



# GESTÃO E CONTROLE AMBIENTAL

## REDUÇÃO DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA SUINOCULTURA COM O EMPREGO DA MACRÓFITA AQUÁTICA

Rubens Alves de Oliveira<sup>1</sup>, Wilson Deniculi<sup>2</sup>, Cláudio Ritti Itaborahy<sup>3</sup> & Paulo Roberto Cecon<sup>4</sup>

### RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi analisar o desempenho de sistemas com aguapé (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms), operando-se em condições estática e dinâmica, no tratamento de águas residuárias diluídas da suinocultura. Nos ensaios foram utilizadas soluções com concentrações de DBO entre 100 a 400 mg L<sup>-1</sup>, com monitoramento da concentração inicial, da concentração mínima e do seu dia de ocorrência, e da eficiência máxima de remoção, para avaliar o desempenho dos sistemas estático e dinâmico quanto à melhoria de qualidade das soluções submetidas a tratamento. Com base nas condições em que foram realizados os ensaios, concluiu-se que a utilização de aguapés resultou na redução significativa de DBO de soluções obtidas da diluição de águas residuárias da suinocultura, obtendo-se eficiências máximas de remoção nas faixas de 69 a 79% (estático) e de 83 a 91% (dinâmico). Os parâmetros de desempenho desses dois sistemas foram, de modo geral, melhores para águas residuárias com maiores níveis iniciais de DBO.

**Palavras-chave:** água residuária, depuração, aguapé, DBO

### BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND REDUCTION OF PIG WASTEWATER USING THE AQUATIC MONOPHYL

### ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the performance of pond lily (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms), in pig wastewater treatment, operating in static and dynamic conditions. In the study, solutions were used with concentrations in the range of 100 to 400 mg L<sup>-1</sup> of BOD. The parameters used to evaluate the pig wastewater treatment were: initial concentration, minimum concentration, day of occurrence of the minimum concentration, maximum removal and maximum efficiency of removal. For the experimental conditions, it was observed that the use of pond lily resulted in the significant BOD reduction from the pig wastewater solutions. The maximum removal efficiencies for the static and dynamic systems were in the ranges of 69 to 79% and 83 to 91%, respectively. The performance parameters of these two systems were, in general, better for wastewater with higher initial BOD concentrations.

**Key words:** wastewater, purification, pond lily, BOD

Recebido em 13/07/1999, Protocolo 079/99

<sup>1</sup> Professor Adjunto, DS, DEA/UFV, Av. P.H. Rofs, s/n, CEP 36571 - 000, Viçosa, MG. Fone: (0xx31) 899 2729, Fax: (0xx31) 899 2735. E-mail: ralves@mail.ufv.br

<sup>2</sup> Prof. Titular, DS, DEA/UFV. Fone: (0xx31) 899 1886. E-mail: deniculi@mail.ufv.br

<sup>3</sup> Pesquisador, DS, DEA/UFV, Viçosa, MG. Fone: (0xx31) 899 1859

<sup>4</sup> Prof. Adjunto, DS, Departamento de Informática, Viçosa, MG, Fone: (0xx31) 899 1781. E-mail: cecon@mail.ufv.br

## INTRODUÇÃO

Trabalhos recentes têm mostrado que águas residuárias provenientes de atividades agropecuárias constituem fator de relevante importância na poluição das águas, do ar e do solo. Os dejetos animais, independentemente de suas características e dos benefícios que podem trazer, estão sendo considerados substâncias indesejáveis e de difícil manejo.

Águas residuárias domésticas de concentração forte possuem demanda bioquímica de oxigênio ( $DBO_5$ ) próximo a  $300 \text{ mg L}^{-1}$ , enquanto dejetos de suínos manejados em fossa de retenção, em unidades de crescimento e de terminação, chegam a apresentar  $DBO_5$  de  $50.000 \text{ mg L}^{-1}$  (Oliveira, 1993).

A  $DBO_5$ , doravante denominada DBO, tem sido um dos parâmetros aplicados no dimensionamento de unidades de tratamento de dejetos da suinocultura e na legislação ambiental para lançamento de efluentes em corpos d'água, ainda que o tempo necessário à execução deste bioensaio inviabilize a sua utilização no controle de processos de tratamento.

