

## NOVAS POSSIBILIDADES DE PERCOLAÇÃO (FILTROS BIOLÓGICOS)

JOÃO EUDÓXIO FARIA

### APRESENTAÇÃO

João Eudócio Faria, um grande amigo com o qual tive a oportunidade de trabalhar durante o período de um ano, numa pesquisa em lagoas de estabilização no interior do Estado de São Paulo, nasceu em Areias (SP) e ingressou no Serviço Sanitário do Estado aos 28 anos de idade. Inicialmente como conferente de consumo, depois como ajustador de hidrômetros, Eudócio logo passou a se interessar por depuração das águas, transferindo-se então para a Repartição de Águas e Esgotos, a RAE. Daí em diante passou por todas as s'glas que denominaram os serviços de abastecimento de águas e esgotos de São Paulo, nestes 42 anos: a RAE, o DAE, o SAEC, a SABESP e, por fim, a CETESB.

Atualmente é professor de cursos de operação e manutenção de estações de tratamento de esgotos na CETESB. O trabalho apresentado a seguir é inédito, sendo fruto de experiência vivida durante o período em que o autor foi responsável em São Paulo, pela operação e manutenção de várias estações de tratamento de esgotos hospitalares. (Filtros Biológicos)

*José Cleantho C. Gondim*  
Eng.<sup>o</sup> Civil e Sanitarista  
Mestre em Saúde Pública  
Professor da UNIFOR

### CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No tratamento secundário dos esgotos domésticos, principalmente, hospitalares, sempre foi aplicado, com rendimentos aceitáveis, o sistema de percolação, mais comumente denominado de **FILTRAÇÃO BIOLÓGICA**.

Não nos cabe delongar aqui sobre as atividades biológicas, do processo, porquanto as mesmas já se acham largamente apresentadas, na literatura técnica. Apenas queremos demonstrar nossas averiguações, sobre o comportamento prático desses organismos e a maneira de conseguir-se a maior rentabilidade do referido processo, com modificações, relativamente, pequenas.

### CIRCULAÇÃO DO AR

O sistema percolador normalmente usado é aquele em que o ar e os esgotos apresentam o mesmo sentido de deslocamento.

Estes filtros, ou por outra, leitos percolantes, na maneira em que são utilizados atualmente tem um limite de altura, considerado ótimo para o seu rendimento (2,5m), além do qual, o teor de percolação torna-se insignificante.

A curva de assimilação de O<sub>2</sub> conforme visto na figura 1, apresenta um patamar para valores acima de 2,5m de altura de leito percolante. Isto indica que um aumento de altura do leito percolante, a partir de 2,5m, não introduz aumento algum significativo da taxa de assimilação de oxigênio.

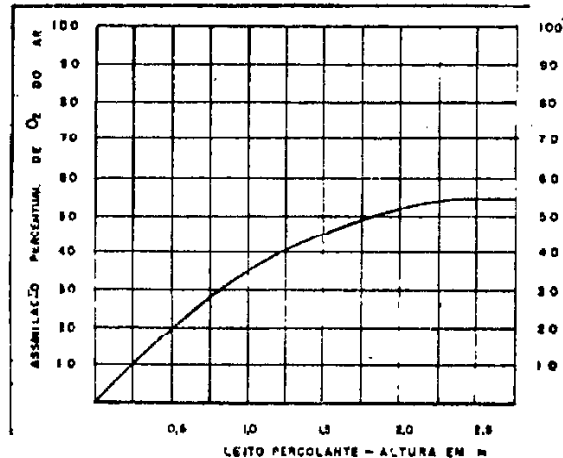


Figura 1. Assimilação — percentual de O<sub>2</sub> do ar, em função da altura do leito percolante, em leito de fluxo paralelo.

Essa curva de assimilação é diretamente proporcional tanto ao poder oxidante do ar, quanto à avidéz ou demanda de O<sub>2</sub>, pelos líquidos em trânsito.

