

# CONCENTRAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO POR ESCOAMENTO SUPERFICIAL<sup>1</sup>

ANA PAULA S. LOURES<sup>2</sup>, ANTÔNIO A. SOARES<sup>3</sup>, ANTONIO T. DE MATOS<sup>4</sup>, PAULO ROBERTO CECON<sup>5</sup> & ODILON G. PEREIRA<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa

<sup>2</sup> Eng<sup>a</sup> Civil, Doutoranda, Depto. de Engenharia Florestal, UFV, Viçosa - MG, Fone: (0XX31) 3899.3236, aploures@vicos.ufv.br

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Prof. Titular, Depto de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa - MG

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Prof. Adjunto, Depto de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa - MG

<sup>5</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Prof. Adjunto, Depto de Informática, UFV, Viçosa - MG

<sup>6</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Prof. Adjunto, Depto de Zootecnia, UFV, Viçosa - MG

Escrito para apresentação no  
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

**RESUMO:** Com o objetivo de melhor compreender e quantificar a concentração e a remoção de matéria orgânica (MO) no esgoto doméstico, conduziram-se ensaios de campo, utilizando-se o método de escoamento superficial, sob diferentes taxas de aplicação: 0,24; 0,36 e 0,48 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>. Verificou-se que, para os 8 m iniciais da rampa de escoamento, a menor taxa de aplicação, 0,24 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, proporcionou a maior taxa de remoção de material orgânico, tendo alcançado eficiência de 66,4% para demanda bioquímica de oxigênio aos 5 dias (DBO<sub>5</sub>) e 62,5% para demanda química de oxigênio (DQO). Os coeficientes para o estágio 1 do modelo exponencial utilizado foram: para DBO<sub>5</sub>, k = 0,0020 e n = 2,3154, enquanto para DQO, k = 0,0200 e n = 0,7846. Após a análise de amostras de solos coletadas a 1 m do início da rampa, antes e depois da aplicação do esgoto, verificou-se diminuição no conteúdo de MO na camada C<sub>1</sub>, de 0 a 10 cm, para todas as taxas de aplicação estudadas. Na camada C<sub>2</sub>, de 50 a 60 cm, para as taxas de aplicação 0,24 e 0,48 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, houve aumento na referida variável enquanto que, para a taxa de aplicação 0,36 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, houve diminuição. A taxa 0,36 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> proporcionou, no período de 137 dias de aplicação de esgoto, o maior valor de rendimento acumulado na produção de biomassa pelo capim-coastcross.

**PALAVRAS-CHAVE:** água residuária, capim-coastcross, remoção de matéria orgânica

## ORGANIC MATTER CONCENTRATION IN OVERLAND FLOW SYSTEM FOR DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT

**ABSTRACT:** In order to evaluate the concentration and removal of organic matter in domestic wastewater, an experiment was developed using the overland flow method for different application rates: 0.24, 0.36 and 0.48 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>. The highest removal rates for samples collected at 8 m from the beginning of the borders occurred for the application rate of 0.24 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>: 66,4% for 5-day biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>) and 62,5% for chemical oxygen demand (COD). The coefficients for the stage 1 of the exponential model were k = 0,0020 and n = 2,3154, for BOD; and k = 0,0200 and n = 0,7846, for COD. Soils samples were collected at two layers at 1 m from upper end: L<sub>1</sub> (0 to 10 cm) and L<sub>2</sub> (50 to 60 cm). For all treatments the amount of organic matter at L<sub>1</sub> decreased at the end of the experiment. At L<sub>2</sub> the amount of organic matter increased for the treatments with application rates of 0.24 and 0.48 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, and decreased for the 0.36 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>. The treatment with 0.36 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> of application rate presented the highest values of biomass production.

