

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-045 – AVALIAÇÃO MATEMÁTICA DE DECANTO-DIGESTORES PARA TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO**Juliana Seixas Pilotto⁽¹⁾**

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) em 2001. Mestranda em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Daniel Costa dos Santos

Graduado em Engenharia Civil pela universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em 1988. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 1992. Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (USP) em 1998. Professor do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Endereço⁽¹⁾: Rua Guilherme Pugsley, 2006 / 123 – Água Verde - Curitiba - PR - CEP: 80620-000 - Brasil - Tel: +55 (41) 361-3134 / 345-3256 - Fax: +55 (41) 361-3143

 julianapilotto@yahoo.com.br

RESUMO

De acordo com dados atuais do IBGE, sabe-se que no Brasil dos 9.848 distritos, apenas 41,6% são atendidos pela rede de coleta de esgoto. Dos 5.751 distritos restantes aproximadamente 48,3% destinam seus esgotos domésticos para sistemas de fossa sépticas. Devido a sua enorme utilização no território nacional como alternativa para destino de esgotos, este trabalho procura avaliar matematicamente a sua potencialidade com relação à remoção de matéria orgânica. Neste intuito foram utilizados dois estudos de sistemas de tanques sépticos realizados no Brasil. A avaliação matemática utilizou diferentes regimes hidráulicos, considerando que a cinética das reações que ocorrem no interior de um decanto-digestor seguem uma cinética de primeira ordem. Após feita a avaliação matemática dos decanto-digestores, procurou-se discutir o comportamento da constante de remoção de substrato, **K**, e também foi realizada uma comparação dos dados obtidos nas simulações com dados pesquisados na literatura existente. Pode-se concluir que a constante de remoção **K** diminui conforme a turbulência no escoamento no interior dos tanques sépticos diminui. Através da comparação com dados bibliográficos, pode-se sugerir que o regime hidráulico de decanto-digestores é o fluxo disperso, com número de dispersão, **d**, aproximadamente igual a 0,30.

PALAVRAS-CHAVE: Tanque Séptico, Remoção de Matéria Orgânica, Avaliação Matemática, Regimes Hidráulicos.

INTRODUÇÃO

A situação brasileira com relação à cobertura de rede de coleta e tratamento de esgoto doméstico ainda se apresenta muito aquém do ideal, situação esta que impacta negativamente as condições de saúde pública e salubridade ambiental. Dados atuais do IBGE comprovam esta afirmação pois sabe-se que de todos os distritos existentes no Brasil, uma maioria de 58,4% não são beneficiados com rede de coleta de esgoto. Muitos destes distritos sem rede de coleta destina seus efluentes para corpos d'água, solo, mar, entre outros. Porém aproximadamente 50% destes distritos destinam seus esgotos para sistemas de fossa séptica, sendo que a porcentagem de utilização destes sistemas é maior na área rural do que na área urbana. Percebe-se então uma ampla utilização de sistemas de fossa séptica em locais onde não existe rede coletora de esgotos ou locais bastante afastados de núcleos urbanos com infra-estrutura consolidada.

O Tanque Séptico, também conhecido como Fossa Séptica ou Decanto-Digestor, é um sistema para tratamento de esgoto de nível primário. De acordo com Jordão e Pessoa (1995), as fossas sépticas são compartimentos devidamente construídos e hermeticamente fechados onde os esgotos são retidos por um período de tempo previamente determinado. No interior do tanque ocorrem processos de decantação, digestão anaeróbia e flotação. Na decantação as partículas com densidade maior do que a do líquido sedimentam, formando na parte inferior do tanque uma camada de lodo. Esta camada de lodo será digerida anaerobicamente, formando uma camada de lodo digerido que deve ser removida periodicamente. Na digestão anaeróbia do lodo ativo, pequenas bolhas de gases são produzidas e as mesmas ascendem em direção à parte superior do tanque formando uma camada de espuma. A flotação é ocasionada por algumas partículas de esgoto que entram do tanque e que possuem densidade menor do que a do líquido. De acordo com Andrade Neto et al. (1999) o processo de decomposição anaeróbia ocorre principalmente no lodo decantado, porém existe uma atividade biológica na massa líquida que não deve ser desprezada, principalmente em regiões de climas quentes. Esta degradação da massa líquida ocorre devido à mistura natural do lodo ativo suspenso com o esgoto.

