações médias dos efluentes de 157 e 137 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, respectivamente.

Observou-se que houve variação ($P < 0,05$) entre as faixas na menor taxa de aplicação, enquanto nas faixas de maior taxa não ocorreu variação ($P > 0,05$), o que era de se esperar, devido ao menor tempo de detenção dessa taxa entre os tratamentos.

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

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 entre ambas as taxas de aplicação estudadas; possivelmente, na taxa de 0,36 m³.h⁻¹.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* do esgoto sofreu acréscimo menor que uma unidade logarítmica; no tratamento preliminar, tal fato se deveu, possivelmente, à ligeira decomposição do material orgânico no tanque de equalização.

No tratamento por escoamento superficial, a contagem de coliformes totais e fecais – *E.coli* no efluente das faixas não variou (P>0,05) entre estas em ambas as taxas de aplicação, ocorrendo decréscimos menores que uma unidade logarítmica. Entretanto, a contagem de coliformes totais variou entre tratamentos (P<0,05), sendo menor no efluente das faixa nas quais a taxa de aplicação foi de 0,24 m³.h⁻¹.m⁻¹. 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.

A deliberação Normativa COPAM nº 010/86 não estabelece limite de despejos infectados com microrganismos patogênicos no corpo receptor d'água, porém os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com o seu enquadramento; assim, os resultados foram insatisfatórios para atendimento da qualidade do corpo receptor d'água, córrego São Bartolomeu, o qual foi enquadrado na classe 2, ou seja, o limite máximo de 1.000 coliformes fecais por 100 mL. Portanto, o tratamento do esgoto por escoamento superficial, nessa situação, não foi eficiente quanto à remoção de coliformes totais e fecais – *E. coli*.

No Quadro 2 estão apresentados os resultados da composição químico-bromatológica (matéria seca, proteína bruta e minerais) e a digestibilidade “in vitro” da matéria seca do capim-coastcross, tratado ou não com esgoto doméstico, para os quatro cortes efetuados.

De maneira geral, observou-se que os tratamentos que receberam esgoto doméstico apresentaram valores mais elevados para as variáveis analisadas e os valores encontrados para o capim irrigado com água conferem com os dados encontrados por PALHANO (1990).

Quadro 2 - Composição químico-bromatológica e digestibilidade “in vitro” da matéria seca do capim-coastcross tratado com e sem esgoto doméstico bruto, nos quatro cortes avaliados

Tratamentos	Altura média (cm)	MS (%)	PB (%)	P (%)	DIVMS (%)
1º Corte – 53 dias					
Sem esgoto	35	31,30 ± 0,00 ^a	8,10 ± 0,00 ^b	0,20 ± 0,01 ^b	56,71 ± 0,00 ^a
Q = 0,24 m ³ .h ⁻¹ .m ⁻¹		24,75 ± 0,77 ^b	16,63 ± 0,77 ^a	0,30 ± 0,03 ^a	61,42 ± 5,94 ^a
Q = 0,36 m ³ .h ⁻¹ .m ⁻¹	75	24,16 ± 1,80 ^b	17,47 ± 0,99 ^a	0,28 ± 0,03 ^a	63,86 ± 0,62 ^a
2º Corte – 46 dias					
Sem esgoto	30	20,30 ± 0,00 ^a	14,27 ± 0,00 ^b	0,27 ± 0,04 ^b	51,96 ± 0,00 ^a
Q = 0,24 m ³ .h ⁻¹ .m ⁻¹		17,30 ± 0,62 ^b	21,58 ± 1,39 ^a	0,48 ± 0,03 ^a	49,83 ± 0,43 ^a
Q = 0,36 m ³ .h ⁻¹ .m ⁻¹	65	17,69 ± 0,63 ^b	20,71 ± 0,68 ^a	0,46 ± 0,01 ^a	50,80 ± 3,16 ^a
3º Corte – 28 dias					
Sem esgoto	20	32,27 ± 0,00 ^a	11,81 ± 0,00 ^b	0,26 ± 0,01 ^b	65,71 ± 0,00 ^a
Q = 0,24 m ³ .h ⁻¹ .m ⁻¹		21,63 ± 3,17 ^b	18,60 ± 2,33 ^a	0,39 ± 0,04 ^a	64,26 ± 3,64 ^a
Q = 0,36 m ³ .h ⁻¹ .m ⁻¹	35	20,91 ± 0,52 ^b	21,05 ± 1,49 ^a	0,35 ± 0,05 ^{ab}	61,66 ± 7,65 ^a
4º Corte – 48 dias					
Sem esgoto	30	37,55 ± 0,00 ^a	9,82 ± 0,00 ^b	0,15 ± 0,04 ^b	60,89 ± 0,00 ^b
Q = 0,24 m ³ .h ⁻¹ .m ⁻¹		22,51 ± 1,47 ^b	17,81 ± 2,32 ^a	0,32 ± 0,05 ^a	72,21 ± 0,86 ^a
Q = 0,36 m ³ .h ⁻¹ .m ⁻¹	55	22,66 ± 1,47 ^b	19,22 ± 0,37 ^a	0,32 ± 0,03 ^a	70,96 ± 3,67 ^a