A grande maioria dos sistemas de tratamento de águas residuárias é composta por unidades de tratamento seqüencialmente dispostas, nos quais ocorrem operação de separação e processos de transformação dos constituintes presentes. Desta maneira, a utilização de aguapés (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms), pode mostrar-se vantajosa em uma ou mais etapas do tratamento de águas residuárias da suinocultura ou, então, na depuração de efluentes de sistemas de tratamento que já se encontrem em operação.

O aguapé pode ser um confiável bio-indicador de poluição hídrica, por apresentar alterações significativas em sua composição química e em sua fisiologia, quando se desenvolve em ambientes poluídos; por exemplo, plantas cuja parte aérea é baixa, de coloração amarelada e com sistema radicular longo (de 70 a 80 cm) são indicativos de um ambiente com baixa ou nenhuma poluição; plantas com parte aérea alta (50 a 70 cm) esverdeada, com sistema radicular curto e pouco volumoso, indicam presença de elevada poluição orgânica ambiental (Mafei, 1988). Segundo Fett (1991) plantas com desenvolvimento reduzido e folhas com sinais de clorose e de apodrecimento podem indicar níveis excessivos de poluentes inorgânicos no meio líquido.

Pescod (1992) informa que uma das alternativas ecológicas mais usadas em vários países do mundo emprega o aguapé como agente fitodepurador. Para Manfrinato (1989) isto se deve às características desejáveis apresentadas por esta planta, podendo-se citar: 1) grande velocidade de desenvolvimento, em águas poluídas; 2) alta capacidade de absorver metais pesados; 3) grande eficiência na redução da DBO de águas poluídas, e 4) alta demanda por nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo.

Nas lagoas de aguapés, as plantas aquáticas vasculares funcionam como substrato vivo para atividade microbiológica, que promove a redução da matéria orgânica, N e P, além de metais pesados (Pescod, 1992).

O presente estudo teve por objetivo avaliar o uso de aguapés na redução da DBO de águas residuárias provenientes da suinocultura, por meio de sistemas estático e dinâmico.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados na Área Experimental de Hidráulica, Irrigação e Drenagem, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, onde foi construído um galpão em madeira ( $3,0 \times 8,5 \times 32,0 \text{ m}$ ) coberto com filme plástico transparente, com as laterais protegidas por cortinas retráteis confeccionadas com o mesmo material. A Figura 1 mostra uma vista das instalações no interior do galpão (A) e o dispositivo usado para distribuição de água residuária no sistema dinâmico (B).



Figura 1. Vista da área experimental (A) mostrando os tanques de alvenaria e as caixas superiores, ao fundo, e (B) o dispositivo de distribuição de água residuária dentro do tanque, no sistema dinâmico

Para a realização dos testes do sistema dinâmico, foram construídos quinze tanques em alvenaria ( $0,25 \times 0,75 \times 3,0 \text{ m}$ ) com declividade do fundo de 0,5% e bordas em nível, cobertos com lona de polietileno.

Para possibilitar a recirculação da fase líquida, foi conectado, a cada tanque, um sistema composto de duas caixas (500 L) impermeabilizadas, instaladas a diferentes alturas, e de uma motobomba submersa móvel, modelo SCAVENGER 3W, ABS. A caixa instalada a maior altura (fundo 1,0m acima da borda do tanque) destinava-se à liberação da água residuária durante um ensaio dinâmico; após o ensaio, a água era escoada para a caixa de menor altura (fundo 1,0 m abaixo da borda do tanque) e, depois, bombeada de volta para a caixa de maior altura, aguardando a realização do ensaio seguinte.

Visto que não se obteve informação sobre as concentrações da água residuária de suinocultura para a realização dos ensaios, decidiu-se realizar um ensaio preliminar para monitorar alguns aspectos físicos das plantas, tais como crescimento, amarelecimento de folhas etc. Tais resultados permitiram a escolha de concentrações adequadas para o ensaio principal, de forma a garantir a sobrevivência das plantas de aguapé até o final dos ensaios.