As fossas sépticas podem apresentar geometria cilíndrica ou retangular e podem ser divididas em compartimentos horizontais, conhecidos como câmaras. Num tanque de câmara única todos os processos ocorrem em um único ambiente. Já nos modelos com duas câmaras observou-se que o fenômeno de digestão anaeróbia ocorre principalmente na primeira câmara enquanto na segunda os processos de decantação prevalecem (Andrade Neto et al., 1999). Oliveira (1983) sugere uma elevada eficiência de remoção de material orgânico na primeira câmara e para a segunda foi observada remoção de coliformes fecais e sólidos suspensos. Já Andrade Neto et al. (1999) faz uma observação da importância de procurar melhorar a relação entre os volumes de tanques com câmaras em série e otimizar a mistura na primeira câmara e a decantação na segunda.

Para fim de ilustração, cabe discorrer sobre dois estudos pertinentes. Um estudo constou de um sistema de decanto-digestor na UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, onde o tanque séptico recebia esgoto doméstico oriundo das residências universitárias, do restaurante e do departamento de educação física. O decanto-digestor pesquisado possuía geometria retangular, duas câmaras em série e foi operado com uma vazão constante de 15 m³/dia. O volume da primeira câmara era de 5,88 m³ e o da segunda de 2,94 m³, resultando num volume total de 8,82 m³. O estudo foi realizado em três etapas, sendo que a segunda se mostrou mais representativa, conforme o autor. As amostras eram coletadas semanalmente nos seguintes pontos: afluente (A), interior da 1ª câmara (C1) e interior da 2ª câmara (C2). De acordo com Andrade Neto et al. (2000) o sistema pesquisado comportou-se como um reator biológico, onde a primeira câmara foi a mais importante na remoção de matéria orgânica devido à mistura natural e a segunda câmara teve função de propiciar maior estabilidade ao reator e complementar o tratamento.

No outro estudo, Oliveira (1983) avaliou um tanque séptico com duas câmaras em série seguido de um filtro biológico para tratamento de esgoto doméstico. O volume útil total do tanque era de 4,57m³ (1ª câmara com 2,31 e 2ª câmara com 2,26m³) e o mesmo recebia uma vazão de 4,8 m³/dia na primeira fase da pesquisa e posteriormente uma vazão de 2,4 m³/dia. Foram coletadas amostras do esgoto afluente ao tanque séptico, do efluente da câmara 1, do efluente da câmara 2 e da saída do filtro biológico. Foram analisados os seguintes parâmetros: temperatura, pH, DBO₅, DQO, Sólidos, Alcalinidade, Indicadores Patogênicos, entre outros. Oliveira (1983) admitiu em seu trabalho que, sendo o tanque séptico um reator biológico, o mesmo constituiu uma série de dois reatores de mistura completa com iguais volumes, onde o segundo reator recebe o efluente do primeiro reator, e que a remoção do material orgânico no interior do tanque segue uma cinética de primeira ordem. Assim foi utilizada a equação do regime hidráulico para mistura completa para as células em série objetivando calcular o valor da respectiva constante de remoção de substrato **K**. A equação utilizada foi a seguinte:

$$S = S_o / (1 + K * (t/n))^n \quad \text{equação (1)}$$

Onde S e S_o representam, respectivamente, as concentrações de DBO₅ ou DQO efluente e afluente ao tanque séptico, t é o tempo de detenção (volume total / vazão), **K** é a constante de remoção de substrato e n é o número de câmaras, que neste caso é igual a dois. Primeiramente o autor admite que a remoção de DBO₅ em ambas as câmaras foi governada por um mesmo coeficiente **K**. Fazendo uma média dos valores de **K** calculados, chegou-se a um valor de aproximadamente 2,11 dia⁻¹.

Posteriormente foi realizada uma avaliação isolada de cada câmara, mantendo a equação 1, porém com n igual a 1 e com os volumes específicos de para cada câmara. Para a primeira câmara obteve-se um valor médio de **K** igual à 4,55 dia⁻¹ e para a segunda câmara um valor médio de 0,49 dia⁻¹. Oliveira (1983) concluiu que esses valores indicam que a velocidade de reação na primeira câmara é bastante alta, pois o valor da constante calculada é elevado. Já na segunda câmara, os valores de **K** calculados indicaram uma velocidade de reação muito lenta e praticamente desprezível se comparada com os valores da primeira câmara. A partir desta análise Oliveira (1983) conclui finalmente que o reator biológico do sistema é a câmara 1 e que a segunda câmara tem importância secundária na remoção de matéria orgânica. O trabalho também aplicou variados tratamentos estatísticos nos dados reais e nos calculados, na tentativa de se prever

eficiências na remoção de matéria orgânica para uma determinada faixa de tempo de detenção e temperatura.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar matematicamente o comportamento de decanto-digestores para tratamento de esgoto, especificamente remoção de matéria orgânica. Esta avaliação será por meio da comparação de resultados obtidos em simulações matemáticas com dados reais levantados em bibliografia. Isto propiciará também uma análise sobre o comportamento da constante de remoção **K**, nos diferentes regimes hidráulicos utilizados nas simulações matemáticas. Esta análise de **K** é muito importante para a concepção e projeto de decanto-digestores.

METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho procura, através de um cenário estabelecido por dados reais, avaliar as concentrações efluentes de substrato de um decanto-digestor de câmaras em série com as concentrações calculadas para diferentes regimes hidráulicos (fluxo em pistão, mistura completa, fluxo disperso e células em série).

Os dados reais foram obtidos através de dois estudos, ambos citados anteriormente. Foram utilizados dois estudos no intuito de comparar os resultados obtidos para diferentes vazões. O primeiro estudo utilizado foi uma pesquisa realizada na UFRN, 1999 (que a partir de então será referenciado por estudo 1), onde um tanque séptico com volume de 8,82 m³ (1ª câmara com 5,88 m³ e a segunda câmara com 2,94 m³) recebia uma vazão constante de 15 m³/dia de esgoto doméstico. O estudo 1 foi realizado em três etapas, sendo a segunda a mais representativa, razão pela qual os dados utilizados neste trabalho referem-se somente a segunda etapa da pesquisa em questão. Foram realizadas 21 amostras de esgoto em três pontos do sistema de decanto-digestores, porém neste trabalho foram utilizadas 20 amostras de DQO total que podem ser observadas na tabela abaixo. Com relação à temperatura no interior das câmaras foi observado uma média de 29°C.

Tabela 1: Concentrações reais afluente e efluente de DQO total do estudo 1 (mg/L).

N	DQO afluente da 1ª câmara (A)	DQO na passagem da 1ª câmara para a 2ª câmara (C1)	DQO efluente da 2ª câmara (C2)
1	195	126	112
2	216	133	126
3	153	133	136
4	174	147	140
5	533	160	167
6	326	153	153
7	488	202	202
8	312	222	202
9	298	202	188
10	326	153	153
11	340	243	257
12	429	188	160
13	409	160	181
14	353	291	236
15	333	153	133
16	305	209	188
17	257	153	98
18	416	95	112
19	212	147	91

20	498	140	160
----	-----	-----	-----

Fonte: Adaptado de ANDRADE NETO, C. O.; DANTAS, M. A. R.; MELO, H. N. S.; LUCAS FILHO, M. Análise do desempenho das duas câmaras de um decanto-digestor de câmaras em série. Anais do IX SILUBESA – Simpósio Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Seguro – Bahia – 2000.

O segundo estudo utilizado diz respeito à pesquisa realizada por Oliveira (1983). No supracitado estudo tem-se um tanque séptico de duas câmaras em série que trata esgoto doméstico com uma vazão constante de 4,8 m³/dia e volume útil total de 4,57 m³ (1ª câmara com 2,31m³ e 2ª câmara com 2,26 m³). Como a 1ª fase do estudo teve um maior número de amostras de DQO total, foram utilizados os dados referentes a julho de 1978 a maio de 1979, totalizando um número de amostras igual à 11. Nesta fase do estudo foi verificada uma temperatura média no interior das câmaras em torno de 26°C. Abaixo pode-se observar os dados referentes ao estudo do Oliveira, que a partir de então será referenciado por estudo 2.

Tabela 2: Concentrações reais afluentes e efluentes de DQO total do estudo 2 (mg/L).

N	DQO afluente da 1ª câmara (A)	DQO na passagem da 1ª câmara para a 2ª câmara (C1)	DQO efluente da 2ª câmara (C2)
1	493	135	151
2	586	168	144
3	603	190	155
4	757	248	250
5	859	268	271
6	820	266	269
7	775	279	226
8	662	209	191
9	806	250	210
10	526	206	187
11	501	188	193

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, R. Contribuição ao Estudo de tanques sépticos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande – PB, 1983.

Os dados reais afluentes de substrato ao tanque foram utilizados como dados de entrada para o cálculo matemático das concentrações efluentes de substrato para os diferentes regimes hidráulicos avaliados, pois sabe-se que os modelos calculam a concentração efluente a partir da concentração afluente. Para representar a concentração de substrato foram consideradas as análises de DQO (demanda química de oxigênio) total.

