



# Influência da granulometria da serragem de madeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias<sup>1</sup>



Paola A. Lo Monaco<sup>2</sup>, Antonio T. de Matos<sup>3</sup>, Cláudio P. Jordão<sup>4</sup>, Paulo R. Cecon<sup>5</sup> & Mauro A. Martinez<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada á UFV

<sup>2</sup> DEA/UFV. CEP 36571-000. Viçosa, MG. Fone: (31) 3891-5701. E-mail: paolalomonaco2004@yahoo.com.br. (Foto)

<sup>3</sup> DEA/UFV. Bolsista do CNPq. Fone: (31) 3899-1886. E-mail: atmatos@ufv.br

<sup>4</sup> DEQ/UFV. Fone: (31) 3899-3061. E-mail: jordão@ufv.br

<sup>5</sup> DPI/UFV. Fone: (31) 3899-1781. E-mail: cecon@dpi.ufv.br

<sup>6</sup> DEA/UFV. Fone: (31) 3899-1910. E-mail: mmauro@ufv.br

Protocolo 134 - 12/9/2002 - Aprovado em 6/2/2004

**Resumo:** Com o presente trabalho, teve-se como meta principal avaliar a influência da granulometria da serragem de madeira, utilizada como material filtrante, na eficiência de tratamento de águas residuárias da suinocultura. Para isso, foram utilizadas colunas de filtragem contendo o material filtrante em três faixas granulométricas (0,84 a 1,19; 1,19 a 2,00 e 2,00 a 2,83 mm). Para a avaliação da eficiência do sistema, o afluente e o efluente foram caracterizados em relação aos seguintes parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST), nitrogênio total (N-total), fósforo total (P-total), potássio total (K-total), sódio total (Na-total), cobre total (Cu-total) e zinco total (Zn-total). De posse dos resultados, geraram-se curvas, relacionando-se as concentrações relativas dos parâmetros avaliados e a lâmina filtrada. A faixa granulométrica correspondente ao maior diâmetro do material foi mais eficiente na remoção da DBO<sub>5</sub> e DQO, com 40 e 80%, respectivamente. No caso de sólidos totais (ST), a maior granulometria foi mais eficiente, obtendo-se remoções em torno de 70%. A menor granulometria mostrou-se mais eficiente na remoção de nitrogênio (N-total), obtendo-se valores em torno de 50%. Não houve influência da granulometria na remoção de fósforo total, embora se tenha conseguido remoções de até 65%. O sódio e o potássio não foram removidos pelo filtro. Obtiveram-se remoções superiores a 95% para o cobre e o zinco, tendo sido obtida maior eficiência na remoção do cobre quando se utilizou o material com a menor granulometria.

**Palavras-chave:** filtros orgânicos, tratamento de água, tamanho da partícula

## Influence of the size of sawdust particles as filtering material in wastewater treatment

**Abstract:** The objective of this work was to evaluate the influence of the particle size of sawdust as filtering material on the efficiency of swine wastewater treatment. The three ranges of particles size used were 0.84 to 1.19; 1.19 to 2.00 and 2.00 to 2.83 mm. The values of biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total solids (TS), total-N, total-P, total-K, total-Na, total-Cu and total-Zn were determined in the affluents as well as in the effluents. Curves of the relative concentrations of these parameters and the filtered layer were obtained. The range of particle size corresponding to the largest diameter of the material was more suitable for reducing the BOD and COD (40 and 80%, respectively). The large particle size also allowed to remove about 70% of the TS. On the other hand, the smallest particle size removed about 50% of the nitrogen. The range of particle size did not affect the removal of phosphorus, although removal up to 65% were obtained. Sodium and potassium were not removed by the sawdust filters. Copper and zinc removal were above 95%, the smallest particle size showing highest copper removal.

**Key words:** organic filter, water treatment, particle size

## INTRODUÇÃO

A suinocultura moderna, caracterizada pelo confinamento de animais, gera grandes volumes de água residuária, com alto poder poluente. Para atendimento da legislação ambiental vigente, no que se refere à disposição desse resíduo, torna-se

conveniente o tratamento dessas águas. Dentre as formas alternativas de remoção de poluentes, presentes na água residuária, está a filtração. A ação mecânica de eliminação dos sólidos em suspensão, por filtração, se baseia no princípio de que um meio poroso pode reter impurezas de dimensões menores que as dos poros da camada filtrante (Povinelli & Martins, 1973).