Os aguapés utilizados neste trabalho foram plantas jovens, com sistema radicular abundante, apresentando folhas com aparência uniforme e de cor entre o verde e o amarelo. A coleta e o transporte das plantas foram efetuados 20 dias antes do início dos ensaios, período de tempo destinado à adaptação biológica das plantas ao seu novo ambiente (Kawai & Grieco, 1983). Logo após a coleta e o transporte, as plantas foram distribuídas em um dos tanques, cobrindo 70% da superfície líquida e, a seguir, retiradas do tanque, deixadas sobre uma tela metálica para drenar o excesso de água, submetidas a pesagem e reconduzidas à água. Tal avaliação indicou uma distribuição de plantas de  $5,9 \text{ kg m}^{-2}$  de superfície líquida. A cada cinco dias do período de adaptação removiam-se os estolhos emitidos pelas plantas, para restabelecer a proporção inicial de cobertura da superfície líquida.

A água residuária era coletada de uma propriedade rural um dia antes de sua utilização, do último de quatro tanques de decantação ligados em série. Antes de seu lançamento no primeiro tanque, a água residuária já havia perdido parte considerável dos sólidos, pela passagem em peneira vibratória e em sistema de prensagem. A utilização deste tipo de resíduo deveu-se ao fato de o mesmo apresentar baixo teor de sólidos grosseiros preservando, porém, teores consideráveis de substâncias cuja remoção é desejável em sistemas de tratamento.

Os níveis de DBO das águas residuárias utilizadas nos ensaios preliminar e principal, determinadas com base em amostras coletadas pouco antes do início do ensaio, foram de 962 e 1.933 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

O ensaio preliminar foi realizado durante dez dias, convencionando-se como DIA 1, o primeiro dia e assim sucessivamente, até se alcançar DIA 10. Durante este período, fez-se avaliação visual das plantas, observando-se que, aos cinco dias de ensaio, os aguapés apresentaram sintomas que praticamente se mantiveram até o final do ensaio preliminar, no qual tanto para o sistema estático quanto para o dinâmico, optou-se por trabalhar com soluções obtidas da diluição das águas residuárias, nas concentrações de 100, 325, 550, 775, e 1000 mL L<sup>-1</sup>. Os resultados da análise das amostras iniciais dessas soluções estão apresentadas na Tabela 1A.

Tabela 1. Níveis de concentração inicial (CINI) de DBO nas soluções submetidas a tratamento em sistemas dinâmico e estático, para o ensaio preliminar (A) e principal (B)

Variável	Níveis de Concentração* (mg L <sup>-1</sup> )	
	Sistema Dinâmico	Sistema Estático
A.		
DBO	127 - 317 - 517 - 683 - 983	110 - 350 - 450 - 750 - 900
B.		
DBO	110 - 150 - 220 - 300 - 400	100 - 160 - 200 - 300 - 400

\* Correspondentes à seqüência de 100-325-550-775-1000 mL L<sup>-1</sup>, de concentrações das soluções

Como o sistema dinâmico foi considerado mais importante, foram-lhe destinadas três repetições, enquanto para o sistema estático, mais parecido com sistemas tradicionalmente empregados no tratamento de águas residuárias, destinou-se apenas uma repetição. O esquema de distribuição das soluções nos tanques foi definido por sorteio.

Visto que o tanque tinha capacidade de armazenar 170 L, em cada teste, escoaram-se, no sistema dinâmico, 230 L de solução em um tempo médio de duas horas e quinze minutos; em seguida, o escoamento era interrompido e o líquido acumulado era bombeado para a caixa alta, repetindo-se o procedimento. A recirculação da solução no sistema dinâmico era realizada cinco vezes ao dia.

O ensaio principal teve duração de 43 dias (DIA 1 até DIA 43).

Após a análise dos resultados obtidos no ensaio preliminar e das características do resíduo destinado às diluições, optou-se por trabalhar no ensaio principal, com soluções correspondentes às concentrações de 40, 80, 120, 160 e 200 mL L<sup>-1</sup>.

Assim como no ensaio preliminar, destinaram-se três unidades do sistema dinâmico e uma do estático para cada uma das concentrações em estudo, tendo sido o esquema de distribuição definido por sorteio.