Nota: Letras minúsculas sobrescritas diferentes indicam variação significativa entre tratamentos, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey;

Observaram-se maiores ($P < 0,05$) teores de proteína bruta no capim tratado com esgoto, que por sua vez não diferiram entre as taxas de aplicação usadas (0,24 e 0,36 m³.h⁻¹.m⁻¹). Destacou-se o alto teor protéico do capim-coastcross tratado com esgoto, em todos os cortes, registrando-se valores médios de 18,7 e 19,6%, nas taxas de aplicação de 0,24 e 0,36 m³.h⁻¹.m⁻¹, respectivamente, enquanto no tratamento sem esgoto se registrou valor médio de 11,0%. Os resultados apresentados foram satisfatórios quanto à eficiência do tratamento de esgoto por disposição no solo pelo método do escoamento superficial na remoção de nitrogênio pela forrageira.

Os teores protéicos obtidos para o capim-coastcross, tratado com esgoto, podem ser considerados altos, principalmente no 1º, 2º e 3º cortes, quando o capim se encontrava com a idade avançada, já que o teor protéico tende a decrescer com a maturidade da planta. ALVIM et al. (1996) encontraram valores médios de 19,1% quando aplicaram 750 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de nitrogênio e de 13,5%, na ausência de nitrogênio, para a frequência de corte de quatro semanas na época das chuvas.

O teor de fósforo na matéria seca na forragem tratada com esgoto, em ambas as taxas de aplicação, variou significativamente em relação à não-tratada com esgoto nos quatro cortes (Quadro 2). Houve a tendência de decréscimo do teor de fósforo com o envelhecimento da planta, sendo maior para a forragem que não foi tratada com esgoto, possivelmente devido ao fato de a sua atividade metabólica reduzir com a idade. Observa-se, nesse quadro, que a absorção de fósforo pelo capim-coastcross foi maior nas faixas que receberam a menor taxa de aplicação de esgoto.

A digestibilidade “in vitro” do capim-coastcross (Quadro 2) não variou ($P>0,05$) quando aplicadas as taxas de aplicação de 0,24 e 0,36 $m^3 \cdot h^{-1} \cdot m^{-1}$ e não variou na forragem cultivada sem esgoto no primeiro, segundo e terceiro cortes; entretanto, variou ($P<0,05$) no quarto corte. O percentual de forragem digerido pelo animal foi igual em ambos os tratamentos, com ou sem esgoto, sendo, ao que tudo indica, recomendável a alimentação do animal com forragem adubada com esgoto doméstico bruto.

O teor de matéria seca do capim-coastcross fertirrigado com esgoto, em todos os cortes, foi menor ($P<0,05$) que a do capim que não recebeu esgoto. O crescimento luxuriante da vegetação, fertirrigada com esgoto, observado no campo, devido à disponibilidade de água e nutrientes, fez com que houvesse a produção de uma massa verde mais volumosa, embora menos concentrada.