**KEYS WORDS:** sewage, 'coastcross' bermudagrass, organic matter removal

**INTRODUÇÃO:** O fato do esgoto doméstico constituir rica fonte de matéria orgânica e nutrientes minerais fez com que deixasse de ser visto apenas como um despejo residual e passasse a ser considerado um recurso aproveitável (METCALF & EDDY, 1991). Assim, as técnicas de tratamento visando o aproveitamento deste recurso ganharam impulso, principalmente, aquelas que aumentam a produção de biomassa vegetal. Uma das técnicas que tem recebido especial atenção é a de tratamento de esgotos pelo método de escoamento superficial. O pouco conhecimento gerado sobre parâmetros de dimensionamento de sistemas de tratamento de águas residuárias por escoamento superficial, devidamente adaptados para nossas condições climáticas, pode ser responsável pela expansão relativamente pequena da técnica. Objetivou-se com o presente trabalho determinar os parâmetros de dimensionamento de estação de tratamento de esgoto (ETE) por escoamento superficial, para as condições de solo e clima de Viçosa - MG, bem como avaliar alterações químicas no solo e a produção de matéria seca do capim-coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), cultivado nas rampas de tratamento.

**MATERIAL E MÉTODO:** O trabalho de campo foi realizado no período de julho a novembro de 2001, utilizando-se o método de escoamento superficial, nas dependências da EETE (Estação Experimental de Tratamento de Esgoto) do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG (coordenadas: 20° 45' 14" S; 42° 52' 53" W; altitude média de 648 m). A EETE é constituída de sistemas para tratamentos preliminar e secundário (Figura 1), sendo o primeiro constituído por gradeamento, desarenador, canal para realização de medição de vazão em vertedouro de seção triangular (Thompson) e tanque de equalização de 1 m<sup>3</sup>, onde o esgoto foi misturado por hélice acionada por motor de 2,0 cv e 3.500 rpm; e o segundo efetuado no solo em área dividida em seis planos de sistematização, cada um com duas rampas de 2 m de largura, 20 m de comprimento e declividade de 2%, cultivadas com capim-coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). Utilizaram-se três taxas de aplicação de esgoto: 0,24; 0,36 e 0,48 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>. O sistema de tratamento de esgoto operou com período de aplicação de 8 h dia<sup>-1</sup> e frequência de aplicação de 5 dias semana<sup>-1</sup>, estabelecendo-se descanso aos sábados, domingos e feriados. Coletaram-se amostras do esgoto com seringas descartáveis de 20 mL na entrada do tratamento secundário, ou seja, no início de cada rampa e ao longo desta, nas distâncias de 2, 4, 6, 8 e 10 m, sendo feitas três coletas de 100 mL em cada ponto, gerando, assim, amostras compostas, em cada dia de coleta. Para avaliação das alterações em relação ao conteúdo de MO ao longo do perfil do solo, coletaram-se amostras por ocasião do início e do término do experimento, em duas camadas: de 0 a 10 e de 50 a 60 cm, na distância de 1 m do início da rampa. Para avaliar a forrageira quanto a sua capacidade de remover nutrientes, foram efetuados três cortes à distância de 1 m do início da rampa, em área de 1 m<sup>2</sup>, com intervalo de aproximadamente 45 dias entre os cortes, totalizando um período de avaliação de 137 dias.



Figura 1. (a) Tratamento preliminar: grade e desarenador; (b) Tratamento secundário: rampas com 2% de declividade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