A utilização de materiais filtrantes capazes de absorver/adsorver solutos e reter sólidos que sejam subprodutos de atividades agropecuárias e industriais, torna-se opção interessante, tendo em vista a sua abundância, o baixo custo de aquisição e a possibilidade de serem compostados, após utilizados. Quando o meio filtrante apresentar poros de pequeno diâmetro, as partículas de maior diâmetro tendem a ser retidas nas camadas mais superficiais dos filtros, proporcionando rápido aumento da perda de carga e pequeno período de operação do filtro, porém materiais filtrantes mais finos, deverão proporcionar a produção de efluentes mais depurados (Cabello, 1990).

Brandão (1999), ao trabalhar com filtros orgânicos de granulometria do material filtrante na faixa de 2 e 10 mm, especulou que a utilização de menor tamanho de partículas em filtros constituídos por material orgânico, poderiam proporcionar maiores eficiências de remoção de sólidos em suspensão e dissolvidos, considerando-se a redução do diâmetro de poros do material filtrante e o aumento da superfície específica. Ante o exposto, objetivou-se com este trabalho, avaliar a influência da granulometria da serragem de madeira como material orgânico filtrante, na eficiência de tratamento de águas residuárias da suinocultura (ARS).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A água residuária utilizada provinha de todas as baias da suinocultura da UFV. As colunas de filtração foram montadas em tubos de PVC de 100 mm de diâmetro e 600 mm de comprimento. Como material filtrante, foi empregada a serragem de madeira, previamente triturada em picadeira e peneirada, de modo a se obter três faixas granulométricas: pequeno (P), entre 0,84 e 1,19; médio (M), entre 1,19 e 2,00 e grande (G) 2,00 a 2,83 mm.

A serragem de madeira foi acondicionada nas colunas de forma gradual, em camadas de 5 cm de espessura, sob compressão de  $12.490 \text{ N m}^{-2}$  (pressão a ser exercida no pisoteio do material por uma pessoa de 70 kg), até ser atingida a altura de 50 cm.

Para armazenar a água residuária coletada, utilizaram-se galões de 50 L, que permaneceram em uma bancada de onde era distribuída para os diferentes filtros posicionados em uma bancada mais baixa. Frascos plásticos de 1,5 L foram utilizados para coleta parcelada de afluente e efluente, tendo sido acumulado um volume total de aproximadamente 10,5 L de efluente em cada coluna de filtração. O escoamento foi mantido na condição permanente, em meio saturado, durante toda a fase de filtração da ARS. Conhecendo-se o tempo para preencher o volume coletado (1,5 L), foi possível determinar a taxa de filtração do líquido no filtro. Os efluentes obtidos foram submetidos às determinações de demanda biológica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST), N-total, P-total, K-total, Na-total, Zn-total e Cu-total. Nas análises de  $\text{DBO}_5$  e de DQO, seguiu-se metodologia descrita pela APHA (1995), sendo a determinação da  $\text{DBO}_5$  feita por determinação de oxigênio dissolvido pelo

método iodométrico, e a da DQO pelo método do refluxo aberto. Para determinação de ST, utilizou-se a metodologia apresentada por Braile & Cavalcanti (1979) e APHA (1995). A concentração de N-total foi determinada em alíquota de 10 mL, pelo método Kjeldahl (Tedesco et al., 1985), em digestão com 5 mL de solução nítrico-perclórica (proporção de 3 mL de ácido nítrico para cada mL de ácido perclórico). Nos extratos obtidos, determinaram-se as concentrações de cobre e zinco, por espectrofotometria de absorção atômica, enquanto as concentrações totais de sódio e potássio foram avaliadas por fotometria de chama. A concentração de fósforo total foi obtida por espectrofotometria utilizando-se o método do ácido ascórbico, modificado por Braga & Defelipo (1974).