No ensaio principal, cada unidade experimental recebeu 500 L de água residuária e nas unidades do sistema dinâmico cada tanque continuou recebendo 170 L de líquido, fazendo-se

regulagens para que os 330 L restantes escoassem em aproximadamente três horas e quinze minutos. A recirculação de solução no sistema dinâmico foi feita quatro vezes ao dia.

Os demais procedimentos até o início do ensaio principal foram semelhantes aos do ensaio preliminar. As concentrações iniciais de DBO das soluções utilizadas no ensaio principal podem ser encontradas na Tabela 1B.

Os procedimentos de amostragem das soluções no ensaio principal foram semelhantes aos empregados no ensaio preliminar; entretanto, no ensaio principal a quantidade de líquido em cada sistema foi restabelecida com água a cada três dias; além disso, a cada seis dias eram retirados estolhos dos aguapés, com o objetivo de se manter a porcentagem de cobertura da superfície nos níveis desejados.

As quantidades de água acrescentadas aos sistemas eram pesadas e, toda vez em que ocorria o acréscimo, uma amostra de água era coletada.

Para se considerar o acréscimo de sólidos nos sistemas por intermédio da água periodicamente a eles acrescentada, estabeleceu-se um fator de correção para ser aplicado às concentrações determinadas em laboratório, com o uso da Eq. 1, ou seja:

$$C_c = C - (\text{DIA}-1) V C_{\text{água}} / 1.500 \quad (1)$$

em que:

$C_c$  - concentração corrigida de constituinte da solução, mg L<sup>-1</sup>

$C$  - concentração de constituinte da solução determinada em laboratório, mg L<sup>-1</sup>

DIA - variável relativa ao tempo de teste

$V$  - volume médio de água acrescentada a cada três dias, para cada concentração inicial e para cada tipo de sistema, L

$C_{\text{água}}$  - concentração média do constituinte na água, mg L<sup>-1</sup>

Para os procedimentos estatísticos, os tratamentos foram dispostos em um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as concentrações iniciais (40, 80, 120, 160 e 200 mL L<sup>-1</sup>) e nas subparcelas os valores de DIA (1, 4, 7, ..., 40, 43) no delineamento inteiramente casualizado.

Na análise correspondente a cada um dos constituintes da solução foram utilizados como concentrações iniciais, os valores apresentados na Tabela 1B; ressalta-se que a análise estatística foi feita por meio da metodologia da superfície de resposta (Alvarez, 1994) e os modelos selecionados com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste "t" de Student, em nível de 5% de probabilidade, e nos coeficientes de determinação.

Os parâmetros utilizados na análise do desempenho dos sistemas dinâmico e estático, quanto à melhoria de qualidade das soluções submetidas a tratamento, foram: 1) concentração inicial ( $C_{\text{INI}}$ ); 2) concentração mínima; 3) DIA de ocorrência da concentração mínima; 4) eficiência máxima de remoção.

Neste trabalho, a concentração mínima correspondeu ao menor valor de DBO no intervalo experimental, apresentado pela curva advinda do corte da superfície de resposta relativa a determinada variável, em um  $C_{\text{INI}}$  específico. Em cada caso, a

remoção máxima foi obtida da diferença entre a  $C_{INI}$  e a concentração mínima e a eficiência máxima de remoção foi a razão entre a remoção máxima e a  $C_{INI}$ , multiplicada por 100, para ser expressa em termos percentuais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 tem-se as concentrações de DBO no efluente, ao final do ensaio preliminar. Quando se comparam os valores desta tabela com os da Tabela 1A, observa-se que houve redução considerável, qualificando-se o aguapé como um bom removedor de DBO.