**Remoção de DBO<sub>5</sub> e DQO na água residuária em escoamento nas rampas de tratamento:** As menores concentrações médias e as maiores eficiências médias de remoção de DBO<sub>5</sub> e DQO, no esgoto em escoamento sob a taxa de aplicação 0,24 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, foram obtidas aos 8 m do início da rampa, onde os valores alcançados foram de 127,2 mg L<sup>-1</sup> para DBO<sub>5</sub> e 238,5 mg L<sup>-1</sup> para DQO, correspondendo a eficiências de 66,4 e 62,5%, respectivamente. Estes valores de concentração estão superiores aos limites para DBO<sub>5</sub> a 20°C (60 mg L<sup>-1</sup>) e para DQO (90 mg L<sup>-1</sup>) e a eficiência de remoção de 66,4% para DBO<sub>5</sub> está inferior ao valor de 85% de eficiência de remoção, estabelecidos pela Deliberação Normativa nº 010/86, da Comissão de Política Ambiental (COPAM) para lançamento de efluentes em corpos receptores (CAMPOS, 1998). Entretanto, cabe ressaltar que as concentrações e as eficiências encontradas no presente trabalho referem-se à fase inicial do tratamento, correspondente aos primeiros metros de comprimento de rampa, em uma unidade experimental, e não à concentração e à eficiência finais do efluente de um sistema de tratamento construído com o intuito de tratar o esgoto para lançamento em corpo hídrico receptor. A taxa de aplicação 0,24 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> alcançou as maiores, enquanto a taxa 0,48 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, as menores taxas de remoção de DBO<sub>5</sub> e DQO do esgoto. Taxas de aplicação menores proporcionam maior tempo de contato entre a água residuária, o solo e o filme biológico, constituído pelos microrganismos responsáveis pela degradação dos poluentes, formado na superfície do solo e no colo das plantas. Taxas menores devem ser, por esta razão, recomendadas para aplicação de esgoto doméstico submetido apenas a tratamento preliminar, em sistemas de tratamento por escoamento superficial. Taxas de aplicação maiores proporcionam menor tempo de detenção do esgoto no solo e no filme biológico. Outro fator atuante no processo é que taxas de aplicação maiores implicam em níveis de saturação do solo mais elevados; e a umidade excessiva nas camadas mais superficiais limita e desequilibra a atividade biológica, por dificultar a aeração do solo (DOMMERGUES & MANGENOT, 1970). Os coeficientes para o estágio 1 do modelo exponencial utilizado foram: para DBO<sub>5</sub>, k = 0,0020 e n = 2,3154, enquanto para DQO, k = 0,0200 e n = 0,7846.

**Alteração na concentração de matéria orgânica no solo no início das rampas de tratamento:** Na camada C<sub>1</sub>, houve diminuição no conteúdo de MO com a aplicação de todas as taxas estudadas. Para a taxa 0,24 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, houve diminuição de 5,24 para 2,26 dag kg<sup>-1</sup>; para a taxa 0,36 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, de 4,74 para 2,64 dag kg<sup>-1</sup>; para a taxa 0,48 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, de 5,21 para 2,26 dag kg<sup>-1</sup>; e, para a testemunha, de 2,58 para 2,23 dag kg<sup>-1</sup>; correspondendo a diminuições de 57, 44, 56 e 14%, respectivamente. Acredita-se que a aplicação anterior de esgoto doméstico na área tenha proporcionado acúmulo de material orgânico no solo. Concluído o experimento anterior, a ocorrência de um período sem aplicação de água residuária favoreceu a aeração do solo, beneficiando a população aeróbia, que é mais ativa no mesmo do que a população anaeróbia. Com o início da aplicação de esgoto neste trabalho e considerando-se que a maioria da microbiota do solo é heterotrófica, e que, por isso, precisa de fonte de carbono orgânico pré-formado, acredita-se ter ocorrido intenso processo de mineralização do material orgânico, pois os microrganismos do solo utilizaram não apenas o carbono orgânico presente no esgoto como, também, aquele presente no próprio solo. Isto pode ser comprovado pela maior diminuição no conteúdo de MO nas rampas que receberam o esgoto doméstico do que na testemunha, indicando a influência da umidade e do aporte de nutrientes com a aplicação do esgoto sobre o processo de mineralização. Simultaneamente ao processo de mineralização intenso, a diminuição no conteúdo de MO na camada superficial pode ser, também, devida à formação e percolação dos ácidos húmicos no perfil do solo. Na camada C<sub>2</sub>, para a taxa de aplicação 0,24 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, houve aumento no conteúdo de MO de 1,86 para 2,04 dag kg<sup>-1</sup>; para a taxa 0,48 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, de 1,51 para 2,39 dag kg<sup>-1</sup>; e, para a testemunha, de 1,04 para 2,07 dag kg<sup>-1</sup>; correspondendo a aumentos de 9, 37 e 50%, respectivamente. Esses resultados podem ser atribuídos ao acúmulo dos produtos das sínteses húmicas, os quais podem ter sofrido percolação ao longo do perfil do solo. Com a aplicação de 0,36 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, houve diminuição na referida variável de 1,45 para 1,32 dag kg<sup>-1</sup>, correspondendo a 9%. A explicação para esses resultados pode estar associada à ação mais efetiva da microbiota presente na rizosfera, atuando sobre a matéria orgânica existente, para a obtenção dos nutrientes necessários ao seu próprio crescimento e à sua multiplicação, uma vez que a forrageira portou-se como importante competidora por esses elementos, notadamente nas camadas subsuperficiais.