O volume de efluente coletado durante a condução dos ensaios foi convertido em lâmina filtrada, sendo esta obtida pela relação entre o volume filtrado ( $\text{cm}^3$ ) e a área transversal do filtro ( $\text{cm}^2$ ). Desta forma, foi possível a construção de curvas relacionando-se as concentrações de  $\text{DBO}_5$ , DQO, ST, N-total, P-total, K-total, Na-total, Cu-total e Zn-total, com a lâmina filtrada.

Análises de regressão foram utilizadas para obtenção de equações que possibilitassem a estimativa do desempenho de filtração na remoção de diversos parâmetros da água residuária, tendo-se como variável independente a lâmina filtrada. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste "t", e se adotando o nível de até 10% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e no fenômeno em estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, estão representadas as curvas dos efluentes coletados em filtros constituídos pela serragem de madeira, com três diferentes faixas granulométricas (P, M e G), tomando-se o eixo das abcissas como lâmina filtrada e as ordenadas como concentração relativa de  $\text{DBO}_5$ , DQO, ST, N-total, P-total, K-total, Na-total, Zn-total e Cu-total. A concentração relativa ( $C/\text{Co}$ ) expressa a relação entre as concentrações de saída (efluente) e de entrada no filtro (afluente); assim, um valor de  $C/\text{Co}$  maior que 1, significa que o efluente contém uma concentração do parâmetro em referência maior que no afluente.

Os filtros avaliados mostraram-se relativamente eficientes na remoção de  $\text{DBO}_5$  da ARS afluente, uma vez que proporcionaram para as três faixas granulométricas, a partir da lâmina filtrada de 100 mm, remoções na faixa de 10-70% (Figura 1A). Nas primeiras lâminas filtradas, encontraram-se menores concentrações de  $\text{DBO}_5$  nos efluentes dos filtros de material com maior granulometria. A remoção de DQO não foi sensivelmente influenciada pela granulometria da serragem de madeira (Figura 1B), tendo sido obtidas remoções de 70 a 80%, em todas as faixas granulométricas avaliadas. O fato da maior granulometria ter sido mais eficiente na remoção da  $\text{DBO}_5$  e DQO, pode ter ocorrido em razão das partículas de maior dimensão apresentarem menor superfície específica, diminuindo sua interação com o líquido percolante, o que concorre para menor solubilização e transporte, pela água em percolação, de açúcares, carboidratos e outros compostos ou íons oxidáveis presentes no material filtrante.

A remoção de sólidos totais (ST) foi muito eficiente nos filtros de serragem de madeira (Figura 1C) pois se obteve