Tabela 2. Níveis de concentração de DBO nos efluentes de sistemas dinâmico e estático para o ensaio preliminar

Variável	Concentração* (mg L <sup>-1</sup> )			
	Sistema Dinâmico		Sistema Estático	
DBO	47 - 200 - 233 - 400 - 533	50 - 200 - 250 - 350 - 400		

\* Correspondentes à seqüência de 100-325-550-775-1000 mL L<sup>-1</sup>, de concentrações das soluções

As equações ajustadas e os coeficientes de determinação corrigidos ( $R^2$ ) da variável  $C_c$ , em função das variáveis  $C_{INI}$  e DIA, para os sistemas dinâmico (SD) e estático (SE), foram os seguintes:

$$\hat{Y}_{(SD)} = 48,020 + 0,7203C_{INI} - 4,943DIA + 0,1053DIA^2 - 0,0165C_{INI}DIA \quad (2)$$

$$(R^2 = 0,94)$$

$$\hat{Y}_{(SE)} = 37,640 + 0,7763C_{INI} - 4,488DIA + 0,1081DIA^2 - 0,0157C_{INI}DIA \quad (3)$$

$$(R^2 = 0,93)$$

As duas equações apresentaram coeficientes de regressão significativos em nível de 5% de probabilidade, em teste "t" de Student, sendo sua aplicação restrita ao período de tempo considerado no experimento.

A Eq. 2 está relacionada à superfície de resposta em que a DBO da solução tratada no sistema dinâmico é função de  $C_{INI}$  e DIA. Desta equação é obtida a concentração mínima de DBO que, neste caso, corresponde a 18,82 mg L<sup>-1</sup> e ocorre em  $C_{INI}$  110 mg L<sup>-1</sup> e DIA 32,1; já a Eq. 3, diferencia-se da anterior por se relacionar ao sistema estático, dela se obtendo que a concentração mínima da DBO na solução tratada neste sistema é de 30,40 mg L<sup>-1</sup> e que esta ocorre para  $C_{INI}$  100 mg L<sup>-1</sup> e DIA 28,0. As concentrações mínimas de DBO, obtidas tanto no sistema dinâmico como no estático, atendem à limitação imposta pela Deliberação Normativa COPAM 010/86 (Minas Gerais, 1987) quanto ao lançamento de efluentes em corpos d'água.

Na Figura 2A podem ser observadas estimativas de DBO da solução tratada no sistema dinâmico, resultantes de cortes na superfície de resposta relativa à Eq. 2 em  $C_{INI}$  120, 260 e 400 mg L<sup>-1</sup>; observa-se, também, aproximação das curvas com o passar do tempo, de maneira que, ao final do ensaio, suas concentrações variaram na faixa entre 31,5 e 34,5 mg L<sup>-1</sup>. A curva correspondente à  $C_{INI}$  120 apresenta trecho final ligeiramente crescente, resultante do ajuste imperfeito do modelo testado.

Das curvas representadas na Figura 2A obtém-se que as concentrações mínimas de DBO e seus valores de DIA de ocorrência, para as  $C_{INI}$  em ordem crescente, são de 20,67 mg L<sup>-1</sup> e 32,9; 32,98 mg L<sup>-1</sup> e 43,0; e 34,49 mg L<sup>-1</sup> e 43,0, respectivamente.

As três concentrações mínimas de DBO atendem às exigências da COPAM/86 (Minas Gerais, 1987) para efluentes a ser lançados em corpos de água; para as curvas de  $C_{INI}$  120, 260

e 400 mg L<sup>-1</sup>, o limite de 60 mg L<sup>-1</sup> é atingido em DIA 13,5, 27,8 e 35,3, respectivamente.