As equações utilizadas em cada regime hidráulico foram as seguintes (Arceivala, 1981):

Tabela 3: Equações de cada regime hidráulico analisado.

Regime Hidráulico	Símbolo	Equação
Fluxo em Pistão	FP	$S = S_o * e^{-K * t}$
Mistura Completa	MC	$S = S_o / (1 + K * t)$
Fluxo Disperso	FD	$S = S_o * \frac{4a e^{1/2d}}{(1+a)^2 e^{a/2d} - (1-a)^2 e^{-a/2d}}$
Células em Série	CS	$S = S_o / (1 + K * (t/n))^{n1^a} \text{ célula} \rightarrow S_1$ $= \frac{S_o}{1 + K * (t_1)}$ $2^a \text{ célula} \rightarrow S_2 = \frac{S_1}{1 + K * (t_2)}$

onde: S = concentração efluente de substrato (mg/L); S_o = concentração afluente de substrato (mg/L); K = constante de remoção de substrato (dia^{-1}); t = tempo de detenção (volume / vazão) (dias); $a = (1 + 4 * K * t * d)^{1/2}$; d = número de dispersão; n = número de câmaras.

A constante de remoção de substrato **K** é também conhecida como constante de reação e este parâmetro representa a velocidade com que as reações bioquímicas ocorrem no interior de qualquer reator biológico.

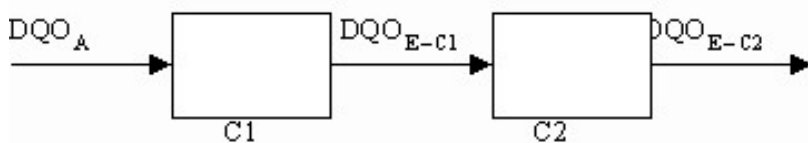
Quanto as simulações este trabalho apresenta as seguintes:

Tabela 4: Tipologia das configurações para as simulações matemáticas.

Simulações	Tipologia	Símbolo	Tempo de Detenção (horas)	
			Estudo 1	Estudo 2
1º caso	Duas câmaras	$A \rightarrow C2$	14,112	22,848
2º caso	1ª câmara	$A \rightarrow C1$	9,408	11,544
3º caso	2ª câmara	$C1 \rightarrow C2$	4,704	11,304

A configuração dos sistemas segue na figura 01:

Figura 1: Configuração dos sistemas.



Nas simulações matemáticas o único termo variável nas equações é a taxa de remoção de substrato, **K**, pois tanto o tempo de detenção como a concentração de DQO total afluente são dados reais fornecidos pelos estudos 1 e 2. Logo o único termo que pode variar é a constante **K**, e a mesma foi definida através do critério estatístico do erro padrão da estimativa. O erro padrão da estimativa (**EE**) é definido como (Spiegel, 1970):

$$EE = \sqrt{\sum (vci - vei)^2 / N} \quad \text{equação (2)}$$

Onde: vci = valor calculado _i

vei = valor experimental _i

N = número de amostras

O valor de K foi definido pelo menor EE obtido nas simulações matemáticas.

Na simulação matemática do regime hidráulico de fluxo disperso houve a necessidade de determinar um valor para o número de dispersão, **d**. Este parâmetro pode variar de 0 a infinito dependendo das características de mistura do reator. Teoricamente, quando tem-se um número de dispersão igual à 0, considera-se que o reator esteja operando no regime de fluxo em pistão, e quando este número tende à infinito, o reator opera no regime de mistura completa. O fluxo disperso é um fluxo arbitrário que opera numa faixa intermediária entre o fluxo em pistão e a mistura completa. O parâmetro **d** pode variar bastante e a literatura existente é ampla sobre a determinação deste número em reatores de fluxo arbitrário. Levenspiel (1974) sugere uma faixa em torno de 0,05 à 0,5 para reatores curtos. Neste trabalho adotou-se esta faixa (de 0,05 a 0,5) e procurou-se o valor de **d** mais adequado para cada simulação realizada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