Os elevados teores protéicos e os níveis adequados de minerais, bem como de digestibilidade, são indicativos de se tratar de um capim de alto valor nutritivo. Esses resultados são de grande importância ao considerar-se que a destinação final da massa verde produzida pode ser um dos maiores entraves para adoção da técnica de tratamento de esgoto por escoamento superficial.

Na Figura 1, são apresentados os resultados da contagem de coliformes fecais – *E. coli* em um grama de forragem verde e fenada do capim-coastcross, obtido das faixas cultivadas sem e com esgoto. Observa-se, nessa figura, que a contagem de coliformes fecais – *E. coli* na forragem verde e fenada do capim-coastcross foi menor que 1 quando fertirrigada com água.

A contagem de coliformes fecais – *E. coli*, na forragem verde coletada quando o sistema estava em operação, foi maior que uma e duas unidades logarítmicas para cada grama de forragem, nas taxas de aplicação de 0,24 e 0,36 $m^3 \cdot h^{-1} \cdot m^{-1}$, respectivamente. Após o sistema ser paralisado por sete dias, número de coliformes fecais tendeu a reduzir, chegando a ser menor que 1.

Os resultados foram satisfatórios, considerando-se que a OMS sugere o prazo de duas semanas entre o término da fertirrigação da forrageira com esgoto e a alimentação dos animais. Entretanto, três dias após fenado, a contagem de coliformes fecais – *E. coli* foi maior que uma unidade logarítmica. Possivelmente, devido à contaminação do capim com o solo durante o período de secagem e a produção do feno, a forragem fenada apresentou o teor de umidade de 18-20%, valor esse superior aos 12-15% recomendados por PEREIRA (1998) para proporcionar preservação estável da forragem fenada. O armazenamento de fenos com teores de umidade de 18-20% resultou

na elevação das perdas de matéria seca, decorrentes da contínua respiração celular, e pode ter favorecido o desenvolvimento de coliformes fecais – *E. coli* no feno produzido. Já após 12 dias do capim fenado, a contagem decresceu para menos que 1.

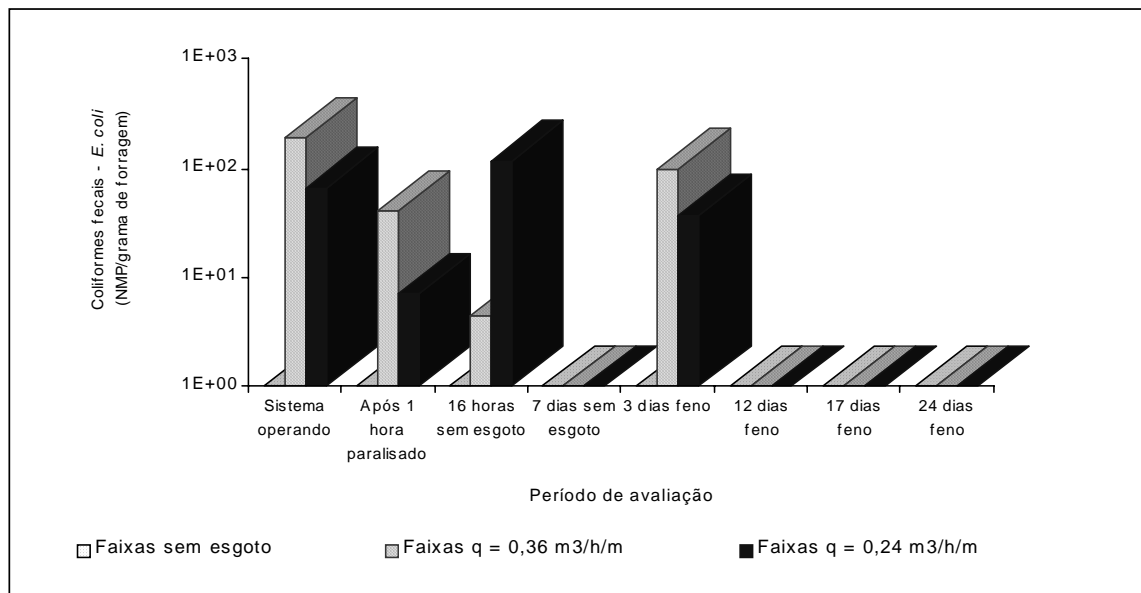


Figura 1 – Contagem de coliformes fecais – *E. Coli* na forragem verde e fenada do capim-coastcross, com e sem esgoto doméstico bruto, durante e após a operação do sistema.