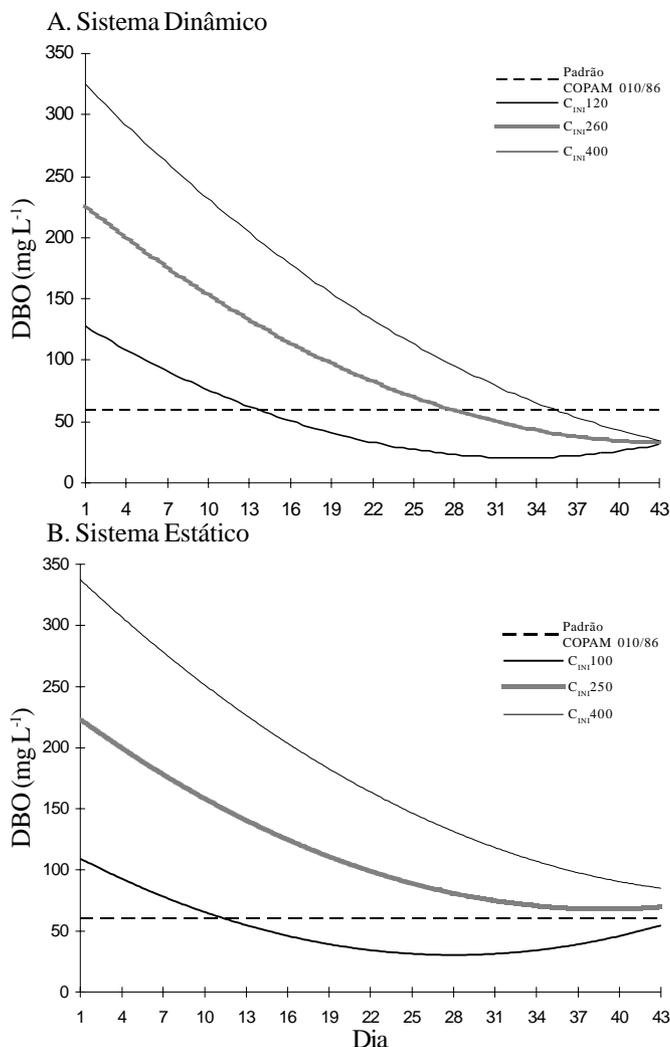


Figura 2. Estimativas da DBO da solução submetida a tratamento no sistema dinâmico (A) e estático (B), em função de DIA, para os respectivos valores de  $C_{INI}$  e referencial do padrão de lançamento de efluentes da COPAM para a DBO

A remoção máxima de DBO resultante do tratamento da solução no sistema dinâmico e as eficiências associadas a essas remoções corresponderam a 99,33 mg L<sup>-1</sup> e 82,8%, 227,02 mg L<sup>-1</sup> e 87,3%, e 365,51 mg L<sup>-1</sup> e 91,4%, respectivamente, para a mesma ordem anterior de  $C_{INI}$ .

Cargas aplicadas de 266,64, 577,72, e 888,80 kg ha<sup>-1</sup> de DBO, são equivalentes às  $C_{INI}$  de 120, 260 e 400 mg L<sup>-1</sup>, no caso do sistema dinâmico; dentre essas cargas, foram removidos 220,71, 504,44, e 812,16 kg ha<sup>-1</sup> de DBO, em taxas de 6,92, 12,01, e 19,34 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de DBO, respectivamente; já as taxas de remoção de DBO apresentadas pelo sistema dinâmico são relativamente baixas, quando comparadas, por exemplo, à sugestão de Ribeiro et al. (1986) para a taxa de carregamento de lagoas de aguapé; todavia, as eficiências de remoção de DBO obtidas no sistema dinâmico são superiores à considerada pelos mesmos autores, como referência.

A Figura 2B apresenta as curvas de DBO na solução submetida a tratamento no sistema estático, obtidas por intermédio de cortes na superfície de resposta relativa à Eq. 3,

em  $C_{INI}$  100, 250 e 400  $\text{mg L}^{-1}$ . A curva relativa a  $C_{INI}$  100 apresenta trecho final crescente, resultante do ajuste imperfeito do modelo testado.

As concentrações finais e as mínimas, relativas às curvas de  $C_{INI}$  100, 250 e 400  $\text{mg L}^{-1}$ , correspondem a 54,68 e 30,40  $\text{mg L}^{-1}$ , 69,84 e 68,00  $\text{mg L}^{-1}$ , e 85,01 e 85,01  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente; constata-se, portanto, um crescimento da ordem de 79,9% na curva de menor  $C_{INI}$  e de 2,7% na de  $C_{INI}$  intermediário, quando se comparam as concentrações finais às mínimas; para a mesma ordem de  $C_{INI}$ , os valores de DIA de ocorrência das concentrações mínimas são de 28,0, 38,9, e 43,0, respectivamente, e tanto a concentração mínima como a final de DBO, correspondentes à curva de  $C_{INI}$  100  $\text{mg L}^{-1}$ , estão abaixo do limite fixado pela COPAM 010/86 (Minas Gerais, 1987) para lançamento de efluentes em corpos de água; nesta curva, o limite de 60  $\text{mg L}^{-1}$  é atingido em DIA 11,5.