Nesse caso, a oxidação ou assimilação de O<sub>2</sub> decresce por dois motivos, ou sejam:

1. Diminuição da demanda de O<sub>2</sub>, pelos esgotos;
2. Empobrecimento do teor de O<sub>2</sub> do ar, o qual avança no mesmo sentido dos líquidos.

Quando porém o ar transita em sentido contrário aos líquidos, modifica-se radicalmente a marcha da depuração, havendo maior assimilação de O<sub>2</sub>. Isto porque a inversão do curso entre o ar e os esgotos equilibra a ação do leito percolante, ou seja, mantém a assimilação quase uniforme, em toda a coluna percoladora.

Neste caso, a altura ou profundidade do leito pode ser aumentada até para 4,5 ou mais metros, que o mesmo trabalhara em toda a sua extensão.

Num processo em contra-corrente, a assimilação de O<sub>2</sub> assume uma variação linear, conforme pode ser visto na figura 2.

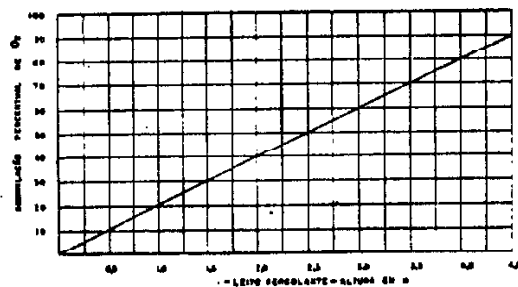


Figura 2: Assimilação percentual de O<sub>2</sub> do ar em função da altura do leito percolante, com leito de fluxo em contra-corrente.

Vamos tomar como exemplo, um filtro biológico em plena atividade, com camada percolante de 4,5m de altura e avaliarmos a marcha de oxidação em faixas aproximadas de 0,5m.

Os esgotos clarificados entram na unidade com grande avidéz de oxigênio, começando logo a assimilação deste, embora o ar circulante já esteja empobrecido, por ter oxidado as camadas inferiores do leito.

A medida que os líquidos vão descendo no leito percolante e perdendo a avidéz pelo O<sub>2</sub>, sua assimilação vai sendo mantida à expensas do poder oxidante do ar, o qual vai crescendo até atingir o máximo no seu ponto de entrada, que coincide com o ponto de saída dos esgotos.

O esquema da figura 3, dá uma idéia das colunas de influências compensadoras.

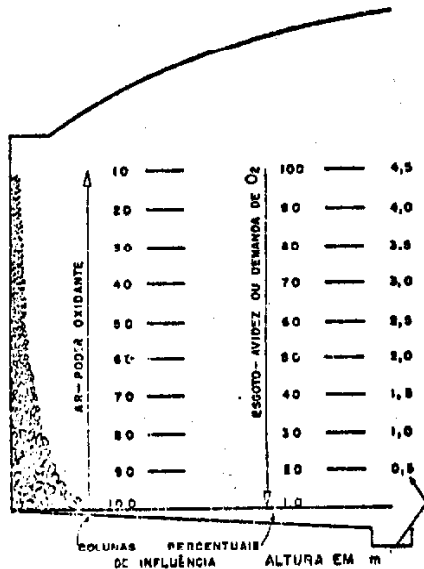


FIGURA 3: Apresentação esquemática das variações em porcentagem do poder oxidante do ar e de avidéz ou demanda de O<sub>2</sub> pelos esgotos em um filtro biológico de fluxo em contra-corrente.

Tal fato foi observado pelo autor, durante as operações de filtros biológicos de unidades hospitalares. Naquela oportunidade, houve problemas com as psychodas. Quando se invertia a ação do ventilador, exaurindo em vez de insuflar, as psychodas eram impelidas para fora em tal quantidade, que empastavam motor e hélice, pelas colisões. Os problemas de manutenção que isto acarretava, desencorajaram o prosseguimento das experiências. Em apenas curtos ensaios feitos com os filtros das pequenas depuradoras do Educandário Dom Duarte, da Cidade Vargas, de Jaçanã e do Parque Hospitalar do Mandaqui, em todas elas foram confirmados totalmente esses pontos de vista, em face dos aumentos conseguidos de redução da DBO<sub>5</sub>.