**Acúmulo de biomassa vegetal:** Os rendimentos de 2.642, 3.380 e 1.923 kg ha<sup>-1</sup> de MS obtidos com a aplicação das taxas de 0,24; 0,36 e 0,48 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, respectivamente, são considerados baixos quando comparados aos 18.000 kg ha<sup>-1</sup> de MS reportados por Mislevy (1989), citado por VILELA & ALVIM (1998), e aos 21.900 kg ha<sup>-1</sup> de MS observados por Carnevalli & Silva (1998), citados por SILVA et al. (1998), para o capim-coastcross cultivado sob condições de manejo para pastejo e conservação; e aos 12.083 kg ha<sup>-1</sup> de MS e 9.983 kg ha<sup>-1</sup> de MS verificados por QUEIROZ et al. (2004), respectivamente, em estudo de aplicação de água residuária de suinocultura e de água da rede de abastecimento no referido capim. Isto pode ser atribuído ao fato de que dois cortes avaliados neste experimento terem sido realizados durante o inverno, e apenas um corte, na primavera. Carnevalli & Silva (1998), citados por SILVA et al. (1998), observaram que a referida produção de 21.900 kg ha<sup>-1</sup> de MS apresentou uma distribuição aproximada de 70% durante o período de outubro a março (período das águas) e 30% de abril a setembro. Outro fator atuante é que os cortes avaliados referem-se somente à produção a 1 m do início da rampa. Neste ponto, houve o acúmulo de lodo de esgoto, o que proporcionou condições favoráveis ao crescimento de diversas plantas invasoras que competiam com o capim-coastcross pelos nutrientes depositados.

**CONCLUSÕES:** Na avaliação do tratamento de esgoto doméstico em sistemas por escoamento superficial, em até 8 m de comprimento de rampa, verificou-se que a taxa de aplicação 0,24 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> resultou na maior eficiência de remoção de material orgânico, tendo alcançado valores de 66,4% para DBO<sub>5</sub> e 62,5% para DQO. Os coeficientes obtidos neste experimento, para o estágio 1 do modelo exponencial, para taxas de aplicação de efluente primário 0,24 a 0,48 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, em rampas de escoamento com declividade de 2%, foram k = 0,0020 e n = 2,3154, para DBO<sub>5</sub>, e k = 0,0200 e n = 0,7846, para DQO. Em relação ao início do experimento, a 1 m do início das rampas de tratamento, na camada de 0 a 10 cm, para as taxas de aplicação 0,24; 0,36 e 0,48 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, houve diminuições de 57, 44 e 56%, respectivamente, no conteúdo de matéria orgânica no solo. Na camada de 50 a 60 cm, para as taxas de aplicação 0,24 e 0,48 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, ocorreram aumentos de 9 e 37%, respectivamente, no conteúdo de matéria orgânica e diminuição de 9% na taxa de aplicação 0,36 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>.

#### REFERÊNCIAS:

- CAMPOS, L.P.R. et al. (Org.). Licenciamento ambiental: coletânea de legislação. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), 1998. 379p.
- DOMMERGUES, Y.; MANGENOT, F. Écologie microbienne du sol. Paris: Masson et Cie, Éditeurs, 1970. 796p.
- METCALF & EDDY, INC. Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse, 3<sup>rd</sup> ed. New York: McGraw-Hill Publishing Company, 1991. 1334p.
- QUEIROZ, F.M.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G.; OLIVEIRA, R.A. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura. Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.12, n.2, p.77-90, 2004.
- SILVA, S.C. DA; PASSANEZI, M.M.; CARNEVALLI, R.A.; PEDREIRA, C.G.S.; FAGUNDES, J.L. Bases para o estabelecimento do manejo de *Cynodon* sp. para pastejo e conservação. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 15, 1998, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1998. p129.
- VILELA, D.; ALVIM, M.J. Manejo de pastagens do gênero *Cynodon*: introdução, caracterização e evolução do uso no Brasil. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 15, 1998, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1998. p23.