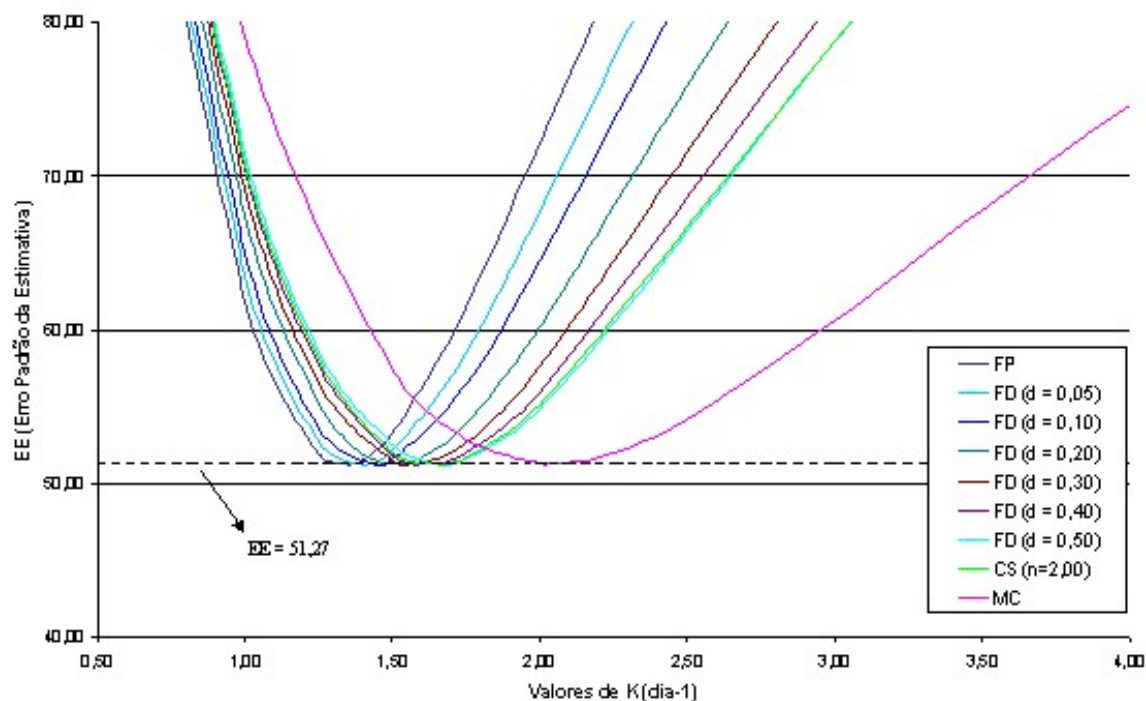
Abaixo segue uma tabela com uma síntese de todas as simulações realizadas.

Tabela 5: Valores de K para DQO total.

Cenário		Regimes Hidráulicos						
		MC	FD (d = 0,50)	CS (n = 2,0)	FD (d = 0,40)	FD (d = 0,20)	FD (d = 0,05)	FP
1º caso A → C2	Estudo 1	2,035	1,655	1,640	1,615	1,508	1,338	1,387
	Estudo 2	2,415	1,718	1,715	1,658	1,498	1,254	1,325
2º caso A → C1	Estudo 1	2,795	2,310	-	2,257	2,114	1,888	1,955
	Estudo 2	4,313	3,145		3,040	2,762	2,335	2,459
3º caso C1 → C2	Estudo 1	0,385	0,380	-	0,379	0,377	0,372	0,374
	Estudo 2	0,158	0,156		0,155	0,154	0,153	0,153

Uma observação pertinente com relação aos erros calculados (**EE**), é que foi verificado que os **EE** foram iguais para todos regimes hidráulicos num dado cenário, ainda que os valores de **K** encontrados sejam diferentes. Como exemplo, observar a figura 2 desenvolvida para o estudo 1 no 1º caso. Para o 1º caso com vazão de 15,0 m³/dia foi observado um menor **EE** de 51,27 e para uma vazão de 4,8 m³/dia um **EE** de 24,61. Para o 2º caso observou-se menores **EE** de 62,74 e 19,27 para as vazões de 15,0 e 4,8 m³/dia respectivamente. No 3º caso foram observados menores **EE** de 22,34 e 20,39 para vazões de 15,0 e 4,8 m³/dia respectivamente.