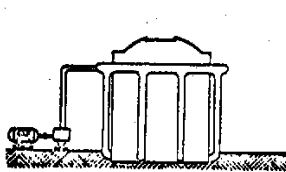


FIGURA 4

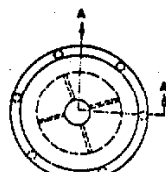


FIGURA 5 - VISTA EM PLANTA

FIG. 4a SISTEMA AERADOR VISTA DE FORA.

FIG. 5a PLANTA DOS CONJUNTOS DE AR

FIG. 6a SEMI-CORTE DO LEITO PERCOLANTE.



FIGURA 6 - CORTE A-A

AS FIGURAS 4, 5a e 6a ESTÃO FORA DE ESC. E DE PROPORÇÃO MAS, JONTEMENTE PARA OBTEN. CER UMA IDÉIA GERAL DO CONJUNTO

O problema das psychodas pode ser facilmente contornado, pelo sistema seguinte: conforme esquemas nas figuras 4, 5 e 6, o ar pode ser insuflado num círculo tubular superior, que alimenta seis tubos verticais, com entrada sob o leito percolante.

Os sistemas existentes ou seja, com exaustor, na parte superior da laje de cobertura dos filtros, poderão ser transformados no sistema proposto, porém, no orifício central destinado ao conjunto motor-hélice coloca-se uma tela milimétrica, com o fito de impedir a saída das psychodas. O mesmo tipo de filtro poderá também dispensar a cobertura, desde que seja inundável, de modo a permitir o controle de proliferação exagerada das psychodas.

### DISTRIBUIÇÃO DE LÍQUIDO

Como em todos os sistemas percoladores, o ponto nevrálgico da adoção deste tipo de filtro é a distribuição dos líquidos clarificados, sobre o leito percolante, cuja melhor maneira é a dos braços rotativos "Sprinkler".

Entretanto, se os braços rotativos forem metálicos, o sistema será desmontado prematuramente, pela violência da corrosão, que acarreta o fluxo de ar em contra-corrente.

Sim, porque pelo sistema usual, (corrente paralela) o ar circulado concentrado de gases corrosivos é descarregado ao ar livre, pelas bocas dos tubos de descarga, ao passo que no sistema de contra-corrente, a descarga de ar (com os gases corrosivos) passa diretamente pelo sistema distribuidor. Portanto, dever-se-á usar um tipo de pintura protetora, que defenda realmente os metais contra a corrosão. Ou por outra, como a era dos plásticos está bem avançada, poderão ser adotados tubos de PVC e tirantes de NYLON, nesse caso precisando proteger apenas a capa rotativa da coluna central.

Caso não se consiga ou não se deseje arcar com os gastos de uma proteção efetiva, para o tipo de distribuidores rotativos, poderá ser recomendado, para o filtro em contra-corrente, o sistema de canaletas fixas.

Nesse caso, o conjunto terá que ser a descoberto, para permitir as limpezas, por escovamentos periódicos, sendo também necessário estabelecer um regime, para controlar a proliferação das psychodas.

Podem ser empregados quatro (4) canaletas mestras de concreto, em posição de cruz, das quais derivam canaletas meia-cana, conforme a figura n.º 7, formando uma posição de pentes, cujas mostras são completadas pelas figuras 8 e 9.