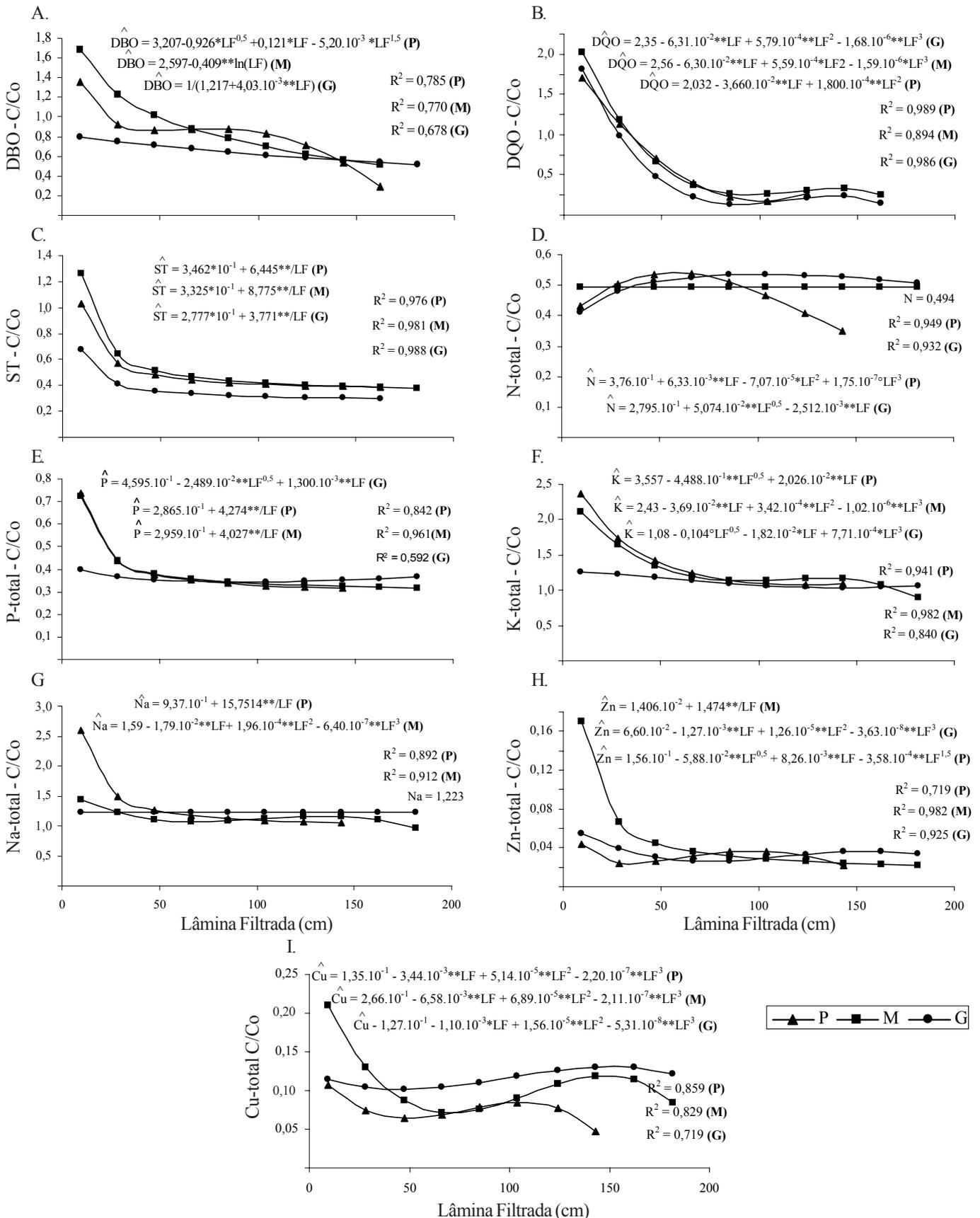


Figura 1. Concentração relativa estimada de (A) DBO - demanda biológica de oxigênio, (B) DQO - demanda química de oxigênio, (C) ST - sólidos totais, (D) N-total, (E) P-total, (F) K-total, (G) Na-total, (H) Zn-total e (I) Cu-total no efluente dos filtros que receberam água residuária da suinocultura em função da lâmina filtrada, em filtros compostos de serragem de madeira, em três faixas granulométricas: P - pequeno (0,84 a 1,19 mm), M - médio (1,19 a 2,00 mm) e G - grande (2,00 a 2,83 mm)

remoção na faixa de 60-70% (C/Co de 0,4 a 0,3) após a estabilização do processo. A concentração de sólidos totais nos efluentes coletados nas colunas de filtragem contendo serragem de madeira com a maior granulometria, usados na filtragem de ARS, foi menor, podendo estar associado à menor superfície específica do material mais grosseiro que, expondo menos o material orgânico, proporcionou menor interação da massa do material filtrante com a água em percolação, o que concorreu para que houvesse menor lavagem de material solubilizável, conforme pode ser verificado na Figura 1C. Desta forma e ao invés de aumentar a eficiência de remoção de sólidos totais, a diminuição da granulometria do material proporcionou aumento da concentração de sólidos no efluente dos filtros. Assim, como materiais de maior faixa granulométrica proporcionaram remoções superiores, esses devem ser preferidos, uma vez que têm selamento superficial mais demorado, fenômeno muito comum em filtros constituídos de material de menores faixas granulométricas.

O material filtrante constituído de serragem de madeira com menor faixa granulométrica apresentou, a partir da lâmina filtrada de 80 cm, tendência de reter mais nitrogênio (Figura 1D), uma vez que foram obtidas remoções acima de 50% ( $C/C_0 = 0,5$ ). Na remoção do fósforo não houve (Figura 1E) influência do tamanho da partícula e as três faixas granulométricas atingiram a remoção de 65%.