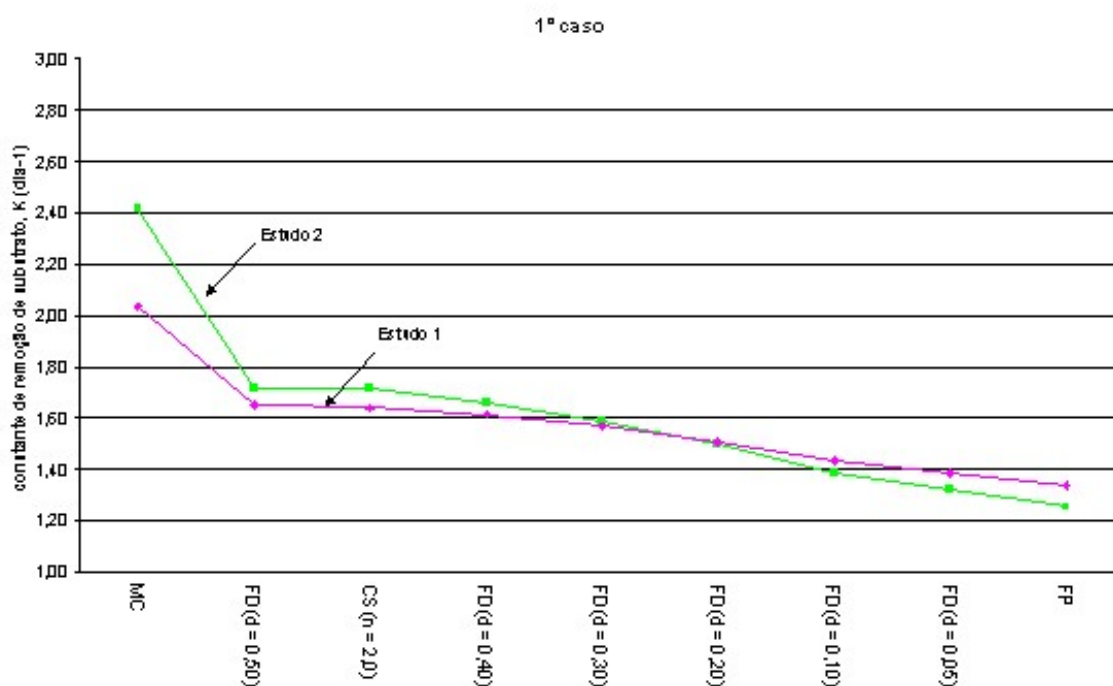
Figura 2: Valores de K para o menor EE (estudo 1, 1º caso).