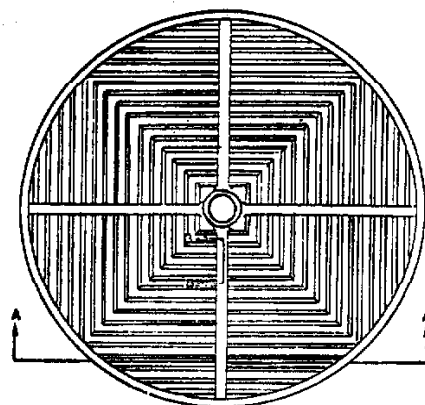


FIGURA 7 ESCALA 1/100 CANALETAS DISTRIBUIDORAS VISTAS EM PLANTA

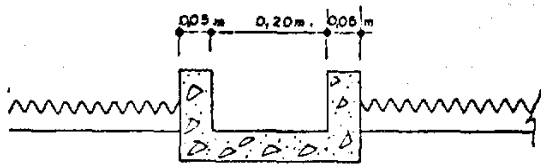


FIG. 8 - CORTE A-A DA FIG. 7  
DETALHE DA CANALETA-MESTRA  
ESCALA 1:10

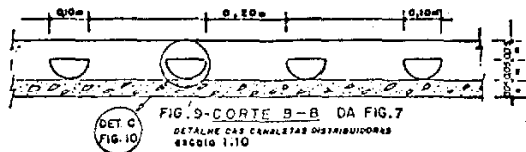


FIG. 9 - CORTE B-B DA FIG. 7  
DETALHE DAS CANALETAS DISTRIBUIDORAS  
ESCALA 1:10

As canaletas distribuidoras (meia-cana)  $\emptyset$  de 0,10m, em material de PVC rígido, poderão ter várias fileiras longitudinais de orifícios de  $\emptyset$  de 0,006m a 0,012m e com espaçamentos longitudinais regressivos, do fundo para as bordas, da maneira seguinte:

Os espaços da fileira do fundo poderão ser de 0,50m. As duas primeiras fileiras, isto é, de cada lado da fileira do fundo podem ser com espaços 0,30m, as duas fileiras seguintes, ainda de cada lado, devem ter espaços de 0,10m, sendo as duas últimas fileiras (já quase nas bordas) com espaços de 0,05m.

As bordas poderão ser dentadas, conforme o corte A-A da figura 8, tipo vertedor triangular, a fim de garantir o escoamento fracionado, mesmo nas horas de maior vazão.

Os fundos das canaletas (meia-cana) deverão estar ao mesmo nível das quatro (4) canaletas mestras ou distribuidoras, para evitar que fique retida nestas qualquer porção de líquido.

As mesmas quatro (4) canaletas mestras deverão ter, nas suas partes iniciais, local ou friso para fixação de comporta de modo a possibilitar o isolamento (uma por vez) nas horas de limpeza. Seus perfis deverão ser retangulares com 0,20m de largura por 0,10m de profundidade ainda de acordo com o mencionado corte AA- da figura 8.

As canaletas de PVC rígido  $\emptyset$  0,10m poderão guardar, entre si, espaços de 0,20m e suas bordas deverão ficar ainda 0,50m abaixo das bordas das canaletas mestras, conforme representado no corte B-B da figura 9.

Um leito percolante com  $\emptyset$  útil de 10,0m comportará, aproximadamente, em cada uma das canaletas mestras quinze canaletas (15) (meia-cana) de cada lado, conforme pode ser visto na figura 7, a qual está na escala de 1:100. Consoante o que foi dito anteriormente, reitera-se que as canaletas (meia-cana) deverão ter sete (7) fileiras paralelas de orifícios,  $\emptyset$  de 0,006m ou 0,012m de acordo com o que está sendo mostrado na figura 10 (corte transversal em escala de 1:1 da mesma canaleta de meia cana), respeitados os espaços longitudinais indicados na figura 11.