Não houve remoção de potássio e sódio total pela serragem de madeira, sendo sua concentração maior que a obtida no afluente (Figuras 1F e G). Isto pode estar relacionado ao fato desses dois elementos não estarem associados ao material orgânico (Kiehl, 1985) que, por sua vez, foi um material retido com eficiência na sua forma sólida. A granulometria do material filtrante influenciou, no entanto, a concentração efluente de sódio e potássio, no início da filtragem, tendo havido maior aumento nessas concentrações nos filtros constituídos por materiais de menor granulometria.

Como o fósforo e o nitrogênio, ao contrário do que ocorre com o potássio e o sódio, apresentam forte associação com o material orgânico (Kiehl, 1985), a retenção de material sólido, que ficou em torno de 50%, pode de certa forma, explicar os resultados de remoção alcançados com o fósforo total. Desta forma, quanto maior a remoção de sólidos totais da ARS afluente, maiores também as remoções de nitrogênio e fósforo total.

Praticamente, não houve influência da granulometria na remoção de zinco (Figura 1H), porém, foram alcançadas remoções de quase 97%. Ao contrário do que foi observado para o zinco, notou-se influência da granulometria da serragem de madeira, mostrando superioridade de remoção de cobre na maior faixa granulométrica, conforme pode ser verificado na Figura 1I. Para este elemento, as eficiências de remoção ficaram entre 85 e 95%, após a estabilização do processo. A alta eficiência de remoção do cobre e zinco pela serragem de madeira da ARS, obtida neste experimento, pode ser atribuída a dois fatores: à adsorção do metal em sítios de troca existentes na massa do material filtrante, conforme hipótese levantada por Brandão (1999), e à retenção do material orgânico de maiores

dimensões no filtro. O zinco e o cobre, estando quelados/complexados pelo material orgânico que ficou retido nas malhas do material filtrante foram, assim, removidos do líquido em percolação.

## CONCLUSÕES

1. A faixa granulométrica correspondente ao maior diâmetro de partículas foi mais eficiente na remoção de DBO, DQO. Independente da faixa granulométrica do material filtrante, foi obtida maior eficiência de remoção de DQO do que de DBO.
2. A maior granulometria da serragem de madeira proporcionou maior eficiência de remoção de sólidos totais obtendo-se valores em torno de 70%.
3. A partir de 80 cm de lâmina filtrada, a menor granulometria mostrou-se mais eficiente na remoção de nitrogênio (N-total), tendo sido obtidos valores de 50%.
4. Não houve influência da granulometria do material filtrante na remoção de fósforo, tendo sido obtida remoção de cerca de 65% do elemento nas três faixas avaliadas.
5. Não foi verificada influência da granulometria na remoção de sódio e potássio da água residuária da suinocultura.
6. A eficiência de remoção de zinco ficou em torno de 95% nas faixas granulométricas estudadas nos filtros. No caso do cobre, foram alcançadas maiores eficiências de remoção na menor faixa granulométrica, atingindo-se valores de até 97%.

## AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo apoio financeiro à pesquisa.

## LITERATURA CITADA

- APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19. ed. Washington D.C., 1995, 1000p.
- Braga, J.M.; Defelipo, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. Revista Ceres, Viçosa, v.21, p.73-85, 1974.
- Braile, P.M.; Cavalcanti, J.E.W.A. Manual de tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo: CETESB, 1979. 764p.
- Brandão, V.S. Tratamento de águas residuárias de suinocultura utilizando-se filtros orgânicos. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1999. 65p. Dissertação Mestrado
- Cabello, F.P. Riegos localizados de alta frecuencia. 2. ed. Castello, Madrid: Ediciones Mundi – Prensa, 1990.
- Kiehl, J.E. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba, SP: Editora Agrônômica Ceres, 1985. 492p.
- Povinelli, J.; Martins, F. Pesquisa sobre eficiência de filtros lentos em unidades piloto. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 7, Salvador, BA, 1973. Separata... São Carlos; EESC/USP, 1973. 20p.
- Tedesco, J.M.; Volkweiss, S.J.; Bohnen, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 186p. Boletim Técnico de Solos, 5