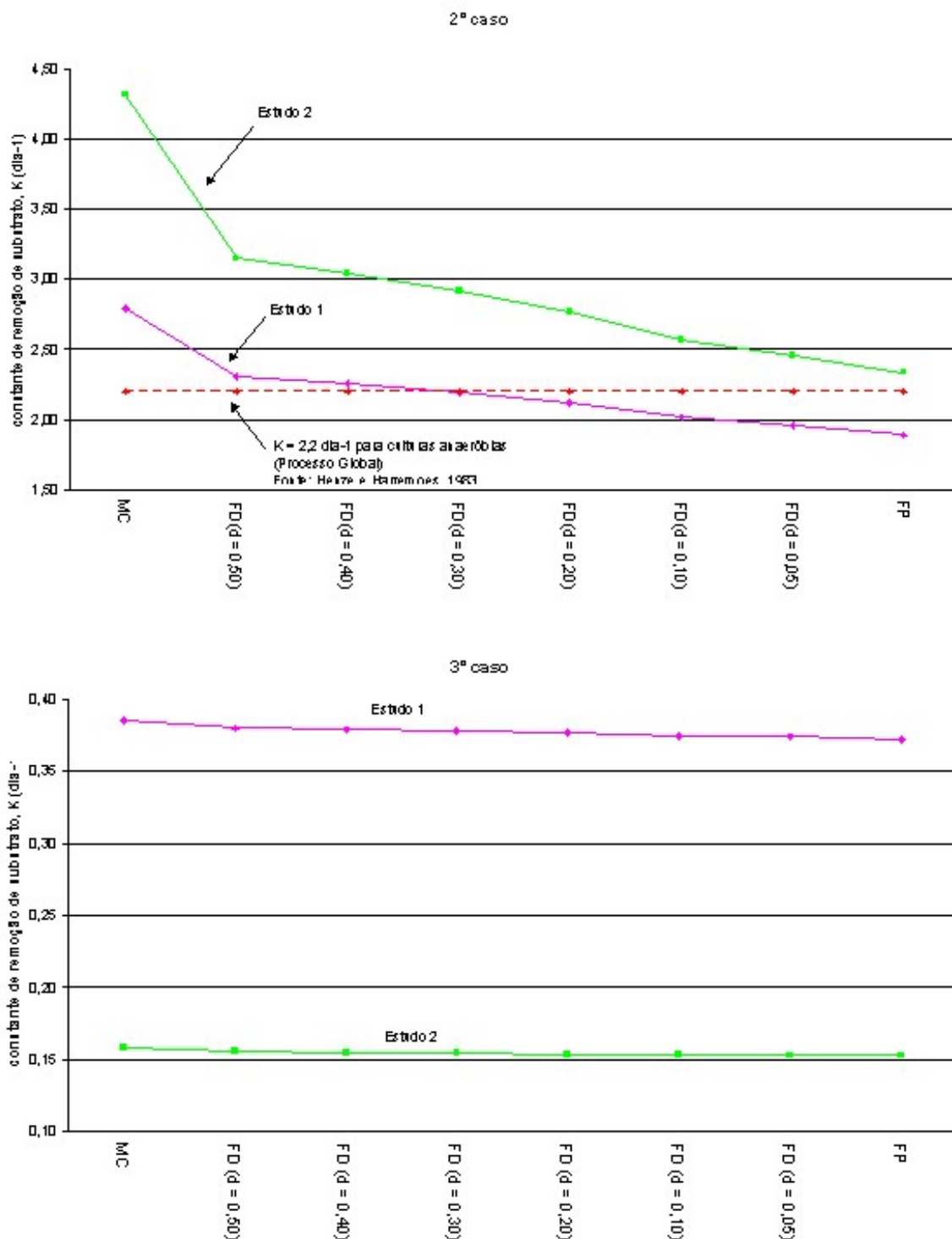


De acordo com a tabela 5, verificamos que conforme a dispersão do fluxo no interior do reator diminui, isto é, da condição de mistura infinita (MC) para uma condição de fluxo tubular (FP), o valor da constante de remoção de substrato, K , diminui. Isto sugere que nos regimes de maior turbulência hidráulica, a velocidade de reação é mais alta, (provavelmente) pelo fato de existir um maior contato entre as partículas.

A diferença entre esses valores de K em função do regime hidráulico pode ser melhor observado na figura 3 que se segue:

Figura 3: Comportamento de K conforme o regime hidráulico para o estudo 1 e 2 (1º, 2º e 3º caso).





Ao analisar a figura 3 e a tabela 5, verifica-se uma certa proximidade em termos de valores numéricos de K para o 1º caso nos dois estudos, chegando a existir um valor de K em comum aos mesmos. Este valor em comum é $1,53 \text{ d}^{-1}$ para um d de 0,23. Para os outros dois casos esta proximidade numérica não é verificada, mas pode-se observar uma diferença aproximadamente constante entre os valores de K para os diferentes regimes analisados. Para o 2º caso observa-se que o valor de K varia significativamente em função dos regimes hidráulicos, enquanto para o 3º caso isto não acontece.

Pode-se observar também que o valor de K para o fluxo em série (CS) no 1º caso em ambos estudos se situa entre os valores de K para a condição de fluxo disperso com o número de dispersão entre 0,5 e 0,4.

Analisando os reatores isoladamente (2º e 3º caso), verificamos que os valores de K na primeira câmara de ambos

estudos são bastante altos se comparados aos valores encontrados na segunda câmara para os dois sistemas estudados. Isto mostra que a velocidade de reação é bem maior na primeira câmara e praticamente insignificante na segunda. Isto se deve ao fato de que a carga de matéria orgânica é muito maior na primeira câmara, onde a maior parte das reações cinéticas da digestão anaeróbia ocorrem. Assim pode-se arguir que a digestão anaeróbia é mais intensa na 1ª câmara. Já a decantação predomina na segunda câmara, onde a turbulência do fluxo é bem menor. Observar que esta constatação já havia sido salientada por Oliveira (1983) para o regime de mistura completa.

Quanto a constante de remoção, **K**, no sentido de comparar os dados obtidos das mesmas simulações com respectivos dados fornecidos pela literatura, foram pesquisados estudos sobre reatores biológicos com processos anaeróbios, onde foram utilizadas amostras de DQO para estimar o valor da constante de remoção **K**. Segundo Henze e Harremoes (1983) o valor de **K** para culturas anaeróbias é de 2,2 dia⁻¹, considerando neste caso o processo global da digestão anaeróbia (produto final metano).

Já MetCalf & Eddy (2003) apresenta a seguinte tabela para reatores de mistura completa com crescimento suspenso tratando DQO solúvel e as taxas referem-se ao processo anaeróbio global:

Tabela 6: Valores de K de acordo com MetCalf & Eddy (2003).