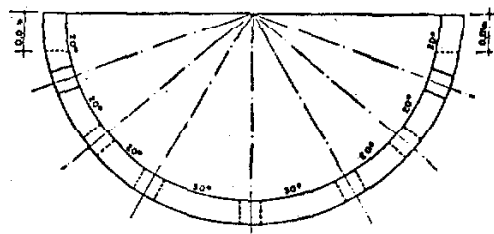


FIG. 10 - FUNÇÃO DAS CANALETAS DISTRIBUIDORAS  
ESCALA 1:1 } DET. C DA FIG. 9

De acordo com o esquema da figura 10, entre a fileira do centro e as primeiras fileiras laterais de orifícios, mediam espaços de 30° de centro a centro dos mesmos. Entre as outras fileiras, inclusive entre a última delas e a borda, os espaços serão de 20°, de centro a centro.

Os dentes do vertedor triangular, das bordas destas canaletas poderão medir 0,01m, do vértice à base e medir 0,02m de ponta a ponta dos dentes, de acordo com a figura 11.

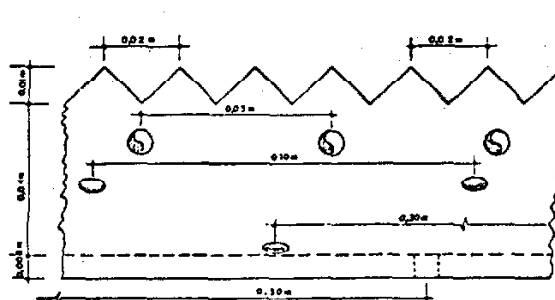


FIG. 11 - ESCOAMENTO LATERAL DA CANALETA DISTRIBUIDORA  
ESCALA 1:10

## FASES ANTECEDENTES

Voltando às experiências que culminaram com as nossas atuais conclusões, lembramos as seguintes etapas.

Após nos termos certificado de que a circulação do ar em contra-corrente, nos leitos de percolação, fazia aumentar sensivelmente, a redução de DBO<sub>5</sub>, em todo o processo, começamos a procurar os motivos determinantes de tais efeitos.

Supondo que a maior assimilação de O<sub>2</sub>, no caso, era causada por provável redução da velocidade dos líquidos, obstados no mesmo caso pela contra-corrente do ar, empenhamo-nos a medir o suposto aumento da detenção dos mesmos líquidos, no leito percolante.

Dirigiu as experiências o Eng<sup>o</sup>. Lucival de Jesus dos Santos Figueiredo, o qual sempre revelou-se pesquisador empenhado de assuntos sanitários.

Com o auxílio do traçador de fluoresceína sódica, fizemos várias cronometragens da detenção dos líquidos clarificados, servindo-nos do filtro biológico da ETE da Cidade Vargas (SP). A vazão dos líquidos era de 18 litros/segundo, num leito percolante de 2,5m de altura e  $\emptyset$  interno de 10,0m.

Grande foi a nossa decepção, quando constatamos, reiteradas vezes, que o ar em contra-corrente retardava a marcha dos líquidos de apenas alguns segundos, em relação à marcha dos mesmos líquidos, com ar em corrente favorável ou seja:

Os líquidos com a corrente de ar no mesmo sentido atravessavam o leito percolante em um (1) minuto e 45 segundos, ao passo que com o ar ligado em contra-corrente demoravam dois (2) minutos e 15 segundos, apenas 30 segundos a mais. Isto foi o resultado médio de várias determinações cronometradas e logo ficamos convencidos de que não era o aumento tão pequeno da detenção dos líquidos o que acarretava maior assimilação de O<sub>2</sub> e sim um motivo diferente. Posteriormente, o raciocínio lógico levou-nos a conclusão de que a constância de assimilação de O<sub>2</sub> era mantida pelas diferenças compensadas na inversão dos avanços, conforme o exemplo da figura 2, deste trabalho.

Mais tarde, casualmente encontramos na cidade de Vera Cruz (SP) um filtro biológico, com ar em contra-corrente.

Foram observados os seguintes problemas:

1<sup>o</sup>. conjunto distribuidor rotativo "Sprinkler" feito de metais comuns de outros sistemas e que se corroeu em poucos meses, visto seus metais ficarem expostos ao trânsito do ar circulado antes pelo leito percolante e, portanto, com taxa elevada dos gases da percolação, tais como CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S e outros.