CONCLUSÕES

- De maneira geral, nas condições desta pesquisa, o tratamento pelo método do escoamento superficial foi eficiente no tratamento do esgoto doméstico bruto e mostrou-se viável como forma alternativa de aproveitamento de água e nutrientes disponíveis para o cultivo de forragens, 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.
- 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 N^o 010/86 da COPAM.
- O tratamento do esgoto não foi eficiente quanto à remoção de coliformes totais e fecais – *E. coli*.
- O capim-coastcross cultivado nas faixas de tratamento de esgoto apresentou elevado valor protéico e variações significativas no teor de fósforo. Não sofreu alterações significativas na digestibilidade “in vitro” da matéria seca quando fertirrigado com esgoto.
- Após sete dias do sistema de tratamento do esgoto paralisado ou após 12 dias do capim fenado, a contaminação baixou a nível de tornar possível seu uso na alimentação de ruminantes.

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

- ALVIM, M. J., BOTREL, M. A., PASSOS, L. P., BRESSAN, M., VILELA, D. Efeito da frequência de cortes e do nível de nitrogênio sobre a produção e qualidade da matéria seca do “coast-cross”. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO cynodon, 1996, Juiz de Fora, MG. **Anais...** Juiz de Fora, MG: EMBRAPA; CNPGL, 1996. p.45-55.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington. D.C.: APHA, s.n.p. 1998.
- 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.
- BITTON, G., GERBA, C. P. **Groundwater pollution microbiology**. New York: John Wiley & Sons, 1984. 379p.
- 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.

- 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.
- METCALF e EDDY, INC. **Ingeniería sanitaria**; tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. 2.ed. Barcelona: Labor, 1985. p.908.
- OLIVEIRA, J.B., JACOMINE, P.K., CARMARGO, M.N.C. **Classes gerais de solos do Brasil**: guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1992. 201p.
- ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD-OMS. **Directrices sanitarias sobre el uso de agua residuales en agricultura y acuicultura**. Ginebra: OMS,1989. 93p. (Série de Informes Técnicos, 778).
- PALHANO, A. L. **Recrutamento de nutrientes e valor nutritivo de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. cv. coast-cross nº 1**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 122p. Dissertação (Mestrado em Agrimensura) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1990.
- PEREIRA, O. G. Produção e utilização de feno. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA,1998, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 1998. p.63-87.
- PORTARIA Nº 36 (18-Jan-1990) Ministério da Saúde – Normas e padrão da potabilidade da água destinada ao consumo humano. In: VIANNA, M. R. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água**. 3. ed. Belo Horizonte: Imprimatur, 1997. p.553-565.
- REZENDE, H., ALVIM, M. J. Estabelecimento e manejo sob corte do capim “coast-cross” In: In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *Cynodon*, 1996, Juiz de Fora, MG. **Anais...** Juiz de Fora, MG: EMBRAPA; CNPGL, 1996. p.3-8.
- SILVA, D. J. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 2.ed. Viçosa, MG:UFV, Impr.Univ., 1990. 165p.
- SILVA, M. O. S. A. **Análises físico-químicas para controle de estações de tratamento de esgotos**. São Paulo: CETESB, 1977. 226 p.
- U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. **Process design manual – land treatment of municipal wastewater**. Washington, D.C.: Department of the Interior, 1981. 625p.
- REFERÊNCIA:** FONSECA, S. P. P.; SOARES, A. A. Application of sewer in the soil as alternative of treatment is reuse in fertirrigation of forage - A case in Minas Gerais State. In: INTERAMERICAN DIALOGUE ON WATER MANAGEMENT, 4. 2001, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR, 2001.