Temperatura (°C)	K (g SSV / g DQO . d)	
	Faixa	Típico
35	3,8 – 6,0	4,375
30	2,8 – 4,4	3,125
25	2,4 – 3,6	2,50

Fonte: MetCalf & Eddy. Wastewater Engineering – Treatment, Disposal and Reuse. 4. ed.. United States: McGraw Hill, 2003.

Fazendo uma comparação do estudo 1, onde a temperatura média é de 29°C, com os dados obtidos na tabela 6, temos que os valores de **K** obtidos nos três casos ficam fora da faixa estabelecida pela literatura. Sugerindo que o tanque séptico não é um reator com regime de mistura completa, conforme já comentado.

Considerando o dado bibliográfico obtido através de Henze e Harremoes (1983), teremos uma semelhança no 2º caso para o fluxo disperso com número de dispersão de 0,30 com taxa de remoção de 2,195 dia⁻¹. Este fato demonstra de certa forma o comportamento esperado dos tanques sépticos, onde sabe-se que o mesmo apresenta um fluxo arbitrário que matematicamente é representado pela equação do **FD**, apresentada anteriormente.

No estudo 2 a faixa dos valores de **K** coletados na tabela 6, para uma temperatura de 25°C, não inclui os valores calculados para os três casos na condição de mistura completa. Isto sugere que o tanque séptico não é um reator de mistura completa, conforme já comentado.

CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados obtidos em simulações matemáticas, utilizando dados reais obtidos em bibliografia, observou-se o comportamento da velocidade de reação (**K**) para cada modelo hidráulico simulado. A taxa de remoção **K** diminui do modelo de mistura completa para o modelo de fluxo em pistão, ou seja, a velocidade de reação diminui conforme a turbulência no escoamento diminui.

Pode-se concluir também que os modelos hidráulicos utilizados nas simulações melhor representam a realidade se aplicados separadamente, como no 2º caso. Justifica-se isto pois na comparação com valores de **K** da bibliografia, foi o

2º caso que apresentou valor de K (2,195 dia⁻¹) bem próximo do valor 2,2 (Henze e Harremoes, 1983).

Enfim, admitindo que o modelo de mistura completa não representa a realidade do comportamento do tanque séptico e que o modelo de fluxo disperso apresentou respostas que melhor se aderem as faixas apresentadas na literatura, com d aproximadamente 0,30, sugere-se que o regime hidráulico em decanto-digestores seja fluxo disperso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE NETO et. al. Tratamento de esgoto sanitário por processos anaeróbios e disposição controlada no solo – Capítulo 5: Decanto-Digestores. ABES: PROSAB – Rede Cooperativa de Pesquisa, Coordenador: José Roberto Campos. 1999.
2. ARCEIVALA, S. J. Wastewater Treatment and Disposal – Engineering and Ecology in Pollution Control. Inc. Marcel Dekker: 1981.
3. DROSTE, R. L. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Ed. Wiley: Canada, 1997.
4. ANDRADE NETO, C. O.; DANTAS, M. A. R.; MELO, H. N. S.; LUCAS FILHO, M. Análise do desempenho das duas câmaras de um decanto-digestor de câmaras em série. Anais do IX SILUBESA – Simpósio Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Seguro – Bahia – 2000.
5. OLIVEIRA, R. Contribuição ao Estudo de tanques sépticos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande – PB, 1983.
6. SPIEGEL, M. R. Estatística. Ed. McGraw-Hill – Rio de Janeiro: 1970.
7. SANTOS, D. C.; PILOTTO, J. S. Simulação de Sistema Híbrido para tratamento de Esgoto Doméstico. Anais do X Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – SILUBESA, Braga, Portugal, 2002.
8. PILOTTO, J. S.; SANTOS, D. C. Avaliação Matemática da potencialidade de desinfecção dos tanques sépticos modificados. Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – Joinville, Santa Catarina, 2003.
9. LEVENSPIEL, O. Engenharia das Reações Químicas: Cálculo de Reatores. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1974.
10. METCALF & EDDY, Wastewater Engineering – Treatment, Disposal and Reuse. 4. ed. revised. United States: McGraw Hill, 2003.
11. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A.. Tratamento de esgotos domésticos. 3. ed.. Rio de Janeiro: ABES, 1995.
12. HENZE, M.; HARREMOËS, P. Anaerobic Treatment of wastewater in Fixed Film Reactors – A Literature Review. Water Science and Technology, Vol. 15, pp. 1-101. 1983.