2º. o conjunto aerador, ao nível do solo, insuflava em tubulação direta ao lastro do filtro, impossibilitando as inundações necessárias periodicamente à unidade, para controle da criação das psychodas.

3º. as britas do leito percolante eram de bitola uniforme, de baixo em cima, o que facilitou a colmatação do mesmo leito.

A propósito, é bom não perder de vista o esquema da figura 6, onde as camadas superpostas do leito percolante devem ser com materiais de bitolas decrescentes, de baixo para cima, começando com macadame (0,10m de diâmetro médio) e terminando com brita de 0,04m de diâmetro médio.

## CONCLUSÃO INFORMATIVA

Simplesmente para consolidar nosso antigo ponto de vista, fizemos provas atuais, com o filtro biológico da pequena depuradora de esgotos do Educandário Dom Duarte, obtendo os seguintes resultados:

Comparando-se as Tabelas I e II, vê-se que os aumentos de redução alcançados para DQO e DBO são lisonjeiros.

É bem verdade que as DQOs e DBOs iniciais foram diferentes, porquanto as coletas foram feitas em épocas diversas e a concentração do esgoto inicial varia, conforme a carga poluidora da ocasião, porém o que interessa é a drástica redução, conseguida no leito percolante.

E isto, praticado numa pequena depuradora que conta com algumas deficiências como, por exemplo, o seu decantador secundário não tem a necessária inclinação, no seu lastro.

Não temos a menor dúvida de que também a redução dos sólidos em geral, bem como a presença de O.D. no efluente final serão muito maiores, com o sistema de aeração em contra-corrente.

## RESULTADOS OBTIDOS

TABELA I - REDUÇÕES ALCANÇADAS COM CORRENTE DESCENDENTE DE AR

LOCAL AMOSTRAGEM	PARÂMETROS EM MG/LITRO				
	DQO	DBO	NH <sub>4</sub> (N)	NO <sub>3</sub> (N)	PO <sub>4</sub> (P)
Afluente - esgoto bruto	513	175	21,0	0,04	0,250
Decantado primário	395	140	18,5	0,04	0,205
Redução %	23,00	20,00	-	-	-
Percolado - filtro	504	120	19,0	0,05	0,355
Redução %	-	11,42	-	-	-
Efluente final	424	80	10,5	0,04	0,355
Redução %	-	22,85	-	-	-
Redução total %	11,5	54,28	-	-	-

TABELA II - REDUÇÕES ALCANÇADAS, APÓS 30 DIAS DE FUNCIONAMENTO, COM AR EM CONTRA-CORRENTE

LOCAL AMOSTRAGEM	PARÂMETROS EM MG/LITRO				
	DQO	DBO	NH <sub>4</sub> (N)	NO <sub>3</sub> (N)	PO <sub>4</sub> (P)
Afluente - esgoto bruto	1,082	360	13,2	0,02	3,20
Decantado primário	706	240	44,5	0,01	0,44
Redução %	35,58	33,33	-	-	-
Percolado - filtro	309	70	37,0	0,03	0,54
Redução %	36,69	47,22	-	-	-
Efluente final	243	50	35,0	0,11	0,57
Redução %	6,10	5,55	-	-	-
Redução total %	78,37	86,10	-	-	-

## AGRADECIMENTO

Com a maior sinceridade possível, temos a expressar os nossos agradecimentos ao Engº. Antônio Carlos Rosin, o qual revisou e condicionou este modesto trabalho, tornando-o mais claro à compreensão geral e possível a sua publicação.



**CONSTRUTORA  
ANDES LTDA.**

ESPECIALIZAÇÃO: Terraplenagem  
Pavimentação  
Saneamento Básico

Rua Assunção, nº 1242  
PABX: 231.8999  
Fortaleza - Ceará  
C.G.C. 07.364.342/0001-30  
C.G.F. 06.102.512-7