Para as curvas de  $C_{INI}$  100, 250 e 400  $\text{mg L}^{-1}$  apresentadas na Figura 2B, as remoções máximas de DBO e as respectivas eficiências de remoção, obtidas no tratamento da solução no sistema estático, correspondem a 69,60  $\text{mg L}^{-1}$  e 69,6%, 182,00  $\text{mg L}^{-1}$  e 72,8%, e 314,99  $\text{mg L}^{-1}$  e 78,7%, respectivamente, e as  $C_{INI}$  100, 250 e 400  $\text{mg L}^{-1}$  correspondem, no caso do sistema estático, às cargas aplicadas de 500, 1.250 e 2.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de DBO, respectivamente. Dos totais foram removidos, no máximo, 348,00, 910,00 e 1.574,95  $\text{kg ha}^{-1}$  de DBO, em taxas de 12,89, 24,01 e 37,50  $\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$  de DBO, respectivamente.

Os valores de eficiência de remoção de DBO do sistema estático não foram muito diferentes dos obtidos em lagoas facultativas implantadas nos Estados de São Paulo e Paraná, onde os esgotos domésticos são tratados, em média, com valores de DBO inicial entre 73,5 e 382  $\text{mg L}^{-1}$ , com tempo de 16,9 dias e eficiência de remoção de 72,1% (Kawai & Grieco, 1983).

Na Figura 3 estão representadas curvas de corte das superfícies de resposta correspondentes às Eqs. 2 e 3, para cortes efetuados em  $C_{INI}$  120 e  $C_{INI}$  400  $\text{mg L}^{-1}$ . Observa-se que as curvas correspondentes à  $C_{INI}$  120 apresentam trechos finais crescentes, resultantes do ajuste imperfeito dos modelos testados.

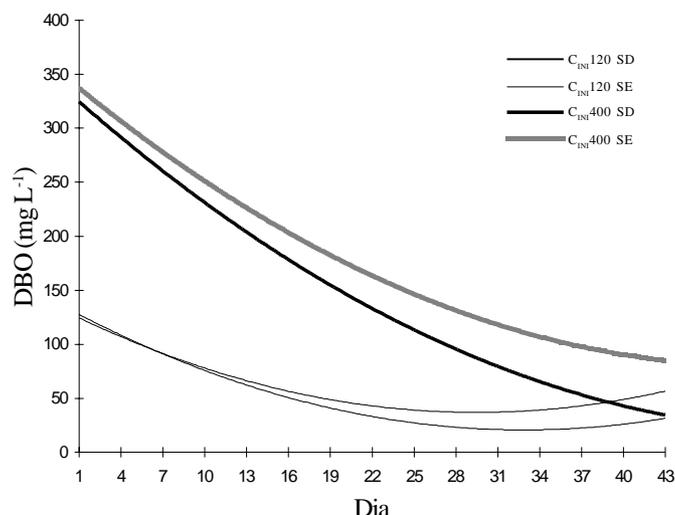


Figura 3. Estimativas da DBO das soluções submetidas a tratamento nos sistemas dinâmico (SD) e estático (SE) em função de DIA, para os respectivos valores de  $C_{INI}$

Analisando-se a Figura 3 é possível verificar que as curvas correspondentes ao menor valor de  $C_{INI}$  seguem praticamente juntas até DIA 10, momento a partir do qual as concentrações relativas ao sistema dinâmico tornam-se inferiores às do estático. Para maior  $C_{INI}$ , a curva do sistema dinâmico mantém-se sempre abaixo da correspondente ao estático, mostrando que o primeiro promove maior melhoria da qualidade da solução, com relação à DBO.

Na Tabela 3 podem ser encontrados parâmetros de desempenho dos sistemas dinâmico e estático nas situações apresentadas na Figura 3. Analisando-se esta tabela, constata-se que a concentração mínima de DBO na solução tratada no sistema dinâmico é 32,5% inferior à do sistema estático, para o menor valor de  $C_{INI}$ , e 53,0% inferior para o maior valor de  $C_{INI}$ ; todavia, o sistema estático apresenta carga removida máxima 94,7% maior que a do sistema dinâmico quando  $C_{INI}$  é 110  $\text{mg L}^{-1}$  e 95,5% para  $C_{INI}$  400  $\text{mg L}^{-1}$ . No que se refere às taxas de remoção, esses percentuais situam-se em 115,4 e 95,5%, respectivamente. Na mesma tabela, observa-se que o sistema dinâmico apresenta maior eficiência de remoção de DBO que o sistema estático, para um mesmo valor de  $C_{INI}$ .

Tabela 3. Parâmetros de desempenho de sistemas dinâmico (SD) e estático (SE) quanto à remoção de DBO de soluções com duas diferentes concentrações iniciais

Parâmetro	DBO Inicial ( $\text{mg L}^{-1}$ )			
	120 SD	120 SE	400 SD	400 SE
Concentração mínima ( $\text{mg L}^{-1}$ )	20,67	36,90	34,49	85,01
DIA de ocorrência da conc. mínima	32,90	29,50	43,00	43,00
Remoção máxima ( $\text{mg L}^{-1}$ )	99,33	83,10	365,51	314,99
Eficiência máxima de remoção (%)	82,80	69,30	91,40	78,70
Carga aplicada ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	266,64	600,00	888,80	2.000,00
Carga removida máxima ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	220,71	415,50	812,16	1.574,95
Taxa máx. de remoção ( $\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$ )	6,92	14,58	19,34	37,50

No sistema dinâmico, a maior eficiência de remoção de DBO provavelmente não se deve somente à atuação de microrganismos mas, também, à atuação dos aguapés, cujas raízes teriam funcionado como filtro, e à movimentação da massa líquida, que teria promovido aeração da solução e maior contato das partículas orgânicas com as bactérias decompositoras.

## CONCLUSÕES

1. Plantas de aguapé não se desenvolveram em águas residuárias brutas provenientes de granjas suínícolas.
2. O emprego de aguapés resultou na redução de DBO de soluções obtidas da diluição de águas residuárias da suinocultura, obtendo-se eficiências máximas de remoção nas faixas de 69 a 79% para o sistema estático e de 83 a 91% para o sistema dinâmico.
3. Os parâmetros de desempenho dos sistemas dinâmico e estático foram, de modo geral, melhores para águas residuárias da suinocultura com maiores níveis iniciais de DBO.
4. O uso de plantas de aguapé como agente fitodepurador não mostrou ser uma alternativa prática para o tratamento de águas residuárias da suinocultura.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALVAREZ V.V.H. Avaliação da fertilidade do solo (superfícies de resposta – modelos aproximativos para expressar a relação fator-resposta). Viçosa, MG: UFV, 1994. 75 p.
- FETT, J.P. Absorção e acúmulo de cádmio por aguapés (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms). Viçosa, MG: UFV, 1991. 53p. Dissertação Mestrado
- KAWAI, H.; GRIECO, V.M. Utilização do aguapé para tratamentos de esgoto doméstico. Estabelecimento de critérios de dimensionamento de lagoa de aguapé e abordagem de alguns problemas operacionais. Revista DAE, São Paulo, v.43, n.135, p.79-90, 1983.
- MAFEI, M. Aguapé – o bombril das águas. Globo Rural, São Paulo, v.34, p.40-51, 1988.
- MANFRINATO, E.S. Avaliação do método edafo-fitodepuração para tratamento preliminar de águas. Piracicaba: ESALQ, 1989. 98p. Dissertação Mestrado
- MINAS GERAIS. Deliberação normativa COPAM nº 010/86. 10 jan. 1987. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de água e dá outras providências. Minas Gerais, Belo Horizonte, p.13-15, 1987. Mimeografado
- OLIVEIRA, P.A.V. (Coord.). Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. Florianópolis: EMBRAPA – CNPSA, 1993. 188 p. Documentos 27
- PESCOD, M.B. Wastewater treatment and use in agriculture. Rome, FAO, 1992. 125 p. FAO Irrigation and Drainage Paper 47
- RIBEIRO M.D.; KAWAI, H.; TINEL, P.R.; ROSSETO, R. Experimento-piloto da lagoa de aguapé para tratamento de esgoto bruto. Revista DAE, São Paulo, v.46, n.144, p.82-86